



Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 31 (2016)

ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)

doi:10.7161/anajas.2016.31.1.117-126



Ergene Havzasında (Trakya) arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişikliklerinin erozyon üzerine etkileri

Emre Özşahin

Namık Kemal Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü Tekirdağ
Sorumlu yazar/corresponding author: ozsahine@hotmail.com

Geliş/Received 10/08/2015

Kabul/Accepted 08/11/2015

ÖZET

Ergene Havzasındaki arazi kullanımı ve arazi örtüsü (AKAÖ) değişikliklerinin erozyonla ilişkisinin incelendiği bu çalışmada, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama (UA) tekniklerine dayalı RUSLE (3D) yöntemi kullanılmıştır. Çalışma amacı kapsamında, Landsat uydu görüntüleri kullanılarak 1987 ve 2015 yıllarına ait AKAÖ tespit edilmiş ve bu veri seti üzerinden iki farklı C (arazi örtüsü ve yönetim) faktör haritası üretilmiştir. Yıllar arasında AKAÖ üzerinde meydana gelen değişiklikler C faktörünü de yansıyacağı için dolaylı olarak toprak erozyonunu etkileyeceği bellidir. Bu düşünceden hareketle antropojenik orijinli AKAÖ değişikliklerinin erozyon üzerindeki etkisi tespit edilmiş ve sorgulanmıştır. Sonuçta Ergene Havzasında son 28 yıllık zaman diliminde yaşanan AKAÖ değişiklikleri sonucunda, yerleşim alanlarının büyümesine bağlı olarak ortalama yıllık toprak kaybının azaldığı ($- 1.67 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$) tespit edilmiştir. Ancak ilk bakışta olumlu olarak değerlendirilebilecek olan bu durum, sahada artış gösteren şiddetli erozyonun etkilerinin henüz yansımamasından kaynaklanmıştır. Ayrıca yerleşim alanlarının kontrolsüz büyüme sürecinin ise tarımsal açıdan bazı temel problemlere de neden olacağı unutulmamalıdır. Çalışma sonuçları AKAÖ değişiklikleri ile erozyon arasında kuvvetli ve kayda değer bir ilişkinin varlığını doğrulamıştır. Ergene Havzasındaki erozyonun yakın gelecekte optimum düzeye indirilmesi için acilen bazı önlemlerin alınması gerekmektedir.

Anahtar Sözcükler:
AKAÖ değişimi
CBS
Ergene Havzası
Toprak erozyonu

The effects of land use and land cover changes in Ergene Basin (Thrace) on erosion

ABSTRACT

This study focuses on the relationship between erosion and land use and land cover changes (LULCC) in the Ergene Basin. RUSLE (3D) method, which is based on geographical information systems (GIS) and remote sensing (RS) techniques, was used in the study. In accordance with the research aim, Landsat satellite images were used to analyze LULCC from 1987 to 2015. Based on this dataset, two different C (land cover and management) factor maps were produced. LULCC in years manifest themselves in also C factor and thus obviously affect soil erosion indirectly. In this regard, the effects of anthropogenic LULCC on erosion were investigated and determined. It was found out that as LULCC have occurred in the Ergene Basin in the last 28 years, average annual soil loss has decreased ($- 1.67 \text{ t ha}^{-1}$ per year) as a result of the growth of residential areas. However, this, which seems positive at first glance, is because the effects of severe erosion that has increased in the area have not manifested themselves yet. It should be noted that uncontrolled growth of residential areas will give rise to some basic agricultural problems. The results of this study confirm the existence of a strong and significant relationship between LULCC and erosion. Some measures should be taken urgently so that erosion risk in the Ergene Basin is reduced to optimum level in the near future.

Keywords:
LULCC changing
GIS
Ergene Basin
Soil erosion

1. Giriş

Son yıllarda insanların üretimi arttırmaya yönelik tarımsal aktivitelerine bağlı olarak yanlış ve yoğun arazi kullanımları, doğal dengenin bozulmasına ve arazinin kullanışsız hale gelmesine ortam hazırlamıştır (Williams, 1991; Sharma ve ark., 2011). Sürdürülebilir kullanım dikkate alınmadığı için AKAÖ (arazi kullanımı ve arazi örtüsü) özellikleri üzerinde zamanla görülen dramatik değişim arazi degradasyonuna neden olmuştur (Xiao ve ark., 2006; Bhandari ve Darnasawadi, 2014). Bu olumsuz süreçte birlikte toprak özellikleri (fiziksel, kimyasal ve biyolojik) bozulduğu için hızlandırılmış erozyon ortaya çıkmıştır (Pimental ve ark., 1995; Özşahin ve Atasoy, 2014; Balasubramani ve ark., 2015).

Çok eski dönemlerden beri insan etkisi yüzünden AKAÖ değişikliklerinin belirgin bir şekilde hissedildiği alanların başında Türkiye gelmektedir (Myers ve ark., 2000; Efe ve Tağıl, 2007). Bu sahada yürütülen insan faaliyetleri neticesinde AKAÖ, antropojenik olarak erozyonu artırıcı yönde bir değişim geçirmiştir. İlgili nedenden dolayı ülkenin farklı noktalarında erozyonun miktarının tespitine ve dağılımına yönelik çeşitli erozyon modelleri uygulanmıştır. Doğru sonuçlar verdiği için bu modeller içerisinde en fazla tercih edileni, RUSLE (Düzenlenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi) yöntemidir (İrvem ve ark., 2007; Efe ve ark., 2008). Bu yöntemden son yıllarda CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) tabanlı ve UA (Uzaktan Algılama) destekli olarak faydalanılmaktadır (Alexakis ve ark., 2013; Tanyaş ve ark., 2015; Aiello ve ark., 2015). Böylece AKAÖ değişikliklerinin etkisi ile eğim ve eğim uzunluğu hakkında kolay bilgi elde etmek mümkün olmaktadır (Lambin ve ark., 2003; Serra ve ark., 2008; Özşahin ve Uygur, 2014). Ayrıca CBS sayesinde büyük havzalar için daha doğru, ekonomik ve hızlı bir şekilde toprak kaybı ve sediment verimi tahmini yapabilmeye olanağı da vardır (İrvem ve Tülücü, 2004).

