



Publication of Association Esprit, Société et Rencontre
Strasbourg/France

The Journal of Academic Social Science Studies

JASSS

Volume 5 Issue 8, p. 543-562, December 2012

**ÇOBANLAR HAVZASI'NDA (AFYONKARAHİSAR)
TOPRAK EROZYONUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ**

*ASSESSMENT OF THE SOIL EROSION IN THE ÇOBANLAR
BASIN, AFYONKARAHİSAR, TURKEY*

Doç. Dr. Tefik ERKAL

*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü,
Afyonkarahisar*

Abstract

Erosion is a natural process occurring very slowly that it is not easily understood by observation. It sometimes reaches big amount called natural hazard, especially in a country like Turkey having a young topography with steep slopes and high geomorphological amplitude. In this study Çobanlar sub-basin covers an area of 801 km² in the middle part of the 7340 km² Akarçay areic basin which is located in the Afyonkarahisar Province was investigated. Annually soil loss occurring in the Çobanlar basin was calculated by R(USLE) method using GIS and remote sensing techniques with the R (rainfall erosivity), LS (slope length and steepness), K (erodibility), C (cover and management) and P (conservation support and practice) factor layers and maps were prepared. So potential soil loss in the study area was determined using these layers and that it is 0-195 ton/ha/year. This value can be compared to the studies carried out in other places of Turkey, points out that the Çobanlar sub-watershed is under the effect of moderate erosion risk. The reason of this result is based on erodibility of rocks such as easily eroded tuff, tuff-agglomerate and some metamorphic rocks. Beside this it was observed that erosion occurs severely around the scattering settlements in high topography in this sub-watershed.

Keywords: Afyonkarahisar, Çobanlar Basin, Soil erosion, R(USLE), GIS.

Öz

Dilimizde kemirme anlamına gelen erozyon Latince kökenli bir sözcük olup dünyanın kendisi kadar eski bir süreci ifade etmektedir. Erozyon gerçekte çok yavaş meydana gelen, gözle pek görülmeyen zararsız bir aşınım olayıdır. Fakat ülkemizin eğimleri sık değişen, yüksek amplitüdümlü genç bir topoğrafyaya sahip olması bu doğal olayın yer yer afet boyutuna ulaşmasına neden olmaktadır. Bu çalışmada Afyonkarahisar İli'nde 7340 km²'lik bir alan kaplayan, Akarçay kapalı havzasının orta bölümünde yer alan alt-havza niteliğindeki 801 km²'lik Çobanlar bölümündeki erozyon olgusu değerlendirilmektedir. Söz konusu bu alandaki toprak erozyonunun değerlendirilmesinde potansiyel yıllık toprak kaybı (R)USLE yöntemi ile CBS ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri kullanılmıştır. (R)USLE yöntemi uygulanması araştırma alanında ilk kez yapılan kantitatif bir çalışmadır. Bu yöntemle R (yağış), LS (yamaç uzunluğu ve eğimi), K (toprağın aşınabilirliği), C (bitki örtüsü-arazi kullanımı) ve P (toprak koruma) katmanlarının üretilmesinden sonra elde edilen sonuç haritasından Çobanlar Havzası'nda potansiyel toprak kaybı 0-195 ton/ha/yıl olarak saptanmıştır. Havzanın yıllık toprak kaybı Türkiye'nin başka yerlerinde aynı yöntemin uygulanmasıyla yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında Çobanlar Havzası'nın erozyondan orta derecede aşınabilirlikte etkilendiği ortaya çıkmıştır. Bunun nedeni havza litolojisinin önemli bir bölümünün tuf, tuf-aglomera gibi volkanik kökenli, metamorfik ve benzeri kolay aşınabilir kayalardan oluşmasıyla ilişkilidir. Ayrıca havzadaki erozyon olgusu kuzey kesimde, yerleşme ve nüfus yoğunluğunun azaldığı yerlerde daha şiddetli olarak saptanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Afyonkarahisar, Çobanlar Havzası, Erozyon, R(USLE), CBS.

1. GİRİŞ

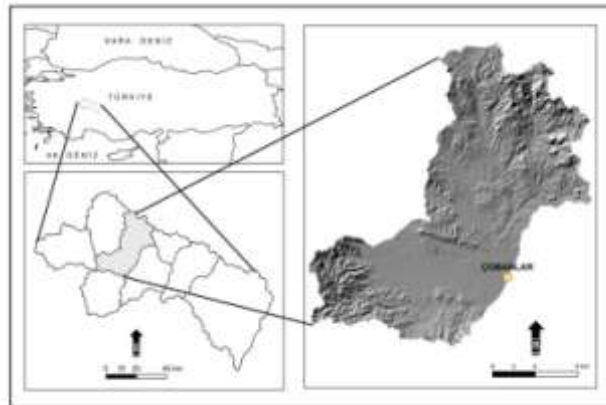
İnsanoğlu uzun yıllar boyunca yaşamını sürdürebilmek için topraktan yararlanmış ve Günümüz'den 10.000 yıl öncesinden buyana kontrollü bir şekilde toprağa bağlanmıştır. İnsanlık, Çin'de ve Akdeniz ülkelerinde 3000-4000 yıldan beri, Batı Avrupa ülkelerinde ise 2000 yıldan beri uygulanan çiftçilik uğraşlarıyla artan nüfusun besin gereksinimini karşılamak için topraktan gereğince yararlanmayı amaçlamıştır (Taysun ve Dağdeviren, 1991).

Latince kökenli bir sözcük olan ve dilimizde “kemirme” anlamına gelen erozyon, dünyanın kendisi kadar eski bir süreci olup çok yavaş meydana gelen, gözle pek görülmeyen zararsız bir aşınım olayıdır. Toprakların, su veya rüzgâr etkisiyle oluştukları yerden aşındırılarak taşınması ve başka bir yerde biriktirilmesi olarak da tanımlanabilen bir doğal olaydır (Bahtiyar, 2003). Jeolojik açıdan düşünüldüğünde, erozyonun yeryüzünün şekillenmesinde önemli etkiye sahip doğal bir süreç olduğu söylenebilir. Ancak bu doğal süreç insan aktiviteleri ile hızlandırıldığında, toprak erozyonu doğal kaynakların sürdürülebilirliği açısından önemli bir tehdit olarak ortaya çıkmaktadır.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ

Bir Akdeniz ülkesi olan ülkemiz toprak erozyonundan önemli ölçüde etkilenmekte ve bunun bir örneği Afyonkarahisar İli sınırları içinde yer alan Akarçay Havzası'nda da görülmektedir. Bu nedenle toplam 7340km² alan kaplayan bu havzada görülen erozyon olgusu 2008 yılından buyana ayrıntılı olarak çalışılmaya başlanmıştır. Akarçay Havzası'nın İhsaniye, Sincanlı ve Şuhut alt-havzalarından oluşan yukarı kesimi ile Çobanlar, Bolvadin ve Çay alt-havzalarının oluşturduğu orta kesimi kapsayan çalışmalar tamamlanmış olup havzanın aşağı kesimindeki Eber ve Akşehir gölleri ve dolayını kapsayan çalışmalar ise halen devam etmektedir.

Bu çalışma Akarçay Havzası'nın bir alt-havzası olan Çobanlar Havzası'nda erozyonun şiddetini saptamaya yönelik olarak tüm Akarçay Havzası'ndan örnek bir çalışma olarak sunulmaktadır (Şekil 1). Bunun yanısıra erozyon risk tahmini yöntemi olan RUSLE'nin bir uygulaması olarak yöntemin bölgesel geçerliliğinin de denenmesi niteliğindedir. Araştırma sonuçlarının Türkiye'nin başka yerlerinde aynı yöntemin uygulanmasıyla elde edilen sonuçlarla karşılaştırma yapılması ve kamu kurumları ile yerel otoritelere yol gösterme açısından da önem taşımaktadır.



Şekil 1. Yerbulduru Haritası.

Bu amaçlarla aşağıda Akarçay Havzası'nın alt-havzalarından biri olan Çobanlar alt-havzasında erozyon olgusu ve beşeri faaliyetlere etkisi ele alınacak ve çalışma alanı bundan sonra "Çobanlar Havzası" olarak tanımlanacaktır.

