

Ladin meşceresinde heyelanın üst toprak karbon stoğundaki değişime etkisinin incelenmesi (Trabzon –Maçka örneği)

Investigating the effect of landslide on the changes in topsoil carbon stock in a spruce stand (A case study of Trabzon- Maçka)

Filiz YÜKSEK¹
Abdurrahman SEMERCİOĞLU²
Halil DAĞDELEN²
Eray ÖZDEMİR³
Hakan ERSOY⁴
Murat KARAHAN⁴

¹ Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize
² Doğu Karadeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon
³ Orman Genel Müdürlüğü, Dış İlişkiler, Eğitim ve Araştırma Dairesi Başkanlığı, ANKARA
⁴ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

Sorumlu yazar (Corresponding author)
Filiz YÜKSEK
filiz6108@gmail.com

Geliş tarihi (Received)
18.03.2024
Kabul Tarihi (Accepted)
06.05.2024

Sorumlu editör (Corresponding editor)
Şükrü Teoman GÜNER
stguner@bartin.edu.tr

Atf (To cite this article): Yüksek, F., Semercioğlu, A., Dağdelen, H., Özdemir, E., vd. (t.y.). Ladin meşceresinde heyelanın üst toprak karbon stoğundaki değişime etkisinin incelenmesi (Trabzon –Maçka örneği). Ormanlık Araştırma Dergisi, 11(1), 55-64. <https://doi.org/10.17568/ogmoad.1294991>



Creative Commons Atf -
Türetilemez 4.0 Uluslararası
Lisansı ile lisanslanmıştır.

Öz

İklim değişiminin yağış rejimlerini etkilemesi nedeniyle, özellikle dağlık ve yoğun yağış alan topografyalarda heyelanların meydana gelme sıklığında ve büyüklüğünde artış görülmektedir. Bu durumun arazinin karbon depolama kapasitesini etkilediği bilinse de; bu konudaki sayısal veriler yetersizdir. Bu çalışmada; Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü'nde heyelan geçirmiş ormanlık alan ile yakınındaki heyelana uğramamış ormanlık sahadan alınan toprak örnekleri üzerinde bazı toprak özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca her iki nitelikteki alanda üst toprakta ne kadar karbon depolandığı hesaplanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; heyelan sonrası orman toprağının pek çok özelliğinde anlamlı değişimler tespit edilmiştir. Ormanlık alanda 65,33 Mg/ha organik karbon depolanırken heyelan görmüş sahada 15,48 Mg/ha karbon depolandığı belirlenmiştir. Dolayısıyla heyelan sonrası ormanlık alanın üst toprağındaki karbon stoklarında %76,31'lik bir azalma meydana geldiği görülmüştür. Ayrıca toprak tekstüründe meydana gelen değişimden dolayı; heyelanın, üst toprağın karbon depolama kapasitesini de düşürebileceği kanaatine varılmıştır. Bu nedenle yüksek yağış alan dik topografyaya sahip Karadeniz Bölgesinde, heyelanların karbon yutaklarına etkisini belirlemek amacıyla yapılacak modelleme çalışmalarına öncelik verilmelidir. Ayrıca heyelanın etkisini azaltacak ya da heyelan sonrası karbon depolama kapasitesi ile ilgili süreçleri ortaya koyacak araştırmalar yapılmalıdır.

Anahtar kelimeler: Heyelan, organik karbon, toprak özellikleri, ladin, *Picea orientalis*

Abstract

Due to climate change affecting rainfall regimes, there is an increase in the frequency and size of landslides, especially in mountainous topographies with very high rainfall amounts. Although it is known that this situation affects the carbon storage capacity of the land, numerical data on this subject are insufficient. In this study; some soil properties were determined on soil samples taken from the landslide forest area and an adjacent non-landslide forest area in Trabzon Regional Directorate of Forestry. In addition, it was calculated how much carbon was stored in the topsoil in both areas. According to the research results, significant changes were detected in many properties of the forest soil after the landslide. It was determined that 65.33 Mg C/ha of organic carbon was stored in the topsoil in the forest area (spruce stand), while 15.48 Mg C/ha of carbon was stored in the landslide area. Therefore, it was observed that there was a 76.31% decrease in carbon stocks in the topsoil in the forest area after the landslide. It was also concluded that landslides may reduce the carbon storage capacity of the topsoil due to the change in soil texture. Therefore, priority should be given to modeling studies to determine the effect of landslides on carbon sinks in the Black Sea Region, which has a steep topography with high rainfall. In addition, research should be conducted to reduce the effect of the landslide or to reveal the processes related to the carbon storage capacity after the landslide.

Keywords: Landslide, organic carbon, soil properties, spruce, *Picea orientalis*

1. Giriş

Heyelan genel olarak; toprak, moloz ya da kaya kütlelerinin bir eğim boyunca hareketi olarak tanımlanmaktadır (Cruden, 1991). Kütle hareketleri; jeolojik, jeomorfolojik, klimatolojik ve meteorolojik etken ve süreçler veya insan müdahalelerine bağlı olarak, yamaç dengesinin bozulması nedeniyle meydana gelmektedir (Öztürk, 2002). Heyelanlar sebep oldukları maddi ve manevi hasarlardan dolayı genel olarak doğal bir süreçten çok bir afet olarak kabul edildikleri için, bu konuda yapılan araştırmalar daha çok nedenleri, süreçleri ve meydana getirdikleri maddi kayıplar üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak son yıllarda iklim değişimlerinin etkilerinin araştırılması ve karbon salımıyla ilgili çalışmalara önem verilmesi heyelan ile ilgili çalışmaların sayısının ve içeriğinin artmasına neden olmuştur. Özellikle bazı araştırmaların heyelanların global karbon döngüsünü oldukça etkilediğini ortaya koyması (Clark ve ark., 2015); bu konuda yapılan çalışmalara ayrı bir önem verilmesine de sebep olmuştur.

Hem iklim değişiminin yağış rejimlerini etkilemesi nedeniyle özellikle dağlık ve yoğun yağış alan arazilerde heyelanların meydana gelme sıklığının ve büyüklüğünün artış göstermesi, hem de karbon yutaklarını etkileyen bu kütle hareketinin meydana getirdiği etkinin sayısal verilerle ortaya koyulması gerekliliği araştırmaları bu yöne kaydırmıştır. Zira sera gazı hesaplamalarında arazide yapılan ölçümlerle elde edilen sayısal veriler oldukça önemlidir. Çünkü doğru ve ayrıntılı bir arazi örneklemesine dayalı olarak yapılan karbon stok değişim hesaplamalarında, hata oranı düşük olmaktadır.

İklim değişikliği ile ilgili olarak ülkelerde taahhüt edilen hesaplamaları istenilen seviyeye ulaştırmak, arazi bozulmasının karbon yutakları üzerindeki olumsuz etkisini azaltmak ve uyum kapasitesini artırmak amacıyla çalışılması gereken konulardan bir tanesi de heyelandır. Genel olarak heyelandan sonra toprakların hacim ağırlığında ve iskelet oranında bir artış olduğu ve topraktaki organik karbonun azaldığı bazı çalışmalarda (Wilcke ve ark., 2003; Parlak, 2020; Cheng ve ark., 2016; Van Eynde ve ark., 2017) ortaya konulmuştur. Ayrıca heyelan sonrası toprak özelliklerindeki değişimlerin sahaya özgü olabileceği ve heyelan tipine bağlı olarak değişiklik gösterebileceği de ifade edilmiştir (Cheng ve ark., 2016).

Heyelan sonucu üst toprakta ne kadar organik karbonun kaybolduğunu sayısal verilerle ortaya koymak ulusal düzeyde üçüncü seviye hesaplamalarına geçmek için de bir adım niteliğindedir. Çünkü heyelandan önce karbon yutağı olan bu alanlar,

heyelandan sonra net karbon salımı yapan bir sahaya dönüşebilmektedir. Nitekim Jiang ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmada; heyelana uğramış yol şevlerinin, heyelan geçirmeyen yol şevlerine oranla daha düşük toplam, kolayca okside olabilen ve toprak taneciklerine bağlı organik karbona sahip olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla heyelan farklı nitelikteki organik karbonun azalmasına da yol açabilmektedir. Liu ve ark. (2022)'nin deprem sonrası heyelana uğramış alanda yaptıkları araştırmada ise; deprem sonrası meydana gelen heyelanların ekosistemdeki karbon stoğunu olumsuz etkilediği ve topraktaki karbon stoğunu 96,38 Mg/ha'dan 6,77 Mg/ha'a düşürdüğü tespit edilmiştir. Basher ve ark. (2018) ise Yeni Zelanda'da yaptıkları çalışmada; heyelanın hem parsel hem de arazi düzeyinde topraktaki organik karbon stoklarını azalttığını, heyelandan 70 yıl sonra bile topraktaki karbon stoklarının erozyona uğramamış parsellerden daha az olduğunu ifade etmişlerdir. Bu da çeşitli nedenlerle heyelana uğramış alanlardaki karbon stoklarında ciddi kayıpların meydana gelebileceğinin bir göstergesi olabilir.

Özellikle son yıllarda yağış rejimindeki değişim ve arazi kullanım alışkanlıkları nedeniyle Doğu Karadeniz Bölümü sık ve büyük heyelanlara maruz kalmaktadır. Fidan ve Görüm (2020) çalışmalarında; 1929'dan 2019'a kadar Türkiye'de meydana gelen kayıtlı ölümcül heyelanların dağılımını ve frekansını belirlemişler ve Doğu Karadeniz Bölümünde yer alan il ve ilçelerdeki ölümlü heyelan frekansının, ülkenin diğer engebeli bölümlerinden çok daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'nın afet istatistikleri (AFAD 2020) üstteki araştırmanın doğruluğunu ortaya koymaktadır. 1950-2019 yılları arasında Türkiye'de meydana gelmiş heyelanlara bakıldığında; Trabzon ili 1.673 adet heyelan ile ilk sıradadır ve bu rakam ortalama yılda 24 heyelana karşılık gelmektedir. Onu 1.319 heyelan ile Rize, 939 heyelan ile Erzurum ve 915 heyelan ile Giresun izlemiştir. Bu dört ildeki sayı 1950'den günümüze ülkemizde meydana gelen toplam 23.286 heyelanın yaklaşık %21'ini oluşturmaktadır (AFAD, 2020). Dolayısıyla bu yörede heyelanla ilgili çalışma yapmak oldukça önemlidir.

Bu araştırma aynı zamanda; Arazi Kullanımı, Arazi Kullanımı Değişikliği ve Ormancılık (AKAK-DO) sektöründeki hesaplamalarda (TOB, 2019) ve bu konuda Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ve Orman Genel Müdürlüğü (OGM) koordinasyonu ile yapılacak uzun dönemli izleme çalışmalarını için ilk adım niteliğindedir. Ayrıca heyelanın yıkıcı etkilerinin sadece maddi-manevi hasar yönünden değil, başka yönlerden de olabileceğini

vurgulamak için de önemlidir. Çalışma, karbon salınımlarıyla ilgili ulusal düzeyde araştırılması gereken bu konuda, öncelik düzeyinin belirlenmesine de ışık tutacaktır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Araştırma sahası, Karadeniz Bölgesi'ne ait Doğu Karadeniz Bölümü'nde bulunan Trabzon ilinin Maçka ilçesi Zaferli Mahallesi Mevkiinde 40°48'40" K-39°38'51"D ve 40°48'58"K-39°39'12"D boylamında bulunmaktadır. Genel olarak dağlık araziye sahip bu sahanın ortalama yükseltisi 1042 m, ortalama eğimi %56,8 ve hakim bakışı kuzey-kuzey batıdır (Şekil 1).



Şekil 1. Araştırma alanı
Figure 1. The study area

Araştırma alanlarının sınırları içinde herhangi bir meteoroloji istasyonu bulunmadığından iklim tipinin belirlenmesinde, örnekleme alanlarına en yakın uzun dönemli ölçüm yapan Trabzon Meteoroloji İstasyonu'nun (MGM, 2020) rasat değerleri kullanılmıştır. Thornthwaite Yöntemi ile yapılan değerlendirmeye göre; çalışma sahasında C2 B'1 s b'3 sembolleri ile tanımlanan, yarı nemli, orta sıcaklıkta (mezotermal), su noksanı yaz mevsiminde ve orta derecede olan, okyanus iklimine yakın iklim tipi hakimdir. Trabzon Meteoroloji İstasyonundan enterpole edilmiş ortalama verilerine baktığımızda; araştırma alanının yıllık ortalama sıcaklığı 9,6 °C olarak tespit edilirken, ortalama en düşük sıcaklık -6,2 °C ile şubat ayında, en yüksek ortalama sıcaklık ise 24,6 °C ile ağustos ayında gö-

rülmüştür. Yıllık ortalama toplam yağış ise 1289,1 mm olup, yılın en yüksek yağış alan ayı 153,1 mm ile ekim ayı olurken; düşük yağış alan ayı ise 73,7 mm ile temmuz ayıdır (Tablo1).

1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası'nın Trabzon paftası içinde kalan araştırma alanı üst kretase volkanitler ve sedimentler kayalar olarak tanımlanmıştır (MTA, 2023).

Araştırma sahasında heyelana uğramamış ormanlık alanın meşçere tipi Lcd1'dir. Üst tabakada farklı gelişim çağlarında ladin (*Picea orientalis*) bulunurken; alt tabakada yoğun olarak *Fragaria vesca*, *Carex pendula*, *Primula acaulis*, *Rhododendron ponticum*, *Clinopodium grandiflorum*, *Calystegia silvatica* ve *Rubus* sp. türleri bulunmaktadır. Bu türlere *Salvia forskahlei*, *Lapsana communis*, *Pteridium aquilinum*, *Dryopteris filix-mas*, *Plantago major* ve *Juncus effusus* türleri orta yoğunlukta eşlik etmektedir. Ayrıca *Lonicera orientalis*, *Quercus* sp., *Polygonatum multiflorum*, *Euonymus europaeus* ve *Bidens frondosa* türleri de alt tabakaya az miktarda da olsa katılmaktadır.

Heyelan geçirmiş sahada ise heyelandan önce, yukarıda bahsi geçen üst ve alt tabaka elemanları bulunurken, heyelandan sonra çok az da olsa *Picea orientalis*, *Calystegia silvatica*, *Nasturtium officinale*, *Dryopteris filix-mas*, *Carex pendula* ve *Juncus effusus* gibi türler tespit edilmiştir. Ancak heyelan 2022 yılı nisan ayında meydana geldiğinden mevcut türler sahada oldukça seyrek.

Heyelan geçirmiş sahanın geçmişte c ve d çağlarında olan bir ladin meşçeresi (ormanı) niteliğini taşıdığı tespit edilmiştir. Yamaçtaki hareketliliğin yukarı havzada bulunan yaylalara ulaşımı sağlayan yolun genişletilmesinden sonra başladığı, alanın kullanıcıları tarafından ifade edilmiştir. Heyelanın gerçekleştiği kısımda heyelan yaşanmadan önce; uzun süreli ve şiddetli yağmurlardan sonra, yol çevresinde yer yer küçük akınlar ya da çökmeler meydana geldiği bilgisine de ulaşılmıştır. Ormanlık alanın üst rakımlarında 2022 yılı nisan ayında (kar erimesinin devam ettiği sırada) kısa süreye sahip yüksek şiddette ve miktarda meydana gelen yağışlardan sonra heyelanın oluştuğu (geldiği) ifade edilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda oluşan heyelanın ortalama olarak 14,5 m genişliğinde ve 79 m boyunda olmak üzere 1106 m² büyüklüğünde olduğu tespit edilmiştir.

2.2. Yöntem

Heyelanın bu yörede üst toprağın karbon tutma özellikleri açısından davranış biçimini belirlemek için, heyelan geçirmiş ormanlık alan ile yakının-

Tablo 1. Araştırma alanının iklim verileri
Table 1. Climatic data of the research area

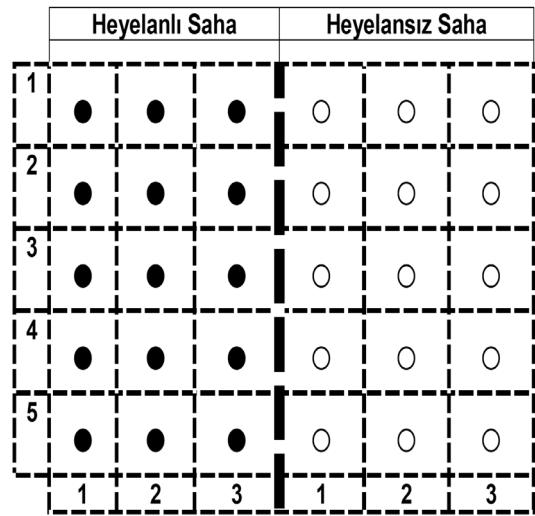
Bilanço elemanları		A Y L A R												Vejetasyon		Yıllık
														Devresi		
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	İçi**	Dışı	
Sıcaklık	°C	2,4	2,2	3,3	6,6	10,8	15,1	17,9	18,3	15,3	11,6	7,9	4,4			9,6
Sıcaklık indisi	İ	0,3	0,3	0,5	1,5	3,2	5,3	6,9	7,1	5,4	3,6	2,0	0,8			37,0
Düzeltilmemiş PE*	mm.	9,9	8,9	14,0	30,2	50,9	73,4	88,2	90,4	74,7	55,2	36,2	19,4			
Güneşlenme süresine göre tashih emsali	PE	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,26	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81			
Düzeltilmiş PE	PET	8,3	7,4	14,4	33,5	63,1	92,0	111,2	107,0	77,4	52,9	30,1	15,7	503,7	109,5	613,2
Yağış	Y	121,4	102,8	97,1	95,3	90,8	89,8	73,7	86,5	116,3	153,1	139,4	123,0	610,1	679,0	1289,1
Depo Değişikliği	Dd	-	-	-	-	-	-29,3	-70,7	-	-	13,4	29,5	57,2			
Depolama	D	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	70,7	-	-	-	13,4	42,8	100,0			100,0
Gerçek Evapotranspirasyon	GET	-	7,5	24,4	44,3	73,7	98,3	95,0	24,9	35,0	43,5	16,6	-	326,8	136,3	463,1
Su noksanı	Sn	-	-	-	-	-	-	20,3	91,0	43,5	-	-	-	154,8	0,0	154,8
Su fazlası	Sf	58,2	35,0	40,3	11,9	11,2	-	-	-	-	-	-	9,3	11,2	154,6	165,9
Yüzeysel Akış	Yü1	33,7	46,6	37,6	26,1	11,6	5,6	-	-	-	-	-	4,6	17,2	148,7	165,9
"	Yü2	31,5	33,2	36,7	24,3	17,8	8,9	4,4	2,2	1,1	0,6	0,3	4,8	0,0	165,9	165,9
Nemlilik Oranı	Ne	13,6	12,8	5,7	1,8	0,4	0,0	-0,3	-0,2	0,5	1,9	3,6	6,8			
İklim tipi		C2 B'1 s b'3: Yarı nemli, orta sıcaklıkta (mezotermal), su noksanı yaz mevsiminde ve orta derecede olan, okyanus iklimine yakın iklim														

*PE: Potansiyel evapotranspirasyon, **V. aydan itibaren XI. aya kadar vejetasyon devresi içi olarak alınmıştır.

daki heyelana uğramamış ormanlık sahadan aynı büyüklükte birer örnek alan seçilmiştir. Araştırma, arazi, laboratuvar ve değerlendirme çalışmaları olarak üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

2.2.1. Arazi çalışmaları

Arazi çalışmasına başlamadan önce, sahanın çalışmaya elverişli hale gelmesi (alandaki güvenli dolaşımın sağlanacağı şekilde kütle hareketinin bitmesi ve sahadaki toprak örneği almaya uygun şekilde toprağın kuru hale gelmesi) beklenmiştir. Uygun şartlar sağlandığında örnek alana gidilmiş ve heyelan geçirmiş alan ile yakınındaki benzer arazi özelliklerine sahip ve heyelana uğramamış ormanlık sahadaki aynı büyüklükte (1150 m²) birer örnek alanı oluşturulmuştur. Heyelan sonrası topraklarda meydana gelen değişimi daha iyi ortaya koyabilmek ve sahadaki tekrar niteliğinde örnek alanları oluşturabilmek için de Grid sistemi oluşturulmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Araştırma sahasına ait deneme deseni
Figure 2. Experimental desing of the study area: right) Not-landslided plot, left) Landslided plot

Toprak örneği alınacak yerlerin tespiti için her iki örnek alan yatayda 5, dikeyde ise 3 eşit parçaya bölünmüş, her bir alanda 15 adet örnekleme parseli oluşturulmuştur. Oluşturulan bu örnekleme parsellerinin orta noktasından 0-30 cm derinlik kademesinden bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Yatayda örnek alınan noktaların arasındaki uzaklık 6 m ve dikeyde ise 12 m'dir (Şekil 2).

2.2.2. Laboratuvar çalışmaları

Örnek alanlardan toplam 30 adet toprak örneği (15 adet heyelan geçirmiş sahadan ve 15 adet ormanlık alandan) alınarak Doğu Karadeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ait laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvarında doğal halde hava kuru hale gelinceye kadar kurutulmuş örnekler daha sonra öğütülerek analizlere hazırlanmıştır.

