

Tarımsal ürün grupları bazında konumsal erozyon uygunluk analizi: Seyhan Havzası örneği

Spatial erosion suitability analysis for various agricultural crop classes: Case study of Seyhan River Basin

Fizyon SÖNMEZ ERDOĞAN¹, Süha BERBEROĞLU², Mehmet Akif ERDOĞAN¹

¹Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Hatay, Türkiye.

²Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Adana, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
<p>Article history: Received / Geliş: 16.08.2022 Accepted / Kabul: 11.01.2023</p> <p>Anahtar Kelimeler: Erozyon Toprak koruma Uzaktan algılama Coğrafi Bilgi Sistemleri Seyhan Havzası</p> <p>Keywords: Erosion Soil protection Remote sensing Geographic Information Systems Seyhan River Basin</p> <p>✉ Corresponding author/Sorumlu yazar: Fizyon SÖNMEZ ERDOĞAN fizyon.sonmezerdogan@mku.edu.tr</p> <p>Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.</p>  	<p>ÖZET</p> <p>Çalışma ile Seyhan Havzası'nda üretilen tarımsal ürün grupları için konumsal erozyon hassasiyet analizinin gerçekleştirilmesi ile konuma özel ideal ürün tercihlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda özellikle toprak koruma ve ekolojik sürdürülebilirlik adına erozyon seviyelerine göre ideal ürün seçimi süreçlerin sağlanmasına katkı gösterilmesi hedeflenmektedir. Bu kapsamda uzaktan algılama ve CBS yardımıyla uygulanan Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) yöntemi ile Seyhan Havzası için erozyon; şiddet grupları olarak tahmin edilmiştir. Ürün gruplarının sahip olduğu toprak işleme ihtiyacı temel alınarak erozyon şiddet seviyeleri bazında her ürün grubu için erozyon uygunluk indeksi üretilmiştir. Üretilen uygunluk indekslerinin CBS ortamında çok kriterli değerlendirme yaklaşımı ile erozyon şiddet grupları verisine entegre edilmesiyle her ürün grubu için erozyon uygunluk haritaları ortaya koyulmuştur. RUSLE erozyon modellemesi sonucuna göre havzadaki ortalama yıllık erozyonun 14 ton/ha olduğu ve havzanın %28'inde orta, %12'sinde yüksek ve %2'sinde çok yüksek seviyede erozyon görüldüğü tespit edilmiştir. Her ürün grubu özelinde üretilen erozyon uygunluk indeksi sonuçlarına göre ise havza genelinde; mera, baklagil yem bitkileri ve turuncgil ürün gruplarının en yüksek uygulamaya ve lif, şeker ve nişasta bitkilerine ait ürün gruplarının ise en düşük uygulamaya sahip olduğu görülmüştür.</p> <p>ABSTRACT</p> <p>This study aims to provide a spatial erosion sensitivity analysis for agricultural crop class in the Seyhan River Basin to exhibit the optimal crop selection according to the erosion sensitivity. In this manner, it is targeted to contribute to the provision of ideal product selection processes according to erosion intensity in order to support soil protection and ecological sustainability. The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) method was used for erosion estimation as the first step of the methodology. The factors that were used within the scope of RUSLE were produced as layers in the GIS environment with the help of remote sensing. The annual total erosion in the basin was estimated as the erosion intensity groups. The erosion sensitivity index was produced depending on the soil cultivation needs of the crop classes based on the produced erosion intensity groups. According to the results of the RUSLE erosion modelling carried out within the borders of the Seyhan Basin, it has been determined that the average annual erosion in the basin is 14 tons/ha, and 28% of the basin has moderate, 12% has high and 2% has very high erosion. According to the results of the erosion suitability index produced for each crop class; It has been seen in the Seyhan Basin that pasture, forage legumes, and citrus crop classes have the highest suitability and the fiber, sugar and starch crops crop classes have the lowest suitability for erosion.</p>
Cite/Atıf	Erdoğan, F.S., Berberoğlu, S., & Erdoğan M.A. (2023). Tarımsal ürün grupları bazında konumsal erozyon uygunluk analizi: Seyhan Havzası örneği. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 28 (1), 222-235. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1162941

GİRİŞ

İnsanlar geçmişten günümüze planlama kararına bağlı olmayan geleneksel yöntemlerle tarımsal faaliyetleri yapmaktadır. Geçmişte insan nüfusunun günümüze oranla az olması ve buna bağlı olarak besin ihtiyacının daha az olması kaynakların kullanımı sonucunda meydana gelen olumsuz etkilerin kısmen tolere edilmesini sağlamaktaydı. Fakat günümüzde hızla artan nüfus ve buna bağlı olarak artan besin ihtiyacının yanı sıra sanayinin gelişmesi, artan teknolojik gelişmeler gibi süreçlere ek olarak arazi kullanımı üzerinde çok sayıda farklı paydaşın talepleri ekosistem üzerinde çok yoğun tahribata neden olmaktadır. Tüm bu etkiler sonucunda tolere edilemeyecek düzeye ulaşan baskılar kaynakların yok olmasına neden olmaktadır.

Toprak; sürdürülebilir gıda ve lif üretimi, küresel biyojeokimyasal döngü ve ekosistem işleyişinin sürdürülmesi için gerekli olan dinamik, canlı bir kaynaktır (Bridges & Van Baren, 1997). Toprağın sağladığı insan yaşamı için vazgeçilmez kaynakların başında ise tarım alanları gelmektedir. Nüfusun artmasına bağlı olarak artan yerleşim ihtiyacı tarım alanları üzerinde yoğun bir baskı oluşturmaktadır. Tarım alanları arazi kullanım kararlarında bilimsel çalışmalar sonucunda yapılacak ekosistem tabanlı planlara göre tespit edilip, bu plan kararları dahilinde yasal olarak korumaya alınması gereken alanların başında gelmektedir.

Büyümekte olan popülasyonun gıda ihtiyaçları, halen kullanılmakta olan tarım alanlardan bilinçsiz daha fazla ürün alma çabası veya yeni tarımsal kullanım için bakir alanların kullanıma açılması sonucunda doğal kaynaklar sık sık tehdit edilmektedir. Bu tehditler; erozyon ile işlenebilir alanların kaybı, tuzluluk, çölleşme, hızlı nüfus artışı, kullanılabilir suyun azalması, ormanların kaybolması, biyolojik çeşitliliğin tehdit edilmesi, iklim değişiklikleri küresel ısınmanın potansiyel etkileri ile daha da büyümektedir. Bu nedenle, sürdürülebilir tarımsal gelişme sadece bir tercih olmaktan çıkıp, küresel bir dayanışma ve anlaşma için zorunlu hale gelmektedir (Fischer ve ark., 2001).

Kaynakları tehdit eden faktörlerden biri olan toprak erozyonu dünya çapında önemli bir çevresel ve tarımsal sorundur. Arazi bozulması ve toprak erozyonu, temel olarak seyrek bitki örtüsü, yetersiz yağış, aşırı otlatma ve yoğun tarım uygulamaları gibi faktörlerden kaynaklanır (García-Ruiz ve ark., 1997; Samani ve ark., 2009). Erozyon, tarım tarihi boyunca meydana gelmesine rağmen son yıllarda yoğunlaşmış bir konudur. Türkiye yüzölçümünün %60'ünde çok hafif, %19'ünde hafif, %8'inde orta, %6'sında şiddetli ve %7'sinde çok şiddetli erozyon görülmektedir. Türkiye'de her yıl 642 milyon ton toprak erozyon sonucu yer değiştirmektedir (Erpul ve ark., 2018). Toprağın tahrip olması sonucu verimlilik azalmaktadır. İnsan faaliyetleri tarafından hızlandırılan toprak erozyonu miktarına ilişkin bilgilerin geliştirilmesi, hem arazi kullanımı karar verme sürecinde yer alan politika yapımcılar hem de küresel ölçekteki erozyon tahmini yapan disiplinler için çok önemlidir (Borrelli ve ark., 2020).

