

**T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÇORUH NEHRİ HAVZASININ UZUNDERE, ŞENKAYA VE TORTUM KUZEY
MİKRO HAVZALARINDA OYUNTU ISLAHI KAPSAMINDA UYGULANAN
KURU DUVAR VE KAFES TEL EŞİKLERDE BİRİKEN RÜSUBAT
MİKTARININ ÖLÇÜMÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CİHAT KANDEMİR

**Danışman
Doç. Dr. Mustafa TÜFEKÇİOĞLU**

Artvin 2025

TEZ BEYANNAMESİ

Artvin oruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne Yüksek Lisans Tezi olarak sunmuş olduğum “Çoruh Nehri Havzasının Uzundere, şenkaya ve Tortum Kuzey Mikro Havzalarında Oyuntu Islahı Kapsamında Uygulanan Kuru Duvar ve Kafes Tel Eşiklerde Biriken Rüsubat Miktarının lm” adlı çalışmamı tümüyle danışmanım Doç. Dr. Mustafa TüFEKçİOğLU'nun eşliğinde tamamladığımı, literatür verilerini şahsımın hazırladığını, analiz verilerini sahada oluşturduğumu, farklı kaynaklardan topladığım verileri ise metin ve kaynaklarda eksiksiz olacak şekilde belirttiğimi, tüm çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara sadık kaldığımı olası aksi durumun ortaya çıkması halinde tüm yasal sonuçları kabul ettiğimi beyan ederim.

Lisansüstü Eğitim-ğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

- ☐ Tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.
- ☐ Tezim sadece Artvin oruh niversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- ☐ Tezimin ay süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu srenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

..../...../2025

Cihat KANDEMİR

T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇORUH NEHRİ HAVZASININ UZUNDERE, ŞENKAYA VE TORTUM KUZEY
MİKRO HAVZALARINDA OYUNTU ISLAHI KAPSAMINDA UYGULANAN
KURU DUVAR VE KAFES TEL EŞİKLERDE BİRİKEN RÜSUBAT
MİKTARININ ÖLÇÜMÜ

Cihat KANDEMİR

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 09/01/2025

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 20/01/2025

Başkan : Prof. Dr. Mehmet ÖZALP

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Mustafa TÜFEKÇİOĞLU

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Esin ERDOĞAN YÜKSEL.....

ONAY:

Bu Doktora Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/....../..... tarihinde **oybirliği** ile uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun/....../..... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

....../....../.....

Prof. Dr. Mustafa Çağatay KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Çoruh Nehri Havzasının Uzundere, Şenkaya ve Tortum Kuzey Mikro Havzalarında Oyuntu Islahı Kapsamında Uygulanan Kuru Duvar ve Kafes Tel Eşiklerde Biriken Rüşbat Miktarının Ölçümü” konusunda yapılan bu çalışma; Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Araştırma çalışmamda bilgi ve tecrübesi ile tüm süreç boyunca her türlü görüş, öneri ve yardımlarını esirgemeyen, destek olan ve yönlendiren değerli danışman hocam sayın Doç. Dr. Mustafa TÜFEKÇİOĞLU’na en içten teşekkürlerimi sunarım.

İlgili tez çalışma konum “Çoruh Nehri Havzası Rehabilitasyon Projesi” kapsamında Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) ve Orman ve Su İşleri Bakanlığına bağlı Orman Genel Müdürlüğü (OGM) ile desteklenmiştir. Tüm kurum personellerine ayrı ayrı katkıları ve desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarında yardımcı olan Cengizhan YILDIRIM ve Canan AÇIKGÖZ HARŞİT’e teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmamda manevi olarak desteğini esirgemeyen değerli eşim Orman Yüksek Mühendisi Nazmiye KANDEMİR’e şükranlarımı sunarım.

Bu tez çalışmasında elde edilen tüm sonuçların araştırmacılara yeni fikir ve fayda sağlamasını temenni ederim.

Cihat KANDEMİR
Artvin-2025

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEZ BEYANNAMESİ.....	I
JURİ KABUL TUTANAĞI	II
ÖNSÖZ.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÖZET.....	VI
SUMMARY	VII
TABLolar DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
KISALTMALAR DİZİNİ	X
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel Bilgiler	1
1.2. Tezin Amacı.....	3
1.3. Literatür.....	3
1.4. Toprak ve Erozyon.....	7
1.4.1 Oluşum Şekline Göre Su Erozyon Tipleri	9
1.4.2 Erozyonu Etkileyen Faktörler	10
1.4.3 Erozyon ile Mücadele Yöntemleri	11
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
2.1 Çalışma Alanları.....	18
2.1.1. Uzdere Mikro Havzası	19
2.1.2. Şenkaya Mikro Havzası	20
2.1.3. Tortum Kuzey Mikro Havzası	21
2.2 Kafes-Tel ve Kuru Duvar Eşiklerdeki Rüşbat Miktarının Ölçüm Metedolojisi ve Analizi.....	22
2.3 Rüşbat Doluluk Yüzdesinin (%) Ölçülmesi.....	22
2.4 Rüşbat Miktarının (m ³ ve ton) Ölçülmesi/Hesaplanması	23
2.5 Veri Analizi.....	26
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	27

4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	34
KAYNAKLAR	36
ÖZGEÇMİŞ.....	42



ÖZET

ÇORUH NEHRİ HAVZASININ UZUNDERE, ŞENKAYA VE TORTUM KUZEY MİKRO HAVZALARINDA OYUNTU ISLAHI KAPSAMINDA UYGULANAN KURU DUVAR VE KAFES TEL EŞİKLERDE BİRİKEN RÜSUBAT MİKTARININ ÖLÇÜMÜ

Bu araştırma çalışması, “Çoruh Nehri Havzası Rehabilitasyon Projesi” (ÇNHRP) kapsamında değerlendirmeye tabi tutulan Uzundere, Şenkaya ve Tortum Kuzey Mikro Havzalarında (MH) seçilen oyuntu dereleri üzerinde uygulanmıştır. Yürütülen araştırmanın amacı oyuntu rehabilitasyonu kapsamında uygulanan tüm kuru duvar ve kafes tel eşiklerde ne kadar rüsubat birikiminin gerçekleştiğini ölçerek eşiklerin rüsubat ve erozyon kontrolünde ki muhtemel etkisini belirlemektir. Bu kapsamında değerlendirilen her bir MH’den örnek deneme alanları (en az 4-5 adet oyuntu deresi) seçilmiştir. Seçilen MH’ların oyuntu derelerindeki kafes tel ve kuru duvar eşik sayısı, kazık boyu, eşik üst uzunluğu ve rüsubat doluluk miktarları metreküp olarak hesap edilmiştir. Eşiklerden toplanan rüsubat/sediment örnekleri laboratuvarında toprak hacim ağırlığı analizine tabi tutularak toplam depolanan rüsubat miktarları ağırlık (ton) olarak’ ta tespit edilmiştir.

Oyuntu deresi eşiklerinde biriken sediment miktarı (doluluk yüzdesi) hesaplandığında sırasıyla Uzundere, Tortum Kuzey ve Şenkaya MH’ları için %75, %54 ve %52 olarak sonuçlanmıştır. MH’larda ölçülen ortalama rüsubat doluluk oranı ise %60’dır. Ölçülen doluluk yüzdeleri üzerinden hesaplanan toplam rüsubat miktarları ise; Uzundere MH’sında 235447 ton, Tortum Kuzey’de 6652 ton ve son olarak Şenkaya MH’sında 14192 ton’ dur. Çalışılan bu üç MH için tespit edilen birim rüsubat miktarları (1 m uzunluğundaki kafes tel ya da kuru duvar tesisi arkasında depolanan rüsubat); Uzundere için 2,15 ton/m, Tortum Kuzey için 0,22 ton/m ve Şenkaya için 1,21 ton/m olarak değişim göstermiştir. Bu bağlamda Uzundere ve Şenkaya havzalarında biriken rüsubat Tortum Kuzey havzasına göre anlamlı farklılık oluşturmuştur ($p < 0.05$).

Anahtar Kelimeler: Erozyon, Rüsubat, Kafes Tel Eşik, Kuru Duvar Eşik, Kanal ve Oyuntu Erozyonu

SUMMARY

ASSESSMENT OF THE AMOUNT OF SEDIMENT DEPOSITED BEHIND DRY WALL AND WIRE CAGE SILLS FOR THE GULLY REHABILITATION IN A SUB-WATERSHED OF THE CORUH RIVER BASIN INCLUDING UZUNDERE, ŞENKAYA AND TORTUM NORTH

This research study was implemented in Uzundere, Şenkaya and Tortum North sub-watershed that were also studied in the Coruh River Watershed Rehabilitation Project. The goal of this study is to determine the potential effects of sills on sediment and erosion control by measuring how much sediment is stored with all dry stones and wire cage sills implemented within the scope of gully rehabilitation. To carry out the research, numbers of gully channels (at least 4-5) were identified from each sub-watershed. The numbers of dry walls and wire cage sills, sill's top length, length of post and the rates of sediment filling/occupancy in the gully channel of studied basins were determined. The soil/rüsubat bulk density was also measured in the sediment samples collected from these sills and the total stored sediment amounts were also assessed as a unit of ton.

Based on the obtained data, the average sediment filling/occupancy rate of dry walls and wire cage sills installed on the gullies of the sub-watersheds was calculated as 60%. In terms of each sub-watershed, this rates for Uzundere, Tortum North and Şenkaya were calculated as 75%, 54% and 52%, respectively. Total stored sediment amounts based on the measured occupancy rate herein were found 235447 tons for Uzundere, 6652 tons for Tortum North and 14192 tons for Şenkaya sub-watershed. Unit sediment amounts determined for these three sub-watersheds (sediment stored behind 1 m long wire cage or dry wall sills) were ranged as 2.15 tons/m for Uzundere, 0.22 ton/m for Tortum North and 1.21 tons/m for Şenkaya sub-watershed. In this context, Uzundere and Şenkaya sub-watersheds created a significant difference compared to Tortum North sub-watershed ($p < 0.05$).