Toprak erozyonu ve AKAÖ arasındaki ilişki gerek yabancı (Sharma ve ark., 2011; Alkharabsheh ve ark., 2013; Iqbal ve Khan, 2014; Hunke ve ark., 2015; Karamesouti ve ark., 2015; Ferreira ve ark., 2015) gerekse yerli (Karagül, 1999; Erol ve ark., 2009; Çilek, 2013; Özşahin ve Uygur, 2014; Kızılelma ve Karabulut, 2014) literatürde birçok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır. Bu bağlamda Türkiye’de CBS tabanlı ve UA destekli yöntemlerin kullanıldığı ciddi çalışmalar yapılmıştır. Tağıl (2009) Tuzla Çayı havzasında erozyon riski üzerine AKAÖ değişikliklerinin etkisini araştırmıştır. Çilek (2013) PESERA (Pan-European Soil Erosion Risk Assessment) modeli kullanarak Türkiye’deki farklı AKAÖ sınıfları için aylık ve yıllık toprak kaybını değerlendirmiştir. Özşahin ve Atasoy (2014) Aşağı

Asi Nehri örneğinde AKAÖ değişikliklerinin erozyon üzerindeki etkisini irdelemişlerdir. Özşahin ve Uygur (2014) Kuseyr Platosundaki AKAÖ değişiklikleri ve erozyon arasındaki ilişkiyi açıklamışlardır. Kanar ve Dengiz (2015) Madendere Havzasında AKAÖ ile bazı erozyon duyarlılık indeksleri arasındaki ilişkiyi belirlemişlerdir.

CBS ve UA tekniklerine dayalı RUSLE (3D) yönteminin kullanıldığı bu çalışmada, Ergene Havzasındaki AKAÖ değişikliklerinin erozyonla ilişkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma amacı kapsamında, Landsat uydu görüntüleri kullanılarak 1987 ve 2015 yıllarına ait AKAÖ tespit edilmiş ve bu veri seti üzerinden iki farklı C (arazi örtüsü ve yönetim) faktör haritası üretilmiştir. Yıllar arasında AKAÖ üzerinde meydana gelen değişiklikler C faktörünü de yansıyacağı için dolaylı olarak toprak erozyonunu etkileyeceği bellidir. Zira RUSLE (3D) yönteminde erozyonu denetleyen

R (yağış) ve K (toprak) değiştirilemez sabit nitelikteki faktörler iken, LS (eğim uzunluk ve eğim dikliği), C ile P (erozyon kontrol) faktörler ise müdahale edilebilir değişkenlerdir (Renard ve ark., 1997; Yıldırım ve Erkal, 2008). Bu nedenle çalışma kapsamında değerlendirilen yıllarda, topoğrafyadan sonra erozyonu kontrol eden ikinci en önemli dinamik faktör olan AKAÖ (Van der Knijff ve ark., 2000) özelliklerinde yaşanan antropojenik orijinli değişikliklerinin erozyon üzerindeki etkisi tespit edilmiş ve sorgulanmıştır.

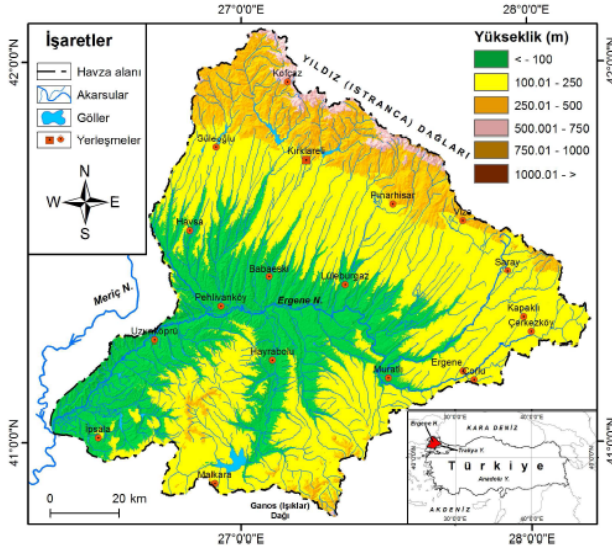
2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma alanının özellikleri

Çalışma alanı, Türkiye’nin kuzeybatı kesimindeki Trakya yarımadasında yer almakta olup, Trakya’nın en önemli akarsularından biri olan Ergene Nehrinin su bölümü çizgisine karşılık gelir. Coğrafi koordinat sistemine göre 42° 05' 42" - 40° 48' 06" K enlemleri ile 26° 20' 04" - 28° 13' 00" D boylamları arasında kalan Ergene Havzasının yüzölçümü, SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) kullanılarak oluşturulan drenaj alanına göre 11023 km²'dir (Şekil 1).

Kuzeyi ve güneyi arasında bariz bir asimetri farklılığının bulunduğu Ergene Havzası kuzeyden sade ve monoton güneyden ise son derece arızalı ve parçalı bir topoğrafik görünümündedir (Altın, 2000). Ortalama yükseltinin 162 m olduğu havza alanının en yüksek noktası Mahya Tepedir (1031 m).

Genel olarak karasal iklimin etkisi altında bulunan havza alanında, yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve sert geçmektedir. Thornthwaite metoduna göre havza kurak-az nemli, orta sıcaklıkta, su fazlası kış mevsiminde kuvvetle görünen, deniz tesirine yakın sahalar içerisinde kalmaktadır (Balcı Akova, 2002a).



Şekil 1. Çalışma alanının yeri

İyi gelişmiş bir drenaj ağına sahip olan havza alanının en önemli akarsuyu, Ergene Nehridir. Uzunköprü ilçesine kadar doğu-batı istikametinde akan akarsu, buradan sonra güneybatıya yönelerek Saros Körfezine ulaşmadan Meriç Nehrine karışmaktadır.

Çeşitli toprak ordolarının görüldüğü Ergene Havzasındaki en baskın toprak serileri, Entisol, Inceptisol, Alfisol ve Vertisol ordolarıdır (Haktanır ve ark., 2005).

Ergene Havzasında AKAÖ sınıflarından en yaygın olanı tarım alanlarıdır. Daha çok kuru tarım yapıldığı (% 43.6) havza alanında sulu tarım sadece akarsu ve su kütleleri (göl, gölet, baraj vs.) çevrelerindeki arazilerde (% 4.7) yapılır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010). Sahada yetiştirilen başlıca tarım ürünleri buğday, ayçiçeği, kanola ve pirinçtir. Yerleşim alanlarının su kaynaklarına göre dağılışı gösterdiği havza alanında, su bölümü çizgisine doğru kalan sahalarda ise mera ve orman alanları şeklinde kullanımlar mevcuttur.

2.2. Materyal ve yöntem

Bu çalışmada temel materyal olarak HGK (Harita Genel Komutanlığı) tarafından üretilmiş sayısal topoğrafya haritası katmanları (Ölçek: 1/25.000) kullanılmıştır. CBS tabanlı ve UA destekli RUSLE (3D) yönteminin tercih edildiği çalışmanın uygulanma aşamasında çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilen (Wischmeier, 1978; Desmet ve Govers, 1996; Renard ve ark., 1997) eşitlik kullanılmıştır (1).

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (1)$$

Burada; A = Tahmin Edilen Yıllık Toprak Kayıp

Miktarı ($t \text{ ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$); R = Yağış Erozyon Faktörü ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$); K = Toprak Erozyon Faktörü ($t \text{ ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$); LS = Eğim Uzunluk ve Eğim Dikliği Faktörü; C = Arazi Örtüsü ve Yönetim Faktörü (boyutsuz); P = Erozyon Kontrol (Önleyici) Faktör (boyutsuz).

Çalışmanın faktör haritaları çok farklı kaynaklardan temin edilen verilerden istifade edilerek hazırlanmıştır. R faktörü, havzadaki meteoroloji istasyonlarının (Çorlu, Edirne, Florya, Çanakkale, İpsala, Kırklareli, Lüleburgaz, Kumköy, Tekirdağ ve Uzunköprü) Erpul ve ark. (2009) tarafından tespit edilmiş MFI (Modifiye edilmiş Fournier İndisi) değerleri yağış erozyon faktörü eşitliği (2) kullanılarak belirlenmiştir (Arnoldus, 1977; 1980).

$$R = \text{Yağış Erozyon Faktörü} = (4.17 * \text{MFI}) - 152 \quad (2)$$

K faktörü, Doğan ve ark. (2000) tarafından havza alanı ve yakın çevresindeki 163 noktadan rastgele alınmış toprak örneklerinin analizleri sonucunda tespit edilmiş K faktör değerleri kullanılarak saptanmıştır. Hem R hem de K faktör haritaları, örneklem noktalarına ait değerlerin enterpolasyon yöntemiyle dağılışı yapılarak üretilmiştir.

LS faktörü, sayısal topoğrafya haritası katmanlarının 30 m çözünürlüğündeki SYM verisine dönüştürülmesiyle elde edilmiştir. Dönüşümün ardından SYM'den eğim haritası ve ArcHydro tool ile akım yığılımı hesaplaması yapılmıştır. LS faktörü ise aşağıdaki denkleme (3) göre hesaplanmıştır (Desmet ve Govers, 1996; Mitsova ve ark., 1996; Bhandari ve ark., 2015).

$$LS = 1.6 * \text{Pow}([\text{akım yığılımı}] * \text{çözünürlük}) / 22.1, 0.6 * \text{Pow}(\text{Sin}[\text{eğim}] * 0.01745) / 0.09, 1.3 \quad (3)$$

C faktörü, aynı aya ait (11.05.1987 ve 24.05.2015) Landsat uydu görüntüleri (Çözünürlük: 30 m) üzerinden tespit edilen AKAÖ sınıfları kullanılarak belirlenmiştir. Böylece güneş açısına ve bitki örtüsündeki farklılığa bağlı hatalarının ortadan kaldırılması amaçlanmıştır (Tağıl, 2007). Görüntülerin değerlendirilmesi en büyük benzerlik (maximum likelihood) yaklaşımıyla kontrollü (supervised) sınıflandırma tekniği ile yapılmıştır. Zira AKAÖ haritaların yapımında kontrollü sınıflandırmanın daha uygun olduğu düşüncesi daha önem taşımaktadır (Gençer ve ark., 2015). Sınıfların tespiti ve kontrolü aşamasında mevcut GPS verilerinden, arazi gözlemlerinden, hâlihazırdaki haritalardan ve uydu görüntülerinden istifade edilmiştir. Bu kapsamda genel doğruluğu % 80, kappa katsayıları ise 0.75'in üzerinde olan 9 farklı AKAÖ sınıfı tespit edilmiş, ilgili sınıfların C faktör değerleri de farklı kaynaklardan derlenerek atanmıştır (Lee ve Lee, 2006;

Jordan ve ark., 2005; Tağıl, 2007).

P Faktörü, hem tespit edilmediği durumlarda (Renard ve ark., 1991), hem de yakın çevrede yapılmış çalışmalarda (Ekinci, 2007; Demirci ve Karaburun, 2012; Özşahin, 2014) 1 olarak kullanıldığı için aynı değer kabul edilerek denklemde göz ardı edilmiştir.

Bütün faktör dataları yöntem içeriği doğrultusunda grid temelli metot çerçevesinde CBS ortamında raster calculator tool yardımıyla birleştirilmiştir. Böylece havza alanının 1987 ve 2015 yılları için ayrı ayrı toprak kaybı hesaplanmış ve 30x30 m çözünürlüğünde erozyon risk haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar benzer yöntemle yapılmış çalışmalarda çok yaygın bir şekilde kullanılan (Tağıl, 2009; Özşahin ve Uygur, 2014) Bergsma erozyon risk sınıflandırmasına (Bergsma ve ark., 1996) göre çok hafif, hafif, orta, güçlü, şiddetli ve çok şiddetli olarak 6 risk sınıfına ayrılmıştır.

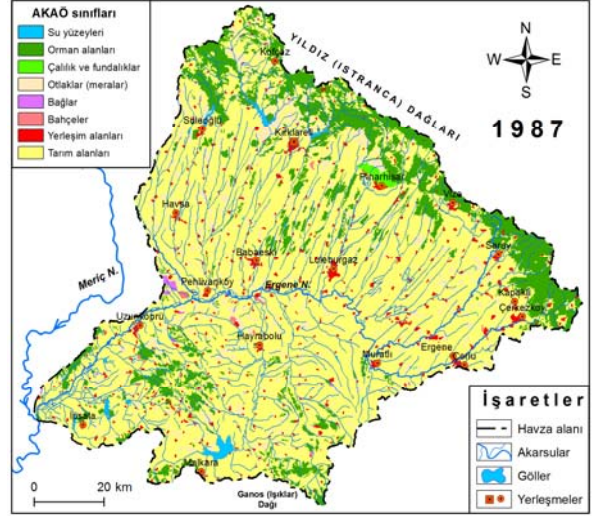
Çalışma sonucunda elde edilen bulguları daha anlamlı kılmak amacıyla istatistiksel analiz yapılmıştır. Bu analiz kapsamında havza içinden rastgele 100 örneklem noktası belirlenmiş ve her bir noktadaki AKAÖ değişiklikleri ile toprak kaybına ait bilgiler "ilişkili tablolama yöntemi" kullanılarak tespit edilmiştir. Daha sonra bu ilişkiyi anlamlı kılmak amacıyla tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) yapılmıştır. Analiz sonuçları 0.05 anlamlılık düzeyinde değerlendirilmiştir. Çalışmanın görüntü analizleri ArcGIS 10.3 ve Erdas Image 9.2, istatistikî analiz ise SPSS (Statistical Package for Social Sciences) yazılımlarıyla yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

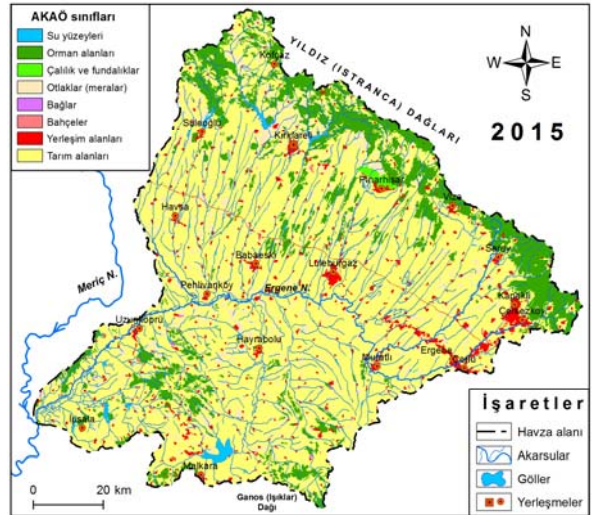
AKAÖ özelliklerinin tespiti ve değişim sürecinin izlenmesi doğal kaynakların planlanması, geliştirilmesi ve yönetilmesi konularında önemli bilgiler sağlamaktadır. Buna karşılık AKAÖ değişiklikleri, sosyal ve ekonomik eğilimlere ilişkin bilgilerin yorumlanmasına da yardımcı olmaktadır (Başayığıt ve ark., 2013).

Çok eski dönemlerden beri çeşitli medeniyetler tarafından yoğun bir şekilde kullanılan Ergene Havzasının AKAÖ karakteri, bilinçsiz, plansız ve amaç dışı kullanımlar ile insanların yeni araziler kazanma hırslarının ve arzularının toplumsal bir alışkanlık haline dönüşmesi gibi sebeplerden dolayı olumsuz yönde hızla değiştirilmiştir. Bu antropojenik değişikliklerin sağlıklı bir şekilde izlenmesi ve doğru olarak değerlendirilmesi için aynı aya ait Landsat uydu görüntüleri kullanılmıştır. Nitekim AKAÖ sınıflarında geçmişten günümüze olan değişikliklerin izlenmesinde Landsat uydu görüntülerinin daha çok tercih edildiği bilinmektedir (Macleod ve Congalton, 1998; Doygun ve ark., 2003). Böylece yeni tarihli uydu verisinin sınıflandırılmasında kullanılan bantlar

ile değişimi izleme amacıyla kullanılan bantların aynı olması bu amaca yönelik en iyi sonuçlara ulaşılmasına yardımcı olur (Mas, 1999; Başayığıt ve ark., 2013). Ergene Havzası dâhilinde Landsat uydu görüntüleri kullanılarak yapılan analiz sonucunda sahadaki son 28 yıla (1987-2015) ait AKAÖ değişiklikleri tespit edilmiştir (Şekil 2 ve 3).



Şekil 2. Ergene Havzasının AKAÖ haritası (1987)



Şekil 3. Ergene Havzasının AKAÖ haritası (2015)

Ulaşılan sonuçlara göre havza alanında AKAÖ sınıfları içerisindeki en büyük değişim yerleşim alanlarında yaşanmıştır. İncelenen yıllar arasında ilgili sahalar % 1.1 oranında büyümüştür (Çizelge 1). Bu durum başta göç olmak üzere İstanbul'daki sanayi faaliyetlerinin buraya nakledilmesi ve doğumlar yüzünden havza genelinde yaşanan nüfus artışı sonucunda yerleşim alanlarının çevresine doğru büyümesinden kaynaklanmıştır. Nitekim Balcı Akova

(2002a; 2002b) Ergene Havzasındaki yerleşim alanlarının hızlı bir şekilde genişlediğini ifade etmiş ve ilgili durumun da doğal kaynaklar üzerinde şiddetli bir baskıya neden olduğunu bildirmiştir. Ancak yerleşim alanlarında görülen bu büyüme, geçirimsiz zeminlerin artışına sebep olacağı için toprak erozyonu azaltıcı yönde bir değişim olarak görünse bile (Sharma ve ark., 2011) aslında ilgili sürecin sonunda tarım alanı kaybına bağlı olarak tarımsal üretimin azalması ve önemli peyzaj alanlarının yok olması gibi temel problemlerinde ortaya çıkacağı unutulmamalıdır (Paül ve Tonts, 2005; Özel Cengiz ve ark., 2014).

Benzer şekilde pozitif yönlü bir genişleme hamlesi ise su yüzeyleri (% 0.2) üzerinde rastlanmıştır. İlgili durum günümüze yakın dönemde havzada yapılan baraj ve gölet sayısının artmasıyla ilgilidir. Gerçekten de Ergene Havzasında Devlet Su İşleri tarafından 1985 yılından bu yana yapılan çalışmalar sayesinde önemli su depolama tesislerinin inşa edildiği kaydedilmiştir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010).

İncelenen zaman aralığında Ergene Havzasındaki orman alanlarında yüzdeler oranda çokta mühim olmayan pozitif yönlü bir değişim (% 0.01) meydana gelmiştir. Buna karşın tarım arazilerinde daha baskın olmak üzere otlaklar (meralar), bağlar ve bahçeler ile çalılık ve fundalık arazilerde negatif yönlü bir değişim trendi hâkim olmuştur (Şekil 2; Çizelge 1).

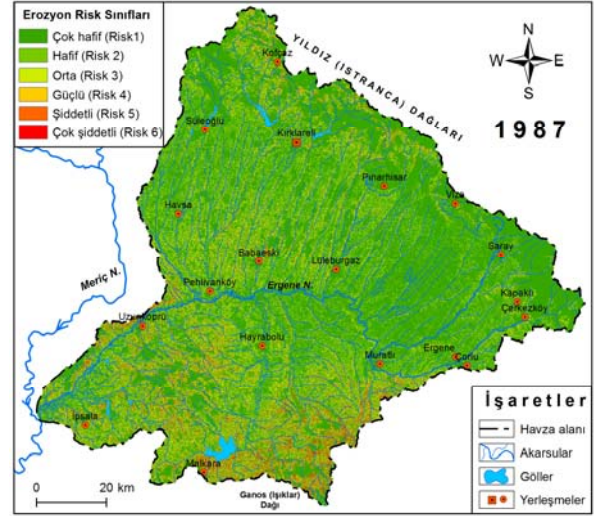
İncelenen zaman aralığında Ergene Havzasındaki orman alanlarında yüzdeler oranda çokta mühim olmayan pozitif yönlü bir değişim (% 0.01) meydana gelmiştir. Buna karşın tarım arazilerinde daha baskın olmak üzere otlaklar (meralar), bağlar ve bahçeler ile çalılık ve fundalık arazilerde negatif yönlü bir değişim trendi hâkim olmuştur (Şekil 2; Çizelge 1).

Ergene Havzasındaki AKAÖ değişiklikleri yorgun ve amacı dışında kullanılan toprakların erozyona karşı dirençlerini zayıflatmıştır. Bununla birlikte, toprak üzerindeki erozyon önleyici örtünün tahrip edilmesi veya değiştirilmesi de benzer bir etkiye yol açmıştır. Nitekim bundan önce AKAÖ sınıflarındaki sosyo-ekonomik nedenlere bağlı gerçekleşen değişikliklerin

erozyon üzerindeki etkisi, Trakya çevresinde yapılmış başka çalışmalarda da sürekli bir şekilde tartışılmıştır (Marathanou ve ark., 2000; Tağıl, 2007; Özşahin, 2014).

Son 28 yıllık süre zarfında Ergene Havzasında artış yönünde en büyük değişiklik şiddetli (+ % 1) erozyon oranında tespit edilmiştir (Şekil 3; Çizelge 2). Ancak bu olumsuz değişim trendi henüz ortalama yıllık toprak kayıp miktarına yansımamıştır. Gerçekten de havza alanında tespit edilen ortalama yıllık toprak kayıp miktarı günümüze doğru azalmıştır (-1.67). Nitekim 1987 yılında $12.53 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ olan ortalama yıllık toprak kayıp miktarı, 2015 yılında $10.86 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ miktarına kadar gerilemiştir (Şekil 4 ve 5; Çizelge 2).

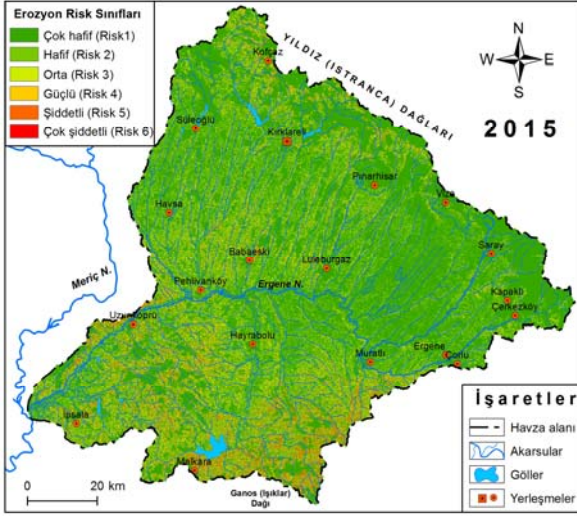
Bu bağlamda Ergene Havzasındaki erozyon risk sınıflarındaki artış ivmesi yakın gelecekte yıllık toprak kayıplarının artışını da tetikleyebilir. Aslında ilgili artışın ortalama yıllık toprak kayıp miktarına yansımaması çok şiddetli (- % 1) erozyon değerinde benzer oranda yaşanan negatif yönlü değişimle alakalı olmalıdır. Ayrıca çok şiddetli erozyonun günümüze



Şekil 4. Ergene Havzasının erozyon risk haritası (1987)

Çizelge 1. 1987-2015 yıllarında AKAÖ sınıflarının alansal değişimi

AKAÖ sınıfları	1987		2015		Değişim	
	Alan (km ²)	Oran (%)	Alan (km ²)	Oran (%)	Alan (km ²)	Oran (%)
Su yüzeyleri	42.9	0.4	61.4	0.6	+ 18.5	+ 0.2
Orman alanları	1633.2	14.8	1635.0	14.8	+ 1.8	+ 0.01
Çalılık ve fundalıklar	36.8	0.3	34.7	0.3	- 2.1	- 0.01
Otlaklar (meralar)	794.6	7.2	766.9	7.0	- 27.7	- 0.2
Bağlar	17.8	0.2	6.2	0.1	- 11.6	- 0.1
Bahçeler	19.1	0.2	7.8	0.1	- 11.3	- 0.1
Yerleşim alanları	308.8	2.8	429.6	3.9	+ 120.8	+ 1.1
Tarım alanları	8169.8	74.1	8081.4	73.3	- 88.4	- 0.8
Toplam	11023	100	11023	100		



Şekil 5. Ergene Havzasının erozyon risk haritası (2015)

Çizelge 2. 1987-2015 yıllarında ortalama yıllık toprak kaybı değerleri

Yıl	Ortalama yıllık toprak kaybı (t ha ⁻¹ y ⁻¹)
1987	12.53
2015	10.86
Değişim	1.67

doğru azalması herhangi bir toprak koruma önleminin bulunmadığı sahada muhtemelen AKAÖ değişiklikleri neticesinde gerçekleşmiştir. Nitekim faklı sahalarda yapılmış araştırmalarda da benzer bulgulara ulaşılmıştır (Chatterjee ve ark., 2014; Bhandari ve Darnasawadi, 2014; Balasubramani ve ark., 2015). Zaten 1987 yılında en yüksek oranda çok şiddetli erozyonun görüldüğü tarım arazilerinde 2015 yılında şiddetli erozyon ön plana çıkmıştır. Bu farklılık ise tarım alanlarındaki ürün deseninde görülen değişimler neticesinde vuku bulmuş olmalıdır. Diğer erozyon

sınıflarında ise genel olarak günümüze doğru olumlu yönde negatif bir azalma baskındır (Çizelge 3).

Havza alanında erozyonun mekânsal dağılımında ise herhangi bir farklılık gerçekleşmemiştir. Zira her iki yıla ait erozyon haritasında da erozyon sınıflarının dağılımı paralellik sergilemiştir. Bu bağlamda havzada erozyon daha çok toprak üstünde herhangi bir koruyucu örtünün olmadığı veya var olan örtünün de erozyona müsait olduğu eğimli ve yamaç arazilerde tespit edilmiştir. Nitekim gerek Ekinci (2007) gerekse Özşahin (2014) tarafından Trakya'da yapılmış çalışmalarda erozyon dağılımı konusunda benzer sonuçlara erişilmiştir.

C faktörünün yıllar arasında erozyon risk kategorileri ile ilişkisi de, AKAÖ değişikliklerinin erozyon olgusuyla olan teması hakkında önemli ipuçları sağlar. Zira AKAÖ değişiklikleri ile toprak kaybı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir (Tağıl, 2009). Bu bakımdan Ergene Havzasındaki erozyon riskinin yıllara göre AKAÖ sınıflarına dağılımı incelendiğinde, genellikle çok hafif erozyonun baskın olduğu belgelenmiştir. Diğer yandan arazinin kapalılığına bağlı olarak erozyon riskinin azaldığı veya arttığı anlaşılmıştır (Çizelge 4). Ayrıca havza alanındaki çalılık ve fundalıklar, otlaklar (meralar), bağlar ve bahçelerde alansal küçülme yaşanmasına rağmen erozyon riskinde ufak ölçekli de olsa artış mevcuttur. İlgili durum muhtemelen bu sahalarda herhangi bir toprak koruma önleminin alınmamasıyla alakalıdır.

Çalışma sonucunda ulaşılan toprak kaybı, Türkiye için hesaplanan ortalama değerden (6.14 t ha⁻¹ y⁻¹) fazladır (İrvem ve ark., 2007). Bu durum farklı araştırmacılar tarafından da bildirildiği üzere Türkiye için belirtilen doğal etkenler, arazinin kullanımı ve planlama etkenleri ile sosyo-ekonomik etkenler gibi nedenlerin havza içinde farklılık göstermesinden kaynaklanmaktadır (Taysun ve ark., 1995; Altınbaş ve ark., 2006).

Çizelge 3. 1987-2015 yıllarında erozyon risk sınıflarının ve toprak kaybının alansal dağılımı ve oranı

Erozyon risk sınıfları	Toprak kaybı (t ha ⁻¹ yıl ⁻¹)	1987		2015		Değişim	
		Alan (km ²)	Oran (%)	Alan (km ²)	Oran (%)	Alan (km ²)	Oran (%)
Çok hafif (Risk 1)	< 5	7501.0	68.0	7545.8	68.5	+ 44.8	+ 0.5
Hafif (Risk 2)	5-12	1101.2	10.0	1081.9	9.8	- 19.3	- 0.2
Orta (Risk 3)	12-35	1440.5	13.1	1423.5	12.9	- 17	- 0.2
Güçlü (Risk 4)	35-60	483.8	4.4	478.2	4.3	-5.6	- 0.1
Şiddetli (Risk 5)	60-150	384.8	3.5	493.6	4.5	+ 108.8	+ 1
Çok şiddetli (Risk 6)	150- >	111.7	1.0	0.0	0.0	- 111.7	- 1
Toplam		11023	100	11023	100		

Çizelge 4. 1987-2015 yıllarında AKAÖ sınıflarına göre erozyon risk sınıflarının ve toprak kaybının oranı (%)

1987		AKAÖ sınıfları							
Erozyon risk sınıfları	Toprak kaybı (t ha ⁻¹ yıl ⁻¹)	1	2	3	4	5	6	7	8
Çok hafif (Risk 1)	< - 5	96.5	97.5	92.4	82.9	44.4	75.9	97.3	59.3
Hafif (Risk 2)	5 - 12	0.7	1.0	5.4	9.8	2.8	13.6	0.8	12.2
Orta (Risk 3)	12 - 35	1.2	0.8	1.9	5.5	19.1	8.4	1.0	16.8
Güçlü (Risk 4)	35 - 60	0.7	0.3	0.3	1.0	12.9	1.6	0.4	5.7
Şiddetli (Risk 5)	60 - 150	0.7	0.3	0.0	0.6	14.0	0.5	0.3	4.6
Çok şiddetli (Risk 6)	150 - >	0.2	0.1	0.0	0.1	6.7	0.0	0.1	1.3

2015		AKAÖ sınıfları							
Erozyon risk sınıfları	Toprak kaybı (t ha ⁻¹ yıl ⁻¹)	1	2	3	4	5	6	7	8
Çok hafif (Risk 1)	< - 5	96.4	97.5	92.8	82.8	41.9	79.5	97.4	59.3
Hafif (Risk 2)	5 - 12	0.8	1.0	5.2	9.9	3.2	11.5	0.9	12.2
Orta (Risk 3)	12 - 35	1.3	0.8	1.7	5.6	17.7	7.7	1.0	16.9
Güçlü (Risk 4)	35 - 60	0.7	0.3	0.3	1.0	11.3	1.3	0.3	5.7
Şiddetli (Risk 5)	60 -150	0.8	0.4	0.0	0.7	25.8	0.0	0.3	5.9

AKAÖ sınıfları: 1 (Su yüzeyleri), 2 (Orman alanları), 3 (Çalılık ve fundalıklar), 4 (Otlaklar [meralar]), 5 (Bağlar), 6 (Bahçeler), 7 (Yerleşim alanları), 8 (Tarım alanları)

Çalışma bulgularına istinaden gerçekleştirilen tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) sonuçlarına göre Ergene Havzasındaki AKAÖ değişiklikleri ve toprak kaybı arasında anlamlı bir fark (0.001) tespit edilmiştir ($p < 0.005$).

Nihai aşamada elde edilen bulgular CBS ve UA tekniklerinin hem AKAÖ hem de toprak erozyonu alanındaki değişikliklerin teşhis ve tespitinde rahatlıkla kullanılabileceğini göstermiştir. Zaten konu hakkında çalışma yapmış farklı araştırmacılar da benzer sonuçlara ulaşmışlardır (Mas 1999; Mol ve ark., 2001; Klemas 2001). Ayrıca Ergene Havzasında tespit edilen antropojenik temelli AKAÖ değişikliklerinin erozyonla olan karmaşık ilişkisi, son yıllarda küresel bir problem olarak görülmektedir (Riebsame ve ark., 1994; Tağıl, 2014).

4. Sonuç

Türkiye'nin önemli akarsu havzalarından biri olan Ergene Havzasındaki son 28 yıllık zaman diliminde (1987-2015) sosyo-ekonomik nedenlere bağlı olarak gerçekleşen AKAÖ değişikliklerinin erozyona etkilerinin değerlendirildiği bu çalışma sonucunda, yerleşim alanlarının büyümesine bağlı olarak ortalama yıllık toprak kaybının azaldığı ($- 1.67 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$) tespit edilmiştir. Ancak ilk bakışta olumlu olarak değerlendirilebilecek olan bu durum, sahada artış

gösteren şiddetli erozyonun etkilerinin henüz yansımamasından kaynaklanmıştır. Ayrıca yerleşim alanlarının kontrolsüz büyüme sürecinin ise tarımsal açıdan bazı temel problemlere de kapı aralayacağı unutulmamalıdır.

Çalışma sonuçları AKAÖ değişiklikleri ile erozyon arasında kuvvetli ve kayda değer bir ilişkinin varlığını doğrulamıştır. Bu ilişkinin özellikle Türkiye'nin batı bölgelerinde daha baskın olduğu anlaşılmıştır. Ergene Havzasındaki erozyonun yakın gelecekte optimum düzeye indirilmesi için belli başlı önlemler alınmalıdır.

Bu bağlamda öncelikle toprak koruma ve izleme çalışmaları yapılmalıdır. AKAÖ değişiklikleri kontrollü ve planlı bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Erozyon izleme ve önleme sistemi oluşturulmalıdır. Benzer çalışmalar daha dar (iller bazında) veya daha geniş (Trakya Yarımadası) sahalarda gerçekleştirilmelidir. Geleceğe yönelik planlama amacıyla çalışma yönteminin daha yakın tarihli uydu görüntüleri kullanılarak tekrarlanması gerekmektedir. Ayrıca başta çiftçiler olmak üzere toplumun tüm kesiminin konu hakkında bilinçlenmesi sağlanmalıdır. Nihai aşamada yeryüzündeki en dinamik unsurlardan biri olan AKAÖ değişikliklerinin erozyona etkilerinin geçmişten günümüze olan farklılıklarının ortaya çıkarılmasında ve gelecek hakkında yapılacak planlamalarda karar vericilere doğru ve hızlı bilgiler

sunulmasında CBS ile UA tekniklerinin çok önemli rol oynadıkları anlaşılmıştır. Bu tarz çalışmaların belirli periyotlarla tekrarlanması yenilenemeyen doğal kaynaklarımızdan biri olan toprak varlığımızın korunması bakımından oldukça önemlidir.

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.
- Alexakis, D.D., Hadjimitsis, D.G., Agapiou, A., 2013. Integrated use of remote sensing, GIS and precipitation data for the assessment of soil erosion rate in the catchment area of "Yialias" in Cyprus. *Atmospheric Research*, 131: 108-124.
- Alkharabsheh, M.M., Alexandridis, T.K., Bilas, G., Misopolinos, N., Silleos, N., 2013. Impact of land cover change on soil erosion hazard in northern Jordan using remote sensing and GIS. *Procedia Environmental Sciences*, 19: 912-921.
- Altın, B.N., 2000. Trakya'da Yerçekillerinin Neotektonik Dönem Jeomorfolojik Gelişimleri. 28. Coğrafya Meslek Haftası (Edirne) Bildiriler, Geçmişte, Günümüzde ve Gelecekte Trakya Konferansı, 53-71, 10-12 Haziran, İstanbul.
- Altınbaş, Ü., Çengel, M., Uysal, H., Okur, B., Okur, N., Kurucu, Y., Delibacak, S., 2006. Toprak Bilimi, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 557, İzmir.
- Arnoldus, H.M.J., 1977. Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco, FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Soils Bulletin, 34: 39-44.
- Arnoldus, H.M.J., 1980. An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. *Assessment of Erosion Chichester* (Eds.: De Boodt M, Gabriels D) Wiley, New York.
- Balasubramani, K., Veena, M., Kumaraswamy, K., Saravanabavan, V., 2015. Estimation of soil erosion in a semi-arid watershed of Tamil Nadu (India) using revised universal soil loss equation (RUSLE) model through GIS, *Modeling Earth Systems and Environment*, 1: 9-17.
- Balcı Akova, S., 2000a. Ergene Havzasının Coğrafi Potansiyeli. Çantay Yayınları, İstanbul.
- Balcı Akova, S., 2000b. Ergene Havzasında Mekânsal Kullanımlar. Çantay Yayınları, İstanbul.
- Başayığıt, L., Gök, S., Kızıl, A., 2013. Arazi Kullanımındaki Değişikliklerin Farklı Veri Kaynaklarıyla Yorumlanması. III. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, 254-261, 22-24 Ekim, Tokat.
- Bergsma, E., Charman, P., Gibbons, F., Humi, H., Moldenhauer, W.C., Panichapong, S., 1996. Terminology for Soil Erosion and Conservation. International Society of Soil Science Grafisch Service Centrom, Wageningen.
- Bhandari, K.P., Darnasawadi, R., 2014. Sensitivity Analysis of Soil Erosion on Impacts of Land use Land Cover Change in Phewa Watershed, *International Journal of Current Engineering and Technology*, 4(3): 1-8.
- Bhandari, K.P., Aryal, J., Darnasawadi, R., 2015. A geospatial approach to assessing soil erosion in a watershed by integrating socio-economic determinants and the RUSLE model. *Natural Hazards*, 75: 321-342.
- Chatterjee, S., Krishna, A. P., Sharma, A.P., 2014. Geospatial assessment of soil erosion vulnerability at watershed level in some sections of the Upper Subarnarekha river basin, Jharkhand, India. *Environmental Earth Sciences*, 71: 357-374.
- Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010. Meriç-Ergene Havzası Endüstriyel Atıksu Yönetimi Ana Plan Çalışması Final Raporu. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.
- Çilek, A., 2013. Konumsal Bilgi Sistemleri Yardımıyla Türkiye'nin Erozyon Modellemesi. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Adana.
- Demirci, A., Karaburun, A., 2012. Estimation of soil erosion using RUSLE in a GIS framework: a case study in the Buyukcekmece Lake watershed, northwest Turkey, *Environmental Earth Sciences*, 66: 903-913.
- Desmet, P.J.J., 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(5): 427-433.
- Doğan, O., Küçükçakar, N., Cebel, H., Akgül, S., 2000. Türkiye Büyük Toprakları "K" Faktörleri. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Doygun, H., Berberoğlu, S., Alphan, H., 2003. Hatay, Burnaz Kıyı Kumulları alan kullanım değişimlerinin uzaktan algılama yöntemi ile belirlenmesi. *Ekoloji*, 12(48): 4-9.
- Efe, R., Tağıl, Ş., 2007. Quantifying landscape pattern change and human impacts on southern lowlands of the Mt. Ida (NW Turkey). *Journal of Applied Sciences*, 7(9): 1260-1270.
- Efe, R., Ekinci, D., Cürebal, İ., 2008. Erosion Analysis of Şahin Creek Watershed (NW of Turkey) Using GIS Based on RUSLE (3D) Method, *Journal of Applied Science*, 8(1): 49-58.
- Ekinci, D. 2007. Estimating of Soil Erosion in Lake Durusu Basin Using Revised USLE 3D with GIS. Çantay Press, İstanbul.
- Erol, A., Babalık, A.A., Sönmez, K., Serin, N., 2009. Isparta-Darıderesi Havzası topraklarında erozyona duyarlılığın arazi kullanım şekillerine bağlı değişimi. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A (2): 21-36.
- Erpul, G., Bayramın, İ., (Kaya) Topçu, P., (Deviren) Saygın, S., 2009. Türkiye'de Su Erozyonu Çalışmaları İçin Uzun Dönem Meteoroloji Verileri Kullanarak Ulusal Ölçekte Yağış Enerji ve Şiddetlerinin Belirlenmesi. TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu), Proje No: ÇAYDAG (Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubu) 107Y155, Ankara.
- Ferreira, V., Panagopoulos, T., Cakula, A., Andrade, R., Arvela, A., 2015. Predicting soil erosion after land use changes for irrigating agriculture in a large reservoir of southern Portugal, *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4: 40-49.
- Gençer, M., Başayığıt, L., Akgül, M., 2015. Eğirdir Gölü koruma zonları CORINE arazi kullanım sınıflaması.

- Tarım Bilimleri Dergisi, 21: 26-38.
- Haktanır, K., Cangir, C., Boyraz, D., 2005. Toprak Kaynakları Kullanımı. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, 113-135, 3-7 Ocak, Ankara.
- Hunke, P., Röller, R., Zeilhofer, P., Schröder, B., Mueller, E.N., 2015. Soil changes under different land-uses in the Cerrado of Mato Grosso, Brazil. *Geoderma Regional*, 4: 31-43.
- Iqbal, M.F., Khan, I.A., 2014. Spatiotemporal Land Use Land Cover change analysis and erosion risk mapping of Azad Jammu and Kashmir, Pakistan. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 17: 209-229.
- İrvem, A., Tülüçü, K., 2004. Coğrafi bilgi sistemi ile toprak kaybı ve sediment verimi tahmin modelinin (EST) oluşturulması ve Seyhan-Körkün Alt Havzasına uygulanması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi No: 13.
- İrvem, A., Topaloğlu, F., Uygur, V., 2007. Estimating spatial distribution of soil loss over Seyhan River Basin in Turkey. *Journal of Hydrology*, 336: 30-37.
- Jordan, G., Rompaey, A.V., Szilassi, P., Csillag, G., Mannaerts, C., Woldai, T., 2005. Historical land use changes and their impact on sediment fluxes in the Balaton basin (Hungary). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 108: 119-133.
- Kanar, E., Dengiz, O., 2015. Madendere Havzası topraklarında arazi kullanım/arazi örtüsü ile bazı erozyon duyarlılık indeksleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2: 15-27.
- Karagül, R., 1999. Trabzon-Söğütüdere Havzasında farklı arazi kullanım şekilleri altındaki toprakların bazı özellikleri ve erozyon eğilimlerinin araştırılması. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 23: 53-68.
- Karamesouti, M., Detsis, V., Kounalaki, A., Vasiliou, P., Salvati, L., Kosmas, C. 2015. Land-use and land degradation processes affecting soil resources: Evidence from a traditional Mediterranean cropland (Greece). *Catena*, 132: 45-55.
- Kızılelma, Y., Karabulut, M., 2014. Mut Havzasında erozyona duyarlı alanların belirlenmesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 7(31): 439-456.
- Klemas, V.V., 2001. Remote Sensing of Landscape-Level Coastal Environmental Indicators. *Environmental Management*, 27: 47-57.
- Lambin, E.F., Geist, H.J., Lepers, E., 2003. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources*, 28: 205-241.
- Lee, G.S., Lee, K.H., 2006. Scaling effect for estimating soil loss in the RUSLE model using remotely sensed geospatial data in Korea. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 3: 135-157.
- Macleod, R.D., Congalton, R.G., 1998. A quantitative comparison of change detection algorithms for monitoring eelgrass from remotely sensed data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 64: 207-216.
- Marathanou, M., Kosmas, C., Gerontidis, St., Detsis, V., 2000. Land-use evolution and degradation in Lesvos (Greece): a historical approach, *Land Degradation and Development*, 11: 63-73.
- Mas, J.F., 1999. Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 20: 139-152.
- Mitasova, H., Hofieka, J., Zlocha, M., Iversen, L.R., 1996. Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS. *International Journal of Geographic Information Systems*, 10: 629-641.
- Mol, G., Vriend, S.P., van Gaans, P.F.M., 2001. Environmental monitoring in Netherlands: Past developments and future challenges. *Environmental Monitoring and Assessment*, 68: 313-335.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B., Kent, J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858.
- Özel Cengiz, A.E., Çavuş, C.Z., Koç, T., 2014. Çanakkale ve Kepez yerleşmelerinde sulu tarım alanları kentleşme ilişkisi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 12(1): 69-88.
- Özşahin, E., Atasoy, A., 2014. Aşağı Ası Nehri Havzası'nda (Hatay) arazi kullanımı ve arazi örtüsü (AKAÖ) değişiminin (1990-2011) erozyon üzerindeki etkisi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 7(31): 457-468.
- Özşahin, E., Uygur, V., 2014. The effects of land use and land cover changes (LULCC) in Kuseyr plateau of Turkey on erosion. *The Turkish Journal of Agriculture & Forestry*, 38: 478-487.
- Özşahin, E., 2014. Tekirdağ İlinde CBS Tabanlı RUSLE modeli kullanarak erozyon risk değerlendirmesi. *JOTAF / Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(3): 45-56.
- Paül, V., Tonts, M., 2005. Containing urban sprawl: trends in land use and spatial planning in the metropolitan region of Barcelona. *Journal of Environmental Planning and Management*, 48(1): 7-35.
- Pimental, D., Harey, C., Rososudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., Mcnair, M., Christ, S., Shpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R., Blair, R., 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, 267: 1117-1123.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weeies, G.A., Porter, J.P., 1991. RUSLE: revised universal soil loss equation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 46: 30-33.
- Renard, K. G., Foster, G.R., Weesies, G. A., McCool, D.K., Yoder, D.C., 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE), *Agriculture Handbook No: 703*, USDA, Washington.
- Riebsame, W.E., Meyer, W B., Turner, B L. 1994. Modeling land-use and cover as part of global environmental change. *Climate Change*, 28(1-2): 45-64.
- Serra, P., Pons, X., Sauri, D., 2008. Land-cover and land-use change in a Mediterranean landscape: a spatial analysis of driving forces integrating biophysical and human factors. *Applied Geography*, 28: 189-209.
- Sharma, A., Tiwari, K. N., Bhadoria, P.B.S., 2011. Effect of land use land cover change on soil erosion potential in an agricultural watershed. *Environmental Monitoring and Assessment*, 173: 789-801.
- Tağil, Ş., 2007. Tuzla Çayı Havzasında (Biga Yarımadası) CBS-Tabanlı RUSLE Modeli Kullanarak Arazi Degrasyonu Risk Değerlendirmesi. *Ekoloji*, 17: 11-20.

- Tağıl, Ş. 2009. Çakırdere ve Yahu Dere Havzalarında (Balıkesir) toprak kaybının mekânsal dağılışı ve etkileyen faktörler. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 12(22): 23-39.
- Tağıl, Ş., 2014. Edremit Körfezi'nin Kuzey Sahil Bölgesinde peyzaj paterni ve arazi örtüsünün zamansal ve mekânsal değişimi. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 17(31): 1-16.
- 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.
- Taysun, A., Çanga, M. R., Uysal, H., Erpul, G., 1995. Toprak Erozyonu ve Korunma Önlemleri. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, Ziraat Bankası Kültür Yayınları No: 26, Ankara.
- Van der Knijff, J. M., Jones, R. J. A., Montanarella, L. 2000. Soil Erosion Risk Assessment in Europe. European Soil Bureau European Commission, Directorate General JRC Joint Research Centre European Commission, EUR 19044 EN
- Williams, J.R., 1991. Search for sustainability: agriculture and its place in the natural ecosystem. Agricultural Science, 4: 32-39.
- Wischmeier, W.H., 1978. Use and misuse of the universal soil loss equation. Journal of Soil and Water Conservation, 31: 5-9.
- Xiao, J., Shen, Y., Ge, J., Tateishi, R., Tang, C., Liang, Y., Huang, Z., 2006. Evaluating urban expansion and land use change in Shijiazhuang, China, by using GIS and remote sensing. Landscape and Urban Planning, 75: 69-80.
- Yıldırım, Ü., Erkal, T., 2008. Kumalar Dağı (Afyonkarahisar) Doğu ve Batısındaki Sahalarda Toprak Erozyonunun Değerlendirilmesi. TÜBİTAK Proje No: TOVAG 107 O 648, Afyonkarahisar.