Tarımsal alanlardaki mevcut erozyon durumu göz önünde bulundurulmadan yapılan tarımsal faaliyetler sonucu bu alanlar daha hızlı tahrip olmaktadır. Tarımsal alanlardaki erozyon sorunlarının çözülebilmesi için öncelikle mevcut erozyon durumunun tespit edilmesi gerekmektedir.

Toprak erozyonu, çeşitli yöntemler kullanılarak ve yönetim hedeflerine odaklanılarak değerlendirilebilir. Mevcut toprak erozyonunun miktarı, kaldırılan toprağın ölçülmesini veya toprak seviyesindeki değişimin tespit edilmesini içeren işlemlerle tarlalarda, toplama ve alt havza alanlarında belirlenebilir (Hosseinalizadeh ve ark., 2019; Pal ve Chakraborty, 2019).

Erozyonun niceliksel olarak ortaya konulabilmesi için öncelikle oluşma sürecinin ve yapısının iyi bilinmesi gerekmektedir. Su kaynaklı toprak erozyonu rölyef geometrisine ve yüzey özelliklerine bağlı olarak konumsal olarak çok dinamik bir yapı sergilemektedir (Jaroslav ve ark., 1996). Genelde erozyonu etkileyen beş temel etken vardır: yağış, toprak yapısı, bitki örtüsü, alan kullanımı ve topoğrafya (Erdoğan, 2012).

Erozyon; su ile tortulaşma, toprak parçacıklarının ayrılması, taşınması ve depolanması işlemlerini içerir (Foster ve ark., 1982). Erozyona etkisi olan en büyük güç olan yağmur damlalarının etkisi kara yüzeyinden akan sudan gelmektedir. Yağmur damlaları büyük miktarlarda tortuları çöze de maruz kalmış toprak yüzeylerinde erozyon görülmez, ancak yoğunlaşmış akışın geniş oluk sistemleri oluşturduğu yerlerde erozyon etkin olabilir.

Erozyonu etkileyen faktörler bir denklemle ifade edilebilir (Renard & Foster, 1983). RUSLE, belirtilen ürün ve yönetim sistemlerinde ve mera alanlarındaki belirli alan eğim yerlerinden akan su ile taşınan uzun süreli ortalama yıllık toprak kaybını (A) öngörmek üzere tasarlanmış bir erozyon modelidir. Yaygın kullanımı, RUSLE'nin bu amaç için kullanılabilirliğini ve geçerliliğini sağlamıştır.

RUSLE modeli, iklim, toprak özellikleri ve topoğrafyanın yanı sıra arazi kullanımı ve arazi örtüsünün yağmur damlasının etkisiyle başlayarak toprak erozyonunu nasıl etkilediğini gösterir. Model, toprak erozyonunu ve bunun mekansal dağılımını makul maliyetle ve daha geniş alanlar üzerinde doğrulukla tahmin etmek için bir coğrafi bilgi sistemine (CBS) entegre edilebilir. Uzaktan algılama, CBS ve RUSLE yönteminin birleşimi, hücre bazında toprak erozyonu kaybı tahmini yapılmasını sağlar (Milward & Mersy, 1999).

Bu çalışma ile Seyhan havzası genelinde mevcut erozyon durumu tespit edilmesi amaçlanmıştır. Sonraki aşamada havza genelinde yetiştirilen 23 ürün grubu için literatür taraması ve uzman görüşü alınarak ağırlıklandırma yöntemiyle erozyon uygunluk indeksi tespit edilmesi ve ürün grubu özelinde konumsal olarak ortaya koyulması hedeflenmektedir. Bu sonuçların yapılacak fiziksel planlara dahil edilerek bu alanlar için uygun alan kullanım önerileri geliştirileceği ve böylelikle sürdürülebilir alan kullanımı için önemli bir adım atılması hedeflenmektedir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma alanı

Çalışmanın ana materyalini Seyhan Havzası oluşturmaktadır. Seyhan Havzası Türkiye'deki 26 hidrolojik havzadan biridir. Havza 21000 km² alana sahip olup Türkiye'nin %2.8'sini oluşturur. Seyhan Nehri, Akdeniz'e dökülen akarsularımızın en büyüğü ve uzunudur. Uzunluğu 560 km'dir. Seyhan Havzası, Göksu ve Zamantı kollarının su toplama havzalarını da içine alır. Havza, ülkemizin % 2.7'ini kaplar ve 36° 33'-39° 12' kuzey ile 34° 24 '-36° 56' Doğu enlem ve boylamları arasındadır (Altan ve ark., 2004). Özellikle sınırları içerisinde barındırdığı bitki türlerinin çeşitliliği bakımından oldukça zengin olan Seyhan Havzası, Toros Dağları'nın yamaçlarından, Akdeniz'e kadar bulundurduğu verimli tarım toprakların ile doğuda Ceyhan Havzası, batıda Berdan Nehri, kuzeyde Kayseri sınırları içinde bulunan Develi'ye kadar uzanmaktadır (Berberoğlu ve ark., 2007).

Materyal

İklim verileri kapsamında 2010-2015 yılları için çalışma alanı ve yakın çevresinde yer alan 23 adet gözlem istasyonuna ait maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, ortalama sıcaklık, yağış, nem, rüzgar hızı verileri Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.

Topografya ile ilgili yükseklik, eğim ve bakı gibi faktörlerin hesaplanması için temel girdi verisi olan DEM görüntüsü için ASTER GDEM görüntüsü kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamında Seyhan Havzası eşyüksekti eğrileri kullanılarak coğrafi bilgi sistemleri araçları yardımıyla alanın 30 metre çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur.

Çalışma alanına ait bulutluluk yönünden uygun olan LANDSAT görüntüleri USGS (United States Geological Survey) kurumunun ücretsiz internet ortamından indirme seçeneği sunan GLOVIS veri tabanı üzerinden 2013-2017 tarihleri arasındaki tüm uydu görüntüleri taranmış ve uygun olanlarının indirilme işlemi gerçekleştirilmiş ve analizler için düzenlenmiştir.

Toprak aşınabilirlik faktörünün elde edilmesi yüksek maliyet ve iş gücü gerektirdiğinden K faktörü, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün yayınladığı Türkiye Büyük Toprak Grupları "K" Faktörleri raporundan (Doğan ve ark., 2000) faydalanılarak elde edilmiştir. Tarımsal ürün gruplarının belirlenmesinde 'Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimi Rehberi' adlı yayından faydalanılmıştır. Söz konusu yayında yer alan Akdeniz Bölgesi'nde yetişen ürünler uzman görüşü alınarak gruplandırılmıştır. Toplamda 23 ürün grubu belirlenmiştir (serin iklim tahılları, sıcak iklim tahılları, serin mevsim baklagiller, sıcak mevsim baklagiller, yağ bitkileri, lif bitkileri, nişasta bitkileri, şeker bitkileri, maydonoz, baklagil yem bitkileri, yumuşak çekirdekli meyveler, kabakgil, bağcılık, sert kabuklu meyveler, sert

çekirdekli meyveler, üzümü meyveler, patlıcan, mera, soğangiller, ebegümeçigiller, turpgiller, turunçgiller, subtropik meyveler).

Metot

Veri düzenleme ve hazırlama

Çalışmanın veri düzenleme ve hazırlama aşamasında uydu görüntüleri, iklim verileri, toprak, jeoloji, meşcere verileri düzenlenmiştir. İklim verileri interpolate edilerek aylık ve günlük olarak düzenlenmiştir. Toprak, jeoloji ve meşcere verileri ise literatür taraması yapılarak kendi içinde gruplanmıştır. Bu veriler modelleme çalışmasında kullanılmak üzere standardize edilerek hazır hale getirilmiştir.

DEM verisinden eğim, bakı gibi topoğrafik değişkenler yükseklik analizleri ile elde edilmiştir.

Elde edilen iklim verileri ilk olarak düzenlenmiş ve interpolasyon için uygun formata getirilmiştir. Söz konusu iklim verileri; ortalama sıcaklık, maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, toplam yağıştır. İklim verilerinin interpolasyon işlemi ANUSPLIN programı kullanılarak yapılmıştır.