Keywords: Erosion, Sediment, Wire Cage Sills, Dry Wall Sills, Channel and Gully Erosion

TABLÖLER DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Erozyon miktarının havza düzeyinde dağılımı(2021-2025 dönemi)(URL-3)	9
Tablo 2. MH'lar için belirlenmiş ortalama doluluk (cm), kazık boyu/kafes tel yüksekliği (cm) ve doluluk oranları (%)	27
Tablo 3. Arazi ölçüm verileri üzerinden hesaplanan rüsubat miktarları	29
Tablo 4. Eşiklerden alınan rüsubat örneklerinin hacim ağırlıkları	30
Tablo 5. MH'larda yapılan tüm eşik uzunluklarına göre hesaplanan toplam rüsubat miktarları ve % 100 doluluktaki potansiyel rüsubat miktarları	30

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Erozyon yüzdesi en yüksek olan havzalar (2021-2025 dönemi)(URL-3)	9
Şekil 2. Gradoni tipi teras yapım şekli (ÇEM)	12
Şekil 3. Gradoni tipi teras arazi uygulaması.....	12
Şekil 4. Örme çit teras arazi uygulaması.....	13
Şekil 5. Çalı takviyeli teras yapım şekli (ÇEM)	14
Şekil 6. Çalı takviyeli teras arazi uygulaması.....	14
Şekil 7. Kuru duvar eşik arazi uygulaması ve ölçümü	15
Şekil 8. Kafes tel eşik arazi uygulaması.....	16
Şekil 9. Taş kordon arazi uygulaması	17
Şekil 10. Çalışmanın Gerçekleştirildiği Mikro Havzaların Çoruh Nehri Havzası içindeki konumları (TK; Tortum Kuzey, U; Uzundere, Ş; Şenkaya).	18
Şekil 11. Uzundere Mikro Havzası; turuncu ile gösterilen konumlar kuru duvar eşik ve kafes tel eşik ölçümlerinin yapıldığı oyuntulardır.....	19
Şekil 12. Şenkaya Mikro Havzası; mavi ile gösterilen konumlar kuru duvar eşik ve kafes tel eşik ölçümlerinin yapıldığı oyuntulardır	20
Şekil 13. Tortum Kuzey Mikro Havzası; pembe ile gösterilen konumlar kuru duvar eşik ve kafes tel eşik ölçümlerinin yapıldığı oyuntulardır	21
Şekil 14. Eşiklerdeki rüsubat doluluk oranının (%) belirlenmesi	23
Şekil 15. Birikim şekli yamuğa benzeyen dolu eşikler için rüsubat hesabı	25
Şekil 16. Birikim şekli üçgene benzeyen eşikler için rüsubat hesabı.....	25
Şekil 17. MH'ların rüsubat doluluk oranları (%)	28

KISALTMALAR DİZİNİ

CBS	:Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇEM	:Çölleşme ile Mücadele
ÇNHRP	:Çoruh Nehri Havzası Rehabilitasyon Projesi
GeoWEPP	:Geo-spatial interface for WEPP
Ha	:Hektar
MH	:Mikro Havza
OGM	:Orman Genel Müdürlüğü
RUSLE	:Resived Universal Soil Loss Equation
USLE	:Universal Soil Loss Equation
WEPP	:Su Erozyonu ve Tahmin Projesi

1. GİRİŞ

1.1. Genel Bilgiler

Dünya ve Türkiye gündeminde sıklıkla söz edilen küresel iklim (çölleşme, çevre kirliliği, sel felaketi, su kıtlığı vb.) sorunları yer almaktadır. Toplum duyarlılığının sağlanması ve korunması doğal kaynaklarımızın sürdürülebilirliği için çok elzemdir. Toprak; bilim insanları için canlı ve dinamik bir oluşum iken, dünya üzerindeki diğer insanlar için amacı sadece üretim olan bir kaynak olarak görülmektedir. Ülkemizin coğrafi konumu gereği üç tarafının denizlerle kaplı olması toprak varlığımızın artırılmayacağına bir göstergesidir. Dolayısıyla var olan yapının sürdürülebilirliği açısından toprağın korunması son derece hassas bir durumdur. İnsanlar, bitkiler ve hayvanlar için son derece değerli olan toprağın gereğinden fazla ve yanlış kullanımı, toprak kayıplarının azaltılması için yeterli önlem alınmaması ve de doğal etkilere karşı korunmaması sebepleriyle varlığı tehlike altına girmektedir (Kantar ve Dengiz, 2015). Dolayısıyla son derece önem arz eden toprak; amaç dışı ve dikkatsiz kullanımı ile doğal afetler açısından yeteri kadar önlem alınmaması sebepleriyle yıllar içerisinde erozyon ile kayıplara uğramaktadır (Özsoy, 2007).

Erozyon; canlı ve cansız birçok faktörün birleşmesi sonucu ana kayada ki bitki örtüsünden kıt olan toprağın aşınıp taşınması ve ardından birikimi sonucu oluşmaktadır. Toprak erozyonu temel olarak 'Jeolojik ve Hızlandırılmış' olarak incelenmekte olup şekil 1' de erozyon çeşitlerine yer verilmiştir (URL-1). Yaşadığımız coğrafyada deniz, göl ve baraj ekosistemlerine en çok toprak taşınımı sağlayan akarsular arasında ilk sıralarda Çoruh, Fırat, Kızılırmak ve Yeşilırmak Nehirleri ve onların havzaları yer almaktadır (EMEP, 2013). İklim ve toprak özelliği değişimleri hızlandırılmış erozyon oluşumuna direk bağlı iken erozyon boyutu ve yönünü diğer faktörler belirlemektedir (Yakupoğlu ve Demirci, 2013).

Bu yüzden ki, hali hazırda kısıtlı olan doğal kaynaklarımızdan toprak hızlandırılmış toprak erozyonuyla birlikte yakın gelecekte varlığı tehdit altına girecektir. Erozyon tehlikesi dolayısıyla toprak kaybının fazla olduğu ülkemizde bilimsel açıdan uygulama

kaynaklı tüm koruma ve önleme yöntemleri gerçekleştirilmez ise tehlike çanları giderek yükselmekte olup geri dönülmez hal alacağı açıkça görülmektedir (Erpul ve Deviren-Saygın, 2012). Günümüzde pek çok çalışma analiz verilerine göre, bütün ülke toprakları yüksek erozyon riski taşımaktadır. Dünyada her yıl 24 milyar ton toprak varlığı erozyon sebebiyle yok olmakta, 110 ülke ise çölleşme riski altındadır. En fazla erozyona uğrayan kıta Asya Kıtası olup büyük kısmı Asya kıtasında yer alan ülkemiz ise fazlasıyla erozyon ile karşı karşıya kalmaktadır (Anonim, 2013).

Ülkemizde hektarda 8,25 ton'a karşılık gelen, her yıl ise ortalama 642 milyon ton toprak su erozyonu ile büyük kayıplar yaşayarak yer değiştirmektedir (Erpul vd., 2018). Yarım milyar ton humuslu yüzey toprağı göl ve denizlere taşınıp birikmektedir (Özsoy, 2007). Doğanın insan tarafından düşüncesizce aşırı kullanımı ve hatalı müdahaleler erozyon kayıp oranını yükseltmektedir. Bu toprak kaybıyla birlikte taşınan organik maddenin azalması ile toprak verimsizleşir. Söz konusu erozyon ile gerçekleşen doğal afetler yerleşim yerleri ve tarım arazilerinin yok olmasına, can ve mal kaybına sebep olmaktadır. Doğal afetler sonucu taşınan rüsubatlar barajları kısa zamanda doldurarak ekonomik ömürlerinin kısalmasına sebebiyet verir. Mevcut ve gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılamak için doğal kaynak yönetimi, toprağı korumak ve de gıda güvenliği için erozyonla mücadele için son derece önemlidir (Anonim, 2013a). İnsanları bilinçlendirmek, toprağın korunması ve gelecek nesillere verimliliğinin taşınması adına mantıklı ve doğayla iç içe bulundurularak insanın doğadaki tahrip eden etkileri de yıkıcılığı da azalmış olacaktır (Acar, 2019).

Yapılan çalışma sonuçları göstermiştir ki insan faktörü erozyon önlenmesinin büyük payını oluşturmaktadır. Doğanın uyum içinde devamlılığı, ormansızlaşmanın önlenmesi, amaca uygun ve planlı toprak koruma çalışması ve otlatılmanın uygun sağlanması ile erozyondan belirli oranda korunmuş olunacaktır. Sonuç olarak çok daha etkili ve de daha ucuz önlemler alınarak erozyonun başlamadan önlenmiş olacaktır. Sahip olduğumuz zengin orman varlığımız, yapı ve işlevleri açısından tüm dünyanın elzem doğal kaynaklarından. Bu yüzdendir ki yurdumuzun, bugünümüz ve geleceğimizdeki orman ve su kaynaklarının ihtiyacı karşılamaya yetecek şekilde korunması, geliştirilmesi ve iyileştirilmesi önem arz etmektedir.

1.2. Tezin Amacı

Erozyon, toprak yapı ve dokusuna zarar veren en elzem doğal süreçlerden birisidir (Değerliyurt, 2013). Tez çalışmamıza konu olan Çoruh Nehri Havzası şiddetli olarak toprak kaybına uğramakta olup ayrıca havzadaki şartlar gereği baraj inşaatı ve yeni yol yapımı dolayısıyla aşırı sediment üretimine maruz kalmaktadır. Her yıl ortalama 6,3 milyar m³'lük akış hacmi olan Çoruh Nehri havzası aynı zamanda ülkemizde en çok toprak kaybı yaşanan havzalardan biridir ve yılda 5,8 milyon m³ rüsubat taşınımı sağlamaktadır (URL-2).

Çoruh Nehri Havzası son yirmi yılda, yapılmış ve yapımı hala devam eden tüm baraj ve HES tesisleriyle birlikte bütünüyle enerji üretim havzasına çevrilmiştir. Gerçekten tüm bu yatırımların ekonomik olarak gelecek nesillere aktarılabilmesi ve devamlılığı doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi ile gerçekleşebilecektir. Bu yüzdendir ki Çoruh Nehri Havzası üzerinde rehabilitasyon projesi ile havzada yer alan birçok mikro havzada (Yusufeli, Şenkaya, Olur, Uzundere, Taht, İspir, Şavşat, Bıçakçılar, Oltu, İspir Kuzey, Tortum Kuzey, Masat) doğal kaynakları koruma amacıyla önlem ve uygulamalar yapılmıştır (URL-2).

Bu çalışmalardan en önemlileri oyuntu kanallarına uygulanan kuru duvar eşik ve kafes tel eşikler ile oyuntu rehabilitasyonudur. Çalışmamızda yukarıda yer alan havzalardan Uzundere, Şenkaya ve Tortum Kuzey mikro havzalarında bulunan oyuntu kanallarına uygulanan kuru duvar ve kafes tel eşikler ile oyuntu erozyonunun önlenmesi ve biriken rüsubat miktarı ölçülmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada ayrıca yapılacak olan tüm bilimsel çalışma ve uygulamalar için altlık olması açısından öneriler geliştirilmiştir.

1.3. Literatür

Doğa kendi döngüsünü tamamlarken fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkenler sebebiyle bitki ve kayalardan ayrışarak oluşan toprak, çeşitli erozyon türleri ile bulunduğu yerden aşınıp taşınarak farklı yerlerde birikir. Buralar; rezervuarlar, deniz, dere akarsu ve göller olarak sıralanabilir (Cebel ve Akgül, 2011).

Yapılan bir çalışmada, başta kum ve mil çapında 246 adet malzeme türünün eğimli arazilerde yüzeysel akış ile taşınmasına oyuntu oluşumunun temel sebebi gösterilmiştir (Atalay vd., 2022). Sınırlı sayıda yapılan oyuntu erozyonu konusunda

Türkiye’deki bir çalışmada, 1971 yılında İzmir Salihli- Turgutlu arasında oluşan oyuntu erozyonu Kızılcahamam havza amenajman etüt proje müdürlüğü tarafından havza bazında ve Aydın dağlarının güney, Bozdağların kuzey, Burdur havzasının güneydoğu yamaçlarında gerçekleşen oyuntu erozyonu oluşumu ve de iyileştirilmesi konusunda veriler saptamışlardır (Atalay vd., 2018).