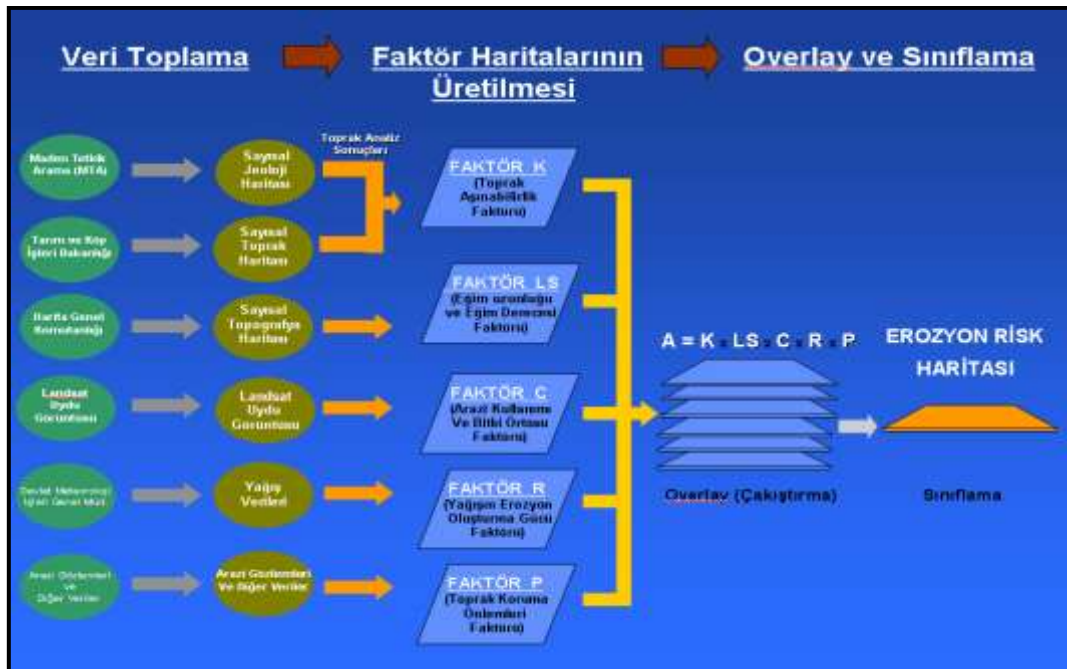
3. YÖNTEM VE MALZEME

Çalışmada erozyon riskini tahmin edebilmek amacıyla, yöntem olarak tüm Akdeniz ülkelerine uygulanabilen, oldukça basit bir sayısal yöntem olan (R)USLE yöntemi ve CBS teknikleri kullanılmıştır.

İlk aşamada Akarçay Havzası'na ilişkin verilerin toplanmasına başlanmış, bu bağlamda daha önce coğrafya, jeoloji, iklim, toprak, hidrografya konularında yayımlanmış ve yayımlanmamış her türlü çalışma derlenmiştir. İklimle ilgili sağlıklı verilerin elde edilmesi için çalışma alanı ve yakın dolayını kapsayan meteoroloji istasyonlarının sıcaklık, yağış gibi erozyonu etkileyen verileri de toplanmıştır. Ancak Çobanlar Havzası'nda meteoroloji istasyonu bulunmadığından havzanın batı kenarında yer alan, havzaya en yakın olan Afyonkarahisar meteoroloji istasyonunun rasat kayıtlarından yararlanılmıştır.

Daha sonra 1/25.000 ölçekli sayısal topoğrafya haritaları Harita Genel Komutanlığı (HGK)'ndan, sayısal toprak haritaları Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'ndan, sayısal jeoloji haritaları Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA)'nden, yağış verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMI)'nden temin edilmiştir. Çalışma alanındaki erozyon riskini saptamak için uygulanan (R)USLE yönteminde kullanılan uydu görüntüleri ise Landsat Türkiye dağıtıcısı Nik İnşaat Ltd. Şti.'nden sağlanmıştır.

Son aşama olan arazi çalışmasında sözkonusu havzadan toprak örnekleri derlenmiş, havzanın litolojik-jeomorfolojik özellikleri, toprak türleri, toprak türlerinin litolojik ve jeomorfolojik özelliklerle ilişkileri ve erozyonun beşeri aktivitelerine etkileri araştırılarak potansiyel erozyon riski saptanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışmanın gerçekleştirilme aşamaları (Yıldırım ve Erkal, 2008).

4. BULGULAR

4.1. Çalışma alanının genel özellikleri

Çalışma alanı olan Çobanlar Havzası Akarçay Havzası'nın orta bölümünde Afyonkarahisar il sınırları içinde yer alır. Havzada yükseltiler 987-1900 m. arasında değişir ve havza 801 km² yer kaplar. 2010 yılı adrese dayalı nüfus kayıt (ADNK) sonuçlarına göre, Çobanlar Havzası'nda 13.364 kişi yaşamaktadır. Afyon Ovası'nın doğu kesiminde yer alan çalışma alanını oluşturan havzalar doğal ve beşeri faktörlere bağlı olarak erozyondan etkilenen, erozyon sonuçlarının yoğun görüldüğü yerler olup buralarda ekonomik hayat tarım ve hayvancılığa dayanmaktadır. Şeker pancarı, nohut, mısır, buğday ve haşhaş tarımı yoğun olarak yapılan ürünlerdir.

4.2. İklimsel özellikler

Afyonkarahisar İli sınırları içinde kalan Çobanlar Havzası ve yakın dolayı coğrafi açıdan Ege Bölgesi'nin sınırları kapsamında, İç Batı Anadolu Bölümü'nde yer almaktadır. Bu konumuyla çalışma alanının iklimatik özellikleri Akdeniz – İç Anadolu geçiş tipinde, karasal iklim karakteri göstermektedir. Karasallık nedeniyle gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkı da fazladır. Bu özellikler kışların soğuk ve kar yağışlı, yazların sıcak ve kurak geçmesi şeklinde görülmektedir. Yağışların yarısından çoğu kış ve ilkbahar mevsimlerinde düşer (Köy Hizmetleri, 1994; Yılmaz, 1999). Yaz dönemindeki yağışlar az, kısa süreli ve sağanak şeklindedir. Yağışın azlığı nedeniyle nadasa bırakılan veya zayıf bitki örtüsünün olduğu arazilerde, ilkbahar ve erken yazda düşen yüksek yoğunluktaki yağışlar toprak erozyonuna neden olmaktadır.

Havzaya en yakın meteoroloji istasyonu olan Afyonkarahisar meteoroloji istasyonunun verilerine göre Afyonkarahisar ve yakın dolayının yıllık ortalama sıcaklığı 11,3°C, en soğuk ay olan Ocak ayının ortalaması 0,2°C, en sıcak ay kabul edilen Temmuz ayının ortalaması ise 21,9°C'dir (Yılmaz, 1999).

4.3. Jeolojik-jeomorfolojik özellikler

Çobanlar Havzası'nda Paleozoyik'den günümüze dek uzanan değişik jeolojik yaş aralığındaki kayalar görülmektedir. Bunların en eskisi şist, mermer ve metakonglomeralardan oluşan Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalardır. Şistler havzanın kuzey yarısında dağınık olmak üzere, özellikle havzanın KKB'sı ile KKD'sunda yüzeyleyir ve toplam %16'luk yer kaplarlar. Şistlerin yüzeylendiği yerlerde basık, oldukça yuvarlak bir topoğrafya görülür. Bir başka Paleozoyik birimi ise mermerler olup "Afyon mermerleri" olarak bilinen İncehisar mermerleridir. Beyaz, sarımsı, boz renkli ve kalın katmanlanmalıdır. Metakonglomeralar ise havzada sadece %1-2 gibi yayılım gösterirler.

Daha üste gelen tüf-aglomera ve tüfler Ankara-Afyonkarahisar devlet karayolunun güneyinde yer alan Seydiler köyünde tipik olarak gözlenirler ve tipik peribacaları oluşumları nedeniyle "Seydiler peribacaları" adıyla tanınırlar (Metin ve diğ., 1987). Çobanlar Havzası'nın kuzey kesiminde, İncehisar kuzeyinde Frig Vadisi'nde havzanın yaklaşık %30'unu oluştururlar. Beyaz renklidirler ve kolay aşınırlar; bu nedenle de derince yarılmış yamaçlar, volkanik aşınım şekilleri oluştururlar. Kalınlıkları yaklaşık 200 m'dir. Seydiler tüfü süt beyazı - krem renklidir ve çok kalın katmanlanma gösterirler. Tüfler de tüf-aglomeralarla birlikte kolay aşınabilen topoğrafyalarıyla dikkat çekerler.

Gösel ve volkanik kayalarla temsil edilen Pliyosen marn, kireçtaşı ve konglomera üyelerine ayrılabilir. Alt düzeyleri oluşturan marnlar Çobanlar Havzası'nda BKB-DGD uzanımında %11 gibi bir alansal yayılımla yüzeylenirler; üstten kireçtaşları ile geçişli olarak örtülmüşlerdir. Pliyosen kireçtaşları beyaz-krem renkli, orta-çok kalın tabakalıdır. Çobanlar Havzası'nda ilçe merkezinin kuzeybatısında ve Bolvadin Havzası'nda Değirmendere yamaçlarında tipik yüzlekler verir. Pliyosen yaşlı birimler gösterdikleri yatay katmanlanmalar ve farklı dayanımlı litolojileri nedeniyle yapısal düzlükler oluştururlar.