Her il için köyler bazında alınan toprak örneklerinin laboratuvar analizleri sonucunda tespit edilen K faktör değerleri çalışma alanı ve çevresindeki yerleşimler baz alınarak bir veri tabanında toplanmıştır. Google Earth ve Harita Genel Komutanlığı (HGK) kaynaklarından yararlanılarak söz konusu yerleşimlerin koordinatları tespit edilerek CBS ortamına aktarılmıştır. Nihai yüzeysel K faktörü verisi, yerleşimler bazında oluşturulan noktasal K faktörü değerlerinin kriging yöntemiyle interpolate edilmesiyle elde edilmiştir.

Erozyon modelleme: RUSLE

RUSLE modeli, ürün sistemleri, yönetim teknikleri ve erozyon kontrolü uygulamalarını içeren herhangi bir sayıdaki senaryo için ilgili alanın ortalama yıllık erozyon hızını tahmin etmeyi sağlar. RUSLE'in CBS ortamında uygulanması ile toprak kaybı, grid (raster) veri formatında her pikselin temsil ettiği alanda oluşan yıllık toplam miktar olarak tahmin edilebilmektedir. Raster modeller, sürekli veriler için analitik kabiliyetler sunan ve harita katmanı kaplaması işlemlerinin hızlı bir şekilde işlenmesine izin veren harita özelliklerinin hücre bazlı gösterimleridir (Fernandez ve ark., 2003).

RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) yöntemi erozyonu t/ha/yıl (ton/hektar/yıl) birimi cinsinden altı temel faktörden oluşan bir denklem (Eq. (1)) yardımıyla tahmin etmektedir (Renard ve ark., 1997).

$$A=R \times K \times L \times S \times C \times P \quad \text{Eq. (1)}$$

Burada;

A : Erozyon miktarı (t/ha/yıl),

R : Yağmur aşındırma faktörü,

K : Toprak aşınabilirlik faktörü,

L : Eğim uzunluk faktörü,

S : Eğim engebelik faktörü,

C : Arazi örtüsü ve alan kullanım faktörü,

P : Erozyon kontrol faktörüdür.

Yağmur aşındırma (R) faktörü yağmur yağışının toprağı aşındırma oranının bir ölçümünü vermektedir. RUSLE modeli kapsamında R faktörü doğrudan hesaplanması için uzun dönemli yağış miktarı ve yoğunluğu verilerine gereksinim vardır (Kalambukattu & Kumar, 2017). Fakat R faktörü ülkemizde de olduğu gibi yağmur yoğunluğunun meteoroloji istasyonlarınca ölçülmediği sahalarda deneysel eşitlikler ile hesaplanabilmektedir. R faktörü, toplam aylık ve yıllık yağış arasındaki istatistiksel ilişkileri içeren Eq. (2)'de verilen eşitlik ile hesaplanabilmektedir (Fournier, 1960; Arnoldus, 1977; Renard & Freidmund, 1994).

$$R = \sum_{i=1}^{12} 1.735 \times 10^{1.5 \text{Log} p_i^2 / P - 0.8188} \quad \text{Eq. (2)}$$

Burada; p_i : Aylık toplam yağış,
P: Yıllık toplam yağıştır.

Toprak Aşınabilirlik (K) Faktörü; yağış, yüzey akışı ve infiltrasyon ile toprağın ana kütleden partiküller halinde koparak hareket etme miktarının toprak karakteristiklerine bağlı olarak hesaplanmasını içermektedir (Renard ve ark, 1997). Toprak aşınabilirlik faktörü temel olarak toprağın organik madde içeriği, tekstürü ve geçirgenliğinin bir fonksiyonudur (Wischmeier ve ark, 1971). Tekstür ve organik madde araziden elde edilen toprak örnekleri üzerinden laboratuvar ölçümleri kullanılarak belirlenebilirken, geçirgenlik ise sahada yapılan gözlem ve ölçümünden elde edilebilmektedir. Bu veriler mevcut olduğunda K faktörü Eq. (3)'deki denklem ile tespit edilebilmektedir (Renard ve ark, 1997).

$$K = 27.66 \times m^{1.14} \times 10^{-8} \times (12 - a) + 0.0043 \times (b - 2) + 0.0033 \times (c - 3) \quad \text{Eq. (3)}$$

Burada; K: Toprak aşınabilirlik faktörü

m: Tekstür katsayısı ((Silt yüzdesi + Kum yüzdesi) x (100 - Kil yüzdesi))

a: Organik madde yüzdesi

b: Partikül yapısı ((1) yüksek, (2) orta, (3) az, (4) katı)

c: Geçirgenlik ((1) çok hızlı, (2) hızlı, (3) orta, (4) yavaş, (5) çok yavaş, (6) yok)

Eğim uzunluk faktörü (L) ve eğim engebelik faktörü (S) RUSLE yönteminde topografik etkileri yansıtmaktadır. Eğim uzunluğu eğimin değişmeden sabit bir aralıkta kaldığı bölgelerin eğim yönünde sahip olduğu maksimum mesafeyi (Wishmeier & Smith, 1978), eğim engebelik faktörü ise eğimin erozyon üzerindeki etkisini vermektedir (Lu ve ark., 2004). RUSLE eğim için engebelik ve uzunluk faktörünü aşağıdaki eşitliklerle hesaplamaktadır (Erdoğan, 2012).

$$S = 10.8 \sin \theta + 0.03 \quad (\text{Eğim} < \%9) \quad \text{Eq. (4)}$$

$$S = 16.8 \sin \theta - 0.50 \quad (\text{Eğim} \geq \%9) \quad \text{Eq. (5)}$$

$$L = (\lambda / 22.12)^m \quad \text{Eq. (6)}$$

$$m = \beta / (1 + \beta) \quad \beta = (\sin \theta / 0.0896) / (3.0 (\sin \theta)^{0.8} + 0.56) \quad \text{Eq. (7)}$$

Burada; S: Eğim engebelik faktörü

L: Eğim uzunluk faktörü

λ : Eğim uzunluğu (m)

θ : Eğim (derece)

m: Eğim engebelik oranı

β : Eğim engebelik katsayısı

Seyhan Havzası genelinde mevcut erozyon durumu RUSLE erozyon modeli kullanılarak tespit edilmesinden sonra havza genelinde yetiştirilen 23 ürün grubu için (serin iklim tahılları, sıcak iklim tahılları, serin mevsim baklagiller, sıcak mevsim baklagiller, yağ bitkileri, lif bitkileri, nişasta bitkileri, şeker bitkileri, maydonoz, baklagil yem bitkileri, yumuşak çekirdekli meyveler, kabakgiller, bağcılık, sert kabuklu meyveler, sert çekirdekli meyveler, üzüm sü meyveler, patlıcan, mera, soğangiller, ebegümecigiller, turpgiller, turunçgiller, subtropik meyveler) literatür taraması ve uzman görüşü alınarak ağırlıklandırma yöntemiyle erozyon uygunluk indeksi hesaplanmıştır. Her bir ürün grubu özelinde tespit edilen erozyon uygunluk indeksi Seyhan Havzası genelinde konumsal olarak tespit edilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Araştırma bulguları

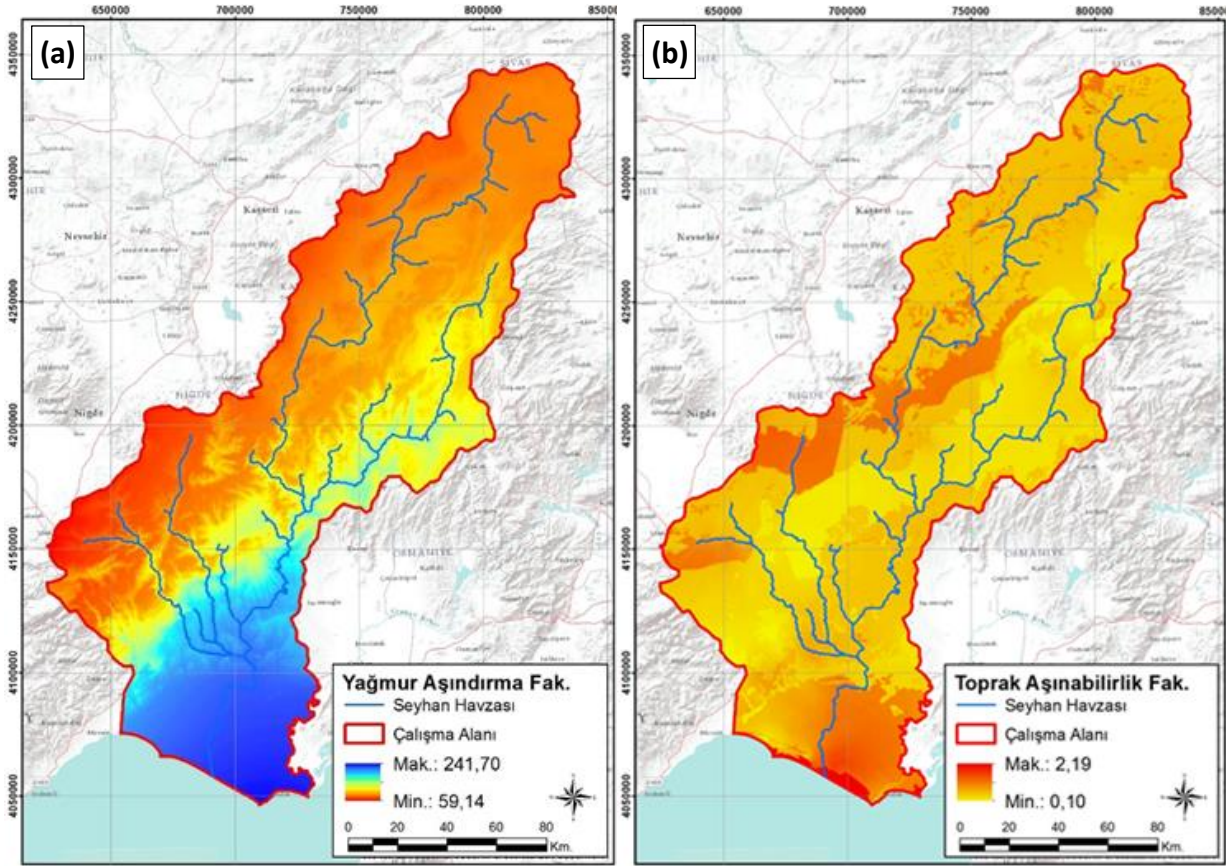
Çalışma kapsamında Seyhan Havzası için erozyon miktarı RUSLE yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. RUSLE yöntemi ile t/ha/yıl (ton/hektar/yıl) birimi cinsinden altı temel faktörün tek tek üretilerek sonuç görüntülerinin CBS ortamında birbirleriyle çarpılmasıyla erozyon miktarı tahmin edilmiştir.

Yağmur aşındırma (R) faktörü ve toprak aşınabilirlik (K) faktörü

R faktörünün hesaplanabilmesi için öncelikle 2010 – 2015 yılları için aylık yağış toplamları bulunduktan sonra bu aylık toplamların uzun yıllar aylık ortalaması alınmıştır. İlgili formül (Eq.(2)) uygulanarak Seyhan Havzası için 2010 – 2015 yılları ortalaması şeklinde yağmur aşındırma faktörü üretilmiştir. Buna göre Seyhan Havzası için maksimum yağmur aşındırma faktörü 241.7, minimum yağmur aşındırma faktörü ise 59.1 olarak tespit edilmiştir. Seyhan Havzası aşağı bölgelerinde yağmur aşındırma faktörü düşük olduğu fakat yukarı kesimlere doğru ise değerin arttığı görülmektedir (Şekil 1a). Seyhan Havzası için elde edilen bu R faktörü bulgusu benzer coğrafya ve iklim koşullarına sahip alanlarda uygulanan çalışmalarda (Danacıoğlu & Tağıl, 2017; Mohammed ve ark., 2020) üretilen R faktörü bulguları ile örtüşen değerlere sahip olduğu görülmüştür.

Ülkemiz toprakları için üretilen toprak verileri dahilinde tekstür bilgisini bulunmamaktadır. Bu nedenle tekstür bilgisinden üretilen K faktörünün üretilmesinde alternatif olarak Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün yayınladığı "Türkiye Büyük Toprak Grupları K Faktörleri" raporundan (Doğan ve ark., 2000) faydalanılmıştır. Her il için köyler bazında alınan toprak örneklerinden laboratuvar analizleri ile tespit edilen K faktör değerleri çalışma alanı ve çevresindeki yerleşimler için bir veri tabanında toplanmıştır. Bu kapsamda ihtiyaç duyulan yerleşim merkezleri koordinat bilgileri Google Earth ve Harita Genel Komutanlığı (HGK) kaynaklarından tespit edilerek CBS ortamına aktarılmıştır. Yerleşimler bazında oluşan noktasal K faktörü değerleri kriging yöntemiyle tüm alan için interpolate edilerek K faktörü katmanı elde edilmiştir (Şekil 1b).

K faktörü değerleri Seyhan Havzası genelinde en düşük 0.1, en yüksek 2.19 olmak üzere ortalama 0.25 değerini almaktadır. Seyhan Havzası'nın aşağı kesimlerinde toprak aşınabilirlik değeri yüksek olmakla birlikte yukarı kesimlere doğru azalmaktadır. Elde edilen K faktörü verisinin değerleri; Çilek ve ark. (2014) ve Mohammed ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmalarda üretilen K faktörü verilerine göre daha yüksek değerlere sahiptir. Bu durum bu çalışmada K faktörünün Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından toplanarak "Türkiye Büyük Toprak Grupları K Faktörleri" raporunda sunulan ölçüm değerlerinden üretilmiş olmasına karşın söz konusu diğer çalışmalarda ise K faktörünün Türkiye toprak haritasından öngörüye dayalı olarak üretilen kum, silik ve kil oranlarına dayalı bir formülle üretilmiş olmasıdır.



