



FARKLI ARAZİ KULLANIM DURUMLARINDA GEOTEKSTİL KULLANILARAK EROZYONLA KAYBOLAN TOPRAK MİKTARININ BELİRLENMESİ: KARAM DERE ALT HAVZASI ÖRNEĞİ

İbrahim DURSUN^{1,*}, Ahmet Alper BABALIK¹

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta

*Corresponding author: ibrahimdursun@isparta.edu.tr

İbrahim DURSUN: <https://orcid.org/0000-0003-2261-1112>

Ahmet Alper BABALIK: <https://orcid.org/0000-0001-9365-1088>

Please cite this article as: Dursun, İ. & Babalık, A.A. (2023). Farklı arazi kullanım şekillerinde geotekstil kullanılarak erozyonla kaybolan toprak miktarının belirlenmesi: Karam Dere alt havzası örneği, *Turkish Journal of Forest Science*, 7(2), 138-154

ESER BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş 18 Mayıs 2023 / Received 18 May 2023

Düzeltilmelerin gelişi 27 Eylül 2023 / Received in revised form 27 September 2023

Kabul 30 Eylül 2023 / Accepted 30 September 2023

Yayımlanma 30 Ekim 2023 / Published online 30 October 2023

ÖZET: Çalışmanın amacı, Karam dere alt havzasında yer alan farklı arazi kullanım durumlarındaki erozyon ile kaybolan toprak miktarının geotekstiller yardımıyla belirlenmesidir. Araştırma alanı Isparta ili Keçiborlu ilçesi sınırlarında yer almakta olup Isparta il merkezine yaklaşık olarak 60 km mesafede bulunmaktadır. Araştırma alanının belirlenmesi aşamasında Burdur Gölü Havzası ArcHydro yardımıyla alt havzalara ayrılmış ve anakaya, arazi kullanımı, eğim ve bakı faktörleri dikkate alınarak bu alt havzalardan birisi olan Karam Dere Alt Havzası seçilmiştir. Günümüzde erozyon ölçümlerinin hem maliyetli hem de zaman alıcı olması birçok erozyon ölçüm yönteminin gelişmesine neden olmuştur. Çalışmamızın temelini oluşturan erozyon ölçüm tekniklerinden biri, erozyon ölçümü için geotekstil denemelerinin kullanılmasını içermektedir. Bu çalışmada, Karam Dere Alt Havzasında farklı arazi kullanım durumları altında geotekstil deneme parselleri kurulmuş ve taşınan toprak miktarı 2019-2020 yılları olmak üzere 2 yıllık ölçümler yapılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak Karam Dere Alt Havzasında arazi kullanım durumlarına göre tarım parselinde, ilk yıl 0.460 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.500 ton/ha/yıl, orman parselinde ilk yıl 0.110 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.102 ton/ha/yıl ve mera parselinde ilk yıl 0.345 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.416 ton/ha/yıl taşınan toprak miktarı hesaplanmıştır. Havza ölçeğinde ise taşınan toprak miktarı ilk yıl 8812.0 ton/yıl, ikinci yıl 8673.0 ton/yıl olarak hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: Burdur, CBS, sediment verimi, silt fens, toprak kaybı

DETERMINING THE AMOUNT OF SOIL LOST BY EROSION BY USING GEOTEXTILE IN DIFFERENT LAND USE TYPES: A CASE STUDY OF KARAM CREEK SUB-BASIN

ABSTRACT: The aim of the study was to determine the amount of soil lost by erosion under different land use types in the Karam creek sub-basin with the help of geotextiles. The research area is located within the borders of Keçiborlu district of Isparta province and approximately 60 km from Isparta city centre. In the process of determining the research area, Burdur Lake Basin was divided into sub-basins using with ArcHydro tool and Karam creek sub-basin, which is one of these sub-basins, was selected considering the bedrock, land use, slope and aspect factors. Today, the fact that erosion measurements are both costly and time consuming has led to the development of many erosion measurement methods. One of the erosion measurement techniques, which forms the scale of our study, involves the use of geotextile trials for erosion measurement. In this study, geotextile trial plots were established under different land use types in the Karam creek sub-basin and the amount of soil transported was measured for 2 years, 2019-2020. As a result, according to the land use status in Karam creek sub-basin, the amount of soil transported was calculated as 0.460 tonnes/ha/year in the first year and 0.500 tonnes/ha/year in the second year in the agricultural parcel, 0.110 tonnes/ha/year in the first year and 0.102 tonnes/ha/year in the second year in the forest parcel, 0.345 tonnes/ha/year in the first year and 0.416 tonnes/ha/year in the second year in the pasture parcel. On the basin scale, the amount of soil transported was calculated as 8812.0 tons/year in the first year and 8673.0 tons/year in the second year.

Keywords: Burdur, GIS, sediment yield, silt fence, soil loss

GİRİŞ

Toprak erozyonu, sosyo-ekonomik anlamda toplumların kalkınmasını etkileyen, çevresel ve sosyal bir sorundur. Erozyon şiddetinin artmasıyla birlikte çeşitli ekolojik problemlerle ekonomik kayıplarda beraberinde gelmektedir. Gündelik hayatta doğrudan etkisi yok gibi görünmesine karşın erozyon, su ve gıda kalitesinin düşmesi, verimli tarım alanlarının kaybı, can ve mal kaybıyla sonuçlanacak sel ve heyelanlar gibi pek çok olumsuzluklara neden olmaktadır (Artun vd., 2017; Özvan vd., 2022).

Geotekstiller, tipik olarak düzenli aralıklarla yerleştirilmiş çelik veya ahşap direkler üzerinde desteklenen geotekstil filtre kumaşı kullanılarak sediment oluşumuna imkan veren ve geçirimli malzemenin kullanıldığı bir çevre kontrol yöntemi olarak tanımlanmaktadır. Geotekstil, geçirgenlik oranının az olması nedeniyle sedimentin akışını yavaşlatarak geotekstil arkasında çökmesine ve suyun yavaşça içinden geçmesine izin vermektedir (Bugg vd., 2017). Aynı zamanda filtre görevi görerek, filtre ile temas eden toprak parçacıklarını üzerinde biriktirmektedir (Giroud, 2010; Sabiri vd., 2017).

Ayrıca geotekstiller toprak yapısını sabit tutar ve suyun geçmesini sağlarlar. Bir geotekstilin performansı zamanla gelişir, bu performans kendi özelliklerine ve tutulan toprağın özelliklerine bağlı olarak değişim göstermektedir (Rollin ve Lombard, 1988; Veylon vd., 2016). Bu filtre görevi sayesinde katı parçacıkların içinden geçmesini engelleyip, sıvı ve gaz maddelerine yeteri kadar geçirim sağlamaktadır. Bu özellikleri nedeniyle, erozyonla toprak kaybı tahmin yöntemlerinden birisi olarak kullanılmaktadır (Robichaud ve Brown, 2002).

Geotekstilin filtrasyon süreci, geotekstil kumaşının tortu birikimi ile başlar. Bu, ilk anda su akışının ve tortuların bir kısmının geosentetikten geçmesi ve daha sonra tortuların birikmesi ve bunun sonucunda geotekstilin tıkanması ile gerçekleşir. Ağır partiküller halihazırda birikmiş olan sedimentin arkasında hapsolme eğilimindedir ve ince partiküller daha yüksek bölgelere ulaşarak bunu takip eder (Koerner, 2005). Türkiye’de erozyon, çevre sorunlarının başında gelmektedir. Bu sorunun çözümü ise yenilenemeyen doğal bir kaynak olan toprağın, üzerindeki insan etkisi ile baskısının azaltılması ve arazilerin yeteneklerine göre kullanımıyla mümkündür.

Bu amaç doğrultusunda arazi kaynaklarının planlanması (tarım, orman ve mera) ve bu planların uygulamaya konulması gerekmektedir. Erozyon sebebiyle kaybolan toprak miktarı ve sedimentin belirlenebilmesi için, Türkiye’de ve diğer ülkelerde birçok araştırmalar yapılmış ve farklı ölçüm teknikleri ortaya konulmuştur. Bu ölçüm tekniklerinden biri olan geotekstiller çalışma konumuzun temelini oluşturmaktadır (Dursun, 2022).

Literatür bilgileri incelendiğinde ülkemizde erozyonun tespiti amacıyla farklı arazi kullanım durumlarında özellikle tarım, orman ve mera arazi kullanımlarına ait çalışmalar bulunmaktadır (Özalp vd., 2017; Aydın, 2009; Yüksel Erdoğan vd., 2019). Ancak erozyon miktarının tespitinde kullanılan geotekstiller ile ilgili sınırlı sayıda çalışma olduğu görülmektedir (Ergül, 2009; Reis vd., 2012; Aydoğdu, 2019).

Ülkemizde erozyon önemli bir sorundur. Erozyon, büyük ölçüde küresel iklim değişikliği nedeniyle son yıllarda etkisinin belirgin bir şekilde şiddetli olduğu Burdur Gölü Havzası başta olmak üzere ülkemizde önemli bir endişe kaynağı durumundadır. Doğal süreçler içerisinde göl havzalarında, gölün sedimentle dolması kaçınılmaz bir durum olup, yoğun tarım uygulamaları, yanlış arazi kullanımları ve arazi kullanım değişiklikleri bu sürecin hızını artırmaktadır (Özcan ve Aytaş, 2020; Dursun ve Babalık, 2023). Bu sorunun ortaya konulmasında ve çözüm önerileri getirilmesinde erozyonun tahmini ve belirlenmesinde geotekstillerin kullanımı büyük önem arz etmektedir. Ayrıca bu çalışma, büyük göl havzalarında geotekstillerin kullanılacağı ilk çalışma olacaktır. Araştırmada, çalışma alanını oluşturan bir göl havzası üzerinde tarım-orman-mera arazi kullanımlarında geotekstillerin kullanılması ile farklı arazi kullanım durumlarındaki parsellerde meydana gelen erozyon miktarı ortaya konulmuştur.

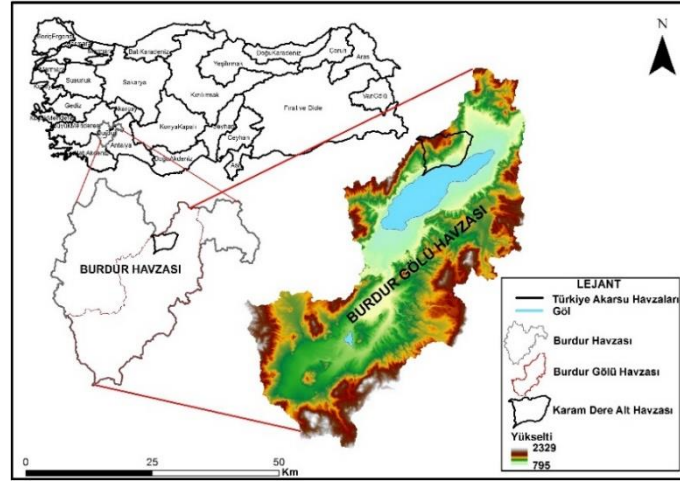
MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Araştırma sahasının yeri

Araştırma alanı, Türkiye’nin güneybatısında, 37° 8’ - 38° 2’ kuzey enlemleri ile 29° 39’ - 30° 33’ doğu boylamları içerisinde kalmaktadır. Araştırma sahasını oluşturan Karam Dere Alt Havzası, Burdur Gölü Havzasının Burdur Kuzeyi Alt Havzası sınırlarında yer alan bir alt havzadır. Karam Dere Alt Havzası, Isparta ili Keçiborlu ilçesi sınırında yer almaktadır. Araştırma sahasının iklimi, Akdeniz iklimi ve karasal iklimin geçiş yerinde olması sebebiyle kendine özgü bir iklim karakteri taşımaktadır (Atayeter, 2000). Havzada genel olarak kestane rengi orman toprağı hakim olup, tekstür sınıfı ise killi balçık sınıfındadır. Araştırma alanını

oluşturan Karam Dere Alt Havzasının alanı yaklaşık 9600 ha olup, ortalama yüksekliği ise yaklaşık 1168 m olarak belirlenmiştir (Dursun ve Babalık, 2023) (Şekil 1).



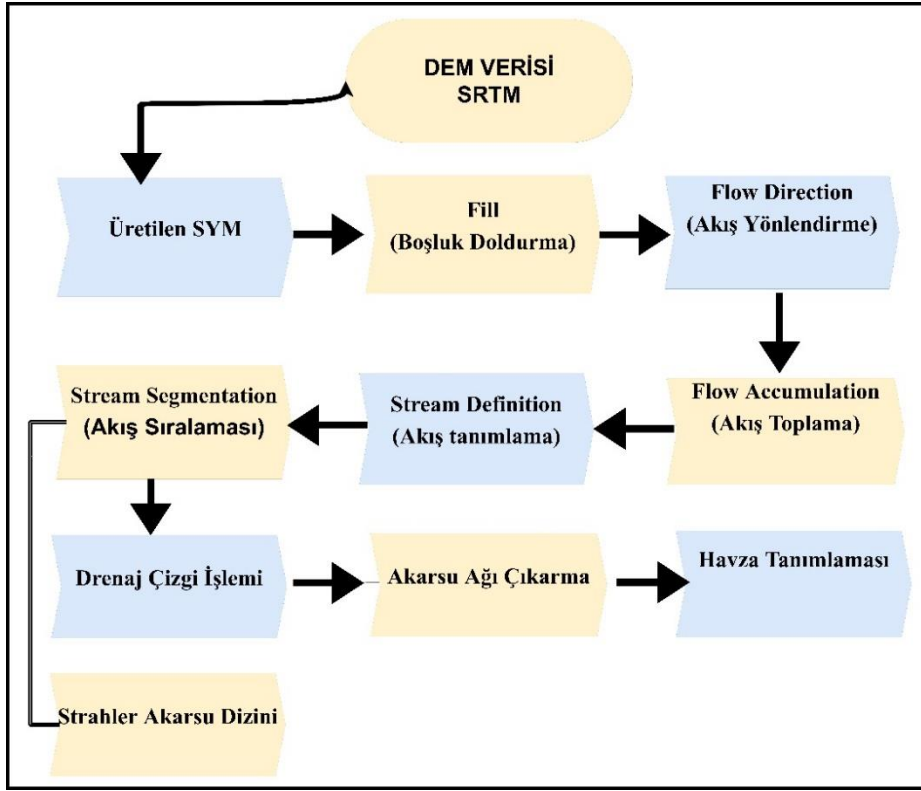
Şekil 1. Karam Dere Alt Havzasının Konumu

Yöntem

Alt Havzaların Tespitinde CBS Kullanımı

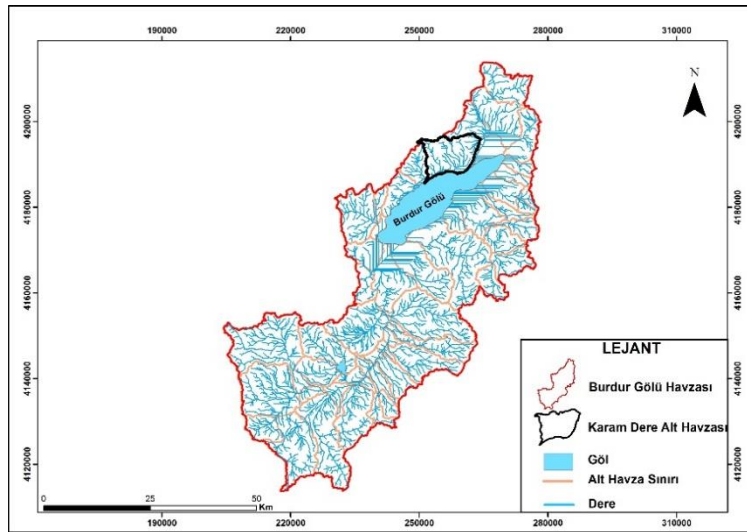
Araştırma alanını oluşturan alt havzanın belirlenmesinde kullanılan veriler, ArcGIS 10.2 ile üretilmiştir. Bu çalışmada, Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) uzaktan algılama verisi ile Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) üretilmiştir (ESRI, 2004; Dursun ve Babalık, 2023). SYM'ler akarsu ağının üretiminde sıklıkla kullanılan önemli verilerdir. Bu verilerin, hidroloji analizine geçilmeden önce uyumlu hale gelmesi için çeşitli işlem adımlarından geçmeleri gerekmektedir (Demir ve Başayığit, 2021; Dursun ve Babalık, 2023).

Burdur Gölü Havzası, SYM kullanılarak ArcHydro modülü aracılığıyla Strahler (1964) metoduna göre hiyerarşik sıralama yöntemine göre oluşturulmuştur (Özhan, 2004). Çalışmada ArcHydro modülü kullanılarak 52 alt havzaya ayrılmış ve bu havzalar arasından Karam Dere Alt Havzası araştırma havzası olarak belirlenmiştir (Şekil 2).



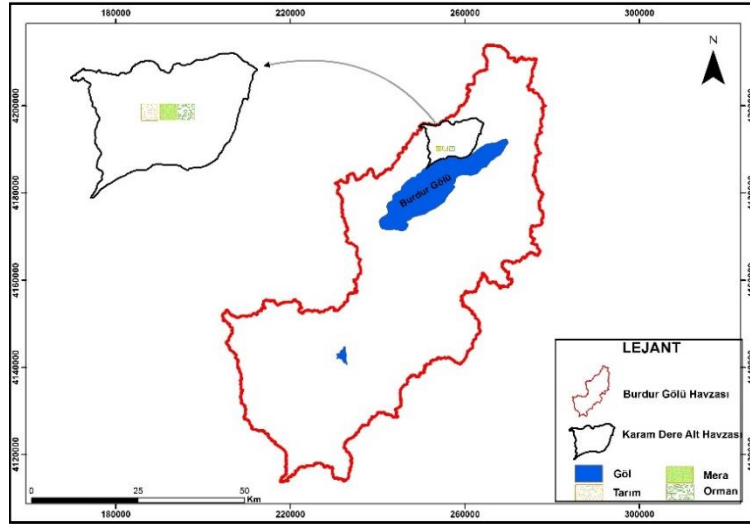
Şekil 2. Havza sınırı belirleme akış çizelgesi (Dursun ve Babalık, 2023)

Alt havzanın belirlenmesinde, öncelikle anakaya grupları sınıflandırılmış, havzada alansal olarak diğer anakaya gruplarına göre daha fazla alanı temsil eden alüvyon, çakıltaşı, kireçtaşı, kumtaşı, melanj ve yamaç molozu anakaya grupları baz alınmıştır. Daha sonra bu anakaya grupları üzerinde üç farklı arazi kullanım durumunda (orman, tarım ve mera) ve iki bakı grubunu (gölgeli ve güneşli) içeren alt havza belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Alt Havza Bölümlendirme Haritası

Sonraki işlemlerde arazi kullanımı, eğim ve bakı gibi faktörler incelenerek Karam Dere Alt Havzası seçilmiştir. 2019-2021 yıllarında alt havzada 3 farklı arazi kullanımında geotekstil parseller kurularak ölçümler gerçekleştirilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Geotekstil Parsellerinin Konumu

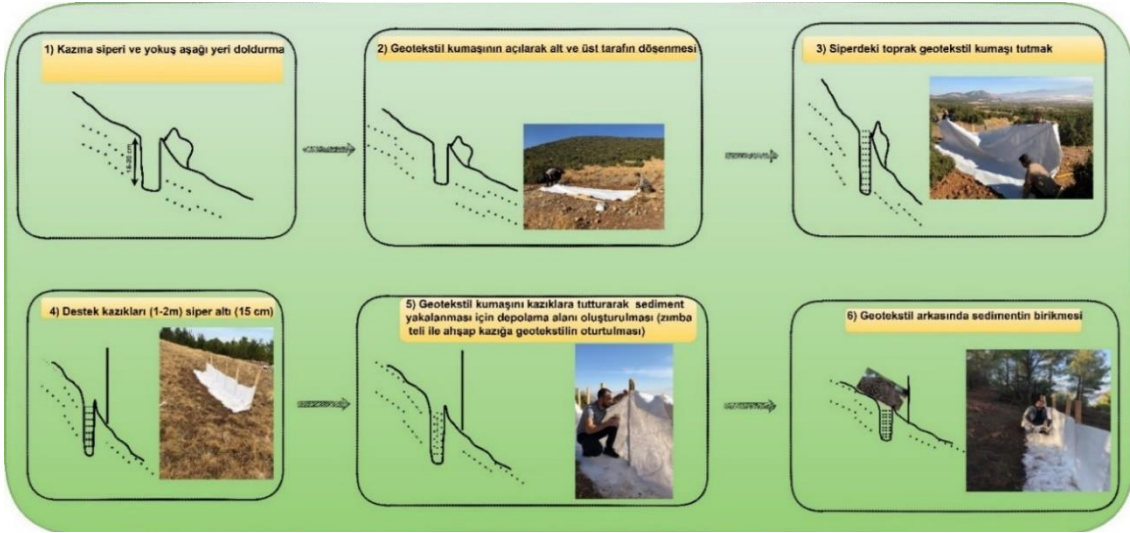
Geotekstil

Erozyon ve sediment kontrol bariyerleri olarak geotekstiller, toprak partiküllerinin bir sahayı terk etmesinin filtrelenmesini sağlama rolünü oynar ve ancak içlerinden su akışına izin vermektedir (Lamy vd., 2013). Geotekstiller, insan müdahalesi altındaki arazilerde saha içi ve saha dışı toprak erozyonunu kontrol etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Mitchell vd., 2003).

Geotekstil, parsel denemeleriyle toprak kaybının belirlenmesinde kullanılan, kurulumu basit ve az bir maliyet gerektiren bir ölçüm aracıdır. Yamaç arazilerde oldukça doğru sonuçlar verdiği bilinen bir yöntemdir (Reis vd., 2012). Genel olarak geotekstiller 3-15 m arasında, yamaçın eğimine karşı kurulmaktadır. Kurulumu gerçekleştirilen geotekstil için üst eğim sınırı 5-61 m arasındadır. Geotekstil önündeki biriktirme alanı 15 m²'den 930 m²'ye kadar değişmektedir (Robichaud ve Brown, 2002).

Geotekstil parsellerinin kurulumu için gerekli olan malzemeler geotekstil kumaşı, kürek, kazma, balyoz, kazıklar, tel zımbadır. Geotekstili toprağa gömmek için açılan çukur 15-20 cm derinliğinde açılmaktadır. Sonrasında açılan çukurların uçları geotekstilden akışı önlemek ve akıştan kaçınmak için yokuş yukarı kıvrılmaktadır. Geotekstil, hendeğin dibini ve yokuş yukarı tarafını kaplayacak şekilde yayılmaktadır. Kazılan toprak, hendeği geri doldurmak için kullanılmaktadır (Robichaud ve Brown, 2002).

Deneme parselleri, 5 m genişlik ve 20 m uzunluk olacak şekilde 100 m² alanda kurulmuştur. Her bir arazi kullanım durumuna (tarım- orman- mera) 100'er m²'lik parseller kurulmuştur. Bu deneme alanında toprak özellikleri, anakaya, eğim faktörü eşit kabul edilip bitki yönetim faktörü de dikkate alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Sahada uygulanan geotekstil uygulamasının şeması Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Geotekstil Uygulama Şeması

Parsellerde biriken toprak örneklerinin toplanması için iki yıllık arazi çalışması yapılmış olup, arazi çalışmaları kapsamında alt havzaya her ay 2 kez gidilmiştir. Geotekstiller yardımıyla taşınan materyalin miktarını ölçmek ve toprakların fiziksel-kimyasal özelliklerini, havzanın hidrolojik ve fizyografik özelliklerini tespit etmek amacıyla bu havzada farklı arazi kullanım durumlarında (tarım-orman-mera) ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Geotekstil parsellerin kurulumu ve ölçüm işlemleri Şekil 6'da örnek olarak verilmiştir. Geotekstillerde biriken toprak miktarında yıllara göre farklılık olup olmadığı, bağımsız örnekleme t testi sonuçlarına göre belirlenmiştir (SPSS Inc., 2011).

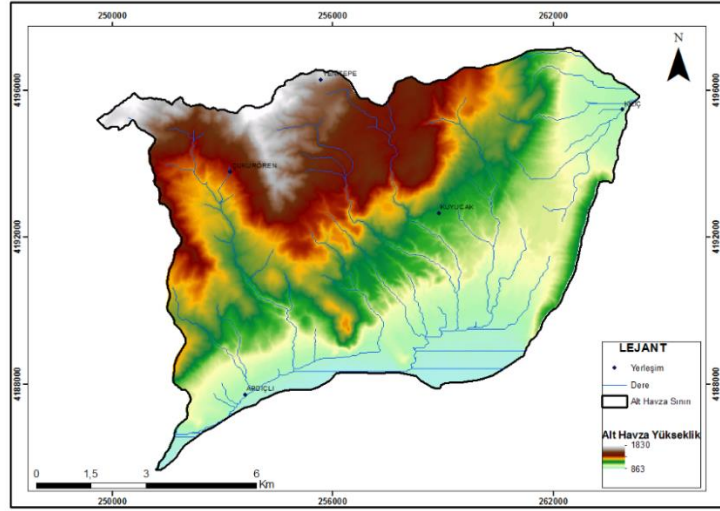


Şekil 6. Karam Dere Alt Havzasında Gerçekleştirilen Ölçümler

BULGULAR

Karam Dere Alt Havzasına ait bulgular ve fizyografik etmenler

Karam Dere Alt Havzası, Isparta ili Keçiborlu ilçesi sınırlarında yer almakta olup, havza Isparta il merkezine yaklaşık olarak 60 km mesafede bulunmaktadır. Alt havzadaki yükselti sınıfları Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Karam Dere Alt Havzası Yükselti Sınıfları Haritası

Yükselti sınıfları bakımından Tablo 1'e bakıldığında en fazla alanı 950-1100 m arası (3059.91 ha), en az yer kaplayan yükselti sınıfı ise 1700-1850 m (43.79 ha) olarak belirlenmiştir. Alt havzada ortalama yükselti 1168.10 m'dir.

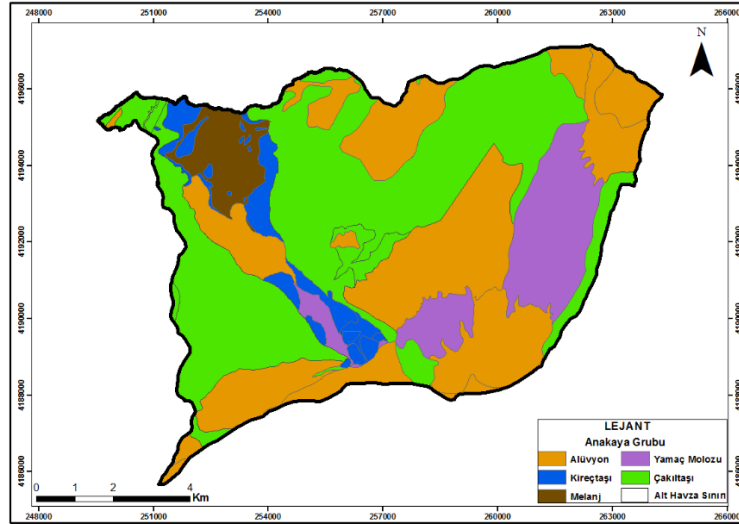
Tablo 1. Karam Dere Alt Havzası Yükselti Sınıfları

Yükselti Sınıfları (m)	Alan (ha)	Oran (%)
796 – 950	1412.75	14.70
950 - 1100	3059.91	31.84
1100 - 1250	2137	22.24
1250 - 1400	1567.21	16.30
1400 - 1550	941.45	9.80
1550 - 1700	448.51	4.67
1700 - 1850	43.79	0.45
Toplam (ha)	9610.72	100

Karam Dere Alt Havzasındaki jeolojik yapının dağılımı Tablo 2'de verilmiştir. Jeolojik yapı incelendiğinde, alüvyon, kireçtaşı, melanj, yamaç molozu ve çakıltası olmak üzere beş farklı anakaya grubunun olduğu belirlenmiştir (Şekil 8). Havza alanının 4071.79 ha'ı (%42.37) çakıltası anakayası üzerinde gelişen topraklardan oluşmaktadır. Alt havzada en az yer kaplayan anakaya ise 402.95 (%4.19) ile melanj olarak bulunmuştur.

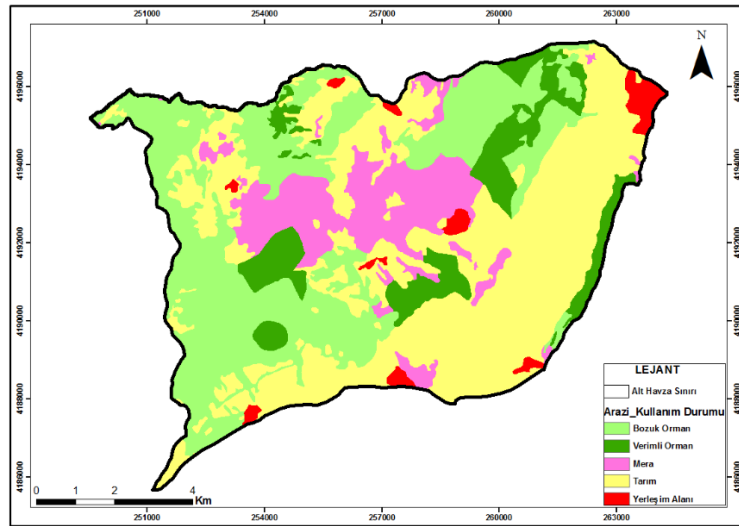
Tablo 2. Karam Dere Alt Havzası Anakaya Sınıfları

Anakaya Sınıfı	Alan (ha)	Oran (%)
Alüvyon	3506.94	36.49
Çakıltası	4071.79	42.37
Kireçtaşı	487.32	5.07
Melanj	402.95	4.19
Yamaç Molozu	1141.72	11.88
Toplam	9610.72	100



Şekil 8. Karam Dere Alt Havzası Anakaya Sınıfları Haritası

Karam Dere Alt Havzasındaki farklı arazi kullanım durumlarının dağılımı Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. Karam Dere Alt Havzası Arazi Kullanımı Haritası

Havzada 4137.13 ha alan ile toplam alanın %43.05'ini orman alanları, 1268.68 ha ile %13.20'sini mera alanları ve 3981.11 ha ile %41.42'sini tarım alanları oluşturmaktadır (Tablo 3).

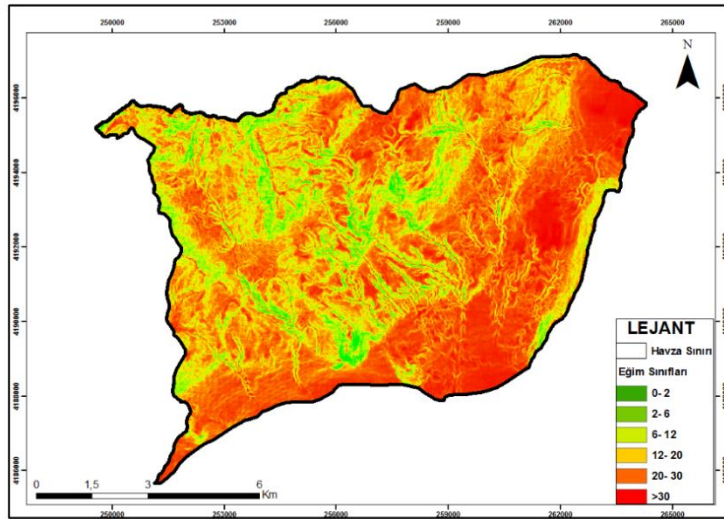
Tablo 3. Karam Dere Alt Havzası Arazi Kullanım Sınıfları

Arazi Kullanım Durumu	Alan (ha)	Oran (%)
Bozuk Orman	3172.29	33.01
Verimli Orman	964.84	10.04
Mera	1268.68	13.20
Tarım	3981.11	41.42
Yerleşim Alanı	223.8	2.33
Toplam (ha)	9610.72	100

Araştırma alanının eğim haritasına göre (Şekil 10), havzanın en fazla eğiminin 2663.10 ha ile %6-12 eğim grubundan oluştuğu, en az eğim ise 20 943 ha ile > %30 eğim grubundan oluştuğu tespit edilmiştir. Ortalama eğim ise %11.17'dir (Tablo 4).

Tablo 4. Karam Dere Alt Havzası Eğim Sınıfları

Eğim Sınıfları (%)	Alan (ha)	Oran (%)
0-2	792.79	8.25
2-6	2357.84	24.53
6-12	2663.10	27.71
12-20	2338.32	24.33
20-30	1249.24	13.00
>30	209.43	2.18
Toplam (ha)	9610.72	100

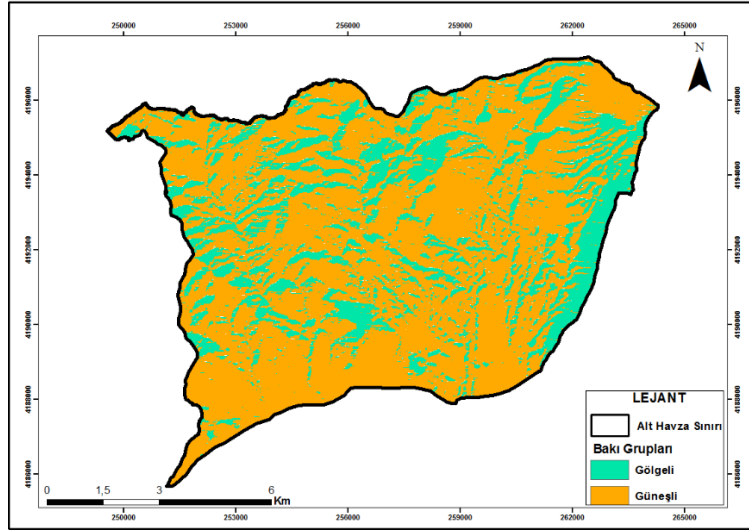


Şekil 10. Karam Dere Alt Havzası Eğim Sınıfları Haritası

Karam Dere Alt Havzasında 2501.21 ha'lık alan gölgeli bakı, 7109.51 ha'lık alan ise güneşli bakı grubunda yer almaktadır (Tablo 5) (Şekil 11).

Tablo 5. Karam Dere Alt Havzası Bakı Grupları

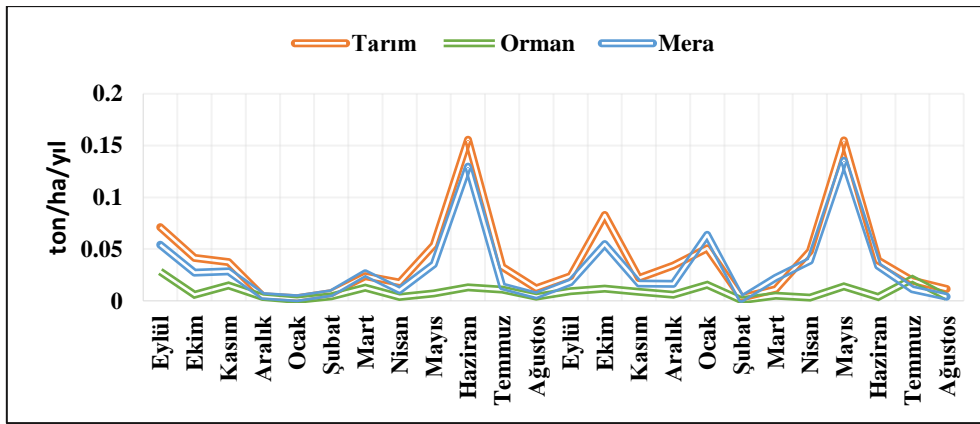
Bakı Grupları	Alan (ha)	Oran (%)
Gölgeli	2501.21	26.02
Güneşli	7109.51	73.98
Toplam (ha)	9610.72	100



Şekil 11. Karam Dere Alt Havzası Bakı Sınıfları Haritası

Geotekstiller ile Erozyon Ölçümü

Geotekstil parsellerden yapılan ölçüm sonucunda, Karam Dere Alt Havzasında arazi kullanım durumlarına göre tarım parselinde ilk yıl 0.460 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.500 ton/ha/yıl, orman parselinde ilk yıl 0.110 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.102 ton/ha/yıl ve mera parselinde ilk yıl 0.345 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.416 ton/ha/yıl taşınan toprak miktarı hesaplanmıştır (Şekil 12) (Tablo 6).



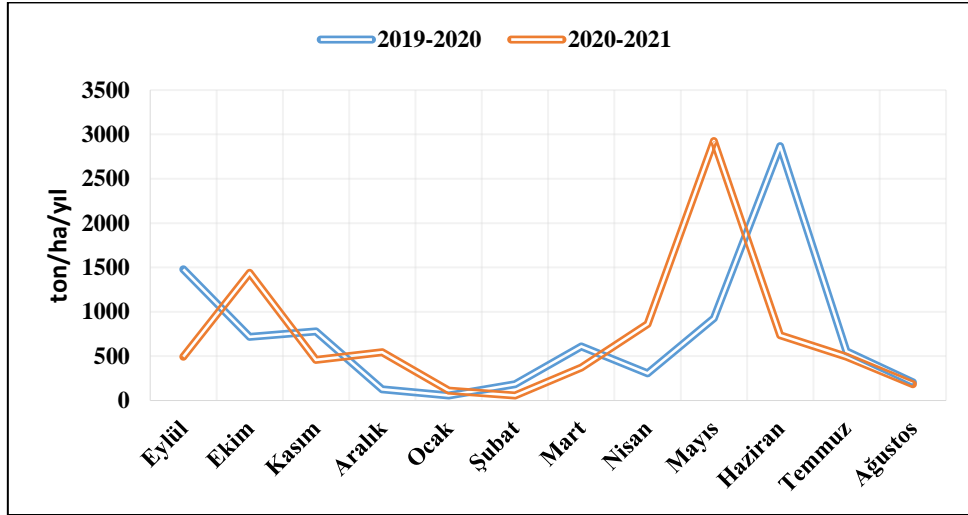
Şekil 12. Karam Dere Alt Havzası Arazi Kullanım Durumlarına Göre Geotekstil Ölçüm Sonuçları

Tablo 6. Karam Dere Alt Havzasında Geotekstil Ölçüm Sonuçları

Havza no	Tarım (ton/ha/yıl)			Orman (ton/ha/yıl)			Mera (ton/ha/yıl)			Toplam (ton/ha/yıl)			Tarım	Orman	Mera
	1.yıl	2.yıl	Ort.	1.yıl	2.yıl	Ort.	1.yıl	2.yıl	Ort.	1.yıl	2.yıl	Ort.			
1	0.460	0.500	0.480	0.110	0.102	0.106	0.345	0.416	0.380	8812.0	8673.0	8472.5	4209.98	929.43	3333.09

Toplam Karam Dere Alt Havzasındaki toplam erozyon miktarı, ilk yıl 8812.0 ton/yıl, ikinci yıl 8673.0 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Hektar başına yıllık erozyona bakıldığında ise ilk yıl 0.915 ton/ha/yıl, ikinci yıl 1.018 ton/ha/yıl olarak belirlenmiştir.

2 yıl boyunca yapılan ölçümler sonucunda taşınımın en fazla olduğu aylar mayıs ve haziran olarak belirlenmiştir (Şekil 13).



Şekil 13. Karam Dere Alt Havzasında Yıllara Göre Geotekstil Ölçüm Sonuçları

Yapılan bağımsız örnekleme t testi sonuçlarına göre geotekstillerde biriken toprak miktarında yıllara göre farklılık olmadığı sonucu bulunmuştur (Tablo 7).

Tablo 7. Geotekstil Parsellerin 2 Yıllık Bağımsız Örnekleme t Testi Sonucu

Alt Havza	F	t	p
1	0.004	-0.261	.796

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırma, Isparta ve Burdur ili sınırları içerisinde yer alan Burdur Gölü Havzasının Karam Dere Alt Havzasında meydana gelen erozyon miktarının belirlenmesine yönelik çalışmaları içermektedir.

Bu bağlamda geotekstil parsellerden elde edilen sonuçlara göre ölçüm sonucunda Karam Dere Alt Havzasında, arazi kullanım durumlarına göre tarım parselinde ilk yıl 0.460 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.500 ton/ha/yıl, orman parselinde ilk yıl 0.110 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.102 ton/ha/yıl, mera parselinde ilk yıl 0.346 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.416 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. Geotekstil parsellerin kurulduğu Karam Dere Alt Havzasında toplam toprak taşınımını ilk yıl 8812.0 ton/yıl, ikinci yıl 8673.0 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Geotekstil ölçüm sonuçlarına göre yapılan istatistiksel analizlerde havza bazında bakıldığında yıllara göre farklılık belirlenmiştir. Bu durumun yıllar arasında değişen yağış, kuraklık, tarım ve ormancılık faaliyetlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Hektar başına yıllık erozyona bakıldığında ise ilk yıl 0.915 ton/ha/yıl, ikinci yıl 1.018 ton/ha/yıl olarak belirlenmiştir. Türkiye bağlamında, su erozyonu nedeniyle yılda 642 milyon ton gibi şaşırtıcı miktarda toprağın aşındığı tahmin edilmektedir; bu da hektar başına ortalama 8.24 ton toprağa karşılık gelmektedir (Erpul vd., 2018). Bu bağlamda araştırma alanında hektar başına toprak kaybı ulusal ortalamasının altında kalmaktadır.

Arazi örtüsü ve kullanımı, erozyon üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Öztürk ve Özcan, 2021). Ediş vd. (2023) yaptıkları araştırmada gerekli toprak koruma tedbirlerinin alınmasıyla arazi kullanım durumunun değişerek arazi bozulmasının dengelendiğini belirtmişlerdir. Araştırmaya göre çalışma bölgesinde 50 yılda %38 oranında toprak erozyonunun azaldığı tespit edilmiştir. Arazi kullanım durumlarına göre erozyona bakıldığında ise orman arazilerinde 297.29 ton ha⁻¹yıl⁻¹, tarım arazilerinde 325.42 ton ha⁻¹yıl⁻¹, otlak alanlarda ise 527.87 ton ha⁻¹yıl⁻¹ olarak hesaplamışlardır. Bu bulgular araştırma bulgularını desteklemektedir.

Arazi kullanım durumu ile eğim arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Örneğin Ediş vd. (2021) yaptıkları araştırmada, havzanın kuzeyinde eğimin yüksek olduğu alanlardaki örtü kapallığı düşük ormanlar, yüksek ve çok yüksek derecede erozyona duyarlı alanları oluşturmaktadır. Ayrıca kuru tarım ve mera alanlarında da örtü kapallığının düşük olması havzanın erozyon risk bakımından hassasiyetini arttırmaktadır. Toprak ve su koruma amacıyla arazi yönetimi ve planlamanın etkin yapılabilmesi için erozyon riski olan alanların önceden belirlenmesi gerekmektedir.

Uluslararası deneysel çalışmalarda, toprak yüzeyinde geotekstillerin kullanımı etkili bir toprak koruma uygulaması olarak değerlendirilmektedir (Bhattacharyya vd., 2010). Müller ve Andrade (2018)'nin sediment kontrolü için geotekstillerin dünyada yaygın olarak kullanıldığını, Brezilya topraklarının filtrasyonu için seçilen geotekstilin uygulanabileceğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte geotekstillere, havza anakaya yapısına göre tercih edilmelidir. Çünkü havzanın anakayası, akıntı ve taşıntı materyallerinin ana kaynağını oluşturmaktadır (Luo vd., 2023).

Günümüzde toprak ve bitki örtüsü üzerindeki bozulmanın kapsamı ve derecesi ile birlikte orman yangını, hidrolojik ve ekolojik açıdan bozulmalarında üst üste gelmesiyle çok daha ağır ekolojik sorunlar ortaya çıkmaktadır (Dutal, 2022; Valkanou vd., 2022). Ekonomik olarak, orman yangınları sonrasında rehabilitasyon çalışmalarından kereste üretimine kadar birçok alanda doğal kaynakların kaybı onlarca hatta yüz milyonlarca dolar tutabilmektedir (Robichaud vd., 2020). Bu bağlamda gerek toprak korunmasında kullanımı gerekse erozyon ölçümünde kullanılması bakımından geotekstillerin önemi günümüzde oldukça fazladır. Geotekstil yönteminin temel özellikleri ve avantajları, farklı koşullarda kurulum kolaylığı, düşük tedarik ve nakliye maliyetidir. Gerekli malzemeler ve ölçüm doğruluğudur. Geotekstil, yamaç erozyonunu ölçmek için en etkili yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir (Dissmeyer, 1982; Robichaud ve Brown, 2002).

Kastridis vd. (2022a)'nin Yunanistan'ın Selanik şehrinin kuzeydoğusunda yer alan kent ormanında yaptığı araştırmada, tüm parsellerden elde edilen toplam erozyon miktarı 0.678 t/ha/yıl olarak hesaplamıştır. Bu araştırmada beklenen bir durum olan, en düşük toprak erozyonu değerleri bozulmamış alanlarda (kontrol) (0.023 t/ha/yıl) kaydedilirken, en yüksek değerler ağaçlandırmanın başarısız olduğu alanlarda (0.51 t/ha/yıl) kaydedilmiştir. Başka bir araştırmada Ergül (2009)'ün Kahramanmaraş ilinde farklı arazi kullanım durumlarında geotekstil parselleriyle kurduğu denemede toprak taşınımının sırasıyla en fazla tarım, mera ve orman arazi kullanım durumlarında olduğunu belirlenmiştir. Araştırmacıların bu bulguları değerlendirildiğinde araştırma havzasına bakıldığında da en az erozyon oranının ormanlık alanlarda ve bitki örtüsünün yoğun olduğu yerlerde gözlemlendiği düşünüldüğünden bu bulgular araştırmayı destekler niteliktedir.

Kastridis vd. (2022b)'ye göre toprak erozyonunu izlemek için genellikle yüksek maliyet gerektiren çeşitli teknikler bulunmaktadır. Ancak yüksek maliyetinin yanında, zaman ve büyük bir çabanın sonucunda erozyon süreci izlenebilmektedir. Toprak erozyonunun gerçek arazi koşullarında, özellikle de dağlık bölgelerde ölçülmesi büyük bir zorluk olmaya devam etmektedir. Araştırmacıların işini kolaylaştıran en uygun ölçüm tekniklerinden birisi olarak geotekstiler gösterilebilir. Geotekstil yardımıyla erozyon ölçümü, hem maliyet hem de zaman açısından oldukça uygun bir yöntemdir. Ancak yöntemin bazı dezavantajları da mevcuttur. Bundan dolayı, çalışma alanı sürekli kontrol edilmelidir. Yaban hayvanları, insan ve diğer doğal etmenlerden kaynaklı zararlarla karşılaşılabilir. Bu bağlamda geotekstillerin sürekli olarak onarım ve bakım işlemleri yapılmalıdır.

Kastridis vd. (2022b)'nin Yunanistan'da yaptığı araştırmaya göre silt fenslerde meydana gelen hasarların çoğu patikaların ve orman yollarının yakınına kurulan silt çitlerde gözlemlenmiştir. Bu alanlarda insan faaliyetleri daha yoğundur. Bu bulgular araştırmada da gözlemlenen sorunların bir kısmını oluşturmaktadır. Araştırmada da benzer problemler olmuştur. Bu sorunun çözümünde ön arazi etüt çalışmaları yapılarak gözlemler yapılmıştır. Yapılan gözlemler sonucunda orman yollarına yakın ve patikalardaki geotekstillerin yerleri değiştirilerek antropojenik etkinin önüne geçilmeye çalışılmıştır. Bu tip çalışmalar için ön arazi çalışmalarının yapılarak saha gözlemlerinin yapılması tavsiye edilmektedir.

Genel olarak, erozyon olgusundaki en önemli etken insan faktörüdür. Uygun olmayan arazi kullanım durumlarının birbirlerine dönüştürülmesi vb. uygulamalar erozyon riskini arttırmaktadır. Açmacılık ve diğer yanlış uygulamalar engellenerek gerek ormanlar üzerindeki baskının azaltılması gerekse de erozyon riskini azaltmak olası bir önlemdir. Ayrıca bitki örtüsünün yetersiz olduğu arazi kullanım durumlarında havza ıslah veya rehabilitasyon çalışmaları yapılmalıdır. Bu şekilde hem yöre hayvancılığına katkı sağlanacak hem de orman alanlarındaki baskı azaltılabilecektir. Havza sınırları içerisinde yaşayan insanlar erozyon konusunda bilinçlendirilerek o yörede yapılacak ağaçlandırma projelerine katılımları da sağlanmalıdır.

Sonuç olarak; geotekstillerle yapılan ölçümlerin daha fazla yaygınlaşması gerek maliyet gerekse de zaman açısından önemlidir. Bilinmelidir ki öngörülemeyen ve tahmin edilemeyen erozyonun önlenmesi ve azaltılması da mümkün olamamaktadır.

YAZAR KATKILARI

İbrahim DURSUN: Arazi ve laboratuvar çalışmaları, istatistiksel analizler, haritaların üretilmesi, makale yazma ve analiz sonuçlarını yorumlama. **Ahmet Alper BABALIK:** Arazi çalışmaları, araştırmanın içeriğinin belirlenmesi, verilerin yorumlanması ve makale düzeltme.

FİNANSAL DESTEK BEYANI

Çalışma için herhangi bir maddi destek alınmamıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

ETİK KURUL ONAYI

Bu çalışma için etik kurul onayı gerekmemektedir.

TEŞEKKÜR

Bu makale Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nde tamamlanan "Burdur Gölü Havzasında Meydana Gelen Toprak Erozyonunun Coğrafi Bilgi Sistemleri ve WEPP Erozyon Tahmin Modeli Kullanılarak Belirlenmesi" başlıklı Doktora Tezinden üretilmiştir. Emeği geçen kurum ve kişilere teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Atayeter, Y. (2000). Burdur'un iklim özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Burdur Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1 (1), 260-270.
- Artun, O., Dinç, A. O. & Şatır, O. (2017). Estimation of soil losses using various soil erosion models in a sample plot in Mediterranean part of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26 (5), 3385-3394.
- Aydın, M. (2009). Gümüşhane-Torul Barajı Yağış Havzasında arazi kullanımına göre WEPP (Water Erosion Prediction Project) modeli ile toprak kayıplarının belirlenmesi ve alınması gereken önlemler. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9(1), 54-65.
- Aydoğdu, S. (2019). YARDOP uygulama alanlarındaki yangın emniyet yol ve şeritlerinde meydana gelen erozyon miktarının geotekstil (Silt fence) kullanılarak belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Bhattacharyya, R., Smets, T., Fullen, M. A., Poesen, J. & Booth, C. A. (2010). Effectiveness of geotextiles in reducing runoff and soil loss: A synthesis. *Catena*, 81(3), 184-195.
- Bugg, R. A., Donald, W., Zech, W. & Perez, M. (2017). Performance evaluations of three silt fence practices using a full-scale testing apparatus. *Water*, 9(7), 502.
- Demir, S. & Başayığit, L. (2021). Fiziyografyadaki değişimin profil gelişimine ve toprak özellikleri üzerine etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 8(3), 261-272.
- Dursun, İ. (2022). Burdur Gölü Havzasında meydana gelen toprak erozyonunun coğrafi bilgi sistemleri ve WEPP erozyon tahmin modeli kullanılarak belirlenmesi. Doktora Tezi. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi.
- Dursun, İ. & Babalık, A.A. (2023). Burdur Gölü Havzasındaki morfometrik parametrelerin ve erozyon durumunun değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 24(1), 25-38.
- Dissmeyer, G. E. (1982). How to use fabric dams to compare erosion from forestry practices. *Forestry report SA-FR*; 13.
- Dutal, H. (2022). Determination of the impact of forest fires on soil erosion risk by using the ICONA model: a case study of Ayvalı Dam Watershed. *Turkish Journal of Forest Science*, 6(2), 510-538.
- Ediş, S., Aytas, İ. & Özcan, A.U. (2021). ICONA modeli kullanarak toprak erozyon riskinin değerlendirilmesi: Meşeli (Çubuk/Ankara) Havzası Örneği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 15-22.
- Ediş, S., Timur, Ö. B., Tuttu, G., Aytas, İ., Göl, C. & Özcan, A. U. (2023). Assessing the Impact of Engineering Measures and Vegetation Restoration on Soil Erosion: A Case Study in Osmancık, Türkiye. *Sustainability*, 15(15), 12001.

- Ergül, A. H. (2009). Kartalkaya Barajı yağış havzasında farklı arazi kullanım şekilleri altındaki arazilerden Geotekstil (Silt Fence) kullanılarak toprak kayıplarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.
- Erpul, G., Şahin, S., İnce, K., Küçümen, A., Akdağ, M.A., Demirtaş, İ. & Çetin, E. (2018). Türkiye su erozyonu atlası. Tarım ve Orman Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute), 2004. Getting Started with ArcGIS. Redlands: Environmental Systems Research Institute Inc.265.
- Giroud, J. P. (2010). Development of criteria for Geotextiles and Granular Filters. *Proc 9th International Conference on Geosynthetics*, 23-27 May, Guarujá, Brazil, (pp. 45-64).
- Kastridis, A., Stathis, D., Sapountzis, M. & Theodosiou, G. (2022a). Insect outbreak and long-term post-fire effects on soil erosion in mediterranean suburban forest. *Land*, 11(6), 911.
- Kastridis, A., Margiorou, S. & Sapountzis, M. (2022b). Check-Dams and Silt Fences: Cost-Effective Methods to Monitor Soil Erosion under Various Disturbances in Forest Ecosystems. *Land*, 11(12), 2129.
- Koerner, R. M. (2005). *Designing with Geosynthetics*. (5th ed.). Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson Prentice Hall.
- Lamy, E., Lassabatere, L., Bechet, B. & Andrieu, H. (2013). Effect of a nonwoven geotextile on solute and colloid transport in porous media under both saturated and unsaturated conditions. *Geotextiles and Geomembranes*, 36, 55-65.
- Luo, S. L., Huang, D., Peng, J. B., Aierken, A., Li, Z., Kuang, X. B. & Tomás, R. (2023). Performance and application of a novel drainage anti-slide pile on accumulation landslide with a chair-like deposit-bedrock interface in the Three Gorges Reservoir area, China. *Computers and Geotechnics*, 155, 105199.
- Müller, M. & Andrade E.M. (2018). Construction methodology and dimensioning of silt fences: scientific, normative and laboratorial review. *11th International Conference on Geosynthetics*, 16–21 September, Seoul, South Korea.
- Mitchell, D. J., Barton, A. P., Fullen, M. A., Hocking, T. J., Zhi, W. B. & Yi, Z. (2003). Field studies of the effects of jute geotextiles on runoff and erosion in Shropshire, UK. *Soil Use And Management*, 19(2), 182-184.
- Özalp, M., Erdoğan Yüksel, E. & Yıldırım, S. (2017). Subdividing large mountainous watersheds into smaller hydrological units to predict soil loss and sediment yield using the GeoWEPP model. *Polish Journal Of Environmental Studies*, 26(5), 2135-2146.
- Özvan, H., Arık, B., Şatır, O. & Bostan, P. (2022). Bendimahi alt havzası potansiyel erozyon riskinin CORINE ve ICONA modelleri kullanılarak haritalanması. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26(3), 389-404.
- Özhan, S. (2004). Havza Amenajmanı. İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Özcan, A. U. & Aytas, İ. (2020). Effects of soil erosion on doline lake degradation within karst landscapes: Bakkal Lake, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 192, 1-16.
- Öztürk, A. & Özcan, A.U. (2021). Uzaktan algılama teknikleri kullanarak RUSLE-C faktör haritalarının oluşturulması: Kırıkkale/Sarıklı Havzası. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 7(2), 143-151.
- Reis M., Savacı G. & Baltacı E. (2012). “Kahramanmaraş İli Keklik Deresi Yağış Havzasında Geotekstil (Silt Fence) Kullanılarak Erozyon ile Kaybolan Toprak

- Miktarının Belirlenmesi. *I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, 26-28 Ekim, Kahramanmaraş. KSÜ Doğa Bil. Dergisi, Özel Sayı, 261-265.
- Robichaud, P.R. & Brown, R.E. (2002). Silt Fences: An Economical Technique for Measuring Hillslope Soil Erosion. United States Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, *General Technical Report*, 94s.
- Robichaud, P. R., Lewis, S. A., Brown, R. E., Bone, E. D. & Brooks, E. S. (2020). Evaluating post-wildfire logging-slash cover treatment to reduce hillslope erosion after salvage logging using ground measurements and remote sensing. *Hydrological Processes*, 34(23), 4431-4445.
- Rollin, A. & Lombard, G. (1988). Mechanisms affecting long-term Filtration behavior of Geotextiles. *Geotextiles and Geomembranes*, 7(1), 119-145.
- Sabiri, N.E., Caylet, A. Montillet, A. & Laurence, L.C. (2017). Performance of Nonwoven Geotextiles on Soil Drainage and Filtration. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 21, 1-19.
- Strahler, A.N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: Handbook of Applied Hydrology (Ed: Chow, V.), McGraw Hill, New York, pp. 9-76.
- SPSS Inc., (2011). IBM SPSS Statistics 20 Core System User's Guide, Chicago, IL, USA.
- Valkanou, K., Karymbalis, E., Bathrellos, G., Skilodimou, H., Tsanakas, K., Papanastassiou, D. & Gaki-Papanastassiou, K. (2022). Soil Loss Potential Assessment for Natural and Post-Fire Conditions in Evia Island, Greece. *Geoscience*, 12, 367
- Veylon, G., Stoltz, G., Mériaux, P., Faure, Y. H. & Foltz, N. T. (2016). Performance of Geotextile Filters after 18 years' service in Drainage Trenches. *Geotextiles and Geomembranes*, 44(4), 515-533.
- Yüksel Erdoğan, E., Özalp, M. & Yıldırım, S. (2019). Predicting Soil Erosion Status of the Düz Creek Watershed in Artvin. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 19(3), 290-298.