Tekstür analizi Bouyoucos'un Hidrometre Yöntemine göre yapılmıştır. Hidrometre değerlerinden elde edilen veriler üzerinde gerekli sıcaklık düzeltmeleri yapıldıktan sonra kum (%), toz (%) ve kil (%) oranları hesaplanmıştır (Gülçur, 1974). Tekstür sınıfları uluslararası tane çapları sınıfına göre değerlendirilmiştir. Hacim ağırlığı değerleri ise doğal yapısı bozulmamış toprak örnekleri üzerinden g/cm^3 olarak hesaplanmıştır (Blake ve Hartge, 1986; Grossman ve Reinch, 2002).

İskelet ve ince toprak miktarı hacim ağırlığı silindir örnekleri üzerinden belirlenmiştir. 2 mm elekten geçirilerek elde edilen topraklardan ince toprak miktarı ve elekten üstünde kalan kısımdan ise iskelet miktarı olarak belirlenmiştir. İskelet ve ince kısım ağırlığı, toplam örnek ağırlığına oranlanarak yüzde (%) şeklinde ifade edilmiştir (Gülçur, 1974; Özyuvacı, 1976; Karagül, 1994). Tarla kapasitesindeki nem ve solma noktasındaki nem Soil Moisture Equipment Co.'nun seramik levhalı basınç cihazı ile 0,33 atm ve 15 atm basınç altında ölçülmüştür (Gülçur, 1974).

Toprak tepkimesi (pH), 1: 2,5 toprak- saf su karışımından oluşan çözeltide dijital pH metre ile belirlenmiştir. (Gülçur, 1974; Karaöz, 1989). Elektriksel iletkenliğin (EC) belirlenmesi için toprak örnekleri 1/5 oranında saf su ile ıslatılıp mekanik karıştırıcıda 1 saat karıştırıldıktan sonra elektrik iletkenlik aleti ile ölçüm yapılmıştır (Gülçur, 1974). Organik karbon ise modifiye edilmiş Walkley- Black yakma yöntemi ile belirlenmiştir (Gülçur, 1974; Karaöz, 1989; Kacar, 1996).

Topraktaki karbon stok değeri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$FSS = \text{Mass}_{\text{fine soil}} / \text{Volume}_{\text{sample}} \times \text{Depth} \quad (\text{Poeplau ve ark., 2017})$$

$$\text{Mass}_{\text{fine soil}} = \text{İnce kısım (g)}$$

$$\text{Volume}_{\text{sample}} = \text{Silindir hacmi (cm}^3\text{)}$$

$$\text{Depth} = \text{Toprak derinliği (30 cm)}$$

FSS= 30 cm derinlikteki toprak katmanındaki ince toprak miktarı

$$\text{SOC}_{\text{stocki}} = \text{SOC}_{\text{Confine soil}} \times FSS$$

$$\text{SOC}_{\text{stocki}} = \text{Karbon stok değeri (Mg/ha)}$$

$$\text{SOC}_{\text{Confine soil}} = \text{Organik karbon (\%)}$$

2.2.3. Büro çalışmaları

Arazi ölçümleri ve laboratuvar analiz sonuçlarından elde edilen verileri değerlendirmede SPSS istatistik programı kullanılmıştır. Heyelanın topraktaki organik karbon miktarına, belirlenen diğer fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerine etkisi bağımsız t-testi ile analiz edilmiştir. Analizden önce verilerin normal dağılıp dağılmadığı test edilmiş ve varyansların homojen olup olmamasına göre önem düzeyleri belirlenmiştir. Heyelanın farklı kısımlarındaki toprak özelliklerinin istatistiksel olarak fark gösterip göstermediği Varyans analizi ile test edilmiştir.

3. Bulgular

Heyelanın toprak özellikleri üzerindeki etkisini ortaya koymak amacıyla yapılan t testi sonuçları Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2 incelendiğinde, ormanlık alanda bulunan üst topraklarda kum, kil ve toz oranı sırasıyla %45,93; %32,70 ve %21,37 bulunurken heyelan geçirmiş ormanlık alanda bu değerler sırasıyla %66,59; %22,86 ve %10,55 tespit edilmiştir. Heyelan geçirmeyen orman toprağı balçıklı kil tekstür grubunda tespit edilirken, heyelan geçirmiş sahanın topraklarının başka bir tekstür grubunda (kumlu killi balçık) bulunduğu tespit edilmiştir. İstatistik analiz sonucunda toprak taneciklerindeki bu değişim istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,001$) bulunmuştur.

Toprak analizleri sonucunda belirlenen hacim ağırlığı, ince kısım ve iskelet kısmı değerleri ise yine sırasıyla ormanlık alanda bu değerler $0,92 g/cm^3$, %19,95 ve %80,05 tespit edilirken, heyelan geçirmiş ormanlık alanda ise bu değerler sırasıyla $1,21 g/cm^3$, %25,88 ve %74,12 hesaplanmıştır. İstatistik analiz sonucunda heyelanın hacim ağırlığı üzerinde istatistiksel önemli değişimler ($p < 0,001$) meydana getirmesine karşın, iskelet kısmında artışa ve ince toprak miktarında bir azalmaya neden olsa da

Tablo 2. Örnekleme alanlarından alınan toprak özelliklerine ait t testi sonuçları
Table 2. T-test results of soil properties taken from the sampling areas

Değişkenler	Ormanlık Alan			Heyelan geçirmiş ormanlık alan			t	p
	Ort.	±	SE	Ort.	±	SE		
Kum (%)	45,93	±	1,55	66,59	±	2,98	6,09	< 0,001
Kil (%)	32,70	±	0,87	22,86	±	1,90	4,75	< 0,001
Toz (%)	21,37	±	1,09	10,55	±	1,22	6,49	< 0,001
Tekstür sınıfı	Balçıklı kil			Kumlu killi balçık				
Hacim ağırlığı (g/cm ³)	0,92	±	0,04	1,21	±	0,03	5,21	< 0,001
İskelet kısmı (%)	19,95	±	2,95	25,88	±	1,75	1,73	0,095
İnce kısım (%)	80,05	±	2,95	74,12	±	1,75	1,73	0,095
pH	5,61	±	0,08	7,28	±	0,03	20,06	< 0,001
EC (mS/cm)	0,03	±	0,00	0,02	±	0,00	1,90	0,068
Total kireç (%)	0,00	±	0,00	0,59	±	0,11	5,56	< 0,001
Tarla kapasitesi	27,47	±	0,77	21,51	±	1,21	4,15	< 0,001
Solma noktasındaki nem (%)	19,45	±	0,98	12,78	±	0,60	5,82	< 0,001
Faydalı su (%)	8,02	±	0,80	8,73	±	0,72	0,66	0,518
Maksimum su tutma kapasitesi (%)	43,18	±	2,01	31,60	±	1,19	4,96	< 0,001
Organik karbon (%)	3,06	±	0,16	0,60	±	0,09	13,65	< 0,001
Organik madde (%)	5,27	±	0,27	1,03	±	0,15	13,65	< 0,001
Depolanan organik karbon miktarı Mg/ha	65,33	±	2,40	15,48	±	1,95	16,17	<0,001

Ort: Ortalama, SE: Standart hata, p: Önem düzeyi

bu değişimin anlamlı olmadığı (p= 0,095) tespit edilmiştir (Tablo 2).

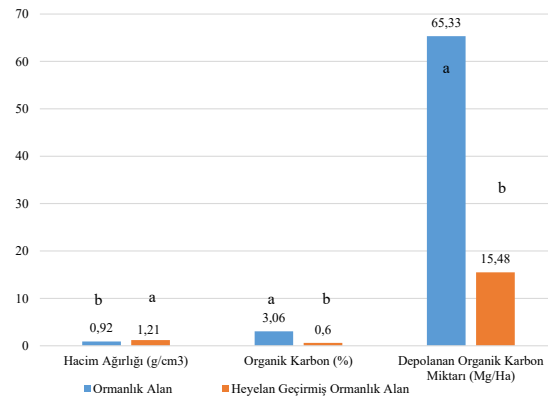
Toprakların pH, EC ve toplam kireç değerleri ormanlık alanda sırasıyla 5,61; 0,03(mS/cm) ve %0,00 hesaplanırken, heyelan geçirmiş sahada bu değerler sırasıyla 7,28; 0,02(mS/cm) ve %0,59 tespit edilmiştir. Heyelanın topraktaki pH ve toplam CaCO₃ değişimine etkisi anlamlı (p<0,001) ve EC değişimine etkisi ise anlamsız (p= 0,068) bulunmuştur.

Toprak analizlerinin sonuçlarına göre hesaplanan maksimum su tutma kapasitesi, tarla kapasitesi ve solma noktasındaki nem değerleri ile faydalı su değeri sırasıyla orman topraklarında %43,18; %27,47; %19,45 ve %8,02 bulunurken, heyelan geçirmiş sahada ise bu değer sırasıyla %31,60; %21,51; %12,78 ve %8,73 olarak tespit edilmiştir. İstatistik analiz sonucunda heyelanın maksimum su tutma kapasitesi, tarla kapasitesi ve solma noktasındaki nem değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı (p<0,001) bulunurken, faydalı su oranına etkisi ise anlamsız (p= 0,518) tespit edilmiştir.

Üst toprakta (0-30 cm) hesaplanan organik karbon içeriği ve depolanan organik karbon stoğu ise ormanlık alanda sırasıyla %3,06 ve 65,33 Mg/ha bulunurken, heyelan geçirmiş ormanlık alanda ise bu değerler yine sırasıyla %0,60 ve 15,48 Mg/ha tespit edilmiştir (Tablo 2 ve Şekil 3). Heyelanın her iki

toprak özelliğini de negatif yönde etkilediği tespit edilmiştir (p<0,001).

Heyelan geçirmiş sahada üst toprak özelliklerinin sahanın farklı kısımlarında (üst kısım, orta üst kısım, orta kısım, orta alt kısım ve alt kısım) anlamlı farklılıklar gösterip göstermediği de Varyans analizi ile test edilmiş ve sonuçlar Tablo 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Heyelanın üst topraklardaki organik karbon içeriğine ve depolanan karbon miktarına etkisi
Figure 3. Landslide effects on organic carbon content and amount of carbon stored in the topsoil

Tablo 3'ten de görüldüğü üzere, kum (p=0,033) ve toz oranı (p=0,007) hariç, heyelanın farklı kısım-

ları belirlenen toprak özellikleri bakımından anlamlı farklılıklar göstermemiştir. Heyelanın farklı kısımlarında ortalama hacim ağırlığı 1,13 g/cm³ ile 1,33 g/cm³ arasında değişim gösterirken, ortalama iskelet içeriği %20,36 ile 29,15 olarak, ince kısım ise %70,85-%79,64 arasında değişmiştir. Ortalama kum değerleri %51,45-%76,91; kil değerleri %16,90-%30,88 ve toz değerleri %6,19-%17,67 arasında değişirken, pH, EC ve kireç ise sırasıyla 7,20-7,37; 0,02-0,03 ve %0,18-%1,02 arasında değişmiştir.

Maksimum su tutma kapasitesi, tarla kapasite-

sindeki nem, solma noktasındaki nem ve faydalı su değerlerindeki ortalama değişim ise sırasıyla %26,73-%35,89; %16,35-%23,77; %11,25-%13,98 ve %5,10-%10,17 olarak belirlenmiştir (Tablo 3).

Heyelan geçirmiş sahanın farklı kısımlarındaki (üst kısım, orta üst kısım, orta kısım, orta alt kısım ve alt kısım) üst toprakların organik karbon miktarının %0,45 ile %0,76 arasında değiştiği tespit edilirken, üst toprakta (0-30 cm) depolanan organik karbon miktarlarının ise 12,99 Mg/ha ile 18,67 Mg/ha arasında değiştiği görülmüştür (Tablo 3).

Tablo 3. Heyelan geçirmiş alandaki toprak özelliklerinin heyelanın farklı kısımlarına göre değişimini gösteren Varyans analizi sonuçları

Table 3. Results of variance analysis on soil properties according to different parts of the landslide

Değişkenler*	Üst kısım	Orta üst kısım	Orta kısım	Orta alt kısım	Alt kısım	p
	Ort. ± SE	Ort. ± SE	Ort. ± SE	Ort. ± SE	Ort. ± SE	
HA (g/cm ³)	1,17 ± 0,05	1,13 ± 0,12	1,13 ± 0,07	1,33 ± 0,03	1,27 ± 0,01	0,198
İskelet içeriği (%)	22,67 ± 3,60	20,36 ± 3,36	29,15 ± 5,98	28,79 ± 3,11	28,44 ± 2,18	0,402
İnce kısım (%)	77,33 ± 3,60	79,64 ± 3,36	70,85 ± 5,98	71,21 ± 3,11	71,56 ± 2,18	0,402
Kum (%)	76,91 ± 3,38	51,45 ± 2,99	72,99 ± 5,44	67,66 ± 7,30	63,93 ± 3,88	0,033
Kil (%)	16,90 ± 2,09	30,88 ± 2,18	18,57 ± 4,57	22,94 ± 5,37	25,00 ± 2,34	0,120
Toz (%)	6,19 ± 1,55	17,67 ± 0,81	8,44 ± 2,13	9,39 ± 1,93	11,07 ± 1,74	0,007
pH	7,28 ± 0,16	7,23 ± 0,04	7,20 ± 0,06	7,37 ± 0,02	7,32 ± 0,03	0,641
EC (mS/cm)	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,579
T. Kireç (%)	0,18 ± 0,18	0,59 ± 0,35	1,02 ± 0,23	0,54 ± 0,01	0,63 ± 0,10	0,168
TKN (%)	23,59 ± 3,55	23,77 ± 2,84	16,35 ± 1,21	20,63 ± 2,62	23,21 ± 1,63	0,256
SNN (%)	13,42 ± 1,65	13,98 ± 1,19	11,25 ± 1,62	12,15 ± 1,56	13,12 ± 1,02	0,685
FS (%)	10,17 ± 1,91	9,80 ± 1,66	5,10 ± 1,01	8,48 ± 1,08	10,09 ± 0,62	0,105
OK (%)	0,61 ± 0,17	0,76 ± 0,22	0,62 ± 0,06	0,45 ± 0,05	0,55 ± 0,04	0,940
DOK(Mg/ha)	15,91 ± 6,59	18,67 ± 8,16	14,88 ± 2,61	12,99 ± 2,45	14,96 ± 1,38	0,947
MSTK (%)	35,89 ± 1,12	34,84 ± 3,29	29,78 ± 2,20	26,73 ± 1,42	30,78 ± 1,60	0,057