Geniş yayılımı olan genç volkanitler tek bileşenli olmayıp birbirleriyle yanal geçişlidir; andezit, trakit, traki-andezit, bazalt-andezit, bazalt türlerinden oluşmaktadır. Bazaltlar Çobanlar Havzası'nda İsehisar dolayında yüzeylenmişlerdir. Bu volkanik kayalar çalışma alanının topoğrafyasında belirgin kabartılar meydana getirirler.

Kuvaterner yaşlı oluşuklar ise akarsu yataklarındaki çakıl, kum, kil boyutunda, tutturulmamış güncel akarsu çökelleridir.

4.4. Toprak özellikleri

Çalışma alanında görülen topraklar içinde en yaygın olanı kahverengi topraklardır. Çobanlar Havzası'nda havzanın orta bölümünde, ağırlıklı olarak orta-kuzey kesiminde görülürler ve havzanın 1/3 ünü oluştururlar. Bu havzanın orta-kuzey kesiminde çoğunlukla marnlar ve şistler üzerinde, havzanın güney kesiminde ise daha çok karbonatlı kayalar üzerinde gelişmişlerdir. Kahverengi topraklar değişik anakayadan türemiş ABC horizonlu topraklardır. Bu toprakların A horizonu gözenekli bir yapıdadır ve orta derecede organik madde içerir. Gri-kahve veya kahverengili bu horizonun pH'sı nötr veya biraz alkalidir. B horizonu ise kahverenginin değişik tonlarında ve yuvarlak-köşeli blok yapıdadır. Bu horizon tedrici olarak soluk kahve-grimsi renkli karbonatlı anakayaya geçiş yapar (Köy Hizmetleri, 1994).

İkinci yaygın toprak türü ise tüm çalışma alanında görülen toprakların %29'unu oluşturan kireçsiz kahverengi topraklardır. Kireçsiz kahverengi topraklar A(B)C profilli, A horizonu kahverengi, kırmızımsı kahverengi, grimsi kahverengi, yumuşak veya sıkı; B horizonu ise daha ağır bünyeli, sert, kahverengi veya kırmızımsı kahverengi topraklardır. Yıkınmanın mevcut olduğu, üst toprağın alt toprağa göre daha asidik karakter gösterdiği kireçsiz kahverengi toprakların alt toprak kesimi daha alkaline özellik gösterir. Ancak bu topraklar asit reaksiyon gösteren anakaya üzerinde de gelişebilmektedir (Köy Hizmetleri, 1994). Havzanın 1000 m'lerden daha yüksek kesimlerinde yayılım gösterdikleri dikkati çeker. Örneğin havzanın orta kesiminde, topoğrafik olarak havzanın yüksek ve çukur alanları arasındaki geçiş kuşağında 1100-1400 m'ler arasında, havzanın güneybatısında 1800 m'lere kadar olan yükseltilerde yer alırlar.

Alüviyal topraklar çalışma alanının bir başka toprak türüdür ve geniş alanlar kaplarlar. Çobanlar Havzası'nda havzanın en çukur kesiminde havzanın %16'sını kaplarlar. Bu topraklar akarsular tarafından taşınarak depolanan çökeller üzerinde oluşan (A)C horizonlu topraklardır.

Kireçsiz kahverengi orman toprakları ise genellikle yaprağını döken orman örtüsü altında gelişmişlerdir. Çobanlar Havzası'nın kuzeydoğusundaki en yüksek kesimlerinde ve batısında küçük bir alanda (1100 m'ler üzerinde) tüf ve aglomeralardan oluşan volkanotortullar ve trakitler üzerinde meydana gelmişlerdir. Kireçsiz kahverengi orman toprakları A(B)C horizonlu topraklar olup A horizonu iyi gelişmiş olmasına karşın (B) horizonu iyi gelişmemiştir.

Çok sınırlı yayılım gösteren kolüviyal topraklar Çobanlar Havzası'nın güneybatısında Söğütölük köyü çevresinde, güneyinde ise Işıklar Köyü dolayında görülürler.

4.5. R(USLE) Yönteminin uygulanması

Erozyonla kaybolan toprak miktarının tahmininde kullanılan modellerden biri olan ve son yıllarda pekçok araştırmacı tarafından tercih edilen yöntem CBS tabanlı Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (Universal Soil Loss Equation = USLE)dir. Bu yöntem 1957'de Wischmeier ve arkadaşları tarafından tarım arazilerinde kullanılmak üzere geliştirilmiş ve yönteme daha sonra 1971'de inşaat sahaları, 1972'de de mera ve orman alanları için kullanımlar eklenmiştir. Ancak bu konudaki çalışmalara devam edilmiş (Wischmeier ve Smith, 1978) ve 1985 yılında A.B.D. Tarım Bakanlığı'nın ve erozyon ile ilgili araştırmacıların da katılımıyla gerçekleştirilen bir toplantıda USLE'nin ek araştırma sonuçlarına ve gelişen teknolojiye bağlı olarak yeniden gözden geçirilmesine (revize edilmesine) karar verilmiştir. 1987'de başlayan revizyon çalışmalarıyla bu yeni model RUSLE olarak adlandırılmıştır. RUSLE yöntemi USLE modelinin temel yapısını korumaktadır ve yıllık toprak kaybı ton/ha/yıl olarak aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır.

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

Bu eşitlikte:

A : Birim alandan gerçekleşen ortalama yıllık toprak kaybı miktarı (ton/ha/yıl)

R : Yağış-akış aşındırıcı faktörü (ton/ha/yıl)

K : Toprağın erozyona duyarlılık faktörü (ton/ha/yıl)

L : Yamaç uzunluğu faktörü (birimsiz)

S : Yamaç dikliği faktörü (birimsiz)

C : Bitkisel örtü ve ürün yönetimi faktörü (birimsiz, 0 ve 1 değerleri arasında)

P : Toprak ve su koruma önlemleri faktörü (birimsiz, 0 ve 1 değerleri arasında)

Yukarıda verilen eşitlikte R faktörü erozyon üzerine etki eden yağış (iklim) faktörünü, LS faktörü arazinin topoğrafik özelliklere bağlı olan eğim (yamaç) uzunluğu ve dikliğini (eğimi), K faktörü toprağın erozyona duyarlılığını, C bitki örtüsü ve arazi kullanımını, P faktörü ise toprak ve su koruma ile ilgili süreçleri temsil etmektedir. Bu sayede bu eşitlik hem fiziki hem de beşeri coğrafya açısından oluşacak potansiyel erozyon miktarının tahmin edilmesini sağlamaktadır. Söz konusu eşitlik ile ortaya çıkan değer, seçilen herhangi bir alanda çoğunlukla oluk (rill) ve oluklararası erozyon nedeni ile oluşacak potansiyel toprak kaybı miktarını ifade etmektedir. Ancak erozyona uğrayan toprağın taşınması ve depolanması ile ilgili süreçleri, yatak ve oyuntu erozyonunun sonuçlarını kapsamamaktadır.

R Faktörü: Su erozyonunun görüldüğü her yerde, yağışlar erozyonun başlıca nedeni ve ana faktördür. R Faktörü yağmurun veya hareket halindeki suyun erozyon oluşturabilme potansiyeli olarak kabul edilir. R Faktörü yağışın şiddeti, süresi, yağmur damlasının çapı, kütlesi ve damlaların düşme hızının bir fonksiyonudur (Renard ve diğ., 1997). RUSLE Yönteminde yağışın erozyon oluşturabilmesi (R değerleri) E130 formülü yardımıyla hesaplanır (Wischmeier ve Smith, 1978).

RUSLE Yönteminin uygulanmasında R faktörünün elde edilebilmesi için ayrıntılı yağış verilerine gereksinim vardır. Bunlar yağış miktarı, yağış yoğunluğu, yağmurlu gün sayısı ve yağış süresi gibi verilerdir. Fakat ülkemizde her meteoroloji istasyonunda bu verilerin ölçümleri yapılmamaktadır. Ülkemizin belirli istasyonlarına ait R değerleri Doğan (1987, 2002) tarafından hesaplanmış olup bu çalışmada Kaya (2008) tarafından yapılan güncelleştirme esas alınmıştır. Söz konusu R faktörü değeri, esas alınan meteoroloji istasyonundaki noktasal bir değer olduğundan tüm topoğrafya yüzeyine yayılması gerekir. Bunun içinse Toy ve Foster (1998) tarafından önerilen aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$R_y = R_b * (P_y)^{1.75} / (P_b)$$

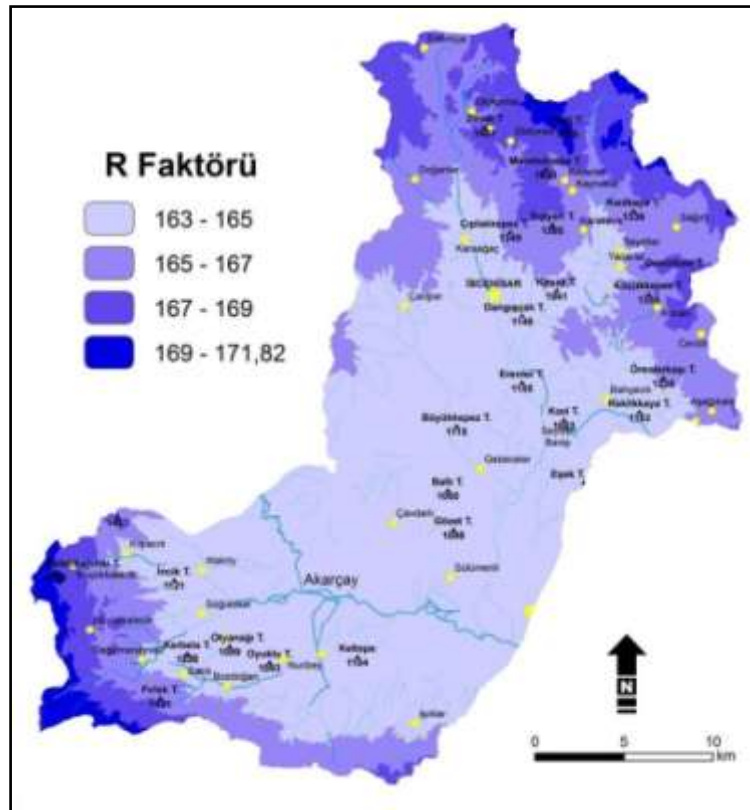
Burada

R_y : Değeri bilinmeyen nokta için hesaplanan R değeri

R_b : Değeri bilinen referans istasyonun R değeri

P_y : Değeri bilinmeyen noktanın ortalama yıllık yağış miktarı (mm)

P_b : Değeri bilinen referans istasyonun ortalama yıllık yağış miktarı (mm) olup sonuçta R faktörü haritası üretilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Çobanlar Havzası'nın R faktörü haritası.

K Faktörü: Toprağın erozyona karşı duyarlılığı (erodibilite) toprakların tamamen kendi bünyelerindeki çeşitli özelliklerden kaynaklanan ve erosif (aşındırıcı) kuvvetlere karşı direncini ve erozyona uğrama eğilimini gösterir. Toprakların erodibilitesi büyük ölçüde toprağın içyapısını oluşturan fiziksel ve kimyasal özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Bu itibarla K faktörü toprakların aşınım özellikleri, tekstürü, strüktürü, hidrolik geçirgenliği ve organik madde özellikleridir.

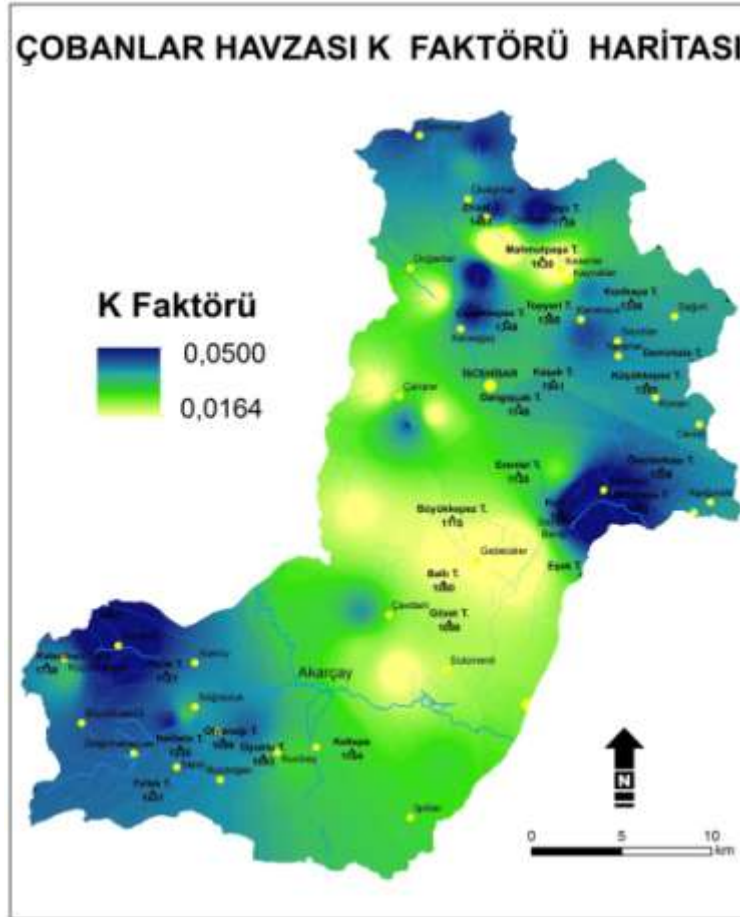
K faktörünü hesaplayabilmek için toprak örneği gerekmektedir. Bunun için toprak örnekleri, konumları arazide GPS ile belirlenen, 0-50 cm derinlikten, lokasyonun jeolojisi, jeomorfolojisi, toprak ve arazi kullanım özelliklerini yansıtacak şekilde derlenmiştir. Alınan 30 örnek Erciyes Üniversitesi Toprak Analiz Laboratuvarı'nda analiz edilmiş; laboratuvar sonuçları daha sonra Torri ve diğ. (1997, 1998, 2002)'nin aşağıda verilen formülü yardımıyla K değerlerine çevrilmiştir.

$$K = 0.0293(0.65 - D_G + 0.24D_G^2) \times \exp \left\{ -0.0021 \frac{OM}{f_{clay}} - 0.00037 \left(\frac{OM}{f_{clay}} \right)^2 - 4.02C + 1.72f_{clay}^2 \right\}$$

Denklemdaki DG faktörü ise aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır.

$$D_G = -3.5f_{sand} - 2.0f_{silt} - 0.5f_{clay}$$

Bunu takiben, örneklerin K değerine çevrilen OM değerlerinin (kum, silt, kil fraksiyonlarının) CBS ortamına taşınması Kriging interpolasyonu ile gerçekleştirilmiş ve nokta değerleri olan K değerleri Çobanlar Havzasının 25'er metrelik grid-referans yüzeyine yayılarak K faktörü haritası elde edilmiştir (Şekil 4).

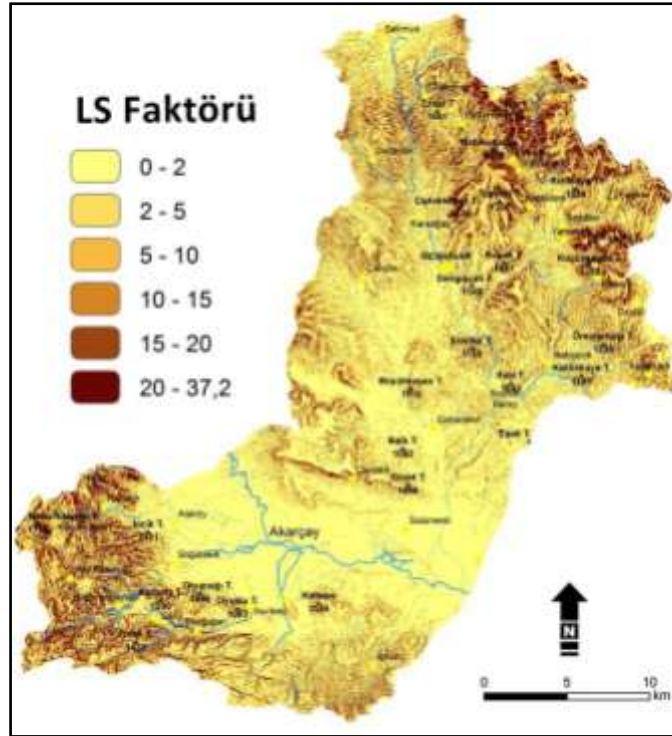


Şekil 4. Çobanlar Havzası K faktörü haritası.

LS Faktörü: RUSLE Yönteminde L ve S erozyonun morfoloji üzerindeki etkisini yansıtır ve L yamaç uzunluğu, S ise yamaç dikliğini (eğimi) ifade eder. Yamaç dikliği arttıkça erozyon da artmaktadır. Bu nedenle yamaç uzunluğunu simgeleyen L yüzeysel akışın olduğu noktadan itibaren eğimin azaldığı ve birikmenin başladığı veya yüzeysel akışın bir kanala (bu, drenaj şebekesinin bir parçası da olabilir) ya da çevirme terası kanalı olarak inşa edilmiş bir kanala kadar olan yatay mesafe olarak tanımlanır (Wischmeier ve Smith, 1978).

LS faktörünü doğrudan araziden hesaplamak çok zordur. Bu nedenle sayısal topografya haritaları CBS ortamında birleştirilerek 10 m kontur aralıkları olan sayısal yükselti modeli (SYM) çıkartılmıştır. Bunu takiben SYM'den önce eğim haritası, daha sonra akış yönü katmanı (flow accumulation) elde edilmiştir. Aynı akış yönüne sahip yerlerden ise akış toplamı çıkartılmıştır (Akış toplamı, toprak erozyonunu hesaplamada eğim uzunluğuna, L'ye karşılık gelir). Moore ve Burch (1986a, b)'un önerdikleri, aşağıda verilen denklemde akış toplamı ve eğim yerlerine konmuş ve raster calculator'de işlem yapılmıştır. Hücre (Cell) büyüklüğü ise 0 olarak alınmıştır; bunun nedeni diğer bütün katmanların çözünürlüğünün 10 m olmasıdır. Sonuçta sahaya ait LS faktörü aşağıdaki formülle elde edilmiş ve Şekil 5'deki LS faktörü haritası ortaya çıkarılmıştır.

$$LS = (\text{Akış Toplamı} * \text{Hücre Büyüklüğü} / 22.13)^{0.4} * (\sin \text{Eğim} / 0.0896)^{1.3}$$



Şekil 5. Çobanlar Havzası LS faktörü haritası.

C Faktörü: Bu faktör erozyon üzerinde etkili olan bitki örtüsü ve arazi kullanımını ifade eder. Çobanlar Havzası'nda C değerini elde etmek için 16.05.2007 tarihli Landsat TM uydu görüntüsü kullanılmıştır. Havzanın C değeri için önce görüntü işleme öncesi düzeltmeler yapılmış, bunu takiben görüntü zenginleştirme ve görüntü sınıflama işlemleri yapılarak arazi kullanım ve bitki örtüsü haritası elde edilmiştir. Son aşamada her bir arazi kullanımı ve bitki örtüsü sınıfı için tavsiye edilen sayısal değerler kullanılarak C faktörüne dönüşüm yapılmıştır.

Çobanlar Havzası'nda mevsimsel değişmelerin dikkate alınmadığı C değerleri 0,001 ile 0,280 aralığında değişmektedir ve çayır-mera alanları, ekili-dikili alanlar, orman alanları ve su yüzeyleri olarak dört sınıfta gruplandırılabilir (Şekil 6). Bu çalışmada C faktörü haritası Türkiye'nin çeşitli yerleri için hazırlanan arazi kullanım haritalarından geliştirilmiştir (Fıstıkoğlu ve Harmancıoğlu, 2002; Erdoğan ve diğ., 2007; İrvem ve diğ., 2007; Bayramın ve diğ., 2008; Özcan ve diğ., 2008).



Şekil 6. Çobanlar Havzası C faktörü haritası.

P Faktörü: Bu faktör özel bir destek uygulaması ile eğim doğrultusundaki toprak kaybının toprak işleme ile oluşan toprak kaybına oranı olan toprak ve su koruma faktörüdür. İlke olarak bu uygulamalar yüzeysel akışın akış şeklini, derecesini veya yönünü değiştirerek veya yüzeysel akışın miktarını ve hızını azaltarak erozyonu etkiler (Renard ve Foster, 1983). Ekili araziler için düşünülen destek uygulamaları içinde kontur-sürüm (izohipsler doğrultusunda veya dik sürüm ve dikim), şeritsel ekim, teraslama ve yüzeyaltı drenajı yer alır. Bu uygulamalar kuru alanlar veya meralarda topografik konturlara (izohipslere) dik yapılan toprak bozma uygulamaları sonucunda toprakta nemi depolaması ve yüzeysel akışı azaltması nedeniyle koruma önlemleri olarak kullanılır (Çanga, 1985; Foster ve diğ., 1996).

Sıfır toprak işleme ve diğer toprak işleme sistemleri, çim temelli ürün rotasyonu, gübreleme ve malç uygulamaları gibi geliştirilmiş toprak koruma uygulamaları P faktöründe hesaba katılmaz. Bu tip erozyon kontrol uygulamaları C faktöründe değerlendirilir (Foster ve

diğ., 1996). Arazide toprak koruma önlemleri alınmıyorsa $P = 1,0$ alınır (Wischmeier ve Smith, 1978; Çanga, 1985).

Türkiye genelinde olduğu gibi çalışma alanında da toprak korumaya yönelik uygulamalar ya kısıtlı düzeydedir ya da hiç bulunmamaktadır. Bu durum arazi gözlemleri ile de desteklenmiştir. RUSLE modelinde P faktörü eğer toprak korumaya yönelik herhangi bir uygulama yoksa 1,0 alınmaktadır (Wischmeier ve Smith, 1978). Bu çalışmada da $P = 1,0$ alınmıştır.

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada RUSLE Yönteminin R değerinin hesaplanmasında Doğan (2002)'in Afyonkarahisar için hesapladığı 35 değeri dikkate alınmakla beraber bunun güncellemesi olan Kaya (2008) kullanılmış ve Çobanlar Havzası için 4 sınıfta ve 163 ile 171,82 arasında değişen değerler bulunmuştur (Tablo 1). Bu tablodan anlaşılan, çalışma alanının yarısından fazlası (%61) 163-165 arasında R değerine sahiptir (48.944 ha), 169-171,82 arasında R değerine sahip alanlar ise sadece %3'dür (2224 ha) ve çalışma alanının en az kesimini kaplamaktadır. Diğer R faktörü sınıfları olan 165-167 arasında R değerine sahip alanlar %24 (19.239 ha), 167-169 arasında R değerine sahip alanlar %12 (9715 ha) olarak saptanmıştır.

Tablo 1. Çobanlar Havzası R Faktörü değerleri.

R SINIFI	ALAN	
	Ha	%
163-165	48944	61
165-167	19239	24
167-169	9715	12
169-171,82	2224	3
GENEL TOPLAM	80123	100

Tablo 1'de görülen değerler R Faktörü dağılım haritası (Şekil 3) ile beraberce incelendiğinde, genel olarak kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda, havzanın kenarlarına doğru gidildikçe R değerinin yükseltiye bağlı olarak arttığı görülmektedir. En yüksek R değerlerine havzanın kuzey-kuzeydoğusundaki Olukpınar köyü doğusundaki Taşlıtepe dolayında ve doğusunda, güneybatıda ise Küçükalecik ve Büyükalecik köyleri batısındaki yüksek alanda rastlanır. Düşük R değerleri ise havzayı kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda kateden Akarçay'ın iki tarafındaki kesimde, yükseltisi 1200-1250 metreye kadar olan alanda görülür.

Buradan R faktörünün coğrafi dağılımında en büyük faktörün yükselti olduğu açıkça görülmektedir. Yağış değerleri yükseltiye bağlı olarak arttığı için toplam yağışla elde edilen R değerinin dağılımı ile yükselti arasındaki ilişki de beklenen bir sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çobanlar Havzası'nda K değerini elde etmek içinse, daha önce yöntem kısmında belirtildiği gibi çalışma alanından derlenen toprak örneklerinin laboratuvarında analizleri yapılmış ve Torri ve diğ. (1997, 2002)'nin denklemi kullanılmıştır. Elde edilen noktasal K değerlerinin çalışma alanının yüzeyine yayılması için jeostatistiksel yöntemler olarak enterpolasyon (interpolation) yöntemleri kullanılmış ve sahanın K faktörü haritası katmanı (layer) elde edilmiştir. Sözkonusu katman, toprakların erozyona uğrama dereceleri gözönüne alınarak oluşturulan K faktör sınıflarına göre yeniden sınıflandırılarak K faktör sınıflarının alansal ve oransal dağılımları hesaplanmıştır. Bu bağlamda Çobanlar Havzası'nda elde edilen K değeri oransal ve alansal sonuçları aşağıda verilmiştir (Tablo 2 ve Şekil 4).

Tablo 2. Çobanlar Havzası K Faktörü değerleri.

K SINIFI	METRİK SİSTEMDE SINIF	TANIM	ALAN	
			Ha	%
$0 < K \leq 0.05$	< 0,0066	Çok az aşınabilir	---	---
$0.05 < K \leq 0.1$	0,0132	Az aşınabilir	---	---
$0.1 < K \leq 0.2$	0,0264	Orta derecede aşınabilir	80123	100
$0.2 < K \leq 0.4$	0,0527	Kuvvetli derecede aşınabilir	---	---
$0.4 < K \leq 0.6$	0,0791	Çok kuvvetli derecede aşınabilir	---	---
GENEL TOPLAM			80123	100

Çalışma alanının tamamında K faktörü, sadece orta derecede aşınabilir (3. Sınıf) olarak saptanmıştır. Erozyona uğrama açısından havzada çok az aşınabilir (1. Sınıf), az aşınabilir (2. Sınıf), kuvvetli derecede aşınabilir (4. Sınıf) ve çok kuvvetli aşınabilir (5. Sınıf) topraklar hiç bulunmamaktadır. Bu bulgular Doğan ve diğ. (2000)'nin "Türkiye Büyük Toprak Gruplarının Erozyona Duyarlılık K Faktörleri" adlı çalışmasında yer alan, Afyonkarahisar İli (K) faktörleri değerleri ile uyum göstermektedir.

Çobanlar Havzası'nda K Faktörü orta derecede aşınabilir (3. Sınıf) olmasında en büyük etkenin litoloji (anakaya) ve buna bağlı olarak oluşan topraklar olduğu söylenebilir. Havzadaki topraklar türedikleri kayaç türleri olarak üç tür kayadan meydana gelmektedir. Havzanın 1/3'ü volkanik kökenli kayaçlardan (tüf, tüf-aglomera, andezit, bazalt), 1/3'e yakını metamorfik kayaçlardan (mermer, metakonglomera ve şist) ve geri kalanı da bu kayaçlardan türemiş alüvyial topraklardan oluşmaktadır. Havzanın genel özelliklerini tanımak için yapılan arazi çalışmaları sırasında yapılan gözlemler ve alınan toprak örnekleri de bu durumu desteklemektedir.

K Faktörü dağılım haritası (Şekil 4) incelendiğinde havza toprakları 3. sınıfa girmesine rağmen toprakların bu sınıf içindeki dağılımında havza geneli itibariyle farklılıklar göze çarpmaktadır. Yüksek K değerlerine havzanın kuzeyinde yer alan Selimiye, Olukpınar ve Bahçecik köyleri, güney kesimde Kışlacık ve Büyükkalecik köyleri civarında rastlanmaktadır. Buna karşılık düşük K değerleri havzanın orta kesimindeki Sülümenli batısı, Gebeciler dolay ile daha kuzeyde Öldümler-Kayruklar arasında, Doğanlar güneydoğusunda, Çalışlar dolayında üç yörede görülmektedir.

Çobanlar Havzası'nda LS değerini elde etmek için önce havzaya ilişkin sayısal arazi modelinden eğim haritası (S) oluşturulmuş; daha sonra sırasıyla yüzey hazırlama, akış yönü belirleme, akış toplamı hesaplama (L) işlemleri yapılmıştır. Moore ve Burch (1986)'un önerdikleri denklemde elde edilmiş olan eğim (S) ve yamaç/eğim uzunluğu (L) yerine konularak sahaya ait LS Faktörü katmanı elde edilmiştir. Bu bağlamda Çobanlar Havzası'nda elde edilen LS değerlerinin oranları ve alansal sonuçları aşağıda verilmiştir (Tablo 3 ve Şekil 5).

Tablo 3. Çobanlar Havzası LS Faktörü değerleri.

LS SINIFI	ALAN	
	Ha	%
0-2	43860	55
2-5	12481	15
5-10	10106	13
10-15	5374	7
15-20	3280	4
20-37,2	5022	6
GENEL TOPLAM	80123	100

Çobanlar Havzası'nda LS değerleri 6 sınıfta ve 0-37,2 arasında değişmektedir. Tablo 3'den anlaşılacağı üzere 0-2 arasında LS değerine sahip alanlar çalışma alanında yarıdan biraz fazla bir alan kaplamaktadır (43.860 ha ve %55). 2-5 arasındaki LS değerli alanlar %15 (12.481 ha), 5-10 arasında LS değerine sahip alanlar %13 (10.106 ha) ve 10-15 arasında LS değerine sahip alanlar %7'lik (5374 ha) sahaya yayılmışlardır. 15-20 arasında LS değerine sahip alanlar havzada %4'lük (3280 ha) bir değer göstermekle beraber 20-37,2 arasında LS değerine sahip alanlar ise %6'lık (5022 ha) bir yayılım göstermektedir.

LS Faktörü dağılım haritası (Şekil 5) ise, genel olarak havzanın orta kesiminde düşük LS değerleri, havzanın kenarlarına yani güneybatıya ve kuzeydoğuya doğru gidildikçe, yükseltiye bağlı olarak LS değerlerinin de yükseldiğini göstermektedir. Ancak orta kesimden kenarlara gidildikçe LS değerleri artmaktadır. Çobanlar Havzası'nda 1000 metreye kadar olan yükseltilerde LS değeri düşüktür (0-2); bu alanlar sahanın yarısından fazlasını (%55) kaplamaktadır.

Akarçay'ın içinde aktığı ova kesiminde LS değerleri 0-2 arasındadır ve %55'lik değer havzanın düz/düze yakın alanlarının çok yer kapladığı şeklinde yorumlanabilir. Buralarda eğimler çok düşük değerlerdedir, yarıma hemen hemen yoktur. Ancak havzanın kuzey-orta kesiminde de görülen yayvan topoğrafya nedeniyle oldukça düşük eğimlere paralel olarak yarıma değerleri de düşüktür. Bu bağlamda düşük eğimler ve küçük yarıma değerleri vadilerin yayvan veya açık V profilinde oldukları şeklinde de yorumlanabilir. Bu yüzden 2-5 LS değeri gösteren alanlar da aynı şekilde değerlendirilebilir. Böylece 0-2 ve 2-5 LS değerleri olan alanların toplam %70 gibi bir yayılıma sahip olduğu belirtilebilir. Yükseklerle doğru çıkıldıkça LS değerlerinin artması havzaya katılan akarsuların derine kazmasına ilişkindir. Yüksek kesimlerdeki LS değerinin düşük olduğu yerler, derin yarılmış vadiler arasında kalan tepelik alanların üst kısmındaki sırtlara karşılık gelen düzlüklerdir.

Arazi kullanımı ve bitki örtüsü (C faktörü) haritası (Şekil 6), RUSLE yöntemindeki her bir arazi kullanımı ve bitki örtüsü sınıfı için tavsiye edilen sayısal değerler kullanılarak C faktörüne dönüştürülmüştür. Buna göre, çayır mera alanları için C faktörü 0,090, ekili tarım arazileri için 0,280, orman alanları için 0,010 ve su yüzeyleri için 0,001 değerleri kullanılmıştır.

Çobanlar Havzası'nda C değerini elde etmek için daha önce yöntem başlığı altında anlatıldığı gibi 16.05.2007 tarihli Landsat TM uydu görüntüsü kullanılmıştır. Havzanın C değeri için görüntü işleme öncesi düzeltmeler yapılmış, bunu takiben görüntü zenginleştirme ve görüntü sınıflama işlemleri ile arazi kullanım ve bitki örtüsü haritası elde edilmiştir. Son aşamada her tür arazi kullanımı ve bitki örtüsü sınıfı için tavsiye edilen sayısal değerler kullanılarak C faktörüne dönüşüm yapılmıştır. Çobanlar Havzası'nda elde edilen C değerlerine ilişkin oranlar ve alansal sonuçlar ise aşağıdadır (Tablo 4 ve Şekil 6).

Tablo 4. Çobanlar Havzası güncel arazi sınıfları ve C Faktörü değerleri.

GÜNCEL ARAZİ KULLANIMI, BİTKİ ÖRTÜSÜ ve C FAKTÖRÜ	ALAN		
	Ha	%	C FAKTÖRÜ
Çayır Mera	37167	46	0,090
Ekili Tarım Arazileri	32033	40	0,280
Orman	10410	13	0,010
Su Yüzeyleri	513	1	0,001
GENEL TOPLAM	80123	100	---

Çobanlar Havzası'nda C değerleri dört sınıfta gruplandırılabilir ve C faktörü 0,001 ile 0,280 aralığında değişmektedir. Bu gruplar içinde çayır-mera alanları %46'lık bir oranla en geniş alanı kaplamaktadır. Ekili tarım arazileri %40, orman alanı %13, su yüzeyleri ise %1'lik alan kaplamaktadır. Çobanlar Havzası'nda çıplak alan ise bulunmamaktadır.

Çayır-mera sahalarına çalışma alanının her yerinde rastlanırken arazi gözlemleri sırasında bu tür alanların havzanın özellikle yüksek kenar kesimlerinde ve eğimli yamaçlarda yer aldıkları dikkati çekmektedir. Bu alanlar çeşitli nedenlerden dolayı tarıma açılmayan yerler olup daha çok hayvancılık faaliyetleri için otlak alanları olarak kullanılmaktadır. Arazi kullanımı bakımından ikinci sırada çayır mera alanlarını küçük bir farkla ekili tarım alanları takip eder. Bu alanlar Çobanlar Havzası'nda Akarçay'ın aktığı ova ve bu ovanın çevresinde yer alan, eğim ve yükselti değerleri az olan hafif dalgalı yüzeylerdir. Çobanlar Havzası'nda ekili-dikili alanların tüm havzanın yarıya yakın bir kısmını kaplaması eğim koşullarının ekim-dikime uygun olması, sulama sorunlarının olmaması ve iklimin uygun koşullar göstermesinden kaynaklanmaktadır. Havzada ormanların kapladığı alanlar fazla değildir. Ormanlar sadece havzanın yüksek yerlerini, eğimin yüksek olduğu ve ekim-dikim faaliyetlerinin gerçekleştirilemediği alanları kapsar. En az alan kaplayan arazi sınıfı su yüzeyleri olup havzada sulama amacıyla yapılmış göletlere karşılık gelir. Bu bağlamda Seyitler baraj gölünden söz edilebilir. Havzada boş alan bulunmamaktadır.

Toprak koruma önlemleri faktörü (P) toprak yönetim aktivitelerini temsil etmektedir. Toprağın eğim yönünde veya eğime dik yönde ya da dönüşümlü işlenmesine bağlı olarak erozyon süreçleri hızlanabilir veya yavaşlayabilir. P Faktörünün büyük havzalardaki alansal dağılımının belirlenmesine yönelik bir yaklaşım bulunmamakla beraber Wischmeier ve Smith (1978) eğim derecesine bağlı olarak toprağın en yaygın işleme yöntemlerini sınıflandırmışlardır.

Arazi çalışmaları sırasında Çobanlar Havzası sınırları içinde tarım yapılan alanlarda herhangi bir toprak koruma önlemi ve tekniği saptanamamıştır. Bu nedenle ilgili erozyon modelinde toprak koruma önlemleri faktörü değeri 1,0 olarak değerlendirilmiştir. Bu 1,0 değeri RUSLE modelinde, çalışılan alanda herhangi bir toprak koruma önlemi uygulamasının bulunmaması durumunda alınması gereken P faktörü değeridir (Wischmeier ve Smith, 1978).

Yağışın erozyon oluşturma faktörü (R), toprağın erozyona duyarlılık faktörü (K), yamaç uzunluğu ve eğimi faktörü (LS), bitki örtüsü faktörü (C) ve toprak koruma önlemleri

Potansiyel erozyon risk sınıfları dağılım haritasına (Şekil 7) bakıldığında bir genelleme yapılmak istenirse düz ve düze yakın olan ova kesimleri ve bunların civarındaki yerlerde potansiyel erozyon riski düşüktür. Buna karşılık havzanın eğim ve yükselti değerlerinin yüksek olduğu kuzeydoğu ve güneybatıdaki yüksek kesimlerinde, havzanın önemli akarsuları olan Akarçay ve buna güney sektörden katılan derelerin, kuzey-kuzeybatıdan gelerek Seyitler Barajı'na kavuşan Seyitler (İscehisar) Deresi ile aynı baraja doğudan gelen akarsuların yatakları boyunca da potansiyel erozyon riski yüksektir.

Bu çalışmanın sonuçları Akarçay kapalı havzasının diğer alt-havzaları/bölümleri ile ülkemizin başka yerlerinde potansiyel toprak kaybı (risk) için yapılan çalışmalarla da karşılaştırılabilir. Çalışma alanına ilişkin potansiyel toprak riski değerleri Akarçay Havzası'nın diğer alt-havzaları / bölümleri olan İhsaniye yöresi için 0-24 ton/ha/yıl (Yıldırım ve Erkal, 2009; Baskıda), Şuhut için 0-25 ton/ha/yıl (Yıldırım ve Erkal, 2008, 2011) Sincanlı içinse 0-14 ton/ha/yıl (Erkal ve Yıldırım, 2012) değerleri saptanmıştır. Potansiyel toprak riski değerleri Çobanlar Havzası için 0-195 ton/ha/yıl (Erkal ve diğ., 2012), Bolvadin/Değirmendere Havzası için 0-75 ton/ha/yıl (Yıldırım, 2011) ve Çay Havzası için bulunan 0-83 ton/ha/yıl (Erkal ve diğ., 2012) olarak bulunmuştur. Potansiyel toprak kaybına ilişkin sonuçlar Türkiye'nin başka yerlerine ilişkin çalışmalarda, örneğin Çankırı İli Ilgaz Dağı yakınlarındaki İndağı Geçidi olarak bilinen bölge için 0-15 ton/ha/yıl (Başaran, 2005), Sakarya Nehri Havzası'nda bulunan Küçükemal Havzası için 0-5 ton/ha/yıl ve Güvenç Havzası için 0-15 ton/ha/yıl (Karakaş, 2005), Çamlıdere Baraj Havzası için 0-30 ton/ha/yıl (Yılmaz, 2006), Seyhan Nehri Havzası için 0-200 ton/ha/yıl (İrvem ve diğ. 2007) ve Bursa-Mustafakemalpaşa Havzası için 0-20 ton/ha/yıl (Özsoy, 2007) olarak bulunmuştur. Burada verilen rakamlardaki farklılıklar çeşitli havzalardaki farklı yağış değerleri ve eski çalışmalarda R faktörüne ilişkin değerlerin (R)USLE formülüne uygulanmasında Doğan (1987, 2002)'nin esas alınması ile ilgilidir.

Çobanlar Havzası'nda beşeri ve ekonomik faaliyetlerle erozyon arasında da oldukça sıkı denilebilecek bir ilişki bulunmaktadır. Örneğin havzada yerleşmeler genelde 900-1300 metreler arası yükselti kuşağında yer alırken en fazla yerleşme 1000-1100 metreler arasında, en az yerleşme ise 900-1000 metreler arasındadır (Taş ve Yakar, 2009). Havzada yerleşmeler dağ ve yamaç denilebilecek bir morfoloji üzerinde gelişmiştir. Şehir türü yerleşmeler ovada, havzanın en alçak kesiminde, kır yerleşmeleri ise geri kalan alanda bulunmaktadır. Öte yandan erozyon şiddetinin arttığı yerlerde azalan toprak verimsizliği nedeniyle yerleşmeler seyrekleşmekte; ancak sadece yerleşmeler değil nüfus da erozyon şiddetinin azaldığı yerlerde yoğunlaşmaktadır.

Çalışma alanının güney kesimi eğim ve yükseltinin fazla olmaması nedeniyle tarımsal potansiyelin arttığı yerleri içermektedir. Eğim ve yükseltinin arttığı yerlerde, havzanın kuzey ve kuzeydoğusunda baskın ekonomik aktivite hayvancılıktır.

Çobanlar Havzası arazi kullanımı açısından da çeşitlilikler göstermektedir. Çünkü havza eğim ve engebe açısından farklılıklar içerir. Örneğin su kaynaklarının elverişli olduğu yerlerde sulu tarım yapılmakta, bu aktivite özellikle dağlık-yüksek alan kenarlarındaki alüvyon yelpazeleri üzerinde dikili tarımın gelişmesine neden olmaktadır. Fakat havzanın kuzey ve güney kesimleri fundalık ve seyrek ormanların geliştiği alanlardır. Havzada kabaca 1200 metre üzerinde ormana rastlanır. Buralarda erozyon riski düşük olup kuzey kesimde yer alan Paşa Dağı dolayında orman yerine hayvancılık faaliyetlerinin yoğunlaştığı otlak alanları vardır. Bu,

orman alanlarının tahrip edilerek otlak veya tarım alanlarına dönüştürülmesi sonucu doğal ortamın bozulmasına ve erozyonun şiddetinin artmasına neden olmaktadır.

6. SONUÇ

Bu çalışma erozyon riskini belirleme konusunda Çobanlar Havzası'nda yapılan ilk çalışmadır. Aynı zamanda bir model olan RUSLE Yöntemi'nin Çobanlar Havzası'nda uygulanması da ilk kez gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda Çobanlar Havzası'nda potansiyel erozyon riski 5 sınıfta ve 0-195 ton/ha/yıl olarak saptanmış olup alansal olarak havzanın %60'ında çok hafif, %16'sinde hafif, %11'inde orta, %5'inde şiddetli, %8'inde ise çok şiddetli erozyonun etkin olduğu anlaşılmıştır. Erozyona duyarlılık yani K faktörü açısından Çobanlar Havzası'nın karşılaştırılması gerek kendi içinde ve gerekse bu yöntemle çalışılan havzalar ile yapıldığında havzada sadece orta derecede aşınabilirlik özelliği ortaya çıkmaktadır. Çobanlar Havzası'nda ortaya çıkan orta derecede aşınabilirlik anakaya (litoloji) ile ilgili olup bunun nedeni havza litolojisinin önemli bir bölümünün tuf, tuf-aglomera gibi volkanik kökenli; mermer, metakonglomera gibi metamorfik ve benzeri kolay aşınabilir kayalardan oluşan topraklardan kaynaklanmaktadır. Çobanlar Havzası'nın kuzey kesimi, gerek yerleşme gerekse nüfus yoğunluğunun azaldığı, buna karşın erozyonun şiddetlendiği bir kesimdir. Araştırma alanının beşeri ve ekonomik yapısı ile erozyon arasında da bir ilişki kurmak mümkündür. Bu ilişki tek yönlü değil çift yönlüdür. Bir başka deyişle beşeri ve ekonomik faaliyetler hem erozyonu etkilemekte hem de erozyondan etkilenmektedir. Böylece araştırma alanında erozyonu azaltmaya yönelik alınacak önlemler, beşeri faaliyetlerin de çeşitlenmesine katkı sağlayacaktır. Öte yandan bu çalışma RUSLE Yönteminin tüm Akdeniz çevresi ülkelerinin havzalarına uygulanabilen, dolayısıyla yaygın bir erozyon risk saptama yöntemi özelliği taşıdığını bir kez daha göstermektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi BAP Koordinatörlüğüne desteklenen 09.FENED.14 No.lu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKÇA

- BAHTİYAR, M. (2003). Toprak Erozyonu, Oluşum ve Nedenleri, Erozyonla Mücadele. (TEMA Eğitim Seminer Notları), TEMA Vakfı Yayınları No.26, 33-51.
- BAŞARAN, M. (2005). Arazi Kullanımındaki Değişmelerin Toprak Erozyonu Üzerine Etkisi: Çankırı İli İndağı Bölgesi Örnek Çalışması. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- BAYRAMİN, İ., BAŞARAN, M., ERPUL, G. and ÇANGA, R.M. (2008). Assessing the Effect of Land Use Changes on Soil Sensitivity to Erosion in a Highland Ecosystem of Semi-Arid Turkey. Environmental Monitoring Assessment 140, 249-265.
- ÇANGA, R.M. (1985). Toprak ve Su Koruma. Ank. Üniv. Ziraat Fak. Yay. No.1386, Ders Kitabı No.400, Ankara.
- DOĞAN, O. (1987). Türkiye Yağışlarının Erosiv Potansiyelleri. Köy Hizmetleri Gen. Md. Yay., Ankara, 78s.
- DOĞAN, O. (2002). Türkiye Yağışlarının Erozyon Oluşturma Gücü ve Ünlversal Toprak Kaybı Eşitliğinin Yağış Erozyon İndeks Değerleri. Köy Hizmetleri Gen. Md. Ankara Araş. Enst. Md. Yay. Genel Yay. No.220, Rapor Yay. No.R-120, Ankara, 211s.

- ERDOĞAN, E.H, ERPUL, G. and BAYRAMİN, İ. (2007). Use of USLE/GIS methodology for predicting soil loss in a semiarid agricultural watershed. *Environmental Monitoring and Assessment* 13, 153-161.
- ERKAL, T. ve YILDIRIM, Ü. (2010). (R)USLE Yöntemiyle Akarçay Havzası'nda yapılan toprak erozyonu çalışmaları. Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu-2010 (Prof. Dr. Oğuz Erol Anısına) 11-13 Ekim 2010, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, s.38.
- ERKAL, T. and YILDIRIM, Ü. (2012). Soil Erosion Risk Assessment in the Sincanlı Sub-Watershed of the Akarçay Basin (Afyonkarahisar, Turkey) Using the Universal Soil Loss Equation (USLE). *Ekoloji* 21(84), 18-29.
- ERKAL, T., YILDIRIM, Ü. ve TAŞ, B. (2012). RUSLE Yöntemi ile Akarçay Havzası Orta Kesiminin Erozyon Risk Tahmini ve Erozyonun Beşeri Faaliyetlere Etkileri. Afyon Kocatepe Üniv. BAP 09.FENED.14 No.lu Proje Sonuç Raporu, Afyonkarahisar (Yayımlanmamıştır).
- FISTIKOĞLU, O. and HARMANCIOĞLU, N.B. (2002). Integration of GIS and USLE in assessment of soil erosion. *Water Resources Management* 16, 447-467.
- FOSTER, G.R., RENARD, K.G., YODER, D.C., MCCOOL, D.K. and WEESIES, G.A. (1996). USLE User's Guide. Soil and Water Cons. Soc., 69p.
- İRVEM, A., TOPALOĞLU, F. and UYGUR, V. (2007). Estimating spatial distribution of soil loss over Seyhan River Basin in Turkey. *Journal of Hydrology* 336, 30-37.
- KARAKAŞ, E. (2005). Küçükemalı ve Güvenç Havzalarının Su ve Sediment Verimlerine Göre Sürdürülebilir Yönetimi. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- KAYA, P. (2008). Türkiye'de Uzun Dönem Yağış Verileri Kullanılarak Ulusal Ölçekte USLE-R Faktörünün Belirlenmesi. Yayımlanmamış Yük. Lis Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- KÖY HİZMETLERİ (1994). Afyon İli Arazi Varlığı. Köy Hizmetleri Gn. Md. Yay. İl Rap. No.03, Ankara.
- METİN, S., GENÇ, Ş. ve BULUT, V. (1987). Afyon ve dolayının jeolojisi. MTA Rap. No.8103, Ankara (Yayımlanmamıştır).
- MOORE, I. and BURCH, G. (1986a). Physical basis of the length-slope factor in the universal soil loss equation. *Journal of Soil Science Society of America* 50, 1294-1298.
- MOORE, I. and BURCH, G. (1986b). Modelling erosion and deposition: topographic effects. *Transactions of ASABE* 29(6), 1624-1630.
- MORGAN, R.P.C. (1995). Soil Erosion and Conservation. Longman Group, Essex, UK.
- ÖZCAN, A.U., ERPUL, G., BAŞARAN, M. and ERDOĞAN, H.E. (2008). Use of USLE/GIS technology integrated with geostatistics to assess soil erosion risk in different land uses of İndağı Mountain Pass-Çankırı, Turkey. *Environmental Geology* 53, 1731-1741.
- RENARD, K.G., FOSTER, G.R., WEESIES, G.A., MCCOOL, D.K. and YODER, D.C. (1997). Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). USDA-ARS, Agriculture Handbook, Washington, 703.
- TAYSUN, A. ve DAĞDEVİREN, İ. (1991). GAP Bölgesi Eğimli Tarım Arazilerinin Laboratuvar Şartlarında Toprak Özellikleri ile Erozyon İlişkileri. Köy Hizmetleri Gen. Md. Yay. No.63, Şanlıurfa, 65s.

- TAŞ, B. ve YAKAR, M. (2009). Afyonkarahisar İlinde Yerleşmelerin Yükselti Basamaklarına Göre Dağılışı. *Coğrafi Bilimler Dergisi* 7(2), 145-161.
- TORRI, D., POESEN, J. and BORSELLI, L. (1997). Predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global dataset. *Catena* 31, 1-22.
- TORRI, D., POESEN, J. and BORSELLI, L. (1998). Erratum to predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global dataset. *Catena* 32, 307-308.
- TORRI, D., POESEN, J. and BORSELLI, L. (2002). Corrigendum to “Predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global dataset” [*Catena* 31 (1997) 1-22] and to “Erratum to predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global dataset” [*Catena* 32 (1998) 307-308]. *Catena* 46, 309-310.
- TOY, T.J. and FOSTER, G.R. (1998). Guidelines for the revised universal soil loss equation (RUSLE) version 1.06 on mined lands, construction sites and reclaimed lands. The Office of Technology Transfer, Broadway.
- WISCHMEIER, W.H. and SMITH, D.D. (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses: a Guide to Conservation Planning. US Dept. of Agriculture, Washington.
- YILDIRIM, Ü. (2011). Assessment of Soil Erosion at the Değirmen Creek Watershed Area, Afyonkarahisar, Turkey. *Proceedings of ISEPP*, 28-29 June 2011, İzmir, 73-80.
- YILDIRIM, Ü. ve ERKAL, T. (2008). Kumalar Dağı (Afyonkarahisar) Doğu ve Batısındaki Sahalarda Toprak Erozyonunun Değerlendirilmesi. TÜBİTAK TOVAG 107 O 648 No.lu Proje Sonuç Raporu (Yayımlanmamıştır).
- YILDIRIM, Ü. ve ERKAL, T. (2009). RUSLE Yöntemi ile Afyon Ovası'nın Batı Kesiminin Erozyon Risk Tahmini. Afyon Kocatepe Üniv. BAP 07.FENED.06 No.lu Proje Sonuç Raporu (Yayımlanmamıştır).
- YILDIRIM, Ü. and ERKAL, T. (2011). Prediction of soil erosion risk using a GIS-based USLE model: a case study from the Şuhut watershed area, Afyonkarahisar, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* 20(4), 953-961.
- YILDIRIM, Ü. and ERKAL, T. (Baskıda). Assessment of soil erosion in the Ihsaniye watershed area, Afyonkarahisar, Turkey. *Scientific Research and Essays*.
- YILMAZ, E. (2006). Çamlıdere Baraj Havzasında Erozyon Problemi ve Risk Analizi, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- YILMAZ, Ö. (1999). Afyon ve Çevresinin İklim Özellikleri. Afyon Kocatepe Üniv. Yay. Afyonkarahisar, 88s.