Farklı bir çalışmada ise Amerika’nın Iowa eyaletinde belirlenmiş bir otlak arazide dere kenarı riperyan (yeşil kuşak) sınırlarında kenar/şev erozyonu 2 yıllık bir yüksek lisans çalışması ile kaybedilen toprak miktarı hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda, kış ve ilkbaharda 8,4 cm yaz döneminde 7,8 cm sonbahar dönemin de ise 1,7 cm olarak bulunmuş 2 yıllık evrede ise yıllık toprak kaybı 217 ton/km/yıl hesaplanarak 74 ile 383 ton/yıl bandında farklılık seyretnmiştir (Tüfekçioğlu, 2006). Aynı alanlarda yapılan eski bir çalışma analizine göre ise yıllık toprak kaybı 63 ile 258 ton/km/yıl bandında seyretnmiştir (Zaimes, 2004).

Farklı bir çalışma alanı olan “Çoruh Nehri Havzası’nda” engebeli dağlık alana sahip Erzurum Uzundere ilçesinin yıllık yağış ortalaması 300 ile 600 mm arasında yarı kurak iklime sahip sahada RUSLE yöntemiyle bütünleşmiş CBS ileri teknolojisi yüzey alandan kaybedilen toprak miktarını bir yılda 25,38 ton/ha/yıl olarak hesap edilmiştir. Bu havzada mevcut dere ve oyuntuda tortu birikimi yaşandığından yüksek potansiyel yatak erozyonu riski bulunduğu belirtilmiştir (Yavuz ve Tüfekçioğlu, 2019). Yapılan farklı bir çalışmada RUSLE yöntemi ile CBS tekniğinin birlikte kullanılması sonucu Uluabat Gölü ve bu göle akış sağlayan Mustafakemalpaşa Nehrin’de gerçekleşen yıllık erozyon 11,2 ton/ha/yıl bulunmuştur (Özsoy, 2007).

RUSLE yönteminin kullanıldığı farklı bir çalışmada Elâzığ İli Sivrice İlçesinde bulunan Kürkçayı Havzası’nda erozyon riski araştırılmıştır. Sonuç olarak alanının %1’inde hiç erozyon tespit edilmemiş, %23,1 ve %31,6’sında ’inde sırasıyla çok hafif ve hafif, %26,3 ve %%12,7’sinde hafif şiddetli ve şiddetli ve son olarak %5,4’ünde çok şiddetli olarak bulunmuştur (Yılmaz, 2010). Artvin ili Yusufeli ilçesinde 245 km²’lik arazide RUSLE yöntemi ile erozyonun bölgesel dağılımı, kütsel toprak kaybı ve erozyon risk haritaları yapılmış olup yapılan çalışma sonucunda ortalama yüzey erozyonu 3,6 ton/ha/yıl bulunmuştur (Tüfekçioğlu ve Yavuz, 2016). Yürütülen farklı bir çalışmada “Çoruh Nehri Veliköy Mikro havzasında” yine RUSLE yöntemi

ile bütünleşmiş CBS tekniği kullanılarak “yüzeyde oluşacak erozyonun riski ve haritaya aktarılması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda ortalama toprak kaybı ‘3,89 t/ha/yıl’ hesaplanmıştır (Tüfekçioğlu vd., 2018). Çoruh Nehri Havzasında ÇEM tarafından RUSLE metodu kullanılarak ortalama toprak kaybı miktarı 3.79 t/ ha/yıl hesaplanmıştır (Erpul vd., 2018). Yine RUSLE yöntemi kullanılan farklı bir çalışma, Erzurum ili Uzundere Mikro Havzası’nda gerçekleştirilmiştir. Zor bir arazi yapısına sahip olup yıllık 585 mm yağış almakta, yıllık yüzeysel akış hektarda 25,38 ton hesaplanmıştır (Yavuz ve Tüfekçioğlu, 2019).

Erzurum ili Oltu ilçesi Olur Mikro Havzasında 2 yıl erozyon çubuk yöntemi ile gerçekleştirilen çalışmada ilk dönem 1,99 cm/yıl, ikinci dönem 3,34 cm/yıl toprak kaybı ölçülmüştür. Birinci sınıf derelerde 137 ton/km/yıl olarak en yüksek oranda toprak kaybı yaşandığı tespit edilmiş olup yılda ortalama 75,4 ton/km/yıl toplamda ise 25750 ton/yıl toprak kaybı yaşandığı hesaplanmıştır (Tüfekçioğlu, 2018). Farklı bir çalışmada ise Olur Mikro Havzasında çubuk yöntemiyle erozyon ölçümü yapılan çalışmada ilk yıl 1,8 cm/yıl iken ikinci yıl 15,3 cm/yıl toprak kaybı ölçülmüştür. Ortalama toprak kaybı birbirini takip eden yıllar sırasıyla “6,2 ile 643,5 ton/km/yıl” arasında, toplamda ise “215,7 ton/km/yıl” olarak ölçülmüştür. Havzada yer alan tüm oyuntu ve yataklarda oluşan toprak kaybı miktarı “92114 ton/yıl” olarak ifade edilmiştir (Yıldırım, 2019).

Tortum Kuzey Mikro Havzasına 70 km uzaklıkta yer alan Olur Mikro Havzasında erozyon çubuk yöntemi ile 2 yılda yapılan farklı bir çalışmada kanal ile oyuntu erozyonu miktarlarının ölçülmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın ilk yılında 0,7 cm/yıl ikincisinde ise 2,5 cm/yıl olarak ölçülmüş olup iki yıllık ortalama toprak kaybı miktarları 2. sınıf ve 1.sınıf derelerde sırasıyla 1662 ve 1534 ton/yıl, oyuntu derelerinde 8818 ton/yıl ve de toplam 12014 ton/yıl olarak hesaplanmıştır (Acar, 2019). Oltu Mikro Havzasında erozyon çubuk yöntemi ile gerçekleştirilen, dere kenarı/şev erozyonunun oluşturduğu toprak kaybı araştırılmıştır. Bir yıl içerisinde 14 deneme sahasında gerçekleştirilen çalışmada bir yıl içinde yaklaşık “75,4 ton/km/yıl” toprak kaybı hesaplanmıştır (Tüfekçioğlu, 2018). Oltu Mikro havzasında devam niteliğinde gerçekleştirilen 2,5 yıl süren erozyon çubuk metodu sonucunda toprak kaybı miktarı 2017 yılı için 0.9 cm iken 2018 yılında 8 cm ölçülmüştür. Ortalaması alınarak hesaplanan toprak kaybı 2. Sınıf derelerde 0 ton/yıl, 1.sınıf derelerde 5827

ton/yıl ve oyuntularda 29248 ton/yıl ölçülmüş olup toplam 35075 ton/yıl bulunmuştur (Pakih, 2019). Havza alanı büyük olan arazilerde toprak kaybının artış gösterdiği belirtilen bir çalışmada nehir şevlerinde yaşanan toplam toprak kaybı miktarı % 1 ila % 25 aralığında değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir (Abbas vd., 2023).

CORINE yöntemi ile Ankara ili Beypazarı ilçesinde erozyon risk ölçümü amaçlanmıştır. Elde edilen erozyon risk verilerine göre erozyonun arazinin %60'ında çok yüksek saptandığı, %20'sinde ise ciddi seviyede bir risk olmadığı belirlenmiştir (Bayramin vd., 2005). CORINE yöntemi ile gerçekleştirilen farklı bir çalışmada ise Eskişehir Mihalıççık ilçesinde potansiyel erozyon ve aktüel erozyon risk değerlerini bulmak amaçlanmıştır. Potansiyel olarak toprakların %44'ünde düşük düzeyde, %52'sinde orta, %4'ünde yüksek düzeyde erozyon riski taşıdığı gözlemlenmiş olup aktüel olarak toprakların %31'i düşük düzeyde, %20'si orta ve %49'unda yüksek düzeyde erozyon riski olduğu belirlenmiştir (Erol ve Çanga, 2004). Tokat Çelikli Göleti Havzasının 10,4 km²'lik alanında 2000-2005 yılları arasında USLE yöntemi ile gerçekleştirilen çalışmada toprak kaybı CBS tekniği ile belirlenerek haritalandırılmıştır (Oğuz vd.,2006). USLE ve SWATT yöntemlerine göre Sakarya Nehri Havzası'nda ki Küçükelmalı ile Güvenç Havzalarında gerçekleşen su ve sediment analiz çalışması yapılarak toprak kayıpları hesaplanmıştır. Küçük Elmalı'da 9 ton/ha/yıl Güvenç de ise 15,98 ton/ha/yıl olarak elde edilmiştir (Karaş, 2005).

Farklı bir çalışmada USLE yöntemi ile Küçükelmalı Gölet Havzası'nda uygulanan çalışmada yaşanan toprak kaybı ortaya konulmuştur. Hatalı arazi kullanımından 6,4 ton/ha/yıl, kontur tarım ile 5,15 ton/ha/yıl, şeritvari tarımda ile 2,60 ton/ha/yıl olarak toprak kaybı elde edilmiştir (Karaş ve Öztürk, 2011). 1994 yılında Çay Boğazı ve alt havzalarında 3 dönem süren çalışmada sediment/erozyon ölçümü ve erozyon miktarı ölçülmek istenmiştir. Nif Havzasında ölçülen askıda sediment miktarı 17.464 ton/km²/yıl, takip eden yıl içerisinde Cenger Havzası'nda 130.804 ton/ km²/yıl, aynı yıl ise Çay Boğazı Havzası 111.153 ton/ km²/yıl olarak hesaplanmıştır (Doğan ve Sevinç, 1997). 1981, 1987 ve 2006 yıllarında Tokat Artova Ekinli II Gölet Havzasında batimetrik ölçümler yapılmıştır. Gölet'in su toplama kapasitesindeki azalmalar Netcad ortamında ortaya konulmuştur. Toplamda 9627,1 m³ sediment birikmiş olup kapasite kaybı %27,68 hesaplanmıştır (Oğuz ve Akar, 2007). ArcGIS programı ile 1981- 2009 yılları arasında Altınapa Barajında sediment birikimi ile hacim ve yüzey alanı

değişimleri hesaplanmıştır. Barajın rüsubat depolama kapasitesini havzadan dökülen sedimetlerin %12,4 oranında azalttığı tespit edilmiştir (Ceylan vd., 2011).

Artvin ili Borçka Baraj Havzasında WEPP modeline göre eğim ve bakı önemsenerek 15 farklı havzada yağışların etki ettiği toprak erozyon ve sediment miktarı ölçülmüştür. Elde edilen sonuca göre yıllık ortalama toprak kaybı “360431,70 ton olduğu ortaya konulmuştur (Yüksel, 2015). Bir başka çalışmada WEPP modeli kullanılarak Gümüşhane-Torul Barajı Havzasında gerçekleşen toprak kaybının 8177,86 ton olduğu ortaya konulmuştur (Aydın, 2009). WEPP modeli kullanılan Kahramanmaraş ili Ayvalı Barajı Su Havzası’nda yapılan çalışmada toprak kaybı hesaplanmıştır. 11531 hektarlık alanda hesaplanan veriler, orman alanlarında 9035,06 ton/yıl ve 1,32 ton/ha/yıl, mera ve tarım alanlarında sırasıyla 7910,3 ton/yıl (4,69 ton/ha/yıl) ve 68589,62 ton/yıl (23,95 ton/ha/yıl) olarak tespit edilmiştir (Yüksel vd., 2007).

Borçka Barajı Yağış Havzası’nda GeoWEPP yöntemi uygulanarak ortalama yağışın etken olduğu toprak kaybı ve sediment birikimi 86576,83 hektarda 360431,70 ton/yıl olarak ölçülmüştür (Erdoğan Yüksel, 2015). GeoWEPP metodu aracılığıyla Kahramanmaraş ilinin Keklik Havzası’nda 780 hektarlık alanda sediment birikim miktarı 34533,5 ton/yıl hesaplanmıştır (Reis vd., 2017). Kahramanmaraş ilinin Orcan Dere Havzası’nın 780 hektarlık alanında GeoWEPP modeliyle gerçekleştirilen sediment miktar ölçümünde 6,95 ton/ha/yıl hesaplanmıştır (Yüksel vd., 2008). Farklı olarak yapılan bir erozyon çalışmasında riperyan (ot ve ağaç kaplı yeşil kuşak) arazilerde dere kenarı/şev erozyonunun diğer arazilerden (tarım ve otlak alanlar) daha az olduğu elde edilmiştir. Kanal ve oyuntu erozyonunun en aza indirilmesi için ise riperyan alanlarının çoğaltılması önerilmiştir (Zaimes vd., 2021).

1.4. Toprak ve Erozyon

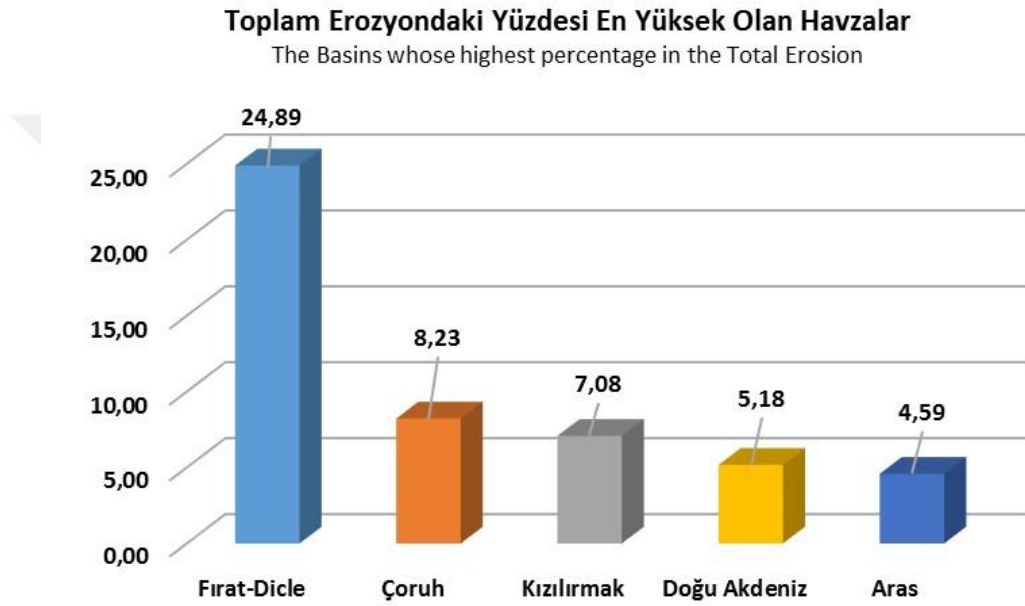
Yaşamımızı idame ettirmek için uzun yıllar sonucu ana kayaların ayrışarak değişiklik gösterdiği en önemli verim alanlarından olan toprak; zaman içerisinde plansız kaynak kullanımı, sıcaklık, yağış ve yüksek basınç gibi temel dış etkenler sebebiyle büyük ölçüde toprak taşınması ile kayıplar meydana getirmektedir. Bu oluşum ile kaybedilen toprak birikimi ise erozyon olarak adlandırılmaktadır. Büyük çoğunluğu doğal temelli insan kaynaklı olan bu büyük orandaki toprak kayıplarını en aza indirmek de biz

insanların elindedir. Tüm canlılar için vazgeçilmez bir kaynak olan toprak mineral ve organik maddece oldukça zengindir (Çepel, 1997). Su ve rüzgâr etkenli toprak yüzeyinin aşınarak tekrar eski haline gelemeyecek şekilde bulunduğu yüzeyden uzaklaşmasına erozyon denir. Doğal kaynak sürdürülebilirliğini büyük bir oranda etkileyen toprak aşınması erozyon sürecinin doğal yapısı olarak görülmektedir (İmamoğlu vd., 2016). Bir yıl içerisinde ülkemizde akarsulardan denizlere taşınan toprak miktarının yaklaşık 380 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir (Atalay, 1986). Jeolojik (doğal) ve hızlandırılmış olarak 2 temel başlıkta incelenen toprak erozyonu; eğimli yamaçlar boyunca yerçekiminin etkisi ile uzun yıllar içinde su veya rüzgâr tarafından yamaç boyunca toprağın taşınmasına doğal erozyon denir (Çelik, 2011). Doğal erozyona adından da anlaşılacağı üzere insan etkisi söz konusu değildir, milyonlarca yıldır bu süreç yaşanmaktadır (Cebel ve Akgül, 2011).

Hızlandırılmış erozyon ise insanoğlunun etkisi neticesinde yanlış ve plansız uygulamalar doğal bitki örtüsünü tahrip etmiştir dolayısıyla savunmasız kalan toprağın su ile birlikte akışa geçerek taşınması sürecidir (Balcı ve Öztan, 1987). Dünyamızın doğal dengesi bu hızlı gerçekleşen toprak kaybindan dolayı bozulmaktadır. Bu süreç sonucunda kaybedilen toprak içerisinde besin elementlerinin de azaldığı tespit edilmiş ve dolayısıyla toprak verimsizleşmiştir (Cebel ve Akgül, 2011). Bu yüzdendir ki erozyon istenmeyen bir süreçtir. Toprağı verimsizleştirmesinin yanında su kirliliğine ve barajların erkenden dolarak ömürlerini kısaltmaya sebebiyet vermektedir. Taşınan alanlarda besin element kaybına da sebep olmakta, aşınım şiddetine oranla toprak fakirleşmesine dolayısıyla tarım alanlarında verim düşüklüğü sonucu çeşitli sorunlara neden olmaktadır (Yakupoğlu, 2007). Çalışma havzası olan Çoruh Nehri Havzasının, havza düzeyinde erozyon dağılım oranı Tablo 1’de, toplam erozyondaki yüzdesi yüksek olan havzaların oranı ise Şekil 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Erozyon miktarının havza düzeyinde dağılımı(2021-2025 dönemi)(URL-3)

Havza No	Havza Düzeyinde	Erozyon Miktarı (ton yıl ⁻¹) Erosion Yield (t y ⁻¹)	Toplam Erozyondaki Yüzdesi (%) The Rate of the Total Erosion (%)
Basin Number	Basin Scale		
	Türkiye	* 642.208.543,60	100
23	Çoruh Havzası	52.848.848,78	8.23



Şekil 1. Erozyon yüzdesi en yüksek olan havzalar (2021-2025 dönemi)(URL-3)

1.4.1 Oluşum Şekline Göre Su Erozyon Tipleri

Erozyon oluşumuna göre dört grupta toplanmaktadır; su, rüzgâr, kıyı/dalga ile çığ ve buzul/kar erozyonudur (Çepel, 1997). Bu dört erozyon tipi dış kuvvetlerin (eroziv) zemin üzerinde aşınma etkisi ve şiddetine göre gerçekleşen ve süreklilik arz eden bir olaydır (Özsoy, 2007). Aşınma şiddeti ve boyutuna göre su erozyonu 5 alt grupta incelenmektedir;

Damla erozyonu: Sağanak yağış ile birlikte su damlalarının toprak yüzeyine hızla düşüşü ile toprak gözenekleri tıkanarak sızdırma eylemini azaltır dolayısıyla hızla çarpan damlalar toprak parçalarını yerlerinden oynatarak eğim aşağı yağış ile

taşınmasına sebep olarak erozyon hızlanır (Yılmaz, 2010). Çıplak kalan toprak yüzeyi yağış şiddeti ile toprak taşınmasını başlatarak erozyonu hızlandırır. Toprak aşınması konusunda hızlandırıcı etki oluşturan damla erozyonun etkisi damlanın kinetik enerjisi (boyut, düşme hızı) ile birlikte zemin yapısıyla da ilişkilidir (Erinç, 2000).

Yüzey erozyonu: Son derece yavaş gelişen bu erozyon tipinde organik maddece zengin olan toprak yapısının taşınmasından dolayı fakirleşen toprak yüzeyinde renk değişimi gerçekleşmektedir. Çoğunlukla daha düz hafif eğimli alanlarda çok etkili bir şekilde gerçekleşmektedir (Balcı ve Öztan, 1987).

Parmak (Oluk) erozyonu: Yüzeysel akışının devamında arazide oluşan oyuklarda su birikimi yaşanır, bir kısmı toprak içine sızarak toprağı gevşeterek eğim boyunca akıp gider. Toprak yüzeyinde ince kanallar oluşturarak el parmağını andıran oluklar oluşturmaktan kaynaklı bu adı almıştır (Aşk, 1993).

Oyuntu erozyonu: Önlem alınmayan parmak/oluk erozyonun gerçekleştiği arazilerde erozyon şiddetini artırarak oyuntu erozyonuna dönüşür. Eğim bitiminde toplanan akış suları alçak bölgelerde sele sebep olarak daha büyük oyuntular oluştururlar (Bahtiyar, 2006). Bu oyuntular toprak zemin sertliğine göre “V” veya “U” şeklini almaktadırlar. Parmak erozyonundan ayrılan en net farkı ise eni 45-55 cm derinliği ise en az 25-30 cm olmasıdır (Çepel, 1997).

Akarsu Yatak (Kanal/Mecra) erozyonu: Oyuntu erozyonu sonucu oluşan oyuntular zamanla büyüyüp akarsu yataklarını oluştururlar. Akarsularda erozyon oluşumu sürekli meydana gelerek materyal taşır. Erozyon ne kadar hızlı ise materyal boyutu aynı oranda büyük olmaktadır. Gerekli önleyici tedbirlerin alınması önem arz etmektedir (Çanga, 2011).

1.4.2 Erozyonu Etkileyen Faktörler

Ülkemizin toprakları step iklimi etkisinde olmasından dolayı erozyon ve erozyon nedenlerinin araştırılması önem arz etmektedir (Yıldız ve Demir, 2012). Doğal ve beşeri olarak incelenmekte olup doğal faktörler iklim, toprak, topoğrafya ve bitki örtüsü beşeri ise insan faktörüdür (Sönmez, 1994).

İklim: En fazla etkiye sebep olan bu faktör, yağışlar sebebiyle toprak parçalarını aşındırarak yüzeysek akış boyunda taşıyarak erozyon etkisini yükseltmektedir. Diğer iklim elemanlarından rüzgâr kurak iklim kuşağında etkisini göstermekte olup, toprağın emici gücü ile doğrudan etkisi olan toprak nemi, sıcaklık, yağış türü ve toprak donması etkenleri erozyonu etkilemektedir. Dünyamızda yaşanan erozyon ve iklim değişikliği yok edilen ormanlar il tahrip edilen tarım arazisi kaybı olarak karşımıza çıkmaktadır (ÇEMGM, 2015).

Toprak: Tekstür ve strüktür yapısı önemli rol oynamakta olup, kumlu veya killi toprak yapısı da erozyonu oldukça etkilemektedir. Killi toprakların ince hafif yapılı olan tanelerinin taşınması kolay, kumlu toprakların düşük tutunma enerjisinden dolayı çözünmesi hızlı, ağır yapısından dolayı taşınması zordur (Tüfekçioğlu, 2017). Erozyon etkisine ek olarak bu başlık altında toprak öz hacim ağırlığı, gözenek durumu, organik madde zenginliği, nem oranı ve mikroorganizma etkinliği rol oynamaktadır.

Bitki örtüsü: Erozyona en büyük etkisi olan bu faktör alandaki mevcudiyeti bakımından çok önemlidir. Arazinin topoğrafik yapısından dolayı eğim oranına bakılmaksızın bitki örtüsünden mahrum olan sahalarda yüzey erozyonu fazlasıyla gözlenmektedir (Balcı ve Öztan, 1987).

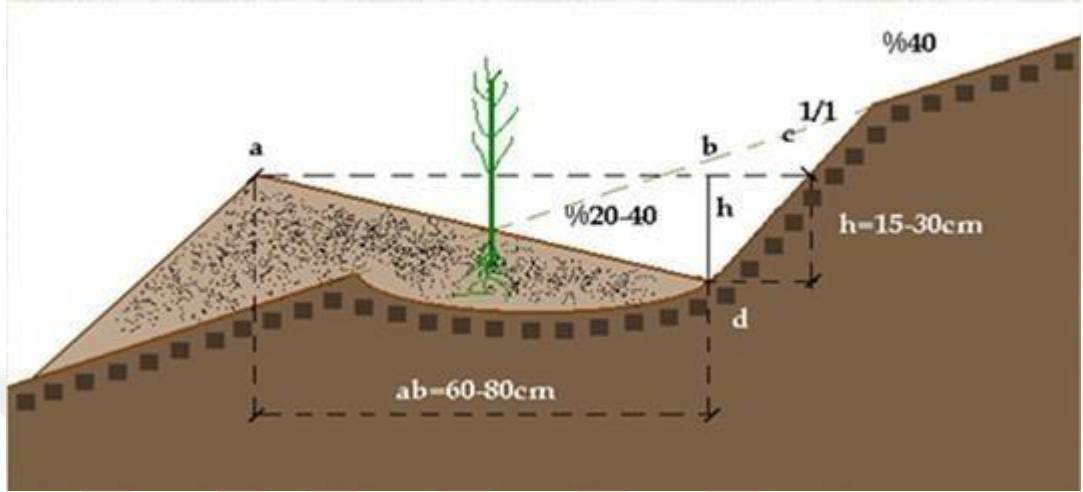
Topoğrafya: Eğim ve yamaç uzunluğunun fazlaca mevcut olduğu ülkemiz arazilerinde tarım ve ziraat arazilerinde pek çok sorun baş göstermektedir (Tavşanoğlu, 1966). Düz arazilerde yağmur damlaları materyali rastgele taşıırken eğimli sahada bu oran eğim yönünde artış göstermektedir (Çanga, 1985).

İnsan: Yaşadığı coğrafyada yaşamını devam ettirebilmek için tarım ve hayvancılık sebepleriyle bitki örtüsünü tahrip etmesiyle bilinir insan. Dolayısıyla yanlış arazi kullanımı ve hatalı tarım işleme nedenlerinden dolayı erozyon riskini aynı oranda artırmaktadır (Sarı, 2005). Bozulan toprak da verimlilik azalır toprak savunmasız kalır erozyon oranını artırma konusunda insan öncüdür (Brown ve Wolf, 1996).

1.4.3 Erozyon ile Mücadele Yöntemleri

Bu kısımda erozyonla mücadele metotlarından sadece yamaç ve oyuntu ıslahı konu edilmiştir.

Gradoni Tipi Teras: %60'a kadar eğimli olan arazi yamaçlarında uygulanabilir. Teras genişliği 60-80 cm arasında değişkenlik gösterebilir. Oluşturulacak olan bu teraslara içe (yamaç tarafına) doğru 20-40 eğim uygulanmalıdır (Şekil 2 & 3).



Şekil 2. Gradoni tipi teras yapım şekli (ÇEM)



Şekil 3. Gradoni tipi teras arazi uygulaması

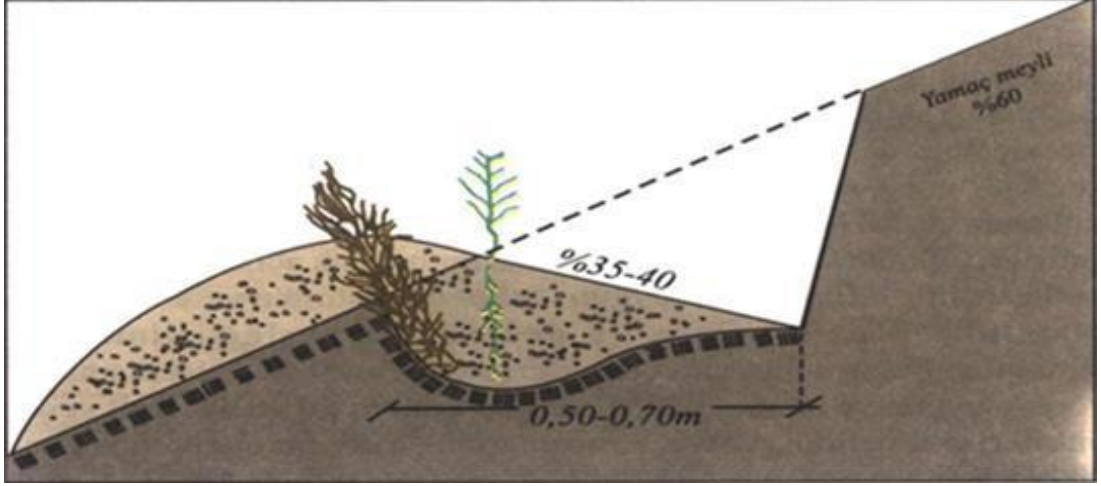
Örme Çit Teras: Bu yöntemde kullanılacak materyal 4-6 cm çaplarında, 90-100 cm uzunluğunda olmalıdır. İki kazık arasının 30-40 cm, arazi şartlarına göre iki teras arası 100-150 cm uzunluğu olmalıdır (Şekil 4). Öncelikle toprakta delik açmak için kılavuz demir çakılır sonrasında ahşap kazıklar çakılmalıdır. Kullanılan malzeme seçiminde sürgün verme özelliği değerlendirilmelidir. Kazıklar, 1/3 oranında toprak üzerinde 2/3

oranında ise toprak altında kalması gerekmektedir. Elastikiyeti yüksek olan malzemeler kazık aralarını doldurmak için kullanılmalıdır. Bu işlem tamamlandıktan sonra teras arkasına kazıma işlemi başlatılarak teras formu verilmelidir.



Şekil 4. Örme çit teras arazi uygulaması

Çalı Takviyeli Teras: Fazlasıyla yamaç eğiminin yüksek ve toprak mevcudiyetinin olduğu arazilerde tercih edilmektedir. Yamaç üzerinde 30- 40 cm genişliğinde yan kazı işlemi uygulanır (Şekil 5 & 6). Sonrasında temin edilen çalılar teras üzerine dizilir ardından arka şev üzerinden toprak kazılarak teras formu verileler çalı üzerine çekilir. Teras formu dıştan yamaç içine doğru meyilli yapılmalıdır.



Şekil 5. Çalı takviyeli teras yapım şekli (ÇEM)



Şekil 6. Çalı takviyeli teras arazi uygulaması

Kuru Duvar Eşik: Oyuntularda (yan dereler) uygulanan bu tesisler, yükseklik değeri 1 metre olacak şekilde sahada mevcut taşlarla yapılmakta olup yüksek duvarlar tercih edilmemelidir (Şekil 7). Öncelikle duvarın işleneceği yere temel kazısı yan yamaçlara duvar ucu yerleşecek uygunlukta yapılmalıdır. Yan taraflarına göre alçal olacak olan bu yapının savak yeri derenin tam ortasına gelecek şekilde uygulanmalıdır. Duvarlar dere üstünden başlanılarak alttan yukarı %10 eğim olacak şekilde yapılmalıdır.



Şekil 7. Kuru duvar eşik arazi uygulaması ve ölçümü

Kafes Tel Eşikler: Oyuntu ıslahı için tercih edilen bu yapı ise çalışılacak alanın taş ve çalıdan fakir bolca toprağın mevcut olduğu yerlerde uygulanmaktadır. Bu yöntemde çoğunlukla L demir kazıklar 70- 90- 140 cm olarak tercih edilir (Şekil 8). 1er metre ara ile çakılan kazıklar derenin en derin yerine 140 cm olacak şekilde dikilmesi önem arz etmektedir. Memba kısmında her 3 kazığa 90 cm'lik kazık çakılacak şekilde uygulanır. Kullanılan bu kazıkları sağlamlaştırmak için galvanizli kafes tel ile bağlamak gerekmektedir. Kafes teller de yerine yerleştirildikten sonra kazıklara

bağlama işlemi yapılarak sabitlenir. Kafes telin arka kısmı dışarıda kalmaması için üstüne toprak çekilerek bu erozyon kontrol yöntemi tamamlanmış olur.



Şekil 8. Kafes tel eşik arazi uygulaması

Taş Kordon: Uygulama alanında yüzeysel akış neticesinde oluşan erozyonu önleyebilmek için yeteri kadar taş kordon oluşturabilecek taş mevcudiyeti var ise bu sahalarda uygulanması tercih edilir. Öncelikle uygulama sahasında taş kordonun sağlamlığını artırmak için 40 cm. genişliğinde toprak işlemesi yapılır (Şekil 9). Sonrasında duvar örer gibi üst üste dizilerek 30 cm. yükseklik 40 cm. genişlik ölçülerine uygun olarak kordon şekli verilir. Bu yöntemde kordon arkaları toprak işlemeli ve toprak işlemez olarak iki şekilde de uygulanabilir



Şekil 9. Taş kordon arazi uygulaması

2. MATERYAL VE YÖNTEM

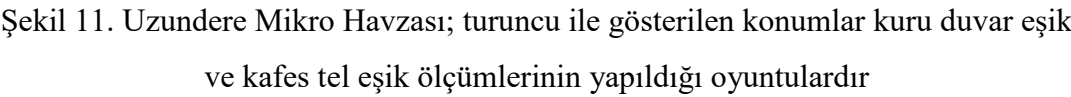
2.1 Çalışma Alanları

Çalışmamız, Çoruh Nehri Havzası alt havzalarında yer alan; Uzundere, Şenkaya ve Tortum Kuzey Havzalarında uygulanmıştır (Şekil 10). Çoruh drenaj havzası olarak Türkiye yüz ölçümünün %2,5'ine dolayısıyla yaklaşık 2 milyon hektarı karşılamakta, Artvin, Bayburt ve Erzurum illerinin çoğunluğunu kapsamaktadır. Havza Türkiye'nin Bayburt ilinden itibaren, İspir, Yusufeli, Artvin ve Borçka'dan ilerleyerek Gürcistan sınırlarına geçerek Batum'dan Karadeniz sınırlarına dökülür. Çoruh havzasının ortalama yıllık yağış miktarı 560 mm, 2500 ile 3000 m üzerinde dağlık dağ yapısına sahiptir (ÇNHRP, 2012).



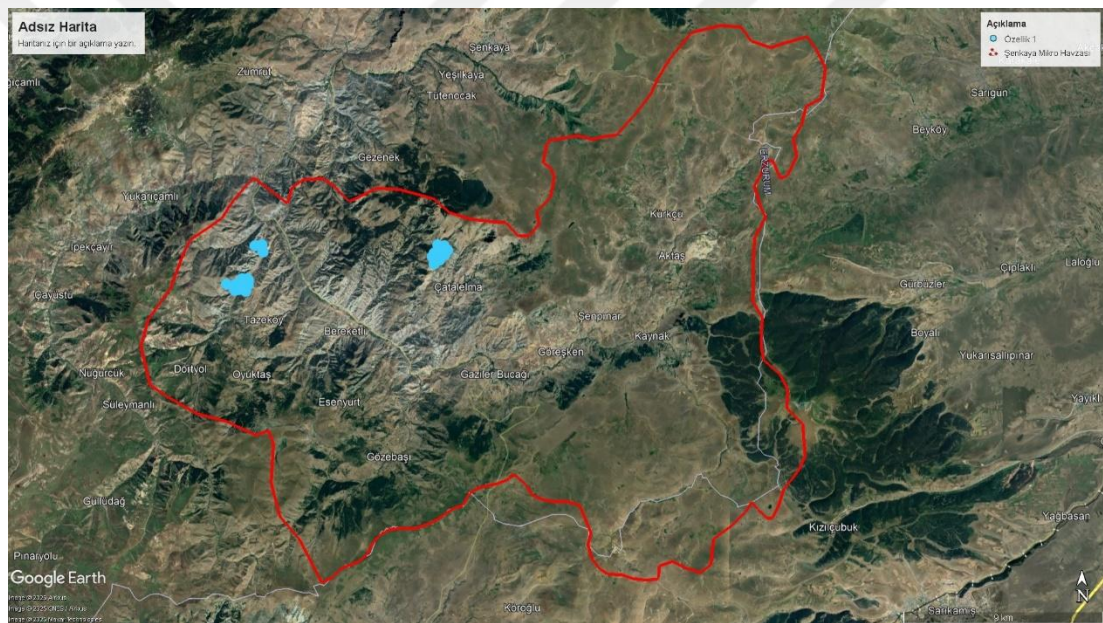
Şekil 10. Çalışmanın Gerçekleştirildiği Mikro Havzaların Çoruh Nehri Havzası içindeki konumları (TK; Tortum Kuzey, U; Uzundere, Ş; Şenkaya).

Çalışma alanımız Erzurum ili 41030' 50"- 41044' 10" boylamları ile 40026' 06"- 40046' 53" enlemlerinde yer almaktadır (Şekil 11). Havzamız İran-Turan bölgesinin doğu Anadolu kesiminde bulunmaktadır. Toplamda 30864 ha alana sahip olup 9317 ha alanı bozuk orman 5130 ha alanı ise verimli ormandan oluşmaktadır (Duman, 2017). Çalışma alanına ait en düşük yükselti değeri 582, en yüksek yükselti değeri 3034 ve ortalama yükselti değeri 1746 olup yüksek dağlık arazi şekline sahiptir. Havza çok dik eğim sınıfında yer almaktadır. Uzun dere mikro havzasının orta ve yukarı havza kısımlarında yarı nemli, nemli ve/veya çok nemli iklim tipi görülürken alt bölümlerinde kurak-yarı kurak iklim tipi hâkimdir (Duman, 2017).



2.1.2. Şenkaya Mikro Havzası

Çalışma alanımız Erzurum ili 42035' 19"- 42008' 03" boylamları ile 40036' 34"- 40018' 16" enlemlerinde yer almaktadır. Havza İran-Turan bölgesinin doğu Anadolu kesiminde bulunmaktadır. Toplamda 38693 ha alana sahip olup 4750 ha alanı bozuk orman 2438 ha alanı ise verimli ormandan oluşmaktadır (Duman, 2017). Çalışma alanına ait en düşük yükselti değeri 1421, en yüksek yükselti değeri 3097 ve ortalama yükselti değeri 2242 olup yüksek dağlık arazi şekline sahiptir. Havza orta eğim sınıfında yer almaktadır. Şenkaya mikro havzasının orta ve yukarı havza kısımlarında yarı nemli, nemli ve/veya çok nemli iklim tipi görülürken alt bölümlerinde kurak-yarı kurak iklim tipi hâkimdir (Duman, 2017).



Şekil 12. Şenkaya Mikro Havzası; mavi ile gösterilen konumlar kuru duvar eşik ve kafes tel eşik ölçümlerinin yapıldığı oyuntulardır

2.2 Kafes-Tel ve Kuru Duvar Eşiklerdeki Rüşubat Miktarının Ölçüm

Metedolojisi ve Analizi

Her havza için rastgele deneme alanları (oyuntu dereleri) seçilerek farklı yıllar içinde yapılmış olan eşiklerdeki rüşubat doluluk yüzdesi ve de miktar ölçümleri yapılmıştır. Eşiklerde yapılan ölçümler eşik numaraları 1, 3 ve 5 gibi tek sayılar ile numaralandırma yapılarak oyuntu deresi boyunca daha fazla eşik ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu numaralandırmadaki amaç ise bir oyuntu deresindeki tüm eşikleri ölçmek yerine sadece tek numaralı eşikleri ölçerek daha fazla oyuntu deresinde ölçme yaparak ölçümleri daha fazla alana/derede uygulamak ve çalışmanın standart hatasını azaltmak. Her bir MH'daki çalışmalar yıllara göre değerlendirildiğinde aynı MH içindeki ölçüm verilerinin 1 ve 4 yıl arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Bu değişkenlik MH içindeki benzer ıslah faaliyetinin (kafes tel ve kuru duvar eşik) farklı yıllarda başlatılmasından kaynaklanmaktadır. Spesifik olarak belirtmek gerekirse Uzundere MH'sı ölçümleri 2015-2018, Tortum Kuzey 2016-2018 ve Şenkaya 2016-2017 yıllarında gerçekleştirilmiştir.

Kafes-Tel ve kuru duvar eşiklerdeki rüşubat miktarının ölçülmesi için, Uzundere Mikro Havza'sında 108, Şenkaya Mikro Havza'sında 71, Tortum Kuzey Mikro Havza'sında 108 adet eşik olmak üzere toplamda 287 adet eşik ölçümü gerçekleştirilmiştir. Tablo 3'de daha detaylı olarak verilmiştir.

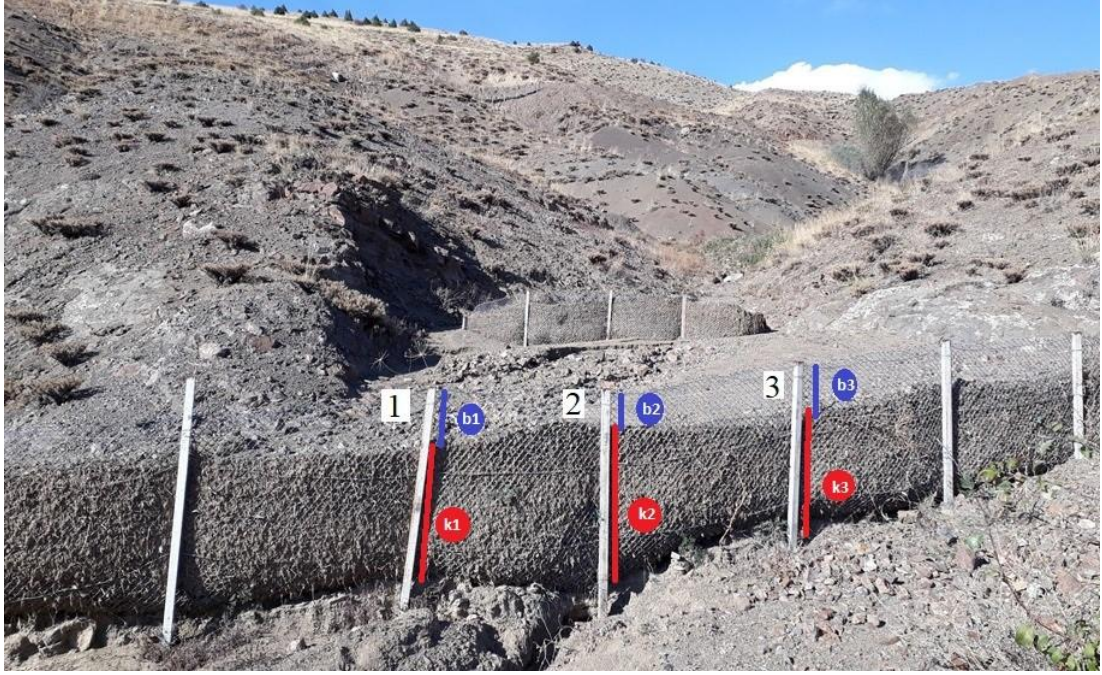
Taşınıp biriken rüşubat miktarının (ton) ağırlık bazında ölçülmesi amacıyla uygulama yapılan her bir oyuntu deresinde 10x10 cm silindir ebadında sediment/rüşubat örnekleri toplanarak örneklerin hacim ağırlıkları ölçülmüştür. Bu analiz için elde edilen ortalama veriler Tablo 4'te verilmiştir.

2.3 Rüşubat Doluluk Yüzdesinin (%) Ölçülmesi

Mikro havzalarda gerçekleştirilen ortalama doluluk yüzdesi hesaplanmasında kafes tel ve kuru duvar üst uzunluklarının eşit aralıklarla ayırt edilmiş üç farklı alanında değerlendirmeye alınmıştır. Eşit aralıklar ile ayırt edilmiş olan bu üç noktada (1, 2 ve 3) oluşmuş olan doluluk değerlerinin (k1, k2 ve k3) ortalaması, bu noktalardaki toplam

eşik yükseklikleri/kazık boyu (k_1+b_1 , k_2+b_2 , k_3+b_3) ortalamasına bölünüp 100 ile çarpılması sonucu yüzde olarak belirtilmiştir (Ergen,2021). Çalışma havzalarımızda, her bir havza ile farklı derelerde uygulanmış olan kafes tel eşik ve kuru duvar eşiklerin ortalama doluluk ve ortalama kazık boyu-boş kısımları hesap edilmiştir (Şekil 14).

$$\text{Doluluk (\%)} = (\text{Ortalama } k / \text{Ortalama } k+b) * 100$$



Şekil 14. Eşiklerdeki rüsubat doluluk oranının (%) belirlenmesi

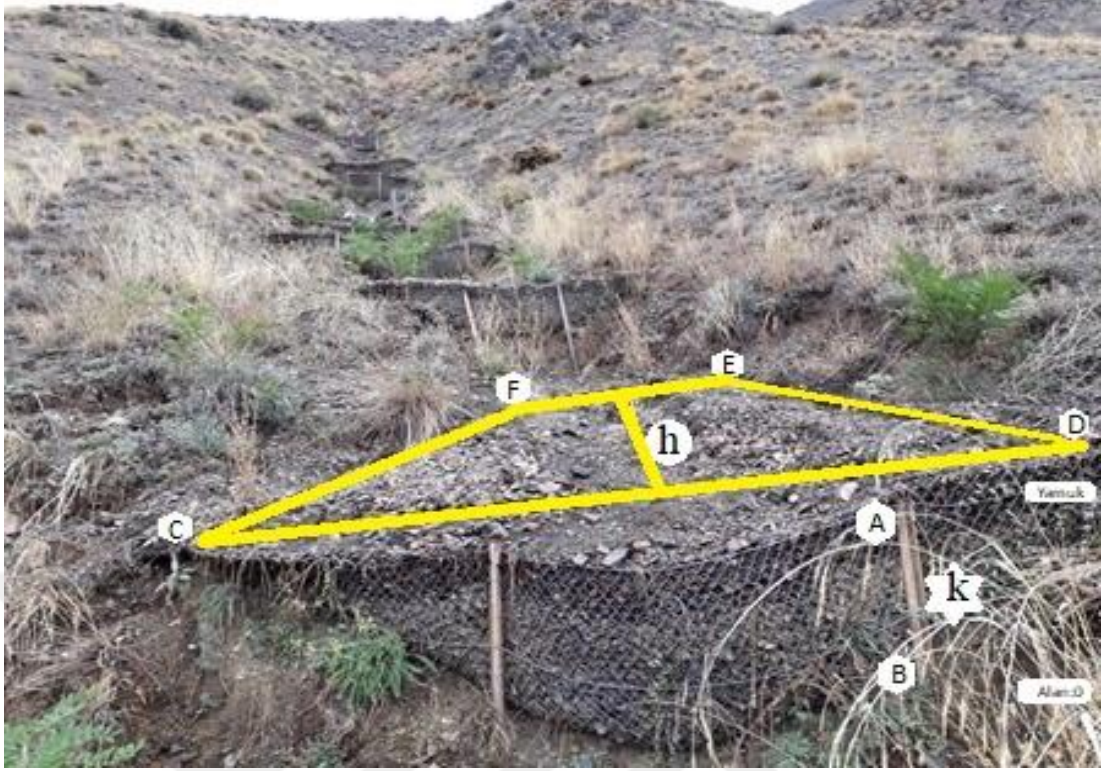
2.4 Rüsubat Miktarının (m^3 ve ton) Ölçülmesi/Hesaplanması

Eşik arkalarına taşınarak depolanan rüsubat miktarının ölçülmesinde uç alanların ortalaması metodu uygulanmıştır (Ergen,2021). Bu yöntemle göre ayrı ayrı her eşiğin toplam rüsubat hacmi (m^3); birikimin en az ve en fazla olduğu şekilsel (dikdörtgen, kare ve üçgen gibi) alanların (m^3) ortalamasının söz konusu birikim hacim hesabıyla yakınlık göstermektedir. Şekil 15’de gösterildiği gibi kafes tel eşikte depolanan rüsubatın en az olduğu yer kazığın dip kısmında (B; burada alan sıfır (0) kabul edilir), en fazla olduğu yer ise kazığın en üst kısmındaki rüsubat (en fazla) birikim seviyesindedir (A). Arazi ölçümleri sırasında bu seviyedeki birikim düzlemi (alanı) bilinen geometrik şekillere (yamuk, kare, üçgen ve dikdörtgen gibi) benzetilerek alanlar hesaplanır. Bu hesaplanan alan (üst alan) kazığın dip kısmındaki alanla (alt alan; sıfırdır) toplanarak ikiye bölünmüştür. Sonuç olarak toplam rüsubat hacmi bu

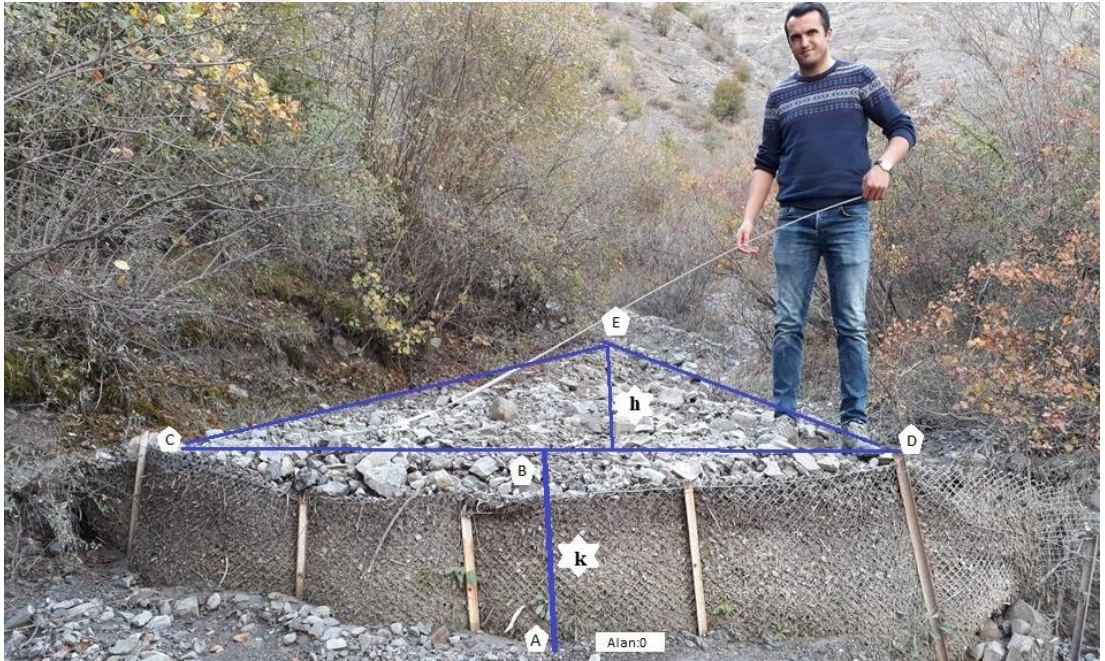
ortalama alanın dolu kazık yüksekliğiyle (k) çarpılması ile elde edilmiştir. Çıkan hacim sonuçlarının (m^3) ağırlığa dönüştürülmesi bu hacim değerlerinin rüsubat hacim ağırlığı (ton/m^3) değerleriyle çarpılması ile hesap edilmiştir. Arazi çalışması esnasında toplanan rüsubat örneklerinin ortalama hacim ağırlığı $1,80 ton/m^3$ olarak hesaplanmış ve bu değer kullanılmıştır.

Erozyon sonucu depolanan rüsubat miktarının nasıl belirlendiğini Şekil 15'e göre açıklayacak olursak; şekilde “B” noktasındaki rüsubat birikim alanı sıfırdır. “A” noktasındaki rüsubat birikim şekli yamuğa benzediğinden alan; üst uzunluğun ($e-f$) alt uzunlukla ($c-d$) toplanması ve yüksekliğin yarısıyla ($h/2$) çarpılması ile hesap edilmiştir. Netice olarak rüsubat hacim (m^3) hesabı; a ve b noktalarındaki alanların ortalamasının rüsubat yüksekliğiyle çarpılması sonucunda elde edilir. Bu çalışma alanı görselinde (Şekil 16) ise üstteki hesaplamadan farklı olarak birikimin sıfır olduğu A noktası için üçgen hesabı uygulanmıştır. Yüksekliğin (h), taban uzunluğu ($c-d$) ile çarpılması ve ikiye bölünmesi ile elde edilmiştir. Sonuç olarak hacim hesabı A ve B noktalarındaki alanların ortalamasının birikim yüksekliği ile (k) çarpımı neticesinde bulunmuştur.

Silindir hacmi (10×10) olan sediment örnekleri eşiklerden toplanarak laboratuvar ortamını getirilmiştir. Örneklerin ilk aşamada fırın kurusu ($105^\circ C$) ağırlığı tespit edilmiştir. Sonrasında fırın kurusu ağırlıklarının silindir hacmine bölünmesi ile örneklerin hacim ağırlıkları tespit edilmiştir. (Gülçur, 1974).



Şekil 15. Birikim şekli yamuğa benzeyen dolu eşikler için rüsubat hesabı



Şekil 16. Birikim şekli üçgene benzeyen eşikler için rüsubat hesabı

2.5 Veri Analizi

Veri analizi için SAS programı kullanılmıştır. Tek yönlü varyans analizi kullanılarak havzalar arasındaki rüsubat birikim farkı tespit edilmeye çalışılmıştır. Önem düzeyi olarak $p < 0,05$ kullanılmıştır (SAS, 2003).



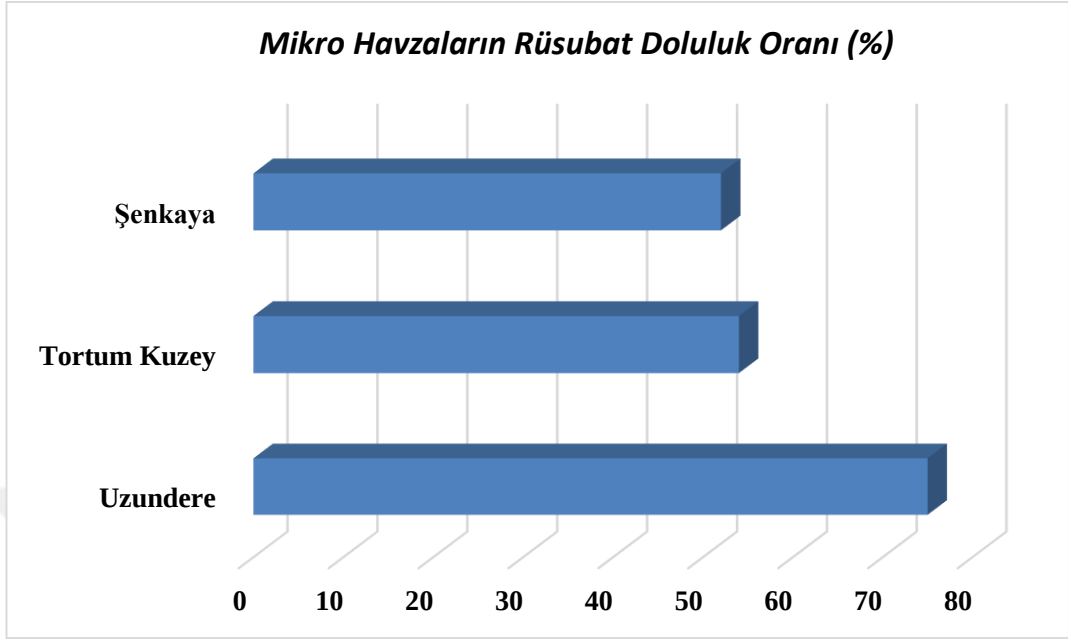
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

ÇNHRP kapsamında oyuntu derelerinde yapılan kuru duvar ve kafes tel eşiklerde oyuntu ıslahı gerçekleştirilmiş olup bu faaliyetlerin amacı hem oyuntu hem de yüzey erozyonuyla taşınan sediment/rüsubat miktarını en aza indirmek ve kaynak havzalarda/yerinde depolamaktır.

Çalışma alanı olan Çoruh Nehri Havzasının alt havzalarından Uzundere Mikro Havzası, Şenkaya Mikro Havzası ve Tortum Kuzey Mikro havzasında yaşanan çeşitli erozyon sebepleriyle toprak kayıpları yaşandığı tespit edilerek önlem yöntemleri arazi koşullarına göre uygun tercih edilmiş olup çalışmada bu önlem yöntemleri neticesinde taşınan toprak miktarları hesaplanmıştır. Bu bağlamda ilgili havzaların oyuntu dereleri üzerinde inşa edilen kuru duvar ve kafes tel eşiklerdeki rüsubat doluluk yüzdeleri ve miktarları tespit edilmiştir (Tablo 2 & Şekil 17).

Tablo 2. MH'lar için belirlenmiş ortalama doluluk (cm), kazık boyu/kafes tel yüksekliği (cm) ve doluluk oranları (%)

Mikro Havza	Ortalama Doluluk (cm)	Ortalama Kazık boyu (cm)	Doluluk Oranı (%)
Uzundere	62	82	75
Tortum Kuzey	38	70	54
Şenkaya	38	73	52
Ortalama	46	75	60



Şekil 17. MH'ların rüsbat doluluk oranları (%)

Gerçekleştirilen arazi ölçümlerinde eşiklerdeki ortalama doluluk/birikim yüksekliği 46 cm, ortalama kazık kafes tel/kuru duvar yüksekliği 75 cm olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Bu analiz sonucunda havzalardaki eşikler için elde edilen ortalama doluluk oranı ise % 60 olarak bulunmuştur. Çoruh Nehri Havza Rehabilitasyon Projesi (ÇNHRP, 2019) kapsamında diğer MH da uygulanan benzer oyuntu rehabilitasyon çalışmalarında rüsbat doluluk oranı verileri ise şu şekilde sarılanmaktadır; Masat (%11), Bıçakcılar (%12), Taht (%52), İspir (%67), İspir Kuzey (%77) ve Şavşat (%82). Bu verilere ışığında Masat ve Bıçakcılar MH'ları dışındaki diğer havzalar ile Şenkaya, Tortum Kuzey ve Uzundere havzalarından elde edilen veriler Çoruh Nehri Havzası proje havzalarında ölçülen rüsbat doluluk oranlarıyla benzerlik göstermektedir.

Tablo 3. Arazi ölçüm verileri üzerinden hesaplanan rüsubat miktarları

Mikro Havza	Ölçülen Eşik (Adet)	Ölçülen Uzunluk (m)	Rüsubat Doluluğu (%)	Rüsubat (m3)	Rüsubat (Ton)
Uzundere	108	564	75	679	1215
Tortum Kuzey	71	307	54	37	67
Şenkaya	108	590	52	400	716
Ortalama	96	487	60	372	666
Toplam	287	1461		1116	1998

Gerçekleştirilen arazi uygulamalarında ölçülen toplam eşik sayısı 287, ölçülen toplam (kafes tel ve kuru duvar) uzunluk 1461 m ve bu veriler üzerinden üretilen toplam rüsubat miktarı ise 1116 m³'tür (Tablo 3). Havzalarda birim eşik uzunluğu için (1 m uzunluğundaki kafes tel ya da kuru duvar eşik arkasında biriken rüsubat) tespit edilen rüsubat miktarı sırasıyla Uzundere için 2,15 ton/m, Tortum Kuzey için 0,22 ton/m ve Şenkaya için 1,21 ton/m aralığında farklılık göstermektedir. Uzundere ve Şenkaya havzaları Tortum Kuzey havzasına oranla birim rüsubat miktarının en fazla olduğu yani şiddetli erozyona maruz kalan havzalar olarak belirlenmiştir ($p < 0.05$). Havzalar için hesap edilen ortalama birim rüsubat miktarı ise 1,19 ton/m olarak hesap edilmiştir. Çoruh Nehri Havzası Rehabilitasyon Projesinde ki diğer havza verilerine göre değerlendirildiğinde eşikler arkasına depolanan birim rüsubat miktarları (ton/m); Bıçakcılar: 0,03, Masat: 0,13, İspir: 0,60, Taht: 0,68, İspir Kuzey: 1,41 ve Şavşat 2,21 hesap edilmiştir (ÇNHRP, 2019).

Eşiklerde ölçülen hacim (m³) değerlerinin ağırlığa dönüştürülmesi (ton) için bazı alanlardan farklı özelliklere sahip rüsubat örnekleri alınarak bu örneklerin hacim ağırlıkları hesap edilmiştir (Tablo 4). Alınan örnekler sonucu hesaplanan ortalama hacim ağırlığı değeri 1,80 gr/cm³ veya ton/m³ olarak bulunmuş olup tüm ağırlık hesaplamalarda bu değer kullanılmıştır.

Tablo 4. Eşiklerden alınan rüsubat örneklerinin hacim ağırlıkları

Mikro Havza	Alan	Kod	Silindir Tipi	Hacim Ağırlığı (Ton/m3)
Uzundere	Cevizli	2-2	Büyük(10X10)	2,16
	Çağlayan	1-2	Büyük(10X10)	1,64
	Altınçanak	1-1	Büyük(10X10)	1,78
	Çağlayan	3-3	Büyük(10X10)	1,52
Şenkaya	Kireçli	1-1	Büyük(10X10)	2,15
Ortalama				1,80

Havzalarda tesis edilen toplam eşik uzunluklarına göre hesap edilen toplam rüsubat miktarları Tablo 5’te verilmiştir. Havzaların toplam eşik uzunlukları 9004 m ile Şenkaya ve 83128 m ile Uzundere arasında farklılık göstermektedir. Uygulanan eşiklerin toplam uzunlukları 111825 m olarak ölçülmüş olup en az rüsubat miktarı 6652 ton ile Tortum Kuzey MH’sında ölçülürken, en fazla rüsubat miktarı ise 235447 ton ile Uzundere MH’sındaki eşiklerde hesap edilmiştir.

Tüm havzalarda mevcut doluluk oranlarına (%60) göre hesap edilen toplam rüsubat miktarı ise 256291 ton’dur. Eşik doluluk oranlarının %100 ulaştığı durumdaki toplam rüsubat miktarı ise 354559 ton’dur. Orman Genel Müdürlüğünden alınan toplam eşik uzunluğuna ait veriler ve yapılış yılına ait verilere Tablo 5’te yer verilmiştir.

Tablo 5. MH’larda yapılan tüm eşik uzunluklarına göre hesaplanan toplam rüsubat miktarları ve % 100 doluluktaki potansiyel rüsubat miktarları

Mikro Havza	Toplam Eşik Uzunluğu (m)	Toplam Rüsubat (m3)	Toplam Rüsubat (Ton)	Uygulama Yılları	Doluluk Oranı (%)	Potansiyel Toplam Rüsubat (Ton)
Uzundere	83128*	135489	235447	2015-2018	75	314813
Tortum Kuzey	19693*	3716	6652	2016-2018	54	12295
Şenkaya	9004*	7928	14192	2016-2017	52	27451
Ortalama	37275	49044	85430	-	60	118186
Toplam	111825	147133	256291	-	100	354559

*OGM verisi

2018 yılında yapılan benzer bir çalışmada ise Oltu mikro havzasında % 77,2 oranında doluluk hesap edilmiştir (Tüfekçioğlu, 2018). 2021 yılında Çoruh Nehri Havzasında yapılan çalışmada Olur mikro havzasında %58, Oltu mikro havzasında %76, Yusufeli mikro havzasında %67 oranında doluluk hesap edilmiştir (Ergen, 2021). Bu tez çalışmamızda ise Tablo 5'te gösterilen veriler ile karşılaştırıldığında Uzundere mikro havzası %75 doluluk oranı ile diğer iki çalışmadaki Oltu mikro havzasındaki doluluk oranı ile benzerlik göstermektedir.

Ölçülen doluluk yüzdesi üzerinden hesaplanan toplam rüsubat miktarları; Uzundere MH'sında 235447 ton, Tortum Kuzey'de 6652 ton ve Şenkaya mikro havzasında 14192 ton'dur. Bu havzalar arasındaki farkın yüksek olmasında eğim ve bitki örtüsü özellikleri büyük rol oynamaktadır. Örnekle açıklayacak olursak Uzundere mikro havzasının ortalama eğimi 53 yani çok dik eğim sınıfında yer alıyor. Tortum Kuzey mikro havzasının ortalama eğimi 39 yani dik eğim sınıfında yer alıyor. Şenkaya mikro havzasının ortalama eğimi 27 yani orta eğim sınıfında yer alıyor. Uzundere mikro havzasının eğiminin fazla olmasından dolayı daha fazla rüsubat miktarına sahip olduğu görülmektedir. Uzundere mikro havzasında ortalama 943 m yükseltide kurak iklim tipi, ortalama 1455 m yükseltide yarı kurak iklim tipi, ortalama 1880 m yükseltide yarı nemli iklim tipi, ortalama 2592 m yükseltide nemli iklim tipi görülmektedir. Tortum Kuzey mikro havzasında ortalama 1295 m yükseltide kurak iklim tipi, ortalama 1635 m yükseltide yarı kurak iklim tipi, ortalama 2105 m yükseltide yarı nemli iklim tipi, ortalama 2600 m yükseltide nemli iklim tipi, ortalama 3017 m yükseltide çok nemli iklim tipi görülmektedir (Duman, 2017). Şenkaya mikro havzasında ortalama 1553 m yükseltide yarı kurak iklim tipi, ortalama 1935 m yükseltide yarı nemli iklim tipi, ortalama 2340 m yükseltide nemli iklim tipi, ortalama 2798 m yükseltide çok nemli iklim tipi görülmektedir (Duman, 2017). Uzundere mikro havzasının daha alçak noktalarından itibaren kurak iklim tipine sahip olması ve çok nemli iklim tipinin olmaması nedeniyle bitki örtüsü yönünden daha zayıf olduğu için daha fazla rüsubat miktarına sahip olