

[1216]

UYDU GÖRÜNTÜLERİ VE COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ YARDIMIYLA EĞİRDİR GÖLÜ HAVZASI EROZYON RİSK HARİTALARININ OLUŞTURULMASI

Levent BAŞAYIĞIT^{1*}, Ural DİNÇ²

¹Prof. Dr. Süleyman Demirel Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 32200, Isparta, leventbasayigit@sdu.edu.tr

²Prof. Dr. Çukurova. Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 01330, Adana

*Doktora tezinden hazırlanmıştır.

ÖZET

Bu çalışmada, uydu görüntüleri ve coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla Eğirdir Gölü su toplama havzasında potansiyel erozyon riski ve şimdiki erozyon durumunu gösteren haritaların hazırlanmasına yönelik bir uygulama yer almaktadır. Bu amaçla alana ait uydu verisi, topoğrafik ve jeolojik haritalar, iklim verileri, toprak haritası ve diğer araştırma sonuçlarına ait metinsel bilgiler kullanılmıştır.

Bu veriler coğrafi bilgi sistemleri ortamına harita katmanları halinde aktarılmış, veri tabanları kurulmuş ve özgün bir derecelendirme modeli ile potansiyel erozyon riski ve şimdiki erozyon durumuna ait sonuç haritaları üretilmiştir.

Çalışma sonucunda, ülkemiz gibi şiddetli erozyon tehlikesi altında bulunan ancak erozyon ölçümlerine ait verilerin yeterli olmadığı alanlarda derecelendirme metodu ile erozyon haritalarının hazırlanması, kültürel tedbirleri uygulamak üzere korumada öncelikli alanların belirlenerek öneri haritalarının oluşturulması erozyon konusunda öncelikli olarak yapılması gereken işlerin başında geldiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Coğrafi Bilgi Sistemi, Eğirdir Gölü Havzası Erosion riski, Landsat 5 ETM+

ABSTRACT

THE PRODUCTION OF EROSION MAPS OF EĞİRDİR WATERSHED USING SATELLITE IMAGINE AND GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS

In this study, an application was carried out for indicating the potential risk of erosion and the preparation of the maps for actual erosion status in the Eğirdir Lake Watershed with the using satellite images and geographic information systems. For this purpose, satellite data, topographic and geological maps, climate data, soil maps and textual information of other research results were used in the study.

These data are transferred into geographic information systems as map layers, where was established databases and potential erosion risk and result maps belong to actual erosion status was produced with an original rating model.

Consequently, in the areas that are under the severe erosion risk but there are not enough data for the erosion measurement such as our country are required as a priority preparation of erosion map with ratings method and it should be created suggestion maps by determined the priority areas to apply cultural precautions.

Keywords: Eğirdir Lake Watershed, Erosion risk, Geographical Information System, Landsat 5 ETM+,

1.GİRİŞ

Jeolojik anlamda “erozyon” terimi; doğa koşullarında toprak materyalinin su, rüzgâr, yerçekimi, çığ, dalga ve buzul gibi doğal güçlerin etkisi ile parçalanarak bir yerden başka bir yere taşınması ve yığılmasını ifade eder (Çevik, 2003).

Günümüzde ulaşılan yüksek teknolojiye rağmen yapay olarak üretilmesi mümkün olmayan ve yenilenmesi binlerce yıllık bir süreç gerektiren topraklar, özellikle insanların tarımsal faaliyetlere başlamasıyla ortaya çıkan ve gerekli önlemlerin alınmaması halinde artarak devam eden erozyonla yok olmaktadır. Bu olay toprakla ilişkili olarak insanlığın karşılaştığı en eski ve en tehlikeli sorunların başında yer alır. Bu bozulmanın yaygın olarak karşılaşılanı ise su erozyonudur (Başayığit, 2002; Demir ve Başayığit, 2013).

Erozyonun nasıl ve ne zaman oluştuğunu anlamak için erozyon oluşumunu kontrol eden yağış, toprak özellikleri, topoğrafik özellikler, bitki örtüsü ve insanların toprakları yönetimine ait uygulamalar gibi faktörlerin birbirleri ile olan ilişkisinin ve etki derecesinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, bu güne kadar laboratuvar yada arazi koşullarında toprak kayıplarını belirlemek üzere bir çok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda değişkenler kaydedilmiş, en uygun ilişkiler korelasyon ve regresyon analizlerini içeren istatistik metodlarıyla araştırılmıştır.

Ancak bu çalışmalarda ortak sonuçlardan çok birbirinden farklı olan ilişkiler ortaya konulmuştur (Morgan, 1991).

Bu sonuçlar, erozyonun belirlenmesi ve toprak kayıplarının tahmin edilmesinde kullanılacak değerlerin küresel çalışmalar yerine bölgesel çalışmalardan sağlanması gerektiğini, doğal kaynak kullanımlarındaki değişim ve planlamalar erozyon şiddeti faktörüne göre yapılmasının uygun olduğu sonucunu ortaya koymuştur (Başayığıt ve ark., 2015).

Son yıllarda teknolojiye gelişmeler tüm alanlarda olduğu gibi erozyon çalışmalarında da birçok kolaylıklar sağlamıştır. Erozyon oluşumunu kontrol eden faktörlerin belirlenmesinde ve özellikle birbirleri ile ilişkilendirilmesinde de teknolojik yeniliklerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Bunların başında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama Metodu (UA) yer almaktadır. Bilgisayar ortamına aktarılan verilerin harita katmanları halinde depolanmasına ve bu katmanların birbirleri ile ilişkilendirilmesine olanak sağlayan coğrafi bilgi sistemlerinin kullanımı erozyonla oluşan toprak kayıplarının tahmin edilmesinde, erozyon riski taşıyan alanların belirlenmesinde ve haritalanmasında yerini almıştır. Ayrıca bu sistemler erozyon oluşumunu kontrol eden faktörlerin sanal ortamda modellenmesine olanak sağlamıştır. Büyük havzalarda bile binlerce veriyi birbirleri ile ilişkilendirebilen, matematiksel denklemleri, derecelendirme tablolarını ve modelleme işlemi çok kısa sürede gerçekleştirebilen grafik tabanlı bu sistemler için verilerin bir bölümünün uzaktan algılama metodolojisi ile elde edilmesi, araştırmacıların erozyon çalışmalarını bu yöntemleri kullanarak yapmasına ve kontrolleri test alanları için gerçekleştirmesine yöneltmiştir. Bu teknolojilerin en yaygın kullanıldığı erozyon çalışmaları ise derecelendirme metotları olmuştur. Erozyon risk haritalarının belirlenmesinde ve toprak kayıplarının tahmin edilmesinde çalışma için harcanan giderlerin ve çalışma süresinin azaltılması, çalışmanın doğruluğunun artırılması ve yapılan çalışmaların gelecekte güncellenmesi için uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin kullanımı büyük avantajlar sağlamıştır. Böylece bu sistemler yardımıyla erozyon oluşan alanların özelliklerinden erozyon oluşmayan alanların sahip olduğu risklerin belirlenmesi, korumada öncelikli bölgelerin bulunması ve erozyon yatırımlarının sonuçlarının izlenmesi yapılabilmektedir (Basayığıt and Dinc, 2010).

