



## Madendere Havzasında Potansiyel Erozyon Risk Durumunun İki Farklı Parametrik Model Kullanarak Belirlenmesi ve Risk Haritalarının Oluşturulması \*

Ekrem KANAR, Orhan DENGİZ\*\*

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun, TÜRKİYE

Geliş Tarihi/Received: 07.09.2015

Kabul Tarihi/Accepted: 18.09.2015

\*\* Sorumlu Yazar/Correspondence: o\_dengiz@hotmail.com

**Özet:** Dünyanın birçok bölgesi için bereketli toprak katmanlarını taşıyıp toprak verimliliğini azaltan, topraktaki organik madde miktarını ve besin maddelerini azaltıp toprağı sığlaştıran, en önemli arazi bozulmasına neden olan olaylardan birisi toprak erozyondur. Bu nedenle erozyon araştırmaları toprakla ilgili yapılan araştırmalar arasında önemli bir yer tutmaktadır. Toprakların erozyon risk durumlarının belirlenmesi direkt olarak arazi, laboratuvar gibi çalışmaların yanı sıra, dolaylı olarak geliştirilen modeller sayesinde özellikle büyük alanlar için risk tahminleri de yapılabilmektedir. Bu çalışmanın amacı, Kocaeli-Kartepe bölgesinde yer alan Madendere havzasında CORINE ve LEAM modelleri kullanarak erozyon risk durumlarının değerlendirilmesi ve modeller arası karşılaştırma yapılmasıdır. Analiz sonuçlarına göre, CORINE modelinde toplam alanın % 53 yüksek erozyon riski altında iken, benzer bir sonuç ile LEAM modelinde % 75 ile toplam alanın yüksek ile ekstrem erozyon riski altında olduğu belirlenmiştir. Oranlardaki farklılık, modellerde kullanılan bazı farklı parametrelerden ve modellerin farklı sınıf değerlerine sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Fakat iki modelden elde edilen sonuç paralellik göstererek havzanın yarısından fazlası yüksek erozyon riski altında olduğu belirlenmiştir. Özellikle orman örtüsü altında bulunan topraklar erozyona karşı korunmaları olmasına karşın, eğimi yüksek tarım alanlarında ve mera alanlarında yer alan toprakların erozyona karşı koruyucu önlemlerin alınması gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Arazi bozulması, erozyon, CORINE, LEAM, Madendere havzası

## Determination of Potential Soil Erosion Using Two Different Parametric Models and Making of Risk Maps in Madendere Watershed

**Abstract:** In many regions of the world, soil erosion is one of the main land degradations processes that reduce the soil productivity by removing fertile topsoil layers, thus decreasing levels of organic matter and the nutrients. Therefore erosion researches constitute an important part of the research on the soils. The erosion risk of soils can be evaluated directly carried out in the field, greenhouses or laboratory by means of some experiments or indirectly based on developing and applying models that gives risk expectations for large areas. The aims of this research are to determine soil erosion risk assessment using CORINE and LEAM models and to make comparison between them in Madendere watershed of Kocaeli-Kartepe district. According to analysis results, while it was found that about 53% of the total area has high level erosion risk according to CORINE model, approximately the same result was found from LEAM model and about 75% of the total area has between high and extreme erosion levels. On the other hand, there was difference between two models due to their using some different parameters and class. Moreover, models' results showed parallel each other. It was found more than half of the total area has under high erosion risk. Therefore, basin soil has so sensitivity for soil erosion. Particularly, soil can be protected under forest land whereas, arable land and some pasture land located on high slope degree should be taken some measurement to protect soil against to erosion

**Keywords:** Land degradation, erosion, CORINE, LEAM, Madendere watershed

\*Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tez çalışmasından üretilmiştir.

## 1. Giriş

Yer kabuğunu oluşturan kayalar, mineral ve organik maddelerin karışımı olan toprak, yaşam için gerekli olan dört unsurdan biridir. Güneş ışığı, hava ve su ile birlikte toprak bütün canlıları besler. Bir toplumun bugün ve gelecekteki refahı geniş ölçüde toprakların doğal verim gücüne ve bu gücünün sürdürülebilir kullanılmasına bağlıdır. Toprak, insanlar, bitkiler ve hayvanlar âlemi için vazgeçilmez bir hayat kaynağıdır. Bu kaynağı korumak yalnız onunla uğraşanların değil üzerinde yaşayan her ferдин görevidir. Toprak oluşumunu hızlandırmak mümkün olmadığı gibi, toprak varlığını suni olarak da arttırmak mümkün değildir. Bu nedenle toprak konusunda diğer doğal kaynaklara oranla daha hassas olmak gerekir. İnsan, bitki ve hayvan hayatında önemli bir etkisi olan toprak; ekolojik, biyolojik, ekonomik ve kültürel fonksiyonları ile en önemli doğal kaynaklarımızdan birisidir. Ancak gerekli önlemlerin alınmaması, aşırı kullanım ve doğal etmenlere karşı etkili korunmaması nedeniyle giderek kaybolmaktadır.

Ülkemiz toprak ve su kaynaklarından verimli ve sürdürülebilir bir şekilde yararlanılması, nüfus artışı dikkate alındığında daha da önem kazanmaktadır. Toprak ve su kaynaklarımızı tehdit eden en büyük problem ise erozyondur. Erozyona etkili olan faktörler başlıca toprak, topoğrafya, iklim, vejetasyon ve insan olarak sınıflandırılmaktadır. Bu faktörlerin etkisi altında ülke topraklarının büyük bir kısmı su ve rüzgâr erozyonunun etkisi altındadır.

Erozyon toprak taneciklerinin su, rüzgâr ve yerçekimi etkisiyle taşınması sürecidir. Türkiye'de iklim ve topoğrafik yapıdan dolayı, erozyon olayının oluşması için çok uygun şartlar bulunmaktadır. Yanlış arazi kullanımları, dik eğimler düzensiz yağışlara karşın erozyon kontrol önlemlerinin çok yetersiz kalması her yıl erozyon alanlarının artışına neden olmaktadır. Erozyon problemlerine karşın erozyon kontrol önlemlerinin alınabilmesi için çok hızlı bir şekilde erozyonun etkili olduğu alanların belirlenmesi gerekmektedir. Klasik etütlere dayalı yöntemlerle yapılan erozyon çalışmaları çok uzun zaman gerektirmekte olup, maliyet açısından da fazla yükler getirmektedir.

Çevresel bozulmanın temel kaynağı olan toprak erozyonu büyük arazi bozulmalarına yol açmaktadır (Vrieling, 2006). Doğal güçlerin neden olduğu toprak erozyonu jeolojik bir süreçtir. Bu süreç insan aktivitelerinden dolayı daha da hızlanabilir. Bu hızlandırılmış toprak erozyonunun ciddi küresel problem olduğu kabul edilmektedir (De Graaff, 1996). Hızlandırılmış toprak erozyonu

ile tarımsal/biyokütle verimliliği ve sel rezervuarların sedimantasyonu, tarım alanındaki siltlenme ve akış yönündeki su kalitesinin azalmasını etkileyebilir (Hudson, 1986).