*HA: Hacim ağırlığı, EC: Elektriksel iletkenlik, T. kireç: Total CaCO₃, TKN: Tarla kapasitesindeki nem, SNN: Solma noktasındaki nem, FS: Faydalı su, OK: Organik karbon, DOK: Depolanan organik karbon, MSTK: Maksimum su tutma kapasitesi, Ort.: Ortalama, SE: Standart hata, p: Önem düzeyi

4. Tartışma ve Sonuç

4.1. Tartışma

Dik veya sarp bir arazi yapısına sahip orman ekosistemleri; yamaç dengesi hassas bir yapıya sahipse, yüksek yoğunlukta ve sık periyotlara sahip yağışlara maruz kaldığında heyelana uğrayabilmektedir. Nitekim araştırma sahamızda heyelanın meydana geldiği kısımda bulunan taşıt yolu, arazinin yamaç dengesinin hassaslaşmasına neden olmuştur. Kar örtüsünün erimesinden kaynaklı olarak suya doygun halde bulunan balçıklı kil topraklarına sahip yamaç, sık periyotlarda yüksek yoğunlukta meydana gelen yağışın etkisiyle heyelana uğramıştır. Zira killi tekstür yapısına sahip topraklarda su tutma ka-

pasitesi yüksek olsa bile suyun topraktaki hareketi yavaştır (Kantarıcı, 2005). Yeterli drenajın sağlanmadığı bu tür yamaçlarda üzerinde koruyucu bir orman örtüsü bulunsa bile yüksek yağış yıkıcı etkiye sahip olabilir. Nitekim Pradhan ve ark. (2022), yağmurun ve yol şevinin kombine etkisinin heyelana sebep olduğunu ifade etmişlerdir. Yine yapılan başka bir çalışmada yüksek yağış alan arazilerde; toprakların suyla doygun olması ve hidrolik iletkenlik değerinin azalması, heyelana uğrama riskini artırdığı ifade edilmiştir (Süme ve ark., 2021)

Araştırma sonucunda, heyelanın sahanın tekstür yapısında bir değişikliğe sebep olduğu tespit edilmiştir. Ormanlık alandaki balçıklı kil tekstüründeki toprak heyelan sonrası kum oranının artması kil

ve toz oranının azalması sonucu kumlu killi balçık tekstürüne dönüşmüştür. Heyelan sonucu toprak kütlesi çeşitli şekillerde kaymakta ve alt üst olmaktadır. Bazen ana kayanın ortaya çıktığı heyelanlar da bulunmaktadır. Geertsema ve Pojar (2007) tarafından yapılan çalışmada; heyelanın toprağın strüktürünü bozduğu, toprağı oluşturma sürecine göre ilk safhaya döndürdüğü ve hatta ana kaya özelliklerini daha fazla yansıtan toprak özellikleri göstermesine sebep olduğu ifade edilmiştir.

İskelet kısmındaki artış ve ince toprak miktarındaki azalma istatistiksel anlamda önemli bulunmasa da, hacim ağırlığının artış göstermesi toprağın alt üst olduğunun bir kanıtı olarak gösterilebilir. Ayrıca hacim ağırlığındaki artış, heyelan sonucu toprağın iskelet ve ince kısım oranlarının değişmesi ve sahip olduğu organik madde miktarının önemli ölçüde kaybetmesi ile de açıklanabilir. Araştırmamızda üst toprakların heyelan sonrası sahip oldukları organik maddenin yaklaşık 3/4'ünü kaybettikler tespit edilmiştir. Organik maddedeki azalma, iskelet kısmındaki artış ve doğal toprak yapısının bozulması heyelandan sonra hacim ağırlığının artmasına sebep olmuştur. Nitekim yapılan çalışmalarda da heyelanın toprağın hacim ağırlığında artışa sebep olacağı ifade edilmiştir (Geertsema ve Pojar, 2007; Cheng ve ark., 2016).

Ormanlık alanda üst toprakların asit karakterli bir yapıda olduğunu ve kireç bulunmadığı tespit edilmiştir. Özellikle Karadeniz Bölgesi'nde; yağışın etkisiyle üst topraklardaki katyonların yıkıldığı ve iğne yapraklı ormanların ölü örtülerinin bazıları bakımından fakir oldukları için bu bölgedeki toprakların genellikle asit karakterli olduğu bilinmektedir. Ayrıca soğuk ve nemli iklimin etkisi ile organik maddenin yavaş ayrışması toprağı asitleşmesine de zemin hazırlamaktadır (Çepel, 1978). Ancak heyelan geçirmiş sahaya bakılınca ormanlık alana göre toprak pH'sının, EC' sinin ve toplam CaCO₃ miktarının arttığı tespit edilmiştir. Bu durumun, heyelanın etkisi ile toprağın alt üst olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim bazı çalışmalarda da heyelanın toprağın özelliklerini değiştirdiği ifade edilmiştir (Parlak, 2020; Cheng ve ark., 2016).

Heyelan topraktaki maksimum su kapasitesini ve toprakların nem sabitlerini de önemli düzeyde etkilemiştir. Yukarıda belirtilen toprak özellikleri; toprağın tekstür ve strüktüründen etkilendiği gibi, toprakta bulunan organik madde de nem sabitlerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Genellikle killi topraklar tarla kapasitesindeki ve solma noktasındaki nem değerleri yüksek olsa bile bitkinin faydalanabildiği su miktarı bakımından balçık tekstüründeki topraklara göre daha düşük kapasiteye

sahiptir (Kantarıcı, 1987). Aynı şekilde killi toprakların maksimum su tutma kapasiteleri de yüksek olmakta ve aynı zamanda topraktaki organik maddenin varlığı toprak suyunu olumlu etkilemektedir. Heyelan bu toprak özelliklerini değiştirdiği için, belirlenen bu özelliklerin değişiminin anlamlı olması heyelanın etkisinin şiddetini göstermektedir.

Heyelan sonucu toprağın alt-üst olması ve üstündeki koruyucu örtünün kaybolması, alandaki toprakları yağışın aşındırıcı (erosiv) etkilerine maruz bırakmıştır. Bu konudaki çalışmalarda heyelanın fiziksel toprak özelliklerinin etkilediği vurgulanmıştır (Geertsema ve Pojar, 2007; Parlak, 2020).

Araştırma sahasından alınan topraklarından hesaplanan karbon değerlerine bakıldığında; heyelan geçirmiş sahada ormanlık alana göre üst topraklardaki organik karbon içeriğinin oldukça azaldığı, dolayısıyla üst toprakta depolanan karbon miktarında da önemli bir azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu konuda yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar bulunmuştur (Schomakers ve ark., 2017; Van Eynde ve ark., 2017; Basher ve ar. 2018).

Üzerinde koruyucu bitki örtüsü bulunmayan ve strüktürü bozulmuş topraklarda organik maddenin, erozyonla taşınması oldukça kolay olmaktadır. Üst toprakta bulunan organik karbonun bir kısmının, toprağın alt-üst olması sebebiyle alt katmanlarda biriktiği, ancak hatırı sayılır kısmının ise heyelandan sonra meydana gelen yağışlar nedeniyle oluşan erozyonla kaybolduğu düşünülmektedir. Nitekim Clark ve ark. (2015)'nin yaptıkları çalışmada, heyelanların ormanlık yamaçlardan önemli miktarda karbonu harekete geçirdiği ve bunun büyük bir kısmının topraktaki karbon olduğu ifade edilmektedir. Lin ve ark. (2012) ise Tayvan'da yaptıkları bir çalışmada, depremden sonra meydana gelen yağışların heyelanları tetiklediğini ve heyelanlardan sonra oluşan molozun ise alanla bağlantılı olan nehrin suyundaki sediment ve çözünmüş iyon miktarını artırdığını ifade etmektedir.

Heyelan geçirmiş sahanın, kum ve toz oranı hariç, araştırılan toprak özellikleri bakımından homojen olduğu belirlenmiştir. Błońska ve ark. (2018)'nin yaptıkları çalışmada, heyelandan 7 yıl sonra heyelanın farklı kısımlarında toprak özelliklerinin farklılaştığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla araştırma sahasında bulunan heyelanda da zamanla homojen yapının bozulacağı düşünülmektedir.

4.2. Sonuç

Araştırma sahaslarından alınan toprak örnekleri üzerinde 16 adet özellik (parametre) incelenmiş, oluşan heyelan sonucunda bu parametrelerdeki

değişim istatistik analizlerle ortaya koyulmuştur. Karbon salımıyla ilgili olarak araştırılması gereken bu konunun öncelik düzeyinin belirlenmesine ışık tutan ilk çalışmalardan biri olma niteliğine sahip bu araştırmanın sonuçları aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

- Heyelan sonrası orman toprağında elektriksel iletkenlik, iskelet, ince kısım ve faydalı su değerleri hariç, incelenen toprak özelliklerinin hepsinde (kum, kil ve toz oranı, pH, EC, total kireç, tarla kapasitesindeki nem, solma noktasındaki nem, maksimum su tutma kapasitesi, organik karbon, organik madde ve depolanan organik karbon miktarı) anlamlı değişimler tespit edilmiştir.
- Ormanlık alanın (ladın meşçeresi) üst toprağında ortalama 65,33 Mg/ha organik karbon depolanırken heyelan görmüş ormanlık alanda ise 15,48 Mg/ha karbon depolandığı tespit edilmiştir.
- Heyelan sonrası ormanlık alandaki üst topraktaki karbon stoklarında, %76,31'lik bir azalma meydana gelmiştir.
- Heyelan sonrası orman topraklarında kil ve toz oranında bir azalma, buna karşı kum oranında ise artış gözlenmiştir. Organik maddenin toprakta kil mineralleri gibi toprak taneciklerinde tutulduğu düşünülürse, heyelan sonrası üst toprağın karbon depolama kapasitesinin de düştüğü söylenebilir.
- Heyelan geçirmiş sahanın farklı kısımlarında (üst, orta yada alt kısımda) bulunan toprakların özelliklerinde, kum ve toz oranları haricinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunamamıştır.

Sonuç olarak; topraklar genellikle oldukça kararlı karbon yutakları olarak bilinse de, heyelanla topraktaki denge bozulmakta ve heyelan toprak özelliğini değiştirerek belki yüzyıllarca toprakta kalabilecek karbonu, karbon döngüsüne katabilmektedir. Özellikle karbon depolama yönünden bir değerlendirme yapılırsa; üst topraklardaki değişimin negatif yönde ve yüksek oranda meydana geldiği görülmektedir. Bu durum AKAKDO sektöründeki hesaplamaları etkileyebilecek niteliktedir. Dolayısıyla yüksek yağış alan ve dik arazilere sahip Karadeniz Bölgesinin Doğu Karadeniz Bölümü'nde heyelanların karbon yutaklarına etkisini belirleyecek modelleme çalışmalarına öncelik verilmelidir.

Ayrıca heyelan geçirmiş sahalardaki üst toprakta meydana gelen bu karbon stok değişiminin; ne kadar süreceği, yıllara göre kayıp hızında bir de-

ğişiklik olup olmayacağı ve kaybolan bu miktarın karbon döngüsündeki yeni yerinin ne olduğu da araştırılmalıdır. AKAKDO raporlamalarında, arazi kullanım değişikliğinden kaynaklı emisyon miktarlarını bildirmede özellikle Karadeniz Bölgesi'nde meydana gelen heyelanlardan kaynaklanan emisyonlar dikkate alınmalıdır. Araştırmamızda heyelan sonucunda azalan karbon stoklarının ayrışmadaki hızlanmadan mı, yoksa yıkanarak çözülmüş organik karbon olarak mı toprak sisteminden çıktığı ortaya konulamamıştır. Bu sebeple heyelana maruz kalan ve kalmayan alanlarda meydana gelen toprak solunumu ve sızıntı sularındaki karbonu belirleyecek çalışmalara da ihtiyaç duyulmaktadır.

Teşekkür

Bu makale; Orman Genel Müdürlüğü Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nce desteklenen 'Ladin Meşçeresinde Heyelanın Üst Toprak Karbon Stokundaki Değişime Etkisinin İncelenmesi (Trabzon –Maçka Örneği)' adlı TZN-03.1102 / (2020-2023) nolu araştırma projesinden üretilmiştir. Projenin Orman Genel Müdürlüğü'ne kazandırılması sırasında emeği geçen Jeoloji Mühendisi Osman ÇINAR'a teşekkür ederiz.

Yazar Katkısı

Anafikir/Planlama - F. YÜKSEK A. SEMERCİOĞLU, E. ÖZDEMİR, M. KARAHAN, H. ERSOY, Veri toplama/İşleme - F. YÜKSEK, A. SEMERCİOĞLU, H. DAĞDELEN, Veri analizi ve Yorumlama - F. YÜKSEK, Literatür taraması - F. YÜKSEK, A. SEMERCİOĞLU, E. ÖZDEMİR, H. DAĞDELEN, M. KARAHAN, H. ERSOY, Yazım - F. YÜKSEK, Gözden geçirme ve düzeltme - F. YÜKSEK, Danışmanlık - H. ERSOY

Kaynaklar

- AFAD, 2020. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. Afet Yönetimi Kapsamında 2019 Yılına Bakış ve Doğa Kaynaklı Olay İstatistikleri. afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/e_kutuphane/kurumsal-raporlar/afet-istatistikleri-2020-web.pdf (Ziyaret tarihi: 20.02.2023)
- MTA, 2023. Maden Tetkik ve Arama Gn. Müd. 1/5000 Ölçekli Jeoloji Haritaları, mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/doc/TRABZON.pdf (Ziyaret tarihi: 20.02.2023)
- Basher, L., Betts, H., Lynn, I., Marden, M., Mcneill, S.J.E., Page, M., Rosser, B., 2018. A preliminary assessment of the impact of landslide, earthflow, and gully erosion on soil carbon stocks in New Zealand. *Geomorphology* 307: 93-106. Doi:10.1016/j.geomorph.2017.10.006
- Blake, G. R., Hartge, K. H., 1986. Bulk Density and Particle Density. *In: A. Klute (Editor), Methods of Soil Analysis Part 1. Physical and Mineralogical Methods, Agronomy Monograph 9, American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, Madison*

- Błońska, E., Lasota, J., Piaszczyk, W., Wiecheć, M., Klamers-Iwan, A., 2018. The effect of landslide on soil organic carbon stock and biochemical properties of soil. *Journal of Soils and Sediments* 18(7): 2727-2737. Doi: 10.1007/s11368-017-1775-4
- Cheng, C. H., Hsiao, Sheng- Che, H., Huang, Y. S., Hung, C. Y., Pai, C. W., Chen, C. P., Menyailo, O. V., 2016. Landslide-induced changes of soil physicochemical properties in Xitou, Central Taiwan. *Geoderma* 265: 187-195. Doi: 10.1016/j.geoderma.2015.11.028
- Clark, K. E., West, A. J., Hilton, R. G., Asner, G. P., ... Malhi, Y., 2015. Storm-triggered landslides in the Peruvian Andes and implications for topography, carbon cycles and biodiversity. *Earth Surface Dynamics Discussions* 3(3): 631-688. 10.5194/esurfd-3-631-2015
- Cruden, D. M., 1991. A simple definition of a landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 43(1): 27-29. Doi: 10.1007/BF02590167
- Çepel, N., 1978. Orman Ekolojisi, İstanbul Üniv. Yayın No: 2479. Orman Fakültesi Yayın No: 257. İstanbul
- Fidan, S., Görüm, T., 2020. Türkiye’de ölümcül heyelanların dağılım karakteristikleri ve ulusal ölçekte öncelikli alanların belirlenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi* 74: 123-134. doi.org/10.17211/tcd.731596
- Geertsema, M., Pojar, J. J., 2007. Influence of landslides on biophysical diversity- A perspective from British Columbia. *Geomorphology* 89(1): 55-69. Doi: 10.1016/j.geomorph.2006.07.019
- Grossman, R., B., Reinsch, T., G., 2002. Bulk Density and Linear Extensibility. In: W.A. Dick (Editor), *Methods of Soil Analysis*, Doi: 10.2136/sssabookser5.4.c9
- Gülçur, F., 1974. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları, İstanbul Üniv. Yayın No: 1970. Orman Fak. Yay. No: 201, İstanbul
- Jiang, X., Xu, D., Jianjun, R., Ai, X., Ai, S., Su, X., Sheng, M., Yang, S. Zhang, J., Ai, Y., 2021. Landslide and aspect effects on artificial soil organic carbon fractions and the carbon pool management index on road-cut slopes in an alpine region. *CATENA* 199(1): 105094. Doi: 10.1016/j.catena.2020.105094
- Kacar, B., 1996. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III. Toprak Analizleri, Ankara Ün. Ziraat Fak. Eğitim. Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayın No: 3, Ankara
- Kantaracı, M. D., 1987. Toprak İlmi, İstanbul Üniv. Yayın No: 3444. Orman Fak. Yayın No: 387, İstanbul
- Kantaracı, M. D., 2005. Orman Ekosistemleri Bilgisi, İstanbul Üniv. Yayın No: 4594. Orman Fak. Yayın No: 488, İstanbul
- Karagül, R., 1994. Trabzon-Söğütüdere Havzasında Farklı Arazi Kullanım Şartları Altındaki Toprakların Bazı Özellikleri ile Erozyon Eğilimlerinin Araştırılması, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon
- Karaöz, Ö., 1989. Toprakların bazı kimyasal özelliklerinin (pH, karbonat, tuzluluk, organik madde, total azot, yararlanılabilir fosfor) analiz yöntemleri. İstanbul Üniv. *Orman Fakültesi Dergisi* B39(3): 64-82
- Lin, G.W., Chen, H. Shih, T.Y., Lin, S. 2012. Various links between landslide debris and sediment flux during earthquake and rainstorm events. *Journal of Asian Earth Sciences* 54-55: 41-48. doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.03.012
- Liu, J., Fan, X., Tang, X., Xu, Q., Harvey, E. L., Hales, T. C., Jin, Z. 2022. Ecosystem carbon stock loss after a mega earthquake. *CATENA* 216(A): 106393, doi.org/10.1016/j.catena.2022.106393.
- MGM, 2020. Meteoroloji Gene Müdürlüğü, Meteoroloji 11. Bölge Müdürlüğü, Trabzon Meteoroloji İstasyonu Yayınlanmamış Rasat Verileri.
- Öztürk, K., 2002. Heyelanlar ve Türkiye’ye etkileri. *Gazi Üniv. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*. 22 (2): 35-50
- Özyuvacı, N., 1976. Arnavutkoy Deresi Yağış Havzasında Hidrolojik Durumu Etkileyen Bazı Bitki-Toprak-Su İlişkileri, İstanbul Univ. Yayın No: 2082. Orman Fakültesi Yayın No: 221, İstanbul
- Parlak, M., 2020. Karayolu kenarındaki heyelan bölgesinin bazı toprak özelliklerinin belirlenmesi: Lapseki-Şevketiye (Çanakkale) örnek çalışması. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi* 6(2): 282-287. Doi: 10.21324/dacd.583025
- Pradhan, S., Toll, D. G., Rosser, N. J., Matthew, J. B., 2022. An investigation of the combined effect of rainfall and road cut on landsliding, *Engineering Geology* 307 :106787. doi.org/10.1016/j.enggeo.2022.106787
- Poeplau, C., Vos, C., Don, A., 2017. Soil organic carbon stocks are systematically overestimated by misuse of the parameters bulk density and rock fragment content. *Soil Discussions* 3, 61–66. Doi: 10.5194/soil-3-61-2017
- Schomakers, J., Jien, S. H., Lee, T. Y., Huang, J. C., Hseu, Z. Y., Lin, Z. L., Lee, L. C., Hein, T., Mentler, A., Zehetner, F., 2017. Soil and biomass carbon re-accumulation after landslide disturbances. *Geomorphology* 288: 164-174. doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.03.032
- Süme, V., Yüksek, T., Kaya, A., 2021. Rize Taşlıdere Havzasında heyelan kontrolü: Örnek olay incelemesi, Kireçhane ve Kırklartepe Yöreleri. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences* 6(4): 526-531. doi.org/10.35229/jaes.994874
- TOB, 2019. Tarım ve Orman Bakanlığı. Ulusal Sera Gazı Envanteri AKAKDO Raporu 1990-2019 (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Yüklülükleri Kapsamındaki Yıllık Rapor Bildirimi)
- Wilcke, W., Valladarez, H., Stoyan, R., Yasin, S., Valarezo, C., Zech, W., 2003. Soil properties on a chronosequence of landslides in montane rain forest, Ecuador. *CATENA* 53(1): 79-95. doi.org/10.1016/S0341-8162(02)00196-0
- Van Eynde, E., Dondeyne, S., Isabirye, M., Deckers, J., Poesen, J., 2017. Impact of landslides on soil characteristics: Implications for estimating their age. *CATENA* 157: 173-179. doi.org/10.1016/j.catena.2017.05.003