Türkiye, topoğrafik yapısı ve yağış karakteristiği nedeniyle erozyonun şiddetli olarak görüldüğü ve yoğun risk altında yer alan topraklara sahiptir. Türkiye’de 66.576.042 ha alan su erozyonu, 330.000 ha alan ise rüzgar erozyonunun tehdi altındadır. Türkiye topraklarının % 7’sinde hafif, % 20’sinde orta, % 36’sında şiddetli ve % 28’inde çok şiddetli erozyon olduğu belirtilmektedir (Özden ve ark., 2000).

Türkiye’de erozyon tehlikesi altında bulunan toprakların % 99’unda erozyon çeşidi su erozyonudur. Su erozyonundan kaynaklanan zararlar ise iki yönlü olarak oluşmaktadır. Bunlardan birincisi bitkisel üretimde verimlilik için temel unsur olan üst toprağın aşınması, ikincisi ise aşınan toprakların taşınarak tarım arazilerinde, su yataklarında, kanallarda, baraj ve göl rezervuarlarında birikmesidir.

Eğirdir Gölü Türkiye’nin 4., Göller Bölgesinin ise 2. büyük gölüdür. Eğirdir Gölü, Isparta ilini de kapsayan bir çok yerleşim birimi için içme suyu, tarım alanları içinde sulama suyu kaynağı olarak kullanılmaktadır. Gölde alınan sularla 45.881 ha tarım alanı sulanmaktadır (Altınbilek, 1998). Eğirdir Gölünden geçmiş yıllarda sulama suyu temini ve gölün mansabında yer alan Kovada I ve II HES’lerden enerji üretimi için faydalanılmıştır. 1997 yılından itibaren ise Isparta iline içme-kullanma amaçlı yıllık 30 hm³’lük su verilmektedir. Eğirdir Gölü su potansiyelinden faydalanılarak doğrudan gölden pompajla çekilen sulama amaçlı su miktarı 1992 yılı rakamlarına göre 109 hm³’e ulaşmıştır. Göl yöre halkı için balıkçılık kaynağı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca göl ve çevresi bitki ve kuş türleri yönüyle doğal zenginliğe sahip turizm bölgesidir (Çakmak, 1998). Ancak bölge için çok önemli olan bu havza için erozyona ait veriler bulunmamaktadır. Hem gölün hem de göl havzasında bulunan toprakların korunması ve uygun kullanımlarla değerlendirilmesi için gerekli bilgiler, göl havzasında erozyon durumunun belirlenmesi ve haritalanması, göle gelen toprak kayıplarının tahmin edilmesi ile sağlanabilecektir.

2.MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma alanı Eğirdir Gölü su toplama havzasını kapsamaktadır. Çalışmada alana ait haritalar, uydu verileri, raporlar ve istatistikî bilgiler kullanılmıştır. Tematik harita katmanlarının oluşturulmasında, çakıştırılmasında ve işlenmesinde ARC/GIS, uydu verilerinin işlenmesinde ERDAS Imagine yazılımları kullanılmıştır.

2.1.Materyal

2.1.1.Çalışma Alanına Ait Bilgiler

Eğirdir gölü su toplama havzası Isparta ilinin kuzey-kuzeydoğu sınırını oluşturmaktadır. Havza Acıgöl, Akşehir, Eber, Burdur, Kovada ve Beyşehir göllerinin havzaları ile çevrilidir (Şekil-1). Eğirdir gölü havzası 5 ilçe merkezi, 17 belde ve 59 köyden oluşan toplam 81 yerleşim birimini kapsamaktadır. Toplam alanı 3289.4 km² olan havzanın 465.8 km²’si Eğirdir gölü rezervuarına aittir. Havza alanından Eğirdir gölü rezervuarına ait alan çıkarıldığında

kalan net alan ise 2823.6 km² olmaktadır. Çalışma alanı 37°45'-38°30' kuzey enlemleri 30°15'-31°30' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Havzanın deniz seviyesinden yüksekliği 930-2750 m arasında değişmektedir (Başayığı, 2002).

Çalışma alanı İç Anadolu karasal iklimi ile Akdeniz ılıman iklimi arasında geçit bölge iklimine sahiptir. Ancak genel yağış ve sıcaklık özellikleri ile karasal bölge iklimine (yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlı) daha yakındır. Isparta ilinde 25 yıllık ortalama meteorolojik verilere göre yağış ortalaması 524 mm, yıl içerisinde 79.6 mm ile en fazla yağış Aralık ayında, 6.5 mm ile en az yağış Ağustos ayında düşmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık 12.4 C°, yıllık ortalama oransal nem % 55 olarak gerçekleşmektedir (Anonim, 1999).

Çalışma alanının doğal bitki örtüsü kurak iklimlere adapte olmuş otsu bitkiler, çalı-orman karışımı doğal örtüler, yüksek alanlarda çam türleri, maki ve meralıklardır. Orman örtüsü ise meşe türleri ve ardıçlardan oluşmaktadır. Makilikler ve bozulmuş orman örtüsü olarak boz ardıç (*Juniperus exelsa*) ve pırnal meşesi (*Quercus aucheri*) alanın baskın bitki türüdür (Başayığı ve Dinç, 2003).

Çalışma alanı aluviyal, tuzlu alkali aluviyal ve hidromorfik aluviyal, koluviyal, kahverengi orman ve kireçsiz kahverengi orman, kestane rengi, kırmızı akdeniz ve kırmızımsı kahverengi akdeniz ve nehir taşkın topraklardan oluşmaktadır. Bunlar dışında doğal toprağı bulunmayan veya çok az olan çıplak kayalıklar bulunmaktadır. Aluviyal topraklar, çalışma alanının düz ve düze yakın kısımlarında ve Eğirdir gölüne komşu alanlarda yer almaktadır. Yüksek bölgelere doğru kahverengi orman, kireçsiz kahverengi orman ve kestane rengi topraklar bir birleri içerisinde dağılmıştır (Başayığı ve Dinç, 2003).