Ülkemizdeki erozyonun şiddet ve yayılışı dikkate alındığında, bu konuda yeni teknolojilerin kullanılarak gerekli toprak ve su koruma önlemlerinin vakit geçirilmeksizin alınmasını gerektirmektedir. Son yıllarda Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin birlikte kullanılması, geliştirilen birçok kalitatif ve kantitatif modeller ile çok geniş alanlarda ve düşük girdiyle erozyona sebep olan faktörlerin şiddet ve derecesi çok hızlı ve doğru bir şekilde belirlenebilmektedir (Aiello ve ark., 2015; Tanyaş ve ark., 2015).

Son derece dinamik bir karakter taşıyan mevcut ve potansiyel toprak erozyonunu doğru olarak hesaplamak veya risklilik düzeylerini belirlemek sürdürülebilir arazi ve toprak yönetimi açısından her zaman ihtiyaç duyulmaktadır. Erozyonla meydana gelebilecek potansiyel arazi bozulma risklerin belirlenmesinde kalitatif yaklaşımlara yönelik birçok modeller geliştirilmiştir (Dengiz ve ark., 2009). Bunlardan bazılarına örnek vermek gerekirse, CORINE, ICONA, LEAM, PESERA, LUCC, RUSLE gibi modeller sıralanabilir. Örneğin Dengiz ve Akgül (2005), Gölbaşı özel çevre koruma alanı ve yakın çevresinde yayılım gösteren arazilerin CORINE erozyon risk modelini kullanarak erozyon risk durumlarının belirlenme çalışması gerçekleştirmişlerdir. Model, toprak bünyesini, derinliğini, taşlılık, eğim, arazi kullanım ve arazi örtüsü bilgilerinin kullanıldığı altı aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama için, 1/25.000 ölçekli sayısal toprak haritasından bünye, derinlik ve taşlılık katmanlarını oluşturmuşlardır. İklim verilerini kullanarak Fournier ve Bagnouls-Gausson kuraklık indislerine göre çalışma alanının aşınabilirlik katmanını hazırlamışlardır. Üçüncü aşama olarak, sayısal arazi modelini (SAM) kullanarak eğim haritasını hazırlamışlardır. Dördüncü aşamada, toprak erodibilite, erosivite ve eğim katmanları birleştirilerek potansiyel erozyon risk haritası oluşturulmuştur. Bu sonuçlara göre, araştırma alanının % 72.9'u düşük, % 23.8'i orta ve % 1.0'lik gibi çok az bir kısmı ise yüksek erozyon riskine sahip olduğunu belirlemişlerdir. Yine, Sarıoğlu ve ark. (2011), Ankara'nın güneyinde yer alan Soğulca havzasının potansiyel erozyon risk alanlarını belirlemek amacıyla LEAM metodolojisi kullanmışlardır. Çalışma sonucuna göre alanın % 21.3'ü düşük potansiyel erozyon riskine sahip iken, toplam alanın % 49.5'i ise yüksek ve çok yüksek potansiyel erozyon riskine sahip olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada amaç, Madendere havzasında CORINE ve LEAM modelleri birlikte kullanılarak, havzanın erozyon risk haritalarının oluşturulması ve modeller arasında karşılaştırmaların yapılmasıdır.

## 2. Materyal ve Yöntem

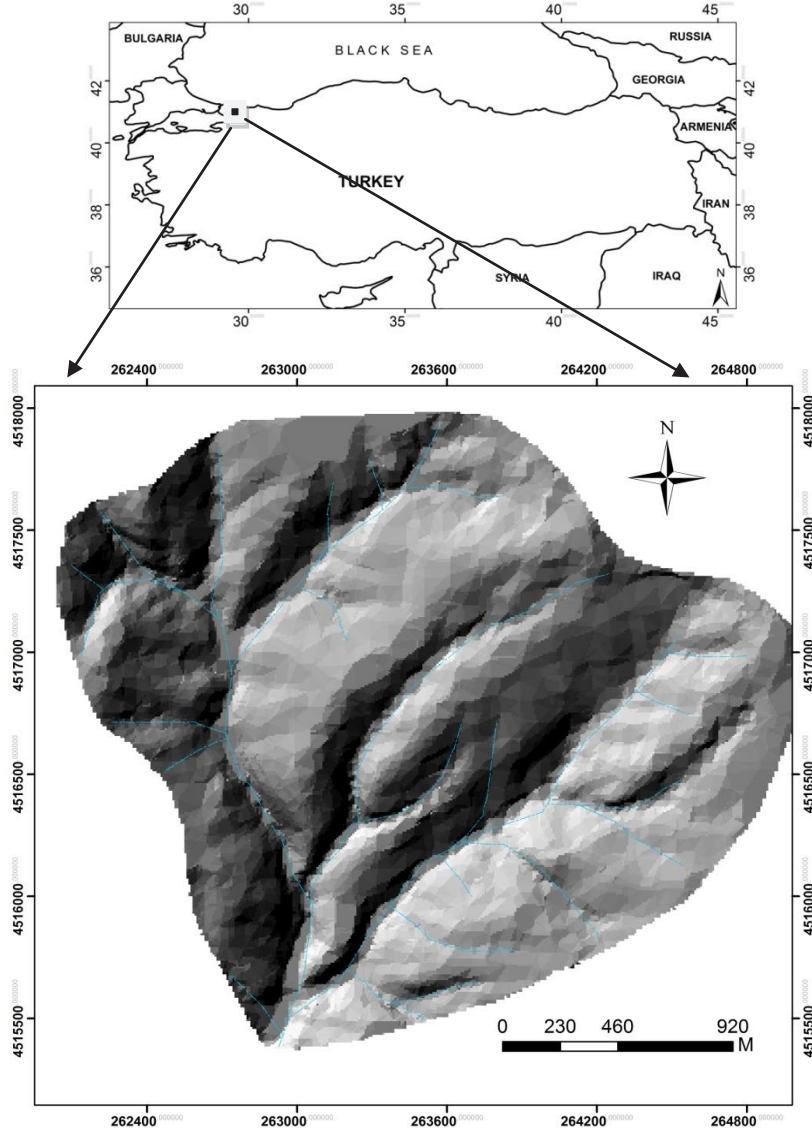
### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Araştırma alanı genel özellikleri

Madendere havzası Kocaeli iline bağlı Kartepe'nin kuzey-doğusunda olup, Kartepe merkeze 14 km uzaklıktadır. Havza sınırları içerisinde sadece Avluburun köyü yer almaktadır. Havzaların büyüklük bakımından sınıflandırması göz önüne alındığı zaman Madendere havzası yaklaşık 5.5 km<sup>2</sup> kapladığı alan ile "küçük havza" kategorisine girdiği anlaşılmaktadır. Deniz

seviyesinden yaklaşık 415 m yükseklikte bulunan havza 4515500-4518000 K ve 262400-264800 D (UTM-m) yer almaktadır (Şekil 1). Havzada yapılan detaylı toprak etüt çalışmasında, alanda 10 toprak serisi ve bunlara ait fazları 1:25.000 ölçekli harita üzerine aktarılmıştır. Havzada 2 tanesi genç toprak özellikleri taşıması nedeniyle Entisol, 6 tanesi Inceptisol, 1 tanesi Alfisol ve 1 tanesi ise Ultisol olarak sınıflandırılmıştır. Araştırma alanı içerisinde İsmailinyeri serisi (% 1.9) en küçük alana sahip iken, Gürgenlikdere serisi (% 22.1) en fazla yayılım alanına sahip olduğu belirlenmiştir (Genç ve Dengiz, 2015).

Araştırma alanı yıllık ortalama yağış miktarı 730.4 mm, yıllık ortalama sıcaklık değeri ise 11.3 °C'dir (Tablo 1). Toprak Taksonomisine (Anonymous, 1999) göre çalışma alanı ustic nem rejimi ve mesic sıcaklık rejimine sahiptir.



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası

**Tablo 1.** Çalışma alanı meteorolojik verileri

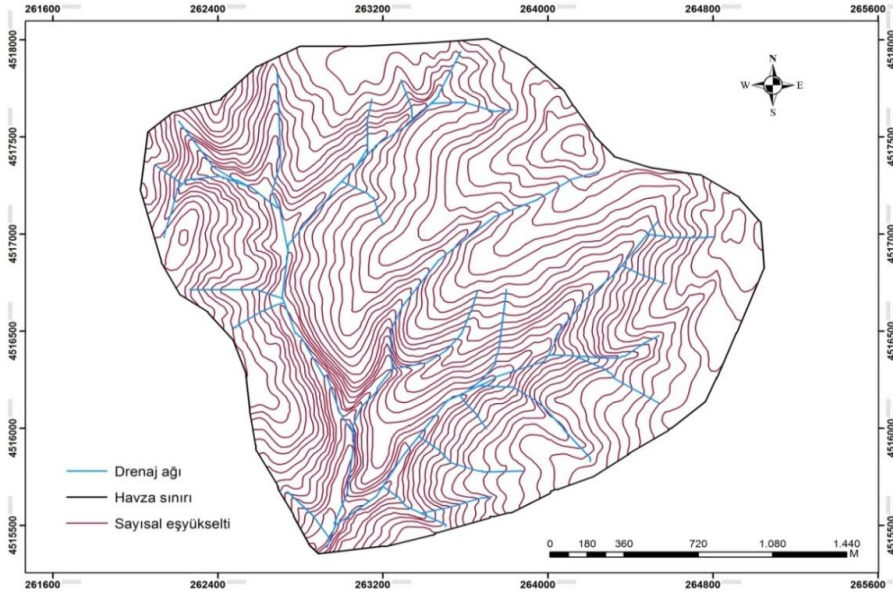
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
T (°C)	0.0	2.0	5.8	11.0	15.5	19.5	22.0	21.5	18.0	12.2	6.5	1.9	11.3
P mm)	92.8	82.0	78.9	76.3	57.7	40.3	14.6	15.1	26.6	54.7	85.4	106.0	730.4

T: Ortalama sıcaklık, P: Toplam yağış

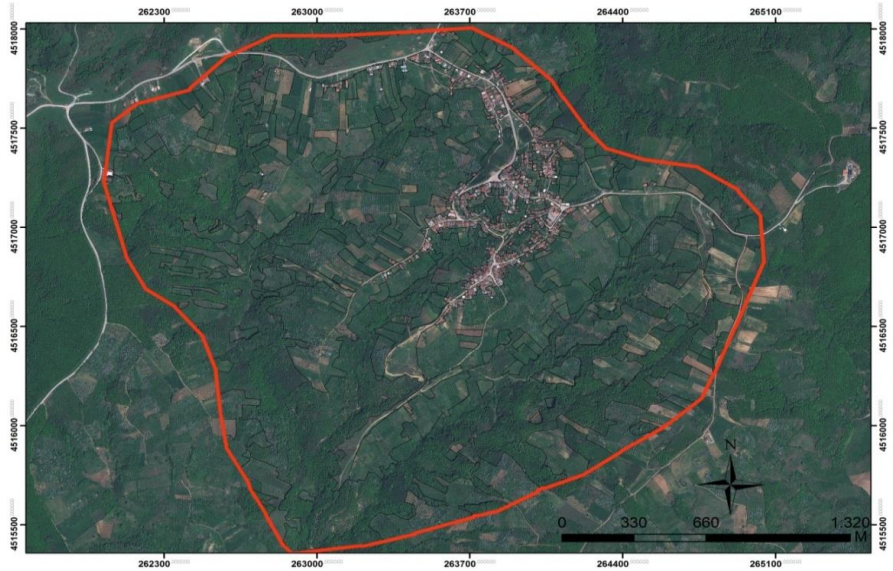
### 2.1.2. Kullanılan materyaller

Bu çalışmada, araştırma alanına ait G24a3 paftası içerisine giren 1:25.000 ölçekli topoğrafik harita temel altlık kartografik materyal olarak kullanılmış ve sayısallaştırılmıştır (Şekil 2). Ayrıca çalışma alanının arazi kullanım ve arazi örtü

dağılımını belirlemek amacıyla 2013 yılına ait 0.5x0.5 m piksel çözünürlükte Geoeye-2013 uydu görüntüsü kullanılmıştır (Şekil 3). Topoğrafik haritaların sayısallaştırılması, uydu görüntü analizi ve tematik haritaların üretilmesinde TNT Mips 6.4v ve ArcGIS 9.3v coğrafi bilgi sistemi programları kullanılmıştır.



**Şekil 2.** Çalışma alanına ait sayısal eşyüksekti haritası



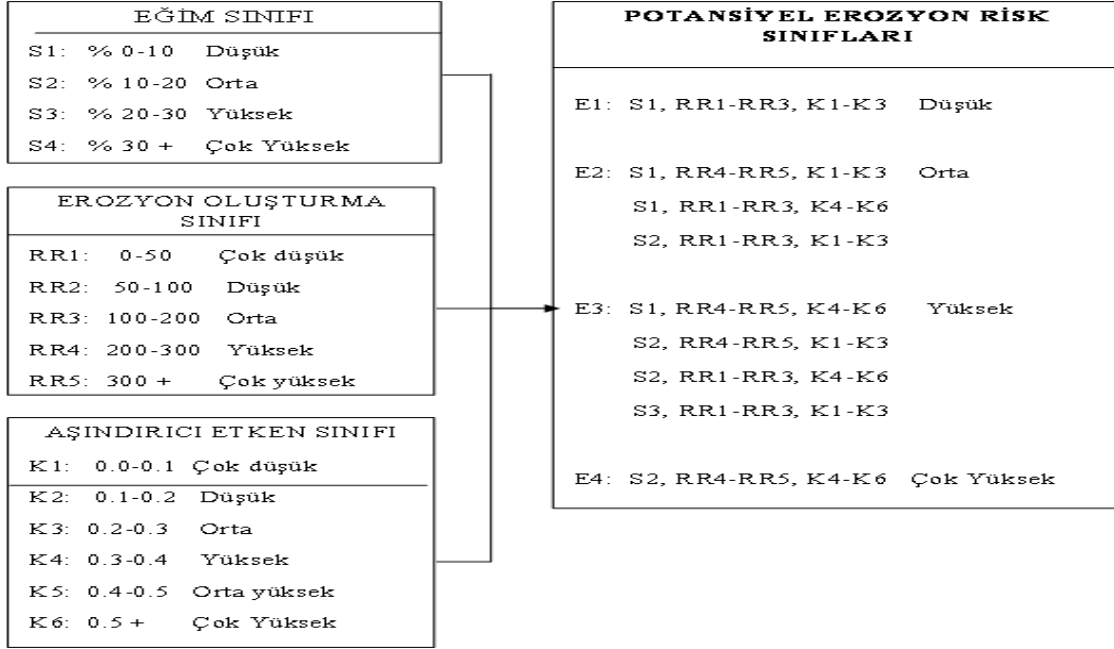
**Şekil 3.** Çalışma alanının 2013 yılına ait Geo-eye uydu görüntüsü

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. LEAM modeli

LEAM (Land Erodibility Assessment Model) modeli potansiyel erozyon risk değerlendirilmesinde kullanılan (Manrique, 1988) modellerden biridir. Modele göre erozyon duyarlılık değerlendirmesi üç temel arazi karakteristiğine bağlı olarak yapılmıştır. Bu arazi

karakteristikleri: Eğim tehlikesi (S), yağış erozyon oluşturma riski (RR) ve toprak erozyon duyarlılığı (K)'dir. Bu temel karakteristiklerden eğim tehlikesi, topoğrafik harita yardımıyla, yağış erozyon oluşturma riski Fournier İndeksi ile, toprak erozyon duyarlılığı ise erodibilite formülü (Wischmeier ve Smith, 1978) kullanılarak tespit edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. LEAM erozyon modeli akış diyagramı

### 2.2.2. CORINE modeli

CORINE (Coordination of Information on the Environment) modeli toprak erozyonu çalışmalarında arazilerin erozyona karşı risk durumlarının belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir (Anonymous, 1992). CORINE yöntemi, aktüel toprak erozyon risk modeli, potansiyel toprak erozyon risk verisi olmak üzere iki parametreden oluşmaktadır. Potansiyel toprak erozyon riskinde toprak aşınabilirliği (erodibilite), aşındırıcı güç (erozivite) ve topoğrafya fonksiyonları hesap edilmektedir. Bitki örtüsü erozyon oranına önemli derecede etki ettiğinden, bitki örtüsü verisi erozyon modelleri içerisinde çok önemli bir parametredir. CORINE metodolojisi akış şeması halinde Şekil 5'te verilmiştir.

Toprak aşınabilirliği, toprağın yağış ve rüzgâr gibi aşındırıcı güçlere karşı gösterdiği hassasiyettir. Modelde toprak bünyesi, taşlılık ve derinlik parametreleri birlikte incelenmekte olup, bu parametrelere yönelik veriler gerek arazi çalışmaları gerekse de daha önce yapılmış detaylı toprak etüt ve haritalama çalışmalarından

yararlanılmıştır (Genç ve Dengiz, 2015). Aşındırıcı güç (erozivite), toprağa aşındırıcı güç olarak etki eden yağış verileri ve Fournier yağış indeksi (FI) kullanılmıştır. Bagnouls-Gaussen kuraklık indeksi de değerlendirmeye alınmıştır. CORINE yönteminde yağışın erozyona olan etkisi aşağıdaki Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$FI = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_i^2}{P} \quad (1)$$

Bu eşitlikte;  
 $P_i$  = i ayındaki toplam yağış miktarı (mm),  
 $P$  = Yıllık ortalama toplam yağış (mm)'tir.

CORINE yönteminde kuraklığı belirlemek için sıcaklık ve yağış bilgilerinin birlikte değerlendirildiği Bagnouls-Gaussen kuraklık indeksi (BGI), aşağıdaki Eşitlik 2 yardımıyla hesaplanmaktadır.

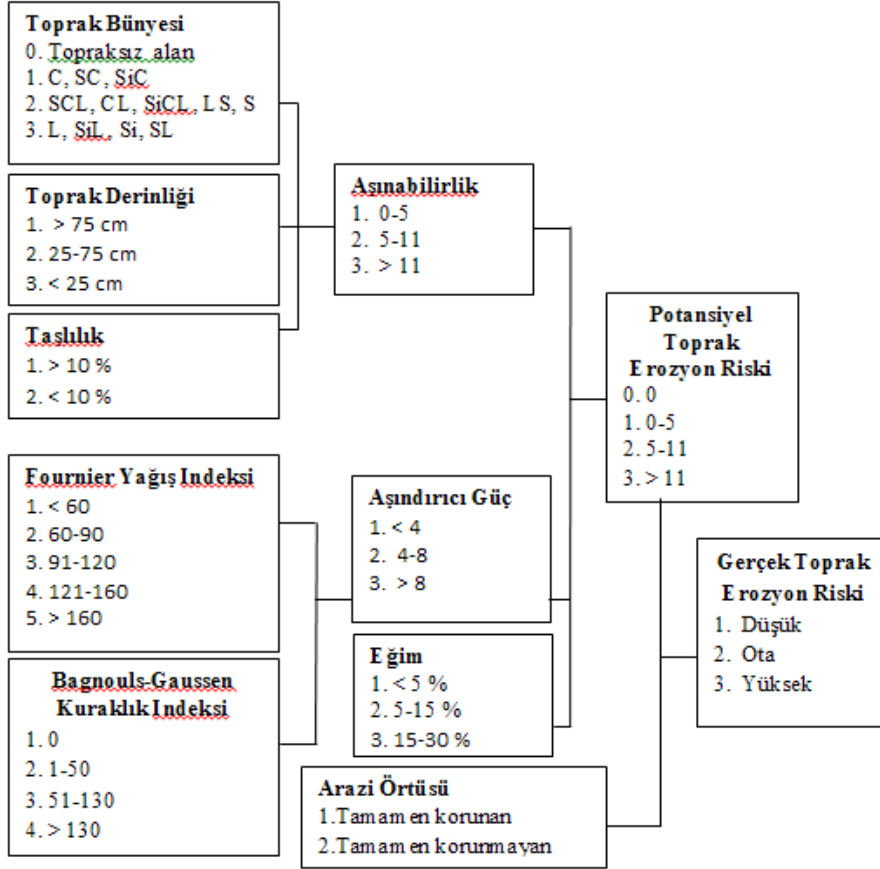
$$BGI = \sum_{i=1}^{12} (2t_i - P_i).k_i \quad (2)$$

Bu eşitlikte;  
 $t_i$  = i ayı için ortalama sıcaklık değeri,  
 $P_i$  = i ayı için toplam yağış miktarı (mm),  
 $k_i$  =  $(2t_i - P_i > 0)$  olduğu ayların oranıdır.

Erozyon ile eğim derecesi ve eğim uzunluğu arasında önemli bir ilişki olduğu bilinmektedir. CORINE yönteminde topoğrafik faktör olarak eğim yüzde (%) olarak belirlenmiştir. CORINE yöntemi için gerekli olan bu parametreler elde edildikten sonra yönteme ait sınıflandırma,

kodlama ve hesaplamalar sonrasında hattın geçtiği potansiyel ve gerçek erozyona duyarlı riskli alanlar belirlenmiştir. Potansiyel erozyon tehlikesi ile birlikte, bitki örtüsü ve arazi kullanım durumunun da incelenmesi ve bunların birlikte değerlendirilmesi neticesinde gerçek erozyon tehlikesi belirlenmektedir. CORINE yönteminde potansiyel erozyon riski; aşağıdaki formül yardımıyla elde edilmiştir.

$$\text{Potansiyel Erozyon Riski} = \text{Aşınabilirlik} \times \text{Aşındırıcı Güç} \times \text{Eğim}$$



Şekil 5. CORINE erozyon modeli akış diyagramı

CORINE aktüel (gerçek) erozyon risk değerlendirmesi, Tablo 2'de sunulan Potansiyel Erozyon Risk İndeksi ile Arazi Örtüsünün matris tablosu kullanılarak belirlenmiştir.

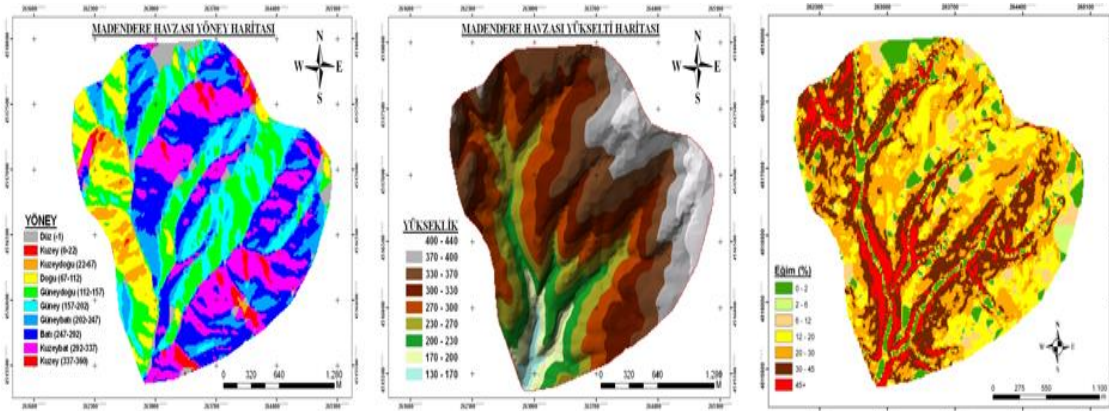
**Tablo 2.** Potansiyel erozyon risk indeksi ile arazi örtüsünün matris tablosu

Potansiyel erozyon risk indeksi	Yok	Düşük	Orta	Yüksek
Arazi örtüsü	1	0	1	2
	2	0	1	2

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Araştırma alanı baki, yükseklik eğim ve arazi kullanım dağılımı

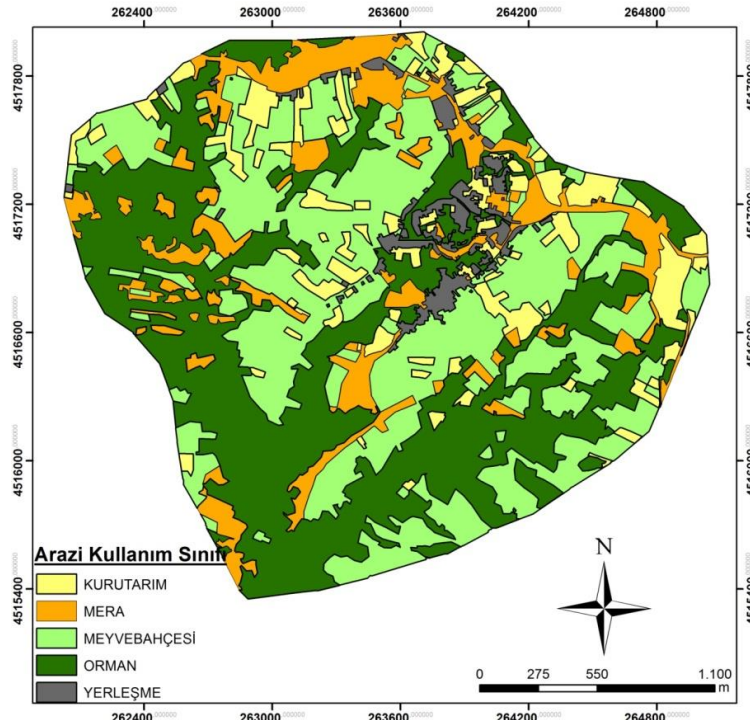
Madendere havzasının baki, eğim ve yükseklik haritaları Şekil 6'da verilmiştir. Havzanın maksimum eğim değeri % 47.7, minimum eğim değeri % 0'dır. Ortalama eğim ise % 13.86'dır. Alanın eğim dağılımı ise düz-düze yakın olan (% 0-2) alan 407.45 hektar iken; dik, çok dik ve sarp eğimli alanlar yaklaşık 4566 hektardır. Hafif ve orta dik eğimli alanlar ise yaklaşık 395 hektardır. Ortalama bakışı, 205° ile güneybatıdır.



Şekil 6. Madendere havzası bak, yükseklik ve eğim haritaları

Çalışma alanının mevcut arazi kullanımı ve arazi örtü dağılımını belirlemek amacıyla 2013 yılına ait 0.5m x 0.5m konumsal çözünürlüğe sahip Geo-eye uydu görüntüsü kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucuna göre başlıca arazi kullanımı ve arazi örtü dağılımı toplam alanın % 38.6'sı (211.11

ha) ile orman alanları oluştururken; sırasıyla meyve bahçeleri (% 35.5-192.22 ha), meralık alanlar (% 12.8-70.14 ha), işlemeli tarım alanları (% 9.5-52.02 ha) ve yerleşim (% 3.6-19.74 ha) alanları oluşturmaktadır (Şekil 7).



Şekil 7. Çalışma alanına ait arazi kullanımı ve arazi örtü haritası

### 3.2. Toprak erozyon risk değerlendirmesinde CORINE modeli

Modele göre havzanın aşınabilirlik (erodobilite) özelliğinin belirlenmesinde toprak bünyesi, toprak derinliği ve yüzey taşlılığı kullanılmıştır. Model sınıflamasına göre kil oranı

yüksek, ince bünyeli (kil, kumlu kil ve siltli kil) topraklar erozyona karşı duyarlılıkları az iken, kaba bünyelilerin duyarlılıkları fazla olarak değerlendirilmiştir. Buna göre havza toprakları bünye özelliklerine göre değerlendirildiğinde

alanın % 21.1'i killi, % 39.4'ü kil tınlı, % 23.9'u tın ve % 15.6'sı ise kumlu kil tın bünyeye sahiptir.

Aşınımına karşı duyarlılıkta kullanılan diğer parametreler ise toprak derinliği ve yüzey taşlılık dağılımlarıdır. Toprak derinliği toprakların özellikle su tutma kapasitelerinde dolayısıyla yüzey akışların oluşmasında etkili bir parametre iken, belli orandaki yüzey taşlılığı da özellikle gerek yağmur damlasının çarpma etkisi sonucu parçalayıcı gerekse de yüzey akış hızının azaltılmasında etkilidirler. Modelde kullanılan bu parametreler, daha önce yapılmış 1:25.000 ölçekli havzanın detaylı toprak etüt haritalama çalışmalarından yararlanılmıştır (Genç ve Dengiz, 2015). Düz-düze yakın eğimli araziler ile hafif eğimli arazilerde genellikle derin (> 75 cm) topraklar bulunmaktadır. Orta eğimli arazilerde ise orta derin ile yer yer sığ topraklar, dik ve çok dik arazilerde genellikle sığ ve çok sığ (< 25 cm) topraklar bulunmasına karşın; özellikle orman örtüsüne sahip bazı alanlarda dik eğimlerde dahi orta derin (25-75 cm) topraklar bulunmaktadır. % 10'dan fazla yüzey taşlılığı ise havzada çok sığ derinliğe sahip vadi yamaçları ile derelerin getirdiği ve taşkın zamanlarda yatak kenarlarına bıraktığı alanlarda bulunmaktadır. Genellikle havza yüzey toprakları taşlılık yönünden % 10'dan azdır.

Toprakların aşınımına karşı duyarlılıkları; toprak bünyesi, toprak derinliği ve taşlılık sınıflarına ait kodların çarpımı ile belirlenmiş ve aşınım duyarlılıklarına göre havza topraklarına indis değerleri atanarak düşük, orta ve yüksek olmak üzere yeniden sınıflandırılmışlardır. Çalışma alanının büyük bir kısmı taşınımına karşı hassas özellik gösterirken, havzanın vadi ve vadi yamaçlarını oluşturan ve genellikle de orman örtüsüyle kaplı alanların aşınımına karşı orta duyarlılık olan 2. sınıf olarak belirlenmiştir. 1. sınıf ile gösterilen aşınımına duyarlılık göstermeyen alan, havza içerisinde belirlenmemiştir.

Modelin diğer önemli bir parametresi ise aşındırıcı güç (erozivite) özelliğidir. Erozivite; Fournier yağış indisi ile Bagnouls-Gaussen kuraklık indisinin hesaplanması ile elde edilen değerlerin matrisi sonucu erozivitede belirlenen sınıfa gelen karşılığı şeklinde belirlenmiştir. Hesaplamalara göre Fournier yağış indisi 75.3 ile 2. sınıf, Bagnouls-Gaussen kuraklık indisi ise 66.7 ile 3. sınıf olarak hesaplanmıştır.

Potansiyel erozyon riskinin belirlenmesinde kullanılan diğer bir parametre ise havzanın eğim dağılımıdır. Eğim toprak taşınımında özellikle su hareketinde önemli bir etmendir. Üzerinde bir koruyucu örtü tabakası bulunmayan topraklarda eğim artışına bağlı olarak erozyon oluşum riski

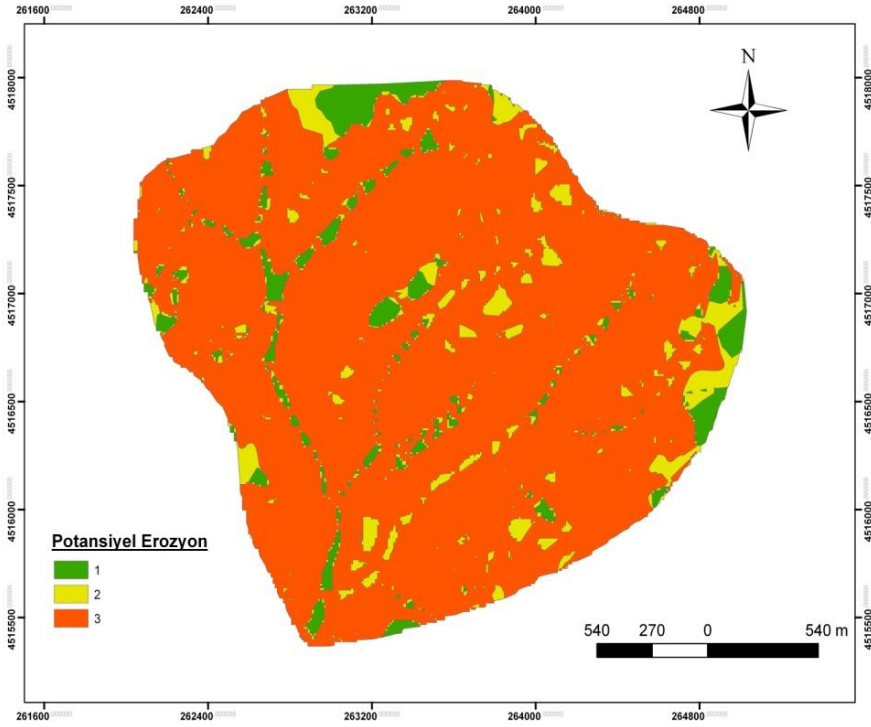
artmaktadır. Bu nedenle erozyon model çalışmalarında göz önüne alınan önemli bir faktördür. Havzanın yaklaşık % 21'i, eğimin % 15'in altında olan alanları oluştururken, % 79.1'i ise eğimin çok dik özellik gösterdiği belirlenmiştir. Potansiyel erozyon riski haritasının oluşturulmasında sayısal ortamda toprak aşınımı, aşındırıcı güç ve eğim grubu kodlarının birbirleri ile çarpılması sonucu elde edilmiş ve yeniden sınıflandırılmış ve CORINE metoduna göre potansiyel erozyon riski Şekil 8'de verilmiştir. Buna göre az riskli alanlar 1, orta riskli alanlar 2 ve yüksek riskli alanlar ise 3 ile kodlandırılmıştır. Havzanın toplam alanının 310.2 ha'lık kısmı potansiyel olarak erozyon riskine karşı az duyarlılıklara sahip iken, yaklaşık % 87'lik kısmı erozyona karşı potansiyel olarak yüksek sınıfa girmektedir.

Havza topraklarının örtü durumları, arazi kullanım haritasında belirtilen kullanım biçimleri dikkate alınarak, CORINE metoduna göre korunan ve korunmayan olmak üzere sınıflandırılmıştır. Buna göre orman, mera ve fundalık alanlar tamamen korunan alanlar olarak 1 kodu ile tanımlanırken, bunların dışında kalan diğer kullanım türleri (tarım arazisi, yerleşim alanları veya çıplak alanlar) 2 kodu ile sınıflandırılmışlardır. Yapılan sınıflamaya göre havza topraklarının yarısından fazlasını korunan veya örtü tabakası zayıf olan alanlar oluşturmaktadır. Son olarak gerçek (güncel) erozyon riskinin belirlenmesi işlemi, potansiyel erozyon riski ile bitki örtüsü indisi değerlerinin çarpımlarıdır. CORINE modeline göre havza arazilerinin % 52.8'i 3 ile kodlanan veya sınıflandırılan yüksek erozyon riski altında iken, alanın çok küçük bir bölümü (% 8.3) erozyon riski taşımamaktadır (Şekil 9).

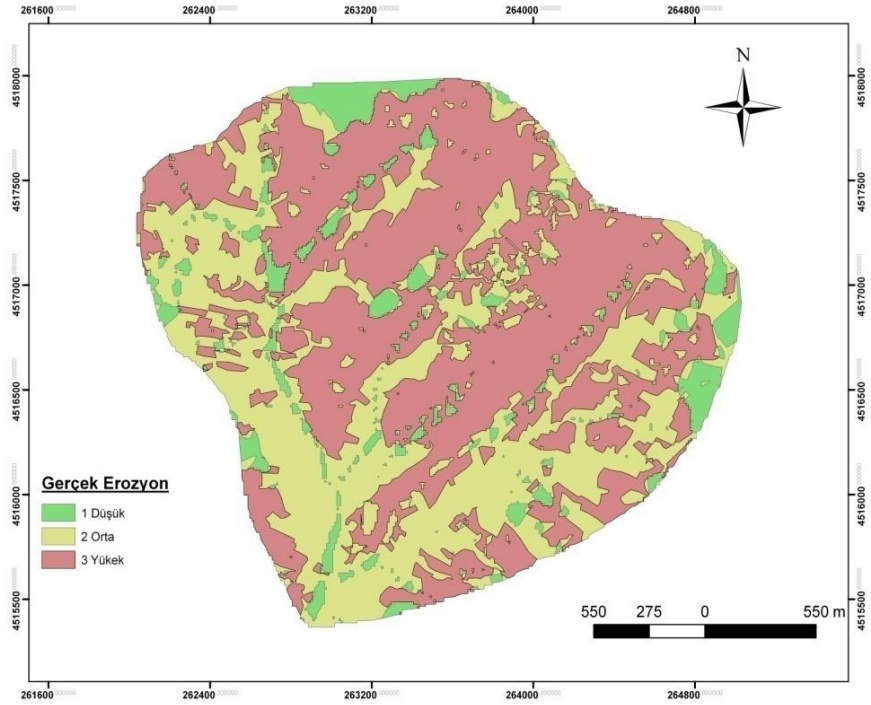
### 3.3. Toprak erozyon risk değerlendirmesinde LEAM modeli

LEAM modelinde kullanılan ilk parametre eğim parametresidir. Eğim sınıflaması LEAM modeli içerisinde, eğim derecesi % 0-10 arasında olanlar düşük, % 10-20 olan alanlar orta, % 20-30 arasındaki alanlar yüksek ve % 30'dan daha fazla eğimde olan alanlar ise çok yüksek olarak 4 sınıfa ayrılmaktadır. Havzanın yaklaşık % 58.2'si eğimin % 20'nin altındaki alanları oluşturmasına karşın, % 41.8'i ise eğimi % 20'den fazla olan ve yüksek-çok yüksek olarak ifade edilen özelliği göstermektedir. Modelde kullanılan diğer bir parametre ise yağışın erozyon oluşturma etkisi olan iklim (erozivite), modifiye edilmiş Fournier İndisi eşitliğine göre hesaplanmıştır. Fournier İndeksine göre 75.3 ile düşük ve 2. sınıf olarak belirlenmiştir.





Şekil 8. CORINE modeline göre havzanın potansiyel erozyon risk sınıfları haritası



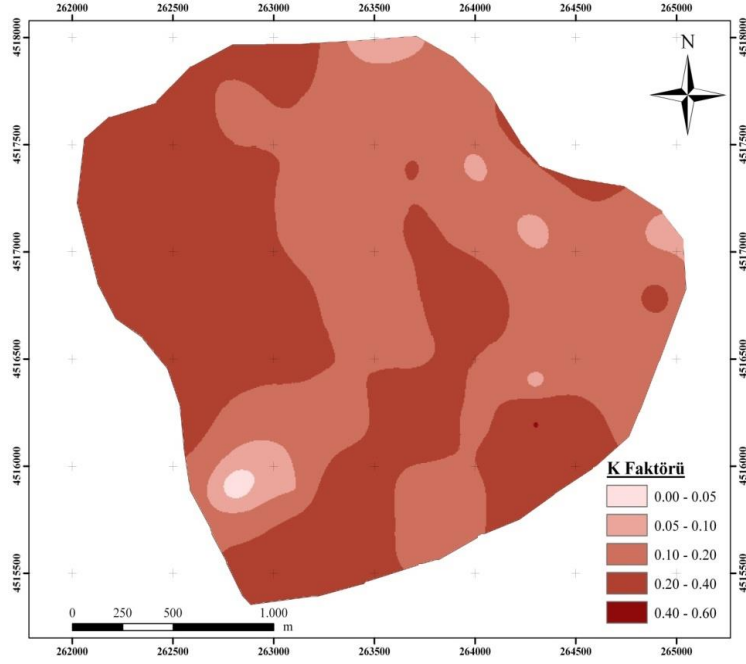
Şekil 9. CORINE modeline göre havzanın gerçek erozyon risk sınıfları haritası

LEAM modelinde potansiyel erozyon riskinin belirlenmesine yönelik ele alınan son aşamada ise toprakların erozyona duyarlılık (erodibilite-K faktörü) sınıflarının belirlenmesidir. Modele göre

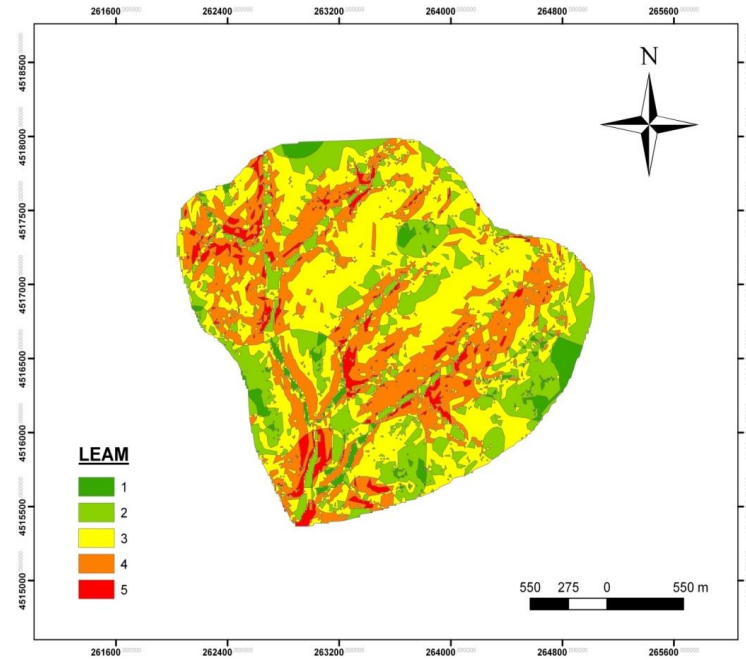
havzanın aşınabilirlik (erodibilite) özelliğinin belirlenmesinde çalışma alanından alınan 71 adet yüzey toprağında; toprak bünyesi, toprak geçirgenlik, organik madde, strüktür gibi

parametreler kullanılarak Wischmeier ve Smith (1978) tarafından geliştirilen eşitlik kullanılarak belirlenmiştir. Belirlenen her bir toprak erdobilite değeri (K) jeostatistik yarımıyla K dağılım haritası oluşturulmuş ve Şekil 10'da verilmiştir. Belirlenen K sınıfları; 0.0-0.05 arasındaki değerlerde çok düşük, 0.05-0.1 olanlar düşük, 0.1-0.2 aralığındaki değerlerde orta, 0.2-0.4 arasında yüksek, 0.4-0.6 aralığında çok yüksek olarak beş sınıfta sınıflandırılmaktadır.

Son olarak LEAM modeline göre potansiyel erozyon risk haritasının belirlenmesinde Fornier indeksi, eğim ve K faktörlerine ait katmanlar CBS ortamında birleştirilmesiyle alana ait potansiyel erozyon risk haritası oluşturulmuştur. Alanın % 41.9'u E3 sınıfını oluşturan yüksek erozyon riski sınıfına girerken, çok yüksek sınıfa giren E4 sınıfı ise alanın % 28.6'sını oluşturmaktadır. Alanın sadece % 24.8 düşük ve orta seviyede olduğu belirlenmiştir (Şekil 11).



Şekil 10. LEAM modeline göre toprakların erozyona karşı duyarlılık haritası



Şekil 11. LEAM modeline göre havzanın erozyon risk dağılım haritası

#### 4. Sonuçlar

Arazi bozulmasına neden olan olaylar içerisinde önemli bir yeri olan toprak erozyonu, toprakla ilgili yapılan araştırmalar arasında önemli bir yer tutmaktadır. Geçmişten günümüze erozyonun ve sediment iletiminin tespiti için farklı ölçeklerde ve farklı tiplerde birçok model geliştirilmiştir. Bilgisayarların donanımsal ve yazılımsal olarak güçlenmeleri yanı sıra CBS ve UA gibi teknolojilerindeki hızlı gelişmeler ve bu gelişmelerin ürünleri, erozyon araştırmalarında ve modellerin geliştirilmesinde önemli yer teşkil ettiği yapılan birçok çalışmada olduğu gibi yapılan bu çalışma ile de ortaya konulmuştur. Ayrıca, yeryüzündeki en dinamik unsurlardan biri olan arazi kullanımı-arazi örtüsünün belirlenmesi, değişimlerin izlenmesi ve erozyona olan etkilerinin belirlenmesinde CBS ile UA tekniklerinin çok önemli rol oynadıkları anlaşılmıştır.

Havza yönetiminin amacının toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlamak olduğu dikkate alındığında, havza yönetimi açısından erozyon haritalamanın bir amaç değil, önemli bir araç olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla söz konusu alanlar için alınacak toprak koruma önlemlerinin çeşidinin saptanması için yapılacak havza yönetimi yatırımlarının maliyetinin belirlenmesi açısından bu haritaların göz önünde tutulmaları yönünde çok önemli unsur oldukları bilinmektedir.

Çalışmanın ana hedefi içerisinde, Kocaeli iline bağlı Kartepe ilçesinin kuzey-doğusunda ve Kartepe Merkezine 14 km uzaklıkta yer alan Madendere havzasında iki adet farklı erozyon risk belirleme modelinin (CORINE ve LEAM) CBS ve UA teknikleri yardımıyla erozyon risk haritalarının oluşturulması ve modeller arasında karşılaştırmalar yapılmasıdır. Ayrıca, havzadan alınan toprak örnekleri ile havza topraklarının erozyona duyarlılıklarının ortaya konulması amacıyla erozyon duyarlılık indisi (erodibilite) incelenmiştir.

Kullanılan her iki modelden elde edilen sonuçlara göre, havza arazilerinin yüksek erozyon riski altında olduğu belirlenmiştir. Özellikle havzanın parçalı ve engebeli topoğrafik özelliğe sahip eğimi yüksek ve bu eğimin kısa mesafelerdeki değişiminin yanı sıra, havzanın insan faaliyetleri sonucu orman alanlarının büyük bir kısmının tarım ve mera alanlarına dönüştüğü göz önüne alındığında, havza toprakları büyük risk altında olduğu görülmektedir.

Model sonuçların bir biriyle her ne kadar paralellik gösterse de yani, her iki model sonucunda havza alanını yarıdan fazlası yüksek erozyon riski altında olmasına karşın, modellere ait

bulunan oranlardaki fark, modellerde kullanılan parametrelerdeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Örneğin her iki modelde de toprakların erozyona karşı duyarlılık göstergesi olan erodobilite CORINE modelinde bünye, derinlik ve yüzey taşlılığı kullanılırken, LEAM da erodobilite Wischmeier ve Smith (1978)'e göre belirlenmektedir. Diğer bir durum, aşındırıcı güç (erozivite) belirlenmesinde her iki modelde Fornier yağış indisi kullanmasına karşın CORINE ayrıca Bagnouls-Gaussen kuraklık indisi de kullanılmaktadır.

Her iki model de kullanılan Fornier yağış indeksinde ele alınan yağış değerleri o alana ait uzun yıllar ortalama yağış değerleridir. Halbuki, Dengiz ve Akgül (2005) kısa süreli ve etkili yağışlar sonucu da erozyon oluştuğunu belirtmişlerdir. Bunun yanı sıra, düşen yağış alandaki dağılımı her yerde aynı olarak dikkate alınmaktadır. Fakat havza topoğrafyası çok değişkenliğe sahip olması nedeniyle suyun toprak içerisine girişini ve hareketini farklı olmasına neden olmakta bu durum da toprak taşınımında farklılıklara yol açmaktadır. Her iki modeldeki bu zayıf özelliğin yanı sıra, LEAM modelinin arazi örtüsü ve arazi kullanım durumunu dikkate almaması bu modelin diğer bir zayıf tarafını göstermektedir. Modelde erozyon riskinin daha fazla bulunmasının nedeni bu durum ile açıklanabilmektedir. Çünkü, Dengiz ve ark. (2009) belirttiği gibi, özellikle arazi örtüsünün kaplama oranı ve çeşidi toprakların su ile taşınmasını yönünde önemli etkileri bulunmaktadır.

#### Kaynaklar

- Aiello, A., Adamo, M., Canora, F., 2015. Remote sensing and GIS to assess soil erosion with RUSLE3D and USPED at river basin scale in southern Italy. *Catena*, 131: 174-185.
- Anonymous, 1992. Corine (Commission of the European Communities). Soil Erosion Risk and Important Land Resources, Luxembourg.
- Anonymous, 1999. Soil Survey Staff, Soil Taxonomy. A Basic of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey. U.S.D.A Handbook No: 436, Washington D.C.
- De Graaff, J., 1996. The Price of Soil Erosion: An Economic Evaluation of Soil Conservation and Watershed Development. Landbouwniversiteit Wageningen (LUW).
- Dengiz, O., Akgül, S., 2005. Soil erosion risk assessment of the Gölbaşı environmental protection area and its vicinity using CORINE model. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29(6): 439-448.
- Dengiz, O., Yakupoğlu, T., Başkan, O., 2009. Soil erosion assessment with qualitative approach using GIS & RS; Case study: Ankara-Güvenç Basin. *Journal of Environmental Biology*, 30(3): 339-344.

- Genç, Z., Dengiz, O., 2015. Madendere havzasında fizyografik faktörlerin ve bazı fiziko-kimyasal toprak özelliklerinin belirlenmesi ve haritalanması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2(1): 28-39.
- Hudson, N., 1986. Soil Conservation. Cornell University Press.
- Manrique, L.A., 1988. LEAM. Land Erodibility Assessment Methodology. Using soil survey data based on soil taxonomy. Editorial and Publication Shop, Honolulu, Hawaii, USA.
- Sarıoğlu, F.E., Dengiz, O., Başkan, O., 2011. Potansiyel erozyon risk alanlarının belirlenmesinde LEAM modeli pilot alan: Haymana-Soğulca havzası. *Ulusal Toprak ve Su Sempozyumu*, 25-27 Mayıs, Ankara, s. 223-229.
- Tanyaş, H., Kolat, Ç., Süzen, M.L., 2015. A new approach to estimate cover-management factor of RUSLE and validation of RUSLE model in the watershed of Kartalkaya Dam. *Journal of Hydrology*, 528: 584-598.
- Vrieling, A., 2006. Satellite remote sensing for water erosion assessment: A review. *Catena*, 65(1): 2-18.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses. USDA Agricultural Handbook No. 537, Washington D.C.