Şekil 1. a) Yağmur aşındırma (R) faktörü, b) Toprak aşınabilirlik (K) faktörü

Figure 1. a) Rain erosion (R) factor, b) Soil erosion (K) factor

Topografik (LS) faktörler ve arazi örtüsü / alan kullanım (C) faktörü

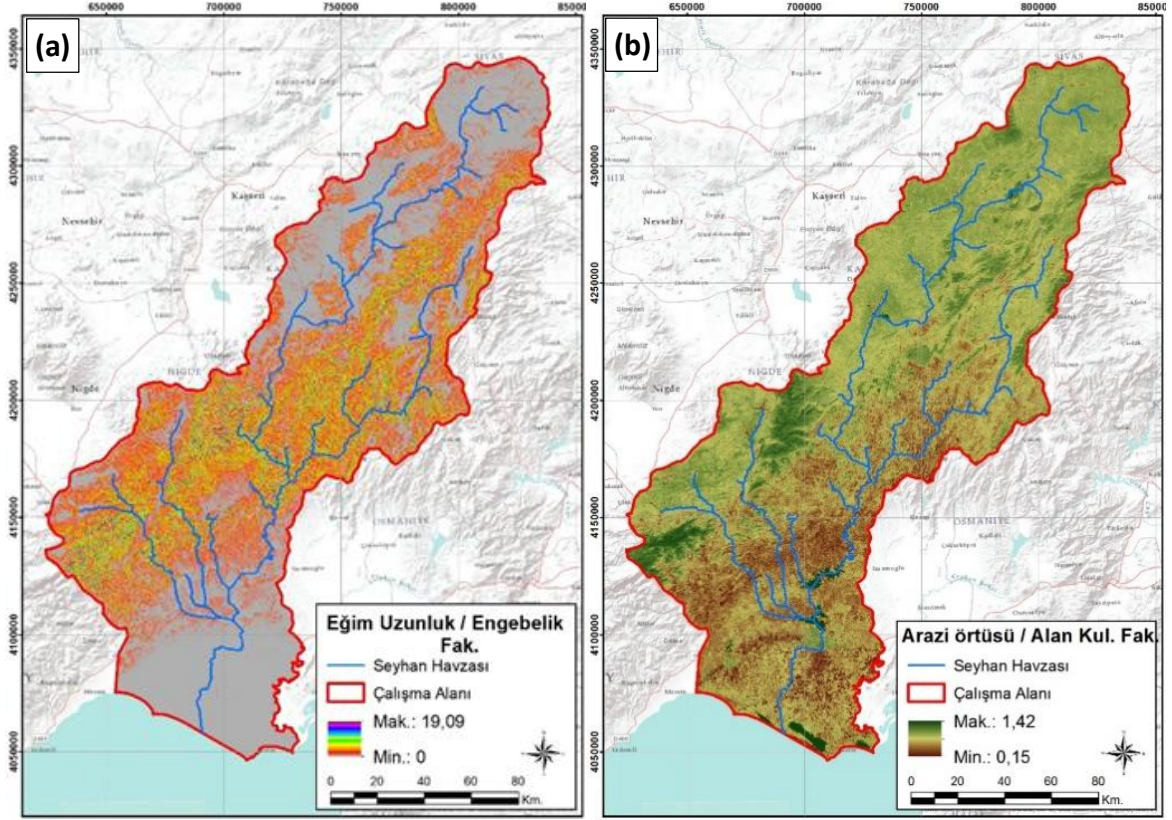
Eğim uzunluk (L) ve engebelik (S) formülleri (Eq. (4), Eq. (5), Eq. (6) ve Eq. (7)) uygulanarak L ve S faktörleri bulunmuştur. L ve S değerinin çarpımı ile de Şekil 2(a)'da verilen LS faktör görüntüsü elde edilmiştir. Bu sonuca göre eğim uzunluk ve engebelik faktörü maksimum 19.1 minimum ise 0 olarak tespit edilmiştir. Seyhan havzası aşağı ve yukarı kesimlerinde eğim uzunluk ve engebelik faktörünün düşük, orta kesimlerde ise yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2(a)).

Seyhan Havzasına ait yıllık ortalama NDVI görüntüsü kullanılarak arazi örtüsü ve alan kullanım (C) faktörü görüntüsü üretilmiştir (Şekil 2(b)). Havza dahilinde hesaplanan C faktör değerleri en düşük yaklaşık 0.15 ve en yüksek 1.42 olurken havza genelinde ortalama olarak 0.72 değer almaktadır. Alan geneline bakıldığında C faktörü değerlerinin havzanın orta kesiminden başlayarak yukarı kesimlerinde yüksek değerler aldığı görülmektedir.

Elde edilen hem topografik (LS) hem de alan kullanım (C) faktör çıktı sonuçlarının; bu faktörlere ait benzer coğrafyalarda aynı yöntemlerle üretilen çalışmalara (Çilek ve ark., 2014; Mohammed ve ark., 2020) ait bulgular ile paralellik gösterdiği görülmüştür.

Erozyon kontrol faktörü

Erozyon kontrol (P) faktörü, çalışma alanı kapsamında erozyon kontrolüne ve önlenmesine yönelik herhangi bir çalışmanın olup olmadığıyla ilgilidir. Küçük ölçekli çalışmalarda bu bilgilerin tespit edilebilmesi mümkün olabilmektedir. Fakat Seyhan Havzası gibi geniş alanlarda bu tür uygulamaların nadir olmakta ve olanların da düzenli kayıt altında tutulmaması nedeniyle tespit edilmesi çok güçtür. Bu durumun gözlemlendiği benzer çalışmalarda bu faktörün etkisini ortadan kaldırmak için bu faktörün değeri tüm alanlar için 1 olarak alınmaktadır (Wachal ve ark., 2007).



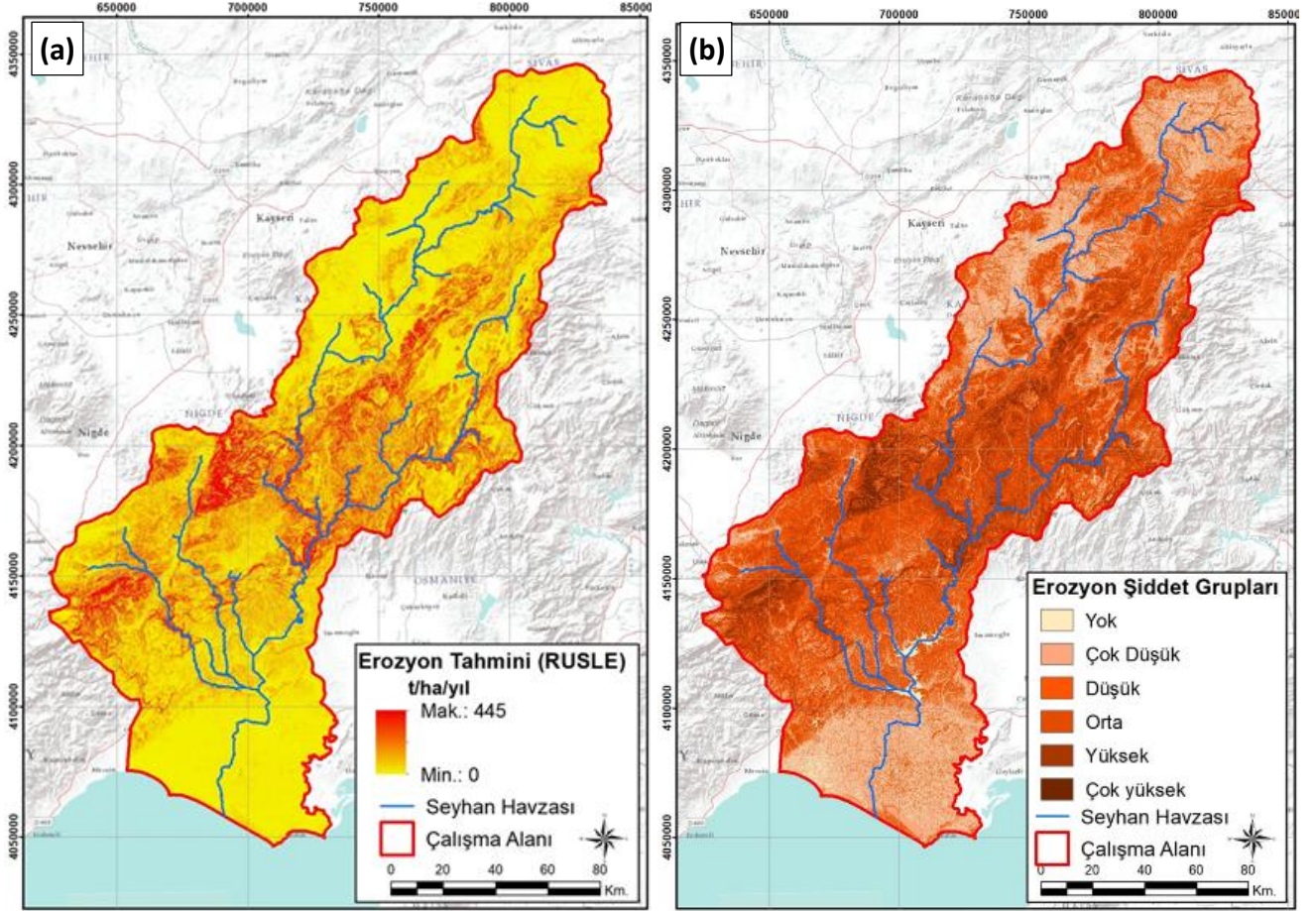
Şekil 2. a) Eğim uzunluk/engebelik (LS) faktörü, b) Arazi örtüsü ve alan kullanımı (C) faktörü
 Figure 2. a) Slope length/roughness (LS) factor, b) Land cover and land use (C) factor

RUSLE erozyon tahmini

RUSLE yöntemi dahilinde ihtiyaç duyulan tüm faktörlerin Seyhan Havzası için hazır hale getirilmesiyle CBS ortamında RUSLE eşitliği uygulanarak A faktörü yani yılda hektar başına düşen tahmini erozyon miktarı ton cinsinden (ton/ha*yıl) her piksel için tahmin edilmiştir (Şekil 3 (a)). Seyhan Havzası kapsamında erozyon 0 ile 445 ton/ha*yıl arasında bulunmuştur. Bu sonuçlara göre tüm alan için ortalama erozyon 14.03 ton/ha*yıl değerine ulaşırken standart sapma ise 19.9 ton/ha*yıl olarak tespit edilmiştir. Tahmin edilen erozyon miktarı; yok, çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olacak şekilde altı şiddet sınıfına ayrılmıştır (Şekil 3(b)).