Şekil 1. Çalışma alanının konumu (Başayığı 2002)

Bu ana dağılım deseni arasında yer yer tuzlu alkali aluviyal, kırmızı akdeniz, kırmızımsı kahverengi akdeniz toprakları yer almakta, dere ağzlarında nehir taşkın topraklar bulunmaktadır. Çalışma alanında 1800 m yükseklikten sonra ise genel olarak aşınmış çıplak kayalıklar yer almaktadır.

Bölgede otokton mesozoik karbonat platformu üzerine lütesiyon sonunda ofiyolitik karmaşık tektonik olarak yerleşmiştir. Tortoniyen sonunda toroslar su yüzeyine çıkmış ve miyosen-pliyosen yaşlı birimlerce uyumsuz olarak örtülmüştür. Daha sonra karasal tortullaşma, kıta içi volkanizma ve blok faylanmaları gelişmiş göl yatağı güney-güney doğu kenarı fay üzerine yaslanmıştır (Anonim, 1994).

2.1.2. Veri Seti

Çalışmada, 21 Ağustos 2000 tarihinde 8 banttan alınmış Landsat-7 ETM+ uydu verisi (full frame), Harita Genel Komutanlığınca hazırlanan toplam 37 adet 1:25.000 ölçekli standart topoğrafik harita, MTA Genel Müdürlüğüne Hazırlanan 1:100.000 ölçekli ve M25, M26 pafta numaralı ve 1:500.000 ölçekli Konya-A ve Ankara-A pafta numaralı jeolojik haritalar kullanılmıştır.

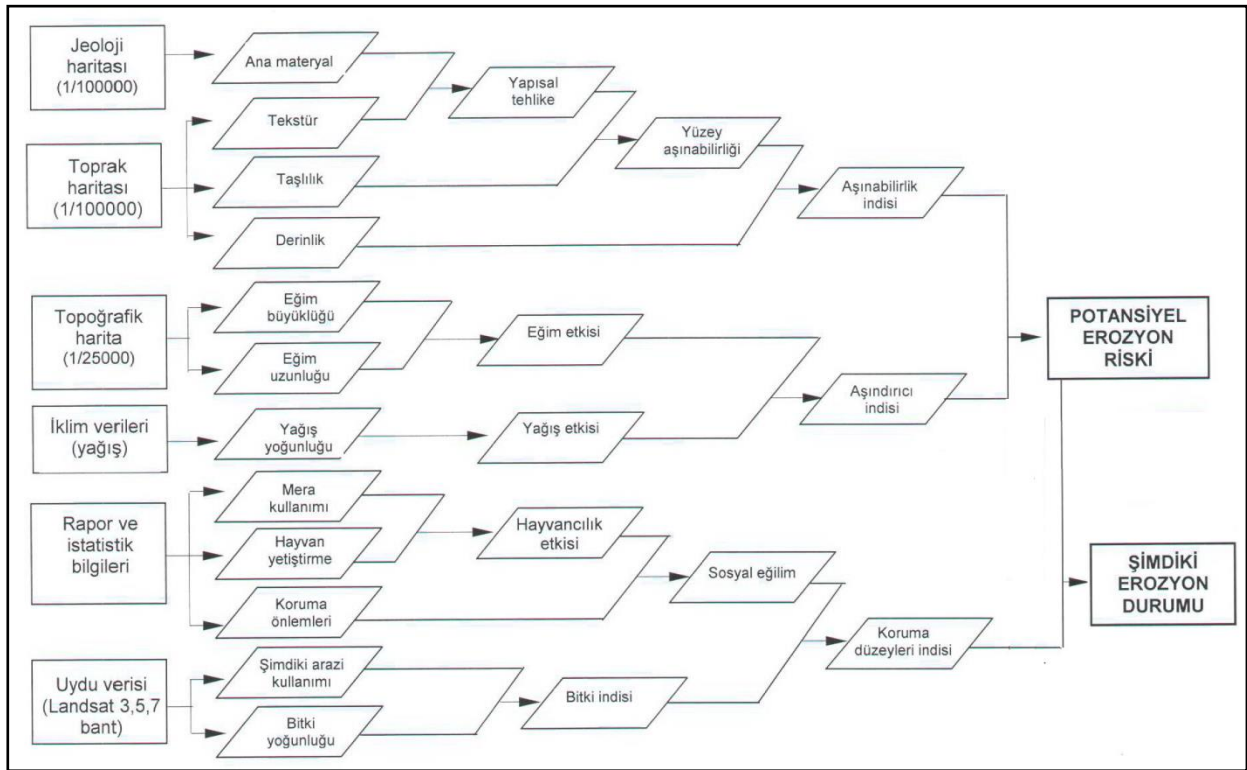
Alana ait iklim verileri 1950-1999 yılları arasını kapsayan ve Meteoroloji Genel Müdürlüğüne (Anonim, 1999) hazırlanan yağış özelliklerine ait ölçüm değerlerinden elde edilmiştir.

Topraksu Genel Müdürlüğünce 1970 yılında basılan Antalya Havzası Toprakları Raporu ve bu rapora ait 1:200.000 ölçekli Toprak Haritası (Anonim, 1970), Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğünce 1994 yılında basılan Isparta İli Arazi Varlığı Raporu ve rapora ait 1:100.000 ölçekli toprak haritası (Anonim, 1994) temel materyal olarak kullanılmıştır.

Ayrıca bölgesel olarak çeşitli kamu kurumlarının bölge veya il müdürlükleri ve üniversitelerin bölümlerince hazırlanan jeolojik, hidrolojik, istatistik çalışmaları, bu çalışmalara ait raporlar, çalışma alanında yapılmış araştırma sonuçları ek bilgi olarak değerlendirilmiştir.

2.2. Yöntem

Çalışmada temel yaklaşım erozyon derecelendirmesidir. Bu amaçla alana ait haritalar ve veriler tanımlı ve ölçekli olarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Bilgisayar ortamına aktarılan haritalarda yer alan her bir özellik için veri tabanı hazırlanmıştır. Bu sayısal haritalar ve veri tabanları kullanılarak erozyon riski haritaları üretilmiştir. Risk haritalarının üretilmesinde CORINE ve ICONA modellerinin en başarılı bölümleri alınarak oluşturulan bir hibrit model kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Modelin metodolojisi (Başayığı 2002)

Derecelendirme metodu, erozyon oluşumu üzerine etkili olan faktörlerin erozyonun oluşumunda etkileme derecesine göre oluşturulmuştur. Bu amaçla erozyon oluşumunda doğrudan etkisi olan faktörler ve bu faktörlerin şiddetleri metotta tek başına değerlendirmeye alınırken dolaylı olarak etkileyen faktörler birleştirilerek kullanılmıştır. Derecelendirme metodunda her bir özellik için katmanlar halinde hazırlanan veri haritaları ve veri tabanları birleştirilmiş ve her bir poligon için elde edilen birleştirilmiş veriler derecelendirme tablolarında yer alan karşılık değerlerine göre sınıflandırılmıştır. Derecelendirme tablolarında yer alan veri tabanı kodları o özelliğin erozyon oluşumundaki olumsuz etkisinin derecesini belirtmektedir.

Potansiyel erozyon riski; toprağın yapısal özelliklerinden oluşan aşınabilirlik indisi ve topoğrafik faktörlerle yağışın katarakteristiğinin oluşturduğu aşındırıcı indisinin ilişkilendirilmesi ile belirlenmiş, şimdiki erozyon durumu ise arazileri kullanma yönünde insanların davranışlarının etkisini belirten sosyal etkenler indisinin bitki indisi ile birlikte kullanılması sonucu bulunan koruma düzeyleri indisinin aşınabilirlik ve aşındırıcı indisleri ile ilişkilendirilmesinden elde edilmiştir. Erozyon riskleri ve toprak kayıplarını belirlemek için geliştirilen uygulanan model; veri girişi, veri üretimi, veri değerlendirme, erozyon haritalarının üretimi, toprak kayıplarının tahmini ve sonuç haritalarının üretimi aşamalarından oluşmuştur.

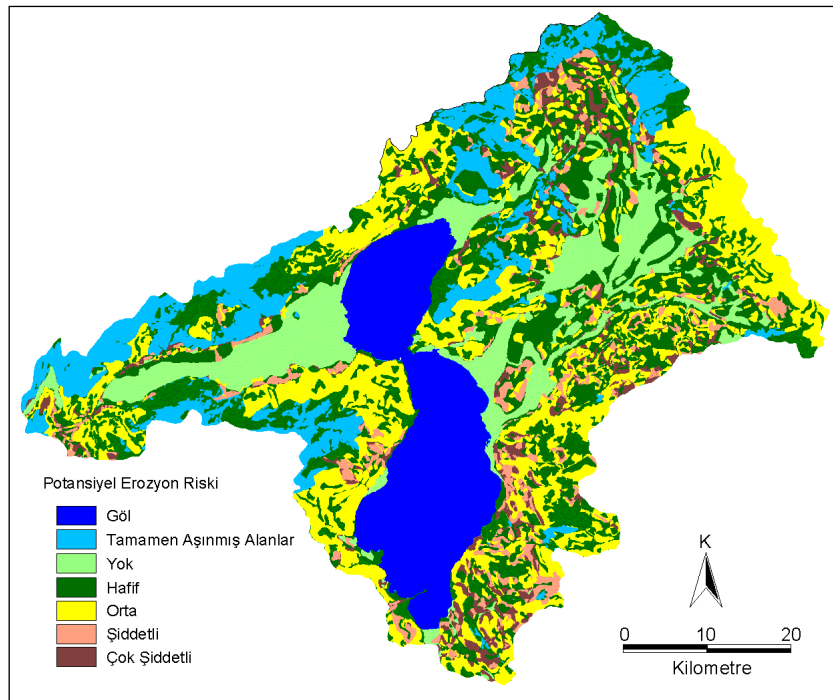
Şimdiki erozyon durumu, potansiyelde var olan erozyon riskinin insanların toprakları kullanımı ve korumaya

yönelik eğilimleri karşısında oluşma durumunu ve oluşum derecesini ifade etmektedir. Bu yaklaşımla, iki indis oluşturulmuştur. Bunlardan birincisi; mera ve ormanların kullanıma yoğunluğu, hayvancılığın etkisi ve insanların toprakları korumak üzere yaptıkları faaliyetlerin bileşeni olan sosyal eğilim indisi, ikincisi ise arazi kullanımı ve bitki yoğunluğunun bileşeni olan bitki indisi. Bu iki indis birleştirilerek erozyona karşı korunabilme düzeyleri elde edilmiştir. Şimdiki erozyon durumu aşınabilirlik indisinin korunabilmenin ifadesi olan koruma düzeyleri ile birleştirilmesi sonucu elde edilen net aşınım faktörünün aşındırıcı indisi ile ilişkilendirilmesinden elde edilmiştir. Potansiyel erozyon riskini ve şimdiki erozyon durumunu belirlemek amacıyla elde edilen indislerin her biri için birleştirilmiş veri tabanları kullanılarak haritalar üretilmiştir (Başayığıt, 2002).

3. BULGULAR

3.1.Potansiyel Erozyon Riski Haritası

Çalışma alanı potansiyel erozyon riskine göre 5 farklı sınıfa ayrılmıştır. Buna göre risk taşımayan alanlar erozyonun yok olarak tanımlandığı alanlardır. İkinci sınıf hafif riskli, üçüncü sınıf ise orta riskli olarak belirtilmiştir. Riskin yüksek olduğu sınıflar ise şiddetli ve çok şiddetli sınıflar olarak tanımlanmıştır. Şekil 3'de Potansiyel erozyon risk haritası verilmiştir.



Şekil 3. Potansiyel erozyon riski haritası

Potansiyel erozyon riskine göre çalışma alanının % 19.93'ü erozyon riski göstermeyen alanlardan oluşmaktadır. Çalışma alanında hafif riskli alanların oranı % 23.19, orta riskli alanların oranı % 24.55, şiddetli ve çok şiddetli risk taşıyan alanların oranı ise % 6.15 ve 6.11 olarak bulunmuştur. Çalışma alanının % 23.77'si ise çok şiddetli erozyon riskine sahip alanlardan oluşmaktadır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Potansiyel erozyon risk sınıfları ve kapladığı alanlar

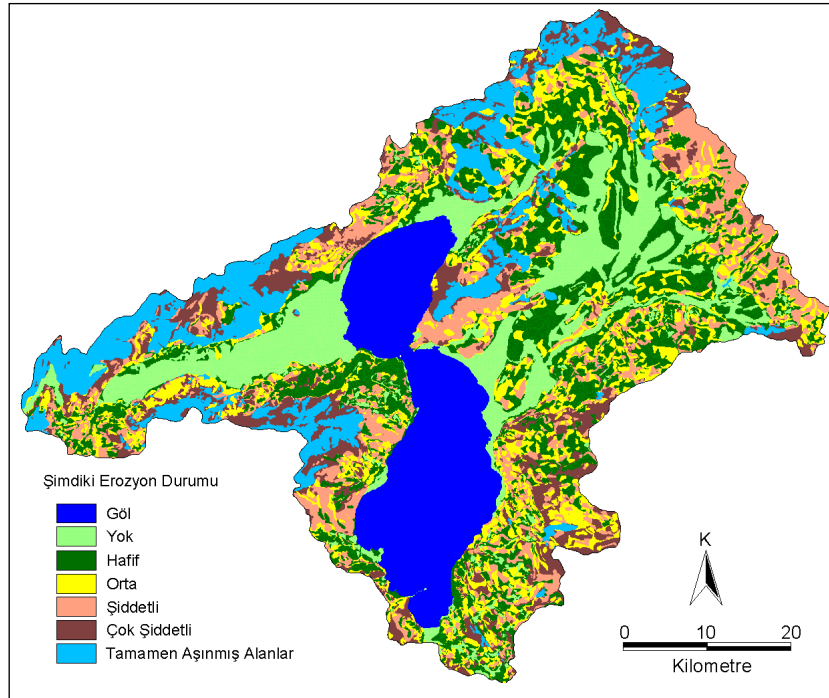
Potansiyel Erozyon Riski	Alan (ha)	Alan (%)
Tamamen Aşınmış Alanlar	56671.4	20.07
Yok	56276.0	19.93
Hafif	65481.3	23.19
Orta	69321.5	24.55
Şiddetli	17365.7	6.15
Çok Şiddetli	17252.6	6.11
Toplam	282368.5	100.00

Buna göre çalışma alanının % 12.26'sı şiddetli ve çok şiddetli erozyon riski taşıyan alanlardan oluşmaktadır. Bu alanların tamamı dik, çok dik ve sarp eğimde derin ve orta derin topraklara sahiptir. Bu orana orta derecede risk

gösteren orta derin veya sığ topraklara sahip alanlar da eklendiğinde çalışma alanında potansiyel olarak tehlikeli erozyon riskine sahip alanların oranı % 36.81 olarak bulunur. Potansiyel erozyon riski hafif olarak belirlenen alanların bir bölümü düz düze yakın arazilerde yer alan toprakları kapsamaktadır. Ancak diğer bölümü ise özellikle sarp, dik ve çok dik eğimli arazilerde bulunan ve şimdiki erozyon durumu şiddetli yada çok şiddetli olarak tanımlanan alanlardan oluşmaktadır.

3.2. Şimdiki Erozyon Durumu Haritası

Çalışma alanı şimdiki erozyon durumuna göre alanın % 21.93'ü risk olmayan alanlardan oluşmaktadır. Bu alanlar potansiyel erozyon riski göstermeyen alanlar ile aynıdır. Eğer bir alanda erozyon oluşum faktörleri erozyon oluşturacak kadar şiddetli değil ise gerçekte de o alanda toprak kayıpları oluşmamaktadır. Ancak erozyonun olumsuz etkisi yalnızca aşınma olayından oluşmamakta bunun yanında birikmeden kaynaklanan zararları da birlikte getirmektedir. Şekil 4'de şimdiki erozyon durum haritası yer almaktadır.



Şekil 4. Şimdiki erozyon durum haritası

Çalışma alanında hafif riskli alanların oranı % 20.62 olarak bulunmuştur (Çizelge 2). Bu alanların büyük çoğunluğu tarım yapılan ve hafif eğimde yer alan topraklardan oluşmaktadır. Ancak dik ve sarp eğimde yer alan orman örtüsüne sahip ve bitki yoğunluğu yüksek olarak belirlenen araziler de hafif erozyon sınıfındadır. Ayrıca bu alanların potansiyel olarak da çok şiddetli risk altında yer aldığı belirlenmiştir. Bu alanların bitki örtüsüyle korunduğu ve erozyonla toprak kayıplarının az olduğu belirlenmiştir. Şimdiki erozyon durumuna göre orta şiddetli olan alanların oranı % 12.75 olarak bulunmuştur. Şiddetli risk taşıyan alanlar ve çok şiddetli erozyon riskine sahip alanlar oranı ise % 14.25 ve % 10.38 olarak bulunmuştur. Şiddetli ve çok şiddetli erozyon riskine sahip alanların tamamı çıplak kayalıklar ile komşu olan topraklardır. Yani bu alanlar gerekli önlemlerin alınmaması durumunda yakın gelecekte aşınacak ve çıplak kayalık haline dönüşecek alanlardır. Çalışma alanında erozyon oluşmayan diğer bir sınıf ise alanın % 20.07'sini oluşturan tamamen aşınmış alanlardır. Bu alanların jeolojik ve topoğrafik özellikleri kendisine komşu alanların gelecekteki erozyon durumları hakkında bilgi vermektedir.

Çizelge 2. Şimdiki erozyon durum sınıfları ve kapladığı alanlar

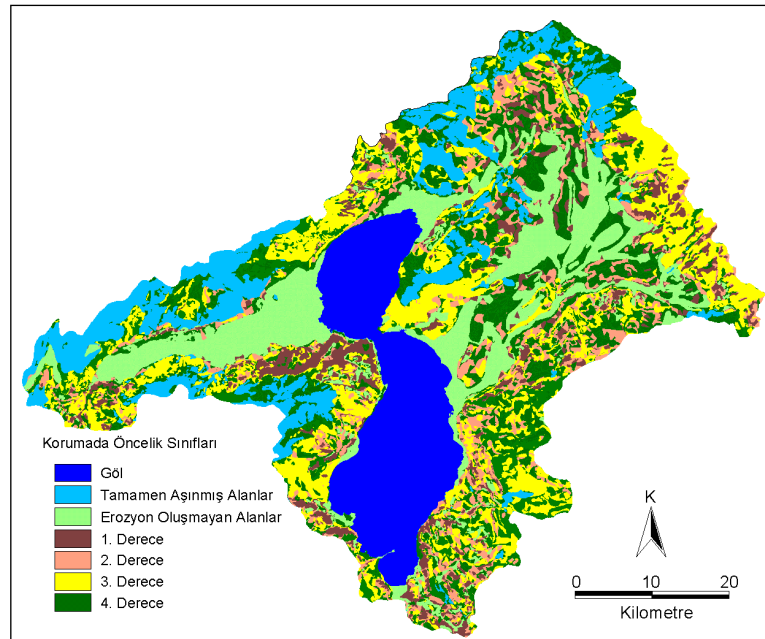
Şimdiki Erozyon Durumu	Alan (ha)	Alan (%)
Tamamen Aşınmış Alanlar	56671.4	20.07
Yok	61923.3	21.93
Hafif	58224.3	20.62
Orta	36002.0	12.75
Şiddetli	40237.5	14.25
Çok şiddetli	29310.0	10.38
Toplam	282368.5	100.00

3.3.Korumada Öncelikli Alanlar Haritası

Göl havzası korumada öncelikli alanlara göre 4 sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıfların belirlenmesinde potansiyel erozyon riski ve şimdiki erozyon durumu birlikte değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede potansiyel olarak risk içeren ancak aşınmanın oluşmadığı derin toprakları içeren alanlar korumada en öncelikli sınıflar olarak tanımlanmış ve 1. derecede öncelikli alanlar olarak belirlenmiştir. Potansiyel erozyon riski az olan alanlar ise aşınma derecesine yani şimdiki erozyon durumuna göre 2., 3. yada 4. derecede öncelikli sınıfları olarak belirlenmiştir. Potansiyel erozyon riski ve şimdiki erozyon durumuna göre oluşturulan korumada öncelikli alanları gösteren harita şekil 5’de verilmiştir.

Korumada önceliği 1. sınıf olarak tanımlanan alanlar, potansiyel erozyon riski orta, şiddetli yada çok şiddetli ancak şimdiki erozyon durumu hafif olarak tanımlanan alanları kapsamaktadır. Bu alanlar korunmadığı takdirde gelecekte aşınmanın en fazla ve en şiddetli derecede oluşması beklenen toprakları içermektedir. Korumada öncelikte 2. sınıf alanlar, potansiyel erozyon riski orta, şiddetli veya çok şiddetli şimdiki erozyon durumu ise orta olarak tanımlanan alanlardan oluşmaktadır. Potansiyel erozyon riski şiddetli ve şimdiki erozyon durumu orta, potansiyel erozyon durumu orta ve şimdiki erozyon durumu şiddetli, potansiyel erozyon durumu hafif ve şimdiki erozyon durumu orta veya şiddetli olan sınıflar korumada 3. derecede öncelikli sınıflar olarak tanımlanmıştır. Korumada öncelik sınıfı 4 olan alanlar, potansiyel erozyon riski hafifi yada orta ancak şimdiki erozyon durumu şiddetli olan alanlar, potansiyel erozyon durumu hafif yada orta ve şimdiki erozyon durumu hafif yada erozyon yok olarak tanımlanan sınıfları içermektedir. Bu sınıfta iki farklı özelliğe sahip alanlardan oluşmaktadır. Bunlardan birincisi topoğrafik özellikleri nedeniyle potansiyel erozyon riski hafif olan ve bu riske uygun olarak aşınmanın hafif olarak gerçekleştiği şimdiki erozyon durumu hafif olarak tanımlanan derin topraklardan oluşan alanlardır. İkincisi ise topoğrafik özellikleri nedeniyle erozyon tehlikesinin çok yüksek olduğu ancak bu güne kadar oluşan erozyonla topraklarının büyük kısmının aşındığı ve bu sebeple artık potansiyel olarak erozyonun hafif derecede risk taşıdığı alanları içermektedir.

Potansiyel erozyon riski ve şimdiki erozyon durumu erozyon ”yok” olarak tanımlanan sınıflar korumada öncelikli alanlar içerisine alınmamıştır.



Şekil 5. Korumada öncelikli alanlar

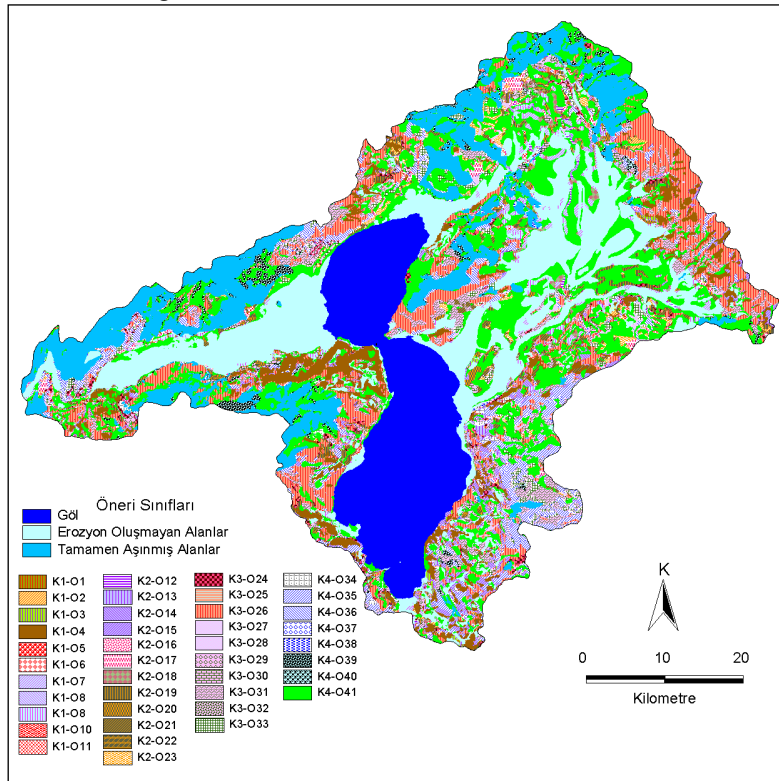
3.4.Koruma Önerileri Haritası

Bu değerlendirmeye göre hazırlanan korumada öncelik haritası koruma önlemleri haritasının oluşturulmasında altlık olarak kullanılmıştır. Korumada öncelik sınıfları kendi içerisinde sorgulanarak öneri haritası oluşturulmuştur. Öneri haritasının oluşturulmasında korumada öncelik sınıfları dışında eğim büyüklüğü, arazi kullanım türü ve toprak derinliği özellikleri kullanılmıştır. Bu özellikler korumada öncelik sınıfları için eğim % 9’dan büyük ve küçük olmak üzere iki grupta, toprak derinliği 20-50 cm, 50 cm’den az, 20 cm’den az 50 cm’den fazla olmak üzere dört grupta, arazi kullanım türü kuru-sulu tarım, mera-orman ve çıplak alanlar olmak üzere 3 grupta sorgulanmıştır.

Bu sorgulamaya göre korumada öncelik sınıfı 1 olan alanlar 11, korumada öncelik sınıfı 2 olan alanlar 12, korumada öncelik sınıfı 3 olan alanlar 10 ve korumada öncelik sınıfı 4 olan alanlar 8 sınıfta olmak üzere toplam 41 sınıf oluşturulmuştur. Şekil 6'da erozyonla mücadelede arazi kullanım türüne bağlı olarak oluşturulan öneri haritası yer almaktadır.

Arazi kullanım türü ise şimdiki erozyon durumunun belirlenmesinde kullanılan ve tamamen insanların kontrolünde olan özelliştir. Öneri haritası bu üç özellik dışında kalan diğer özelliklerin kullanımıyla da hazırlanabilir. Burada bu üç özelliğin seçilmesindeki temel neden yapılacak önerilerin daha çok arazi kullanım türüyle ilişkili olmasından kaynaklanmaktadır. Arazi kullanım türünün erozyonu önlemede en etkili yöntem olması çalışmada önerilerin bu yönde yapılması gerekliliğini getirmiştir. Korumada öncelikli alanlar için hazırlanan öneri haritalarındaki sınıflara göre yapılan genelleştirilmiş öneriler aşağıda yer almaktadır. Burada farklı öncelik sınıflarına ait alanlar için aynı öneriler getirilmişse de önerilerin uygulanmasında öncelikli alanlardan başlanması uygun görülmektedir. Bu nedenle öneri sınıflarının başına korumada öncelik dereceleri de eklenmiştir. Burada yapılan öneriler daha çok arazi kullanım türü üzerine yoğunlaştırılmıştır.

K1-O1, K1-O2, K2-O12, K2-O13 ve K3-O24 sınıflarında yer alan arazilerin tarım alanı yerine ağaçlandırma alanları olarak değerlendirilmesi, eğer bu alanlar şahıslara ait ise mera tarımının yapılması yada en azından agroforest sistemleriyle toprakların korunması önerilebilir. K1-O3, K1-O4, K2-O14, K2-O15, K3-O25 ve K3-O26 sınıflarında bulunan arazilerin doğal bitki örtüsünün korunması, K1-O3, K2-O14 ve K3-O25, sınıflarında yer alan arazilerde orman örtüsünün yoğunluğunu artıracak şekilde ağaç dikilmesi önerilebilir. K1-O4, K2-O15 ve K3-O26 sınıflarında yer alan arazilerde ise orman örtüsünde gençleştirme uygulamalarından kaçınılması, toprak üstünde kalan artık materyallerin korunmasında yönelik uygulamaların yapılması ve bu alanlarda özellikle hayvan otlatmadan uzak durulması zorunlu görülmektedir.



Şekil 6. Koruma önerileri haritası

K1-O5, K2-O16, K1-9, K2-O20 ve K3-O30 sınıflarında ağaçlandırma çalışmalarının geliştirilmesi, K1-O6, K2-O17 ve K3-O27 sınıflarında ise kontrollü otlama ile toprak yüzeyini kaplayan bitki örtüsünün güçlendirilmesi, mera bitkilerinin ıslah çalışmalarının yürütülerek toprakların korunmasına destek sağlanması uygun görünmektedir. K1-O8, K2-O19 ve K3-O29 sınıfında sıfır sürümle tarım yapılması, K1-O7, K2-O18 ve K3-O28 sınıflarında yer alan arazilerin eşyükselti eğrilerine paralel sürümle toprakların işlenmesi gerekmektedir. K1-10, K2-O21 ve K3-O31 sınıfında bulunan arazilerde maki-orman örtüsünün korunması yanında özellikle sığ derinliklerde gelişebilen ve toprak yüzeyinde yoğun saçak kök oluşturan doğal bitkilerin yetiştirilmesine yönelik uygulamaların yapılması önerilebilir. Bu alanlarda otlatmadan tamamen kaçınılması uygun görünmektedir. K1-O11, K2-O22 ve K3-O32 ağaçlandırma alanı olarak kullanılması, bununla birlikte kültür bitkilerinin yetiştirildiği agroforest sistemlerinin uygulanması, K2-O23, K3-O33 ve K3-O40 sınıfların öncelikli olarak mera yetiştiriciliğinin yapılması ve eğer tarımsal üretim düşünülüyorsa kekik gibi doğal tıbbi ve aromatik bitkilerin üretimi önerilebilir. K4-O37 ve K4-O38 sınıfında yer alan arazilerin eşyükselti eğrilerine paralel sürüm, münavebe ve uygun sulama sistemlerinin kurulması, arazilerin yeteneklerine uygun yönetilmesiyle korunabilecektir. K4-O35

ve K4-O39 sınıfında yer alan arazilerde mevcut bitki örtüsünün korunması, gençleştirme uygulamaları önerilebilir. K4-O34 ve K4-O36 sınıflarında her türlü işlemeli tarımdan uzak durulması, hayvan otlatılmasına karşı korunması ve topraklarda doğal bitki örtüsünün oluşmasına katkı sağlanması uygun görülmektedir. K4-O41 sınıfının doğal hayata terk edilmesi en doğru uygulama olacaktır (Başayığıt, 2002).

4.SONUÇ ve TARTIŞMA

Potansiyel erozyon riski temelde eğim büyüklüğü, tekstür, toprak derinliği, yüzey taşlılığı ve ana materyal özelliğinin bileşeninden oluşmaktadır. Çalışmada bu özelliklerden yararlanılmış bir yenilik olarak eğim uzunluğu da değerlendirilmeye alınmıştır. Şimdiki erozyon durumunun belirlenmesinde ise aşınabilirlik indisi; aşındırıcı indisi, arazi kullanımı ve bitki yoğunluğu ile birleştirilmektedir. Bu çalışmada alışlagelmiş metotlar dışında hayvancılık durumu, mera otlatma alışkanlığı ve koruma önlemlerinin uygulanmasına yönelik sosyal eğilimler de değerlendirilmeye çalışılmıştır. Sosyal etkenlere ait verilerin detaylarının düşük olması bu değerlendirmede şimdiki erozyon durumu üzerine etkisinin az olmasını gerektirmiştir. Ancak bir erozyon modelinde sosyal eğilimlere ait daha detaylı bilgilerin kullanılabilmesi sonucu ortaya çıkmıştır.

Eğirdir göl havzası doğal yapısıyla göller bölgesinde yer alan göl havzaları için tipik bir örnektir. Hatta fizyografik, topoğrafik ve iklim özellikleri yönünden diğer göl havzalarına göre daha fazla çeşitlilik göstermektedir. Bu çeşitliliğe sahip Eğirdir göl havzası için uygulanan modeller ile potansiyel erozyon riski ve şimdiki erozyon durumunu belirlemek ve haritalamak mümkün olmuştur. Uygulanan bu model yardımıyla aynı giriş verilerinin bulunduğu diğer göl havzaları içinde erozyon durumunun belirlenmesi ve haritalanması da mümkün olacaktır. Model göller bölgesinde yer alan diğer göl havzaları için uygulanabilir olduğu düşünülmektedir.

Model çalışma erozyon haritalarını hazırlanmasında geleneksel yöntemlere göre avantajlara sahiptir. Geleneksel metotlarda arazi çalışmaları ile potansiyel erozyon riskinin belirlenmesi, şimdiki erozyon durumunun bulunması ve haritalanması daha kolay ve ucuz olmaktadır. Ayrıca geleneksel yöntemle arazi çalışmalarında özellikle araç yolu olmayan ve dağlar arasında kapalı kalan alanların bitkisel özelliklerinin ve erozyon durumunun belirlenmesi ancak topoğrafik haritalarla yada ulaşılamayan alanlara komşu olan araziler için belirlenen özelliklerin yorumlanmasıyla yapılabilmektedir. Uydu verileri ile ulaşılamayan araziler için bitkisel özelliklerin belirlenmesi ve tekrarlı verilerin kullanılarak haritaların güncellenmesi modelin en büyük avantajlarından olmaktadır.

Derecelendirme metotları ile oluşturulan erozyon haritaları ise her ne kadar toprak kayıplarının miktarı hakkında bilgi vermemekteyse de erozyonla mücadelede öncelikli alanların belirlenmesinde kesin bilgiler sağlamaktadır. Bu haritalar ile daha çok korumada kültürel tedbirler öne çıkmaktadır. Bunların başında arazi kullanım türünün belirlenmesi gelmektedir. Ülkemiz gibi şiddetli erozyon tehlikesi altında bulunan ancak erozyon ölçümlerine ait verilerin yeterli olmadığı hatta toprakların, arazilerin ve bitki deseninin bile yeterli detayda incelenmediği alanlarda derecelendirme metodu ile erozyon haritalarının hazırlanması, kültürel tedbirleri uygulamak üzere korumada öncelikli alanların belirlenerek öneri haritalarının oluşturulması erozyon konusunda öncelikli olarak yapılması gereken işlerin başında gelmektedir. Büyük havzalar için yapılacak bu çalışmalar daha sonra yatırımların çeşidi ve yönüne göre alt havzalarda, su toplama kanalları veya hatlarında detaylandırılarak sediment ölçümleri sonrası fiziksel tedbirlerin uygulanmasına yönelik çalışmalarla devam edilebilecektir. Bu sayede derecelendirme metotları ile havza için yapılan çalışmalar ve parasal harcamalar atıl duruma geçmeyecektir.

KAYNAKLAR

Schowengert, R. A. (2007). *Remote Sensing: models and methods for image processing.* (3rd ed.). Burlington, MA: Elsevier.

Altınbilek, D., 1998. Isparta İli Toprak ve Su Kaynaklarının Gelişiminin Dünü, Bugünü ve Yarınında DSİ'nin Rolü, Isparta'nın Dünü, Bugünü, Yarını Sempozyumu, 16-17 Mayıs 1998, Cilt 1, S 141-151, Isparta.

Anonim, 1970. Toprak İşleri Genel Müdürlüğü, Antalya Havzası Raporu, Ankara.

Anonim, 1994. Köy Hizmetleri genel Müdürlüğü, Isparta İli Arazi Varlığı Raporu. Ankara.

Anonim, 1999. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Isparta İli İklim Envanteri, Ankara.

Başayığıt, L., 2002. Eğirdir Gölü Havzasında Erozyon Riskinin Saptanması Üzerine Araştırmalar. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Adana.

Basayığıt, L., Dinc, U. 2010. Prediction of Soil Loss in Lake Watershed Using GIS: A Case Study of Eğirdir Lake, Turkey, Journal of Natural and Environmental Sciences 1 (1), 1-11.

- Başayığıt, L., Dinç, U., 2003.** Eğirdir Gölü Su Toplama Havzasında Oluşan Toprak Kayıplarını Tahmin Etmeye Yönelik Bir Çalışma. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 18 (2) 51-60.
- Başayığıt, L., Uçar, G., Dedeoğlu, M., 2015.** Karacaören Gölü Havzası Erozyon Durumunun UA-CBS Kullanılarak Rusle Metoduna Göre Belirlenmesi, TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs 2015 / Konya.
- Çakmak, C., 1998.** Eğirdir Gölü Entegre Su Yönetimi. Isparta'nın Dünü, Bugünü, Yarını Sempozyumu, 16-17 Mayıs 1998, Cilt 1, S 151-159, Isparta.
- Çevik, B. 2003.** Toprak ve Su Koruma Mühendisliği Ders Notları. Çukurova Üniversitesi Basımevi. Adana.
- Demir, H.Z., Başayığıt, L., 2013.** Uydu Verileri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Gölcük Gölü Su Toplama Havzası CORINE Erozyon Haritasının Oluşturulması III. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi 22-24 Ekim 2013
- Morgan, R.P.C., 1991.** Soil Erosion and Conservation. Longman Scientific and Technical, John Wiley and Sons Inc., New York, P 255.
- Özden, D.M., Dursun, H., and Sevinç, A.N., 2000.** The Land Resources of Turkey and Activities of General Directorate of Rural Services, Proceedings of International Symposium on Desertification, 13-17 June 2000, S 22-26, Konya, Turkey.