Erozyonun yok, çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olduğu alanlar olarak 6 gruba ayrılan Seyhan Havzası erozyon durum haritası ile tespit edilen bu grupların alansal büyüklükleri de ortaya koyulmuştur (Çizelge 1). En düşük erozyon oranına sahip alanlar 2250 km² olup tüm alanın yüzde 9'unu oluşturmaktadır. En yüksek erozyona sahip sahaları ise 408 km² alan ile tüm alanın %1.7'sini oluşturmaktadır. Tüm Seyhan Havzası değerlendirildiğinde genel olarak orta derecede erozyona sahip alanların daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Berberoğlu ve arkadaşlarının 2010 yılında yapmış olduğu 'Seyhan Havzası Çevresel Risk Analizi: Net Birincil Üretim, Erozyon ve Orman Yangınları Modellemesi' adlı çalışmada Seyhan Havzası kapsamında ortalama erozyon 49.25 olarak tahmin edilmiştir. Çilek ve arkadaşlarının 2014 yılında yaptığı 'PESERA ve RUSLE Erozyon Modellerinin Akdeniz ve Ege Havzaları Örneğinde Karşılaştırılması' adlı çalışmada ise ortalama erozyon miktarı 21.24 olarak tespit edilmiştir. Benzer coğrafi yapıya sahip ilgili çalışmalara (Çilek ve ark., 2014; Danacıoğlu & Tağıl, 2017; Mohammed ve ark., 2020) bakıldığında Seyhan Havzası genelinde tespit edilen ortalama erozyon 14.03 ton/ha*yıl mevsimsel farklılıklara bağlı olarak değişkenlik göstermekle birlikte birbirini destekleyen yakın değerlerde olduğu görülmektedir.



Şekil 3. a) Erozyon tahmini (RUSLE), b) Erozyon şiddet grupları
Figure 3. a) Erosion estimation (RUSLE), b) Erosion severity groups

Çizelge 1. Erozyon şiddet grupları alansal dağılımı

Table 1. Areal distribution of erosion severity groups

Erozyon Şiddet Sınıfları	Aralık (ton/ha*yıl)	Erozyon Alanları	
		km ²	Yüzde (%)
Yok	0	2250	9.08
Çok Düşük	0-5	6109	24.66
Düşük	5-10	6183	24.96
Orta	10-20	6940	28.01
Yüksek	20-40	2883	11.64
Çok Yüksek	>40	408	1.65
Toplam		24774	100.00

Ağırlıklandırma

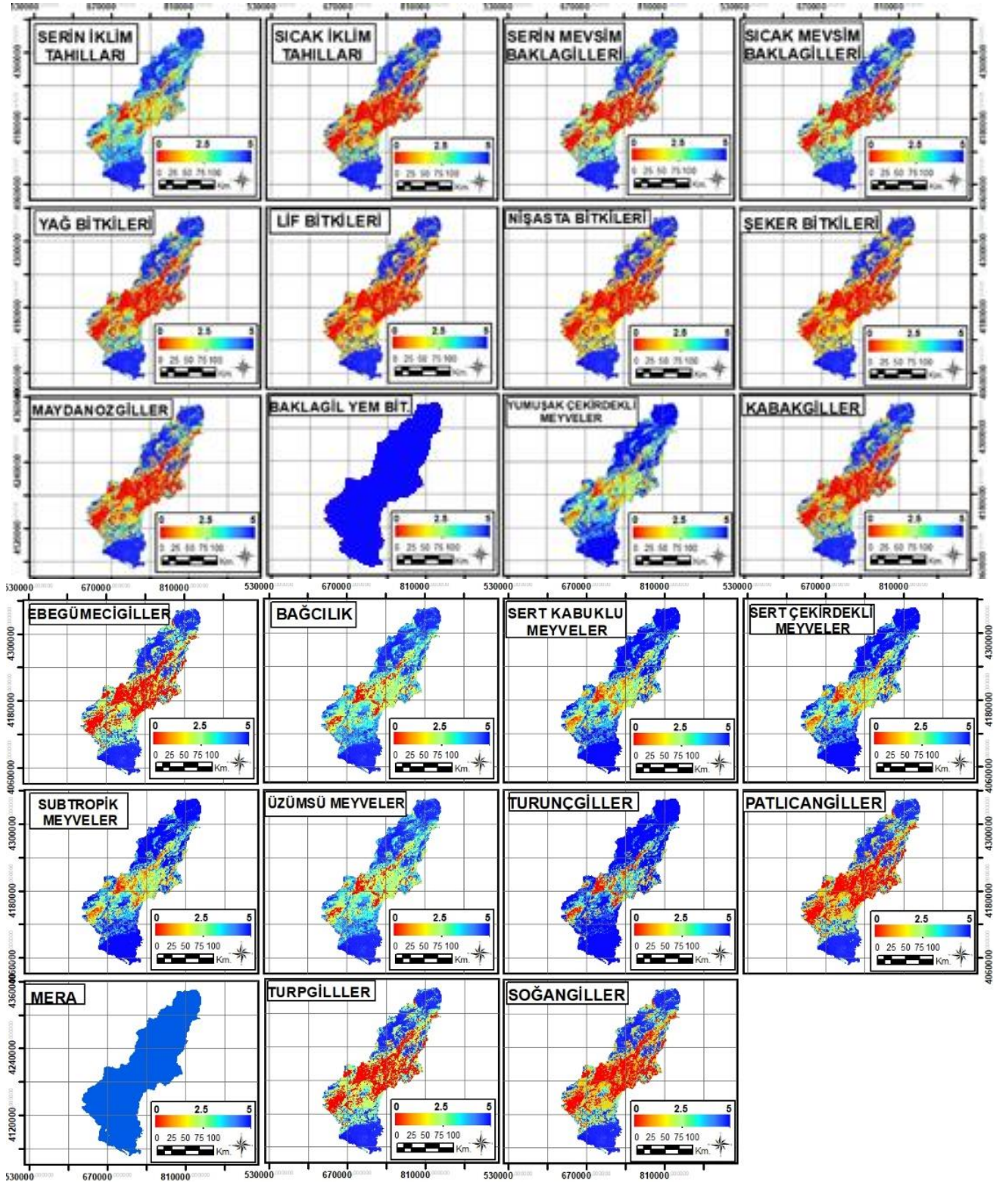
Seyhan havzası genelinde yetiştirilen 47 ürüne ait literatüre bağlı olarak belirlenen 23 ürün grubu (Vural ve ark., 2000; Elçi, 2005; Sepetoğlu, 2006; Budak, 2010; Özçağırın ve ark., 2011; Gerçekçioğlu ve ark., 2012; Anonim, 2014) dikkate alınarak üretilen erozyon şiddet grupları bazında ürün gruplarına ait erozyona uygunluk durumları literatür çalışması ve Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü öğretim üyeleri Prof. Dr. Selim KAPUR ve Prof. Dr. Zülküf KAYA'nın görüşleri alınarak puanlanmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Erozyon şiddet gruplarına göre ürün grupları erozyon uygunluk indeksi puanlaması

Table 2. Erosion suitability index scores of crop groups according to erosion severity groups

ÜRÜN GRUPLARI	TARIMSAL ÜRÜNLER	EROZYON UYGUNLUK PUANLARI				
		Çok Az (0-5)	Az (5-10)	Orta (10-20)	Yüksek (20-40)	Çok Yük. (>40)
SERİN İKLİM TAHILLARI	Arpa, Buğday	5	4	3	1	0
SICAK İKLİM TAHILLARI	Mısır, Çeltik, Sorgum	5	3	1	0	0
SERİN MEVSİM BAKLAGİLLER	Bakla, Mercimek, Nohut	5	3	2	0	0
SICAK MEVSİM BAKLAGİLLERİ	Fasulye	5	3	2	0	0
YAĞ BİTKİLERİ	Ayçiçeği, Soya, Susam, Yerfıstığı	5	3	1	0	0
LİF BİTKİLERİ	Pamuk	5	2	1	0	0
NİŞASTA BİTKİLERİ	Patates	5	2	1	0	0
ŞEKER BİTKİLERİ	Şeker Pancarı	5	2	1	0	0
MAYDANOZGİLLER	Havuç, Maydanoz	5	3	1	0	0
BAKLAGİL YEM BİTKİLER	Fiğ, Korunga, Yonca	5	5	5	5	5
YUMUŞAK ÇEKİRDEKLİ MEY.	Elma, Armut	5	5	4	3	2
KABAKGİLLER	Hıyar, Kabak, Karpuz, Kavun	5	3	1	0	0
EBEGÜMECİGİLLER	Bamya	5	3	2	0	0
BAĞCILIK		5	4	3	2	0
SERT KABUKLU MEYVELER	Badem, Ceviz	5	5	4	3	2
SERT ÇEKİRDEKLİ MEYVELER	Erik, Kayısı, Kiraz, Şeftali	5	5	4	3	2
SUBTROPİK MEYVELER	Nar, Zeytin	5	5	4	3	2
ÜZÜMSÜ MEYVELER	Çilek	5	4	3	2	0
TURUNÇGİLLER		5	5	5	4	3
PATLICANGİLLER	Biber, Domates, Patlıcan	5	3	1	0	0
MERA		5	5	5	5	5
TURPGİLLER	Lahana	5	3	2	0	0
SOĞANGİLLER	Soğan, Sarımsak	5	3	1	0	0

Hiç uygun olmayan için 0 ve çok uygun için 5 ve değerinin verildiği 0 ile 5 arasında yer alan ürün gruplarına ait puanlara göre ağırlıklandırmalar CBS ortamında gerçekleştirilerek her ürün grubu için uygunluk indeksi hesaplanmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Ürün grupları erozyona uygunluk haritaları
 Figure 4. Erosion suitability maps of crop groups

Sonuç olarak, Seyhan Havzası sınırları dahilinde gerçekleştirilen RUSLE erozyon modellemesi sonucuna göre havzadaki ortalama yıllık erozyonun 14 ton/ha olduğu ve havzanın %28'inde orta, %12'sinde yüksek ve %2'sinde çok yüksek seviyede erozyon görüldüğü tespit edilmiştir.

Seyhan Havzası genelinde erozyon şiddet gruplarına göre ürün grupları erozyon uygunluk indeksi puanlaması sonucunda erozyon uygunluk durumu en yüksek olan ürün grupları mera, baklagiller yem bitkileri, turunçgiller, sert kabuklu meyveler, sert çekirdekli meyveler ve yumuşak çekirdekli meyveler olarak tespit edilmiştir.

Mera ve baklagiller için havza genelinde erozyon uygunluk indeksi olarak yüksek puan (5 puan) alarak tüm havza için uygun olarak tespit edilmiş ve CBS kullanılarak oluşturulan haritalar sayesinde konumsal olarak tespit edilmiştir. Turunçgiller Aşağı Seyhan ovasında ve üst bölgesinde ise kuzey batı kesimlerinde erozyon bakımından yüksek uygun alanlar, havzanın orta kesiminde ise görece düşük uygunluk değerine sahip alanlar olarak tespit edilmiştir. Sert kabuklu meyveler, sert çekirdekli meyveler ve yumuşak çekirdekli meyveler konumsal olarak alt havzada ve havzanın yukarı bölümünde uygun, havzanın orta bölgesinde ise orta düzeyde uygunluk değerine sahip olarak tespit edilmiştir.

En düşük uygunluk düzeyine sahip olan ürün grupları ise lif bitkileri, nişasta bitkileri, kabakgiller, soğangiller ve şeker bitkileri olarak tespit edilmiştir.

Çalışmada erozyon tahmin sürecinde NDVI verisi üretilmesinde LANDSAT uydu görüntüleri kullanılmış ve başarılı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Özellikle yıl içinde tarım ürünlerinin gelişim döngülerine bağlı olarak farklı örtülülük seviyeleri gösteren tarım alanlarının havzada geniş alanlar kaplaması nedeniyle bir vejetatif yılı temsilen beş farklı döneme ait LANDSAT verisi kullanılmıştır. Böylelikle özellikle erozyon modelinde bitki örtüsü etkisini ortaya koyan C faktörünün hesaplanmasında girdi olan ve LANDSAT verilerinden üretilerek ortalaması alınan NDVI verisinin daha doğru kapallık bilgisi vermesi ile yüksek doğrulukla erozyon tahmini yapılması sağlanmıştır.

Çalışma alanındaki mevcut erozyon durumunun tespitinde RUSLE yöntemi kullanılmıştır. CBS ortamında RUSLE eşitliği uygulanarak yılda hektar başına düşen tahmini erozyon miktarı ton cinsinden (ton/ha/yıl) tahmin edilmiştir. Erozyon şiddet grupları oluşturulmuş ve erozyonun olmadığı alanlar, çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olduğu alanlar olarak altı sınıfa ayrılmıştır. Erozyon tahmin sonuçları değerlendirildiğinde alt havzada erozyon miktarının düşük, orta ve yukarı kesimlerde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Seyhan Havzası genelinde orta şiddette erozyon olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde orta ve yukarı kesimlerde erozyon kontrolüne yardımcı olacak ürünler önerilmesi gerekliliği ortaya konmuştur.

Çalışmada uzaktan algılama ile geniş tarımsal alanlara sahip olan Seyhan Havzası için güncel ve hızlı veri elde edilmiştir. Bu veriler CBS ortamında analiz edilerek uygun formatlara getirilmiş ve modeller kapsamında kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamında çıktılarının görselleştirilmesi ve değerlendirilmesi sürecinde de CBS'den yararlanılmış ve böylelikle model sonuçlarının daha iyi ifade edilmesi sağlanmıştır. Uzaktan algılama ve CBS'nin sayıca fazla olan ve değişik kategorideki verilerin aynı anda değerlendirilmesine imkan vermesi sayesinde çok sayıda değişkenin etkili olduğu tarımsal alanların analizinde önemli bir araç olduğu ortaya koyulmuştur.

Yasal olarak koruma altına alınan tarımsal alanların, alanın mevcut potansiyelini ve çevresel risk durumunu göz önünde bulunduran çalışmaların fiziki planlara dahil edilerek bu yasal süreci destekleyen uygulamaları geçilmesi gerekmektedir. Seyhan Havzası'ndaki tarım alanlarının potansiyel uygunluk düzeyi ve hangi ürün grubu için uygun olduğu tespit edilerek yasal süreci destekleyici nitelik bir çalışma yapılmıştır.

Sonuç olarak erozyon tarım alanlarındaki temel sorunlardan biri olarak yapılacak fiziki planlara dahil edilmesi gereken önemli bir faktördür. Planlı ve ekolojik süreçler göz önünde bulundurularak yapılacak tarımsal ürün tercihinin amaçlayan çalışmalar için altlık olabilecek nitelikteki bu örnek çalışma ile Seyhan Havzası geneli için konumsal bazda hangi alanda hangi ürünün erozyona uygunluk bakımından tercih edilebileceği ortaya koyulmuştur.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazarlar çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

ETİK ONAY BEYANI

Bu makalede insan veya hayvan deneklerle herhangi bir çalışma bulunmaması nedeniyle etik onaya gerek duyulmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Altan, T., Artar, M., Atik, M., & Çetinkay G. (2004). Çukurova Deltası Biyosfer Rezervi Yönetim Planı. Life Çukurova Deltası Biyosfer Rezervi Planlama Projesi Kitabı, Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Adana. 372 s.
- Anonim (2014). Turunçgil Yetiştiriciliği, Hastalık Ve Zararlıları. Adana İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Bitkisel Üretim ve Bitki Sağlığı Şube Müdürlüğü, Adana.
- Anonymous (1992). World Resources 1992-1993. World Resources Institute, Oxford Univ. Press, New York.
- Arnoldus, H.M.L. (1977). Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco. *FAO Soils Bulletin*, 34, 39-51.
- Berberoğlu, S., Dönmez, C., & Özkan, C. (2007). Seyhan havzası orman verimliliğinin ENVISAT MERIS veri seti kullanarak modellenmesi. 1. Türkiye İklim Değişikliği Sempozyumu, Nisan 11-13, İstanbul, Türkiye. 140-150 s.
- Bridges, E.M., & Van Baren, J.H.V. (1997). Soil: An overlooked, undervalued and vital part of the human environment. *The Environmentalist*, 17, 15-20.
- Budak, Y. (2010). Ceviz Yetiştiriciliği. T.C. Samsun Valiliği İl Tarım Müdürlüğü, Samsun İl Tarım Müdürlüğü Çiftçi Eğitimi ve Yayım Şubesi Yayını, Samsun.
- Borrelli, P., Robinson, D.A., Panagos, P., Lugato, E., Yang, J.E., Alewell, C., Wueppere, D., Montanarella, L., & Ballabio, C. (2020). Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). *The Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 117 (36), 21994-22001. <https://doi.org/10.1073/pnas.2001403117>
- Buringh, P. (1989). *Availability of agricultural land for crop and livestock production*, In: *Food and Natural*. (Eds. Pimentel D., Hall CW.), Academic Press, San Diego. pp. 69-83.
- Çilek, A., Berberoğlu, S., Erdoğan, M.A., & Dönmez, C. (2014). PESERA ve RUSLE erozyon modellerinin Akdeniz ve Ege havzalarındaki sonuçlarının karşılaştırılması. 5. *Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2014)*, Ekim 14-17, İstanbul, Türkiye.
- Danacıoğlu, Ş., & Tağıl, Ş. (2017). Bakırçay Havzası'nda RUSLE modeli kullanarak erozyon riskinin değerlendirilmesi. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20 (37), 1-18. <https://doi.org/10.31795/baunsobed.645168>
- Elçi, Ş. (2005). Baklagil ve Buğdaygil Yem Bitkileri. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, ISBN: 975-407-189-6, Ankara.
- Erdoğan, M.A. (2012). Büyük Menderes Havzası için risk analizi yöntemi geliştirilmesi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, 192 s.
- Erpul, G., Şahin, S., İnce, K., Küçümen, A., Akdağ, M.A., Demirtaş, İ. & Çetin, E. (2018). Türkiye Su Erozyonu Atlası. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Fernandez, C., Wu, J.Q., McCool, D.K., & Stockle, C.O. (2003). Estimating water erosion and sediment yield with GIS, RUSLE, and SEDD. *Journal of Soil and Water Conservation*, 58, 128-136.
- Fischer, G., Shah, M., van Velthuizen, H., & Nachtergaele, F. (2001). *Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21st Century: Methodology and Results*. IIASA Research Report, IIASA, Laxenburg, Austria.
- Foster, G.R., Johnson, C.B., & Moldenhauer, W.C. (1982). Hydraulic failure of unanchored cornstalk and wheat straw mulches for erosion control. *Transactions of the ASAE (American Society of Agricultural Engineers)*, 25, 940-947.
- Fournier, F. (1960). *Climat et Erosion*. Presses Universitaires de France, Paris. pp. 206. <https://doi.org/10.13031/2013.33644>

- García-Ruiz, J.M., Lasanta, T., & Alberto, F. (1997). Soil erosion by piping in irrigated fields. *Geomorphology*, 20 (3-4), 269-278. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(97\)00028-7](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(97)00028-7)
- Gerçekcioğlu, R., Bilgener, Ş., & Soylu, A. (2012). *Genel Meyvecilik, Meyve Yetiştiriciliğinin Esasları*. Nobel Akademik Yayıncılık, ISBN: 978-605-133-253-6, Ankara.
- Hosseinalizadeh, M., Kariminejad, N., Chen, W., Pourghasemi, H.R., Alinejad, M., Behbahani, A.M., & Tiefenbacher, J.P. (2019). Gully headcut susceptibility modeling using functional trees, naive Bayes tree, and random forest models. *Geoderma*, 342, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.01.050>
- Jaroslav, M.H., Marcel, R.S., Grešáka, J.B., & Geograficki, S.B. (1996). Modelling spatial and temporal changes of soil water erosion. *Geograficki Casopis*, 48, 255-269.
- Kalambukattu, J.G., & Kumar, S. (2017). Modelling soil erosion risk in a mountainous watershed of Mid-Himalaya by integrating RUSLE model with GIS. *Eurasian Journal of Soil Science*, 6 (2), 92-105. <https://doi.org/10.18393/ejss.286442>
- Lu, D., Li, G., Valladares, G.S., & Batistella, M. (2004). Mapping soil erosion risk in Rondônia, Brazilian Amazonia: using RUSLE, remote sensing and GIS. *Land Degradation & Development*, 15 (5), 499-512. <https://doi.org/10.1002/ldr.634>
- Milward, A.A., & Mersy, J. (1999). Adapting RUSLE to model soil erosion potential in a mountainous tropical watershed. *Catena*, 38, 109-129. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(99\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(99)00067-3)
- Mohammed, S., Alsafadi, K., Talukdar, S., Kiwan, S., Hennawi, S., Alshihabi, O., Sharaf, M., & Harsanyie, E. (2020). Estimation of soil erosion risk in southern part of Syria by using RUSLE integrating geo-informatics approach. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 20, 100375. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100375>
- Özçağiran, R., Ünal, A., Özeker, E., & İsfendiyaroğlu, M. (2011). *Ilıman İklim Meyve Türleri. Sert Çekirdekli Meyveler*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 566, İzmir.
- Pal, S.C., & Chakraborty, R. (2019). Simulating the impact of climate change on soil erosion in sub-tropical monsoon dominated watershed based on RUSLE, SCS runoff and MIROC5 climatic model. *Advances in Space Research*, 64 (2), 352-377. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2019.04.033>
- Renard, K.G., & Foster, G.R. (1983). *Soil conservation: principles of erosion by water*, In: *Dryland Agriculture* (Eds. Dregne HE, Willis WO), American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. pp. 155-176.
- 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)*. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Agriculture Handbook No. 703, Washington DC, pp. 384.
- Renard, K.G., & Freidmund, J.R. (1994). Using monthly precipitation data to estimate the r-factor in the revised USLE. *Journal of Hydrology*, 157, 287-306. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(94\)90110-4](https://doi.org/10.1016/0022-1694(94)90110-4)
- Sepetoğlu, H. (2006). *Tarla Bitkileri 1 (Tarla Tarımı, Tahıllar, Yemelik Tane Baklagiller)*. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Samani, A.N., Ahmadi, H., Jafari, M., Boggs, G., Ghoddousi, J., & Malekian, A. (2009). Geomorphic threshold conditions for gully erosion in Southwestern Iran (Boushehr-Samal Watershed). *Journal of Asian Earth Sciences*, 35 (2), 180-189. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2009.02.004>
- Vural, H., Esiyok, D., & Duman, I. (2000). *Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme)*. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Wischmeier, W.H., Johnson, C.B., & Cross, B.V. (1971). A soil erodibility nomograph for farm-land and construction sites. *Journal of Soil and Water Conservation*, 26, 189-193.
- Wischmeier, W.H., & Smith, D.D. (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning*. U.S. Department of Agriculture, Issue 537 of Agriculture Handbook, Washington DC, USA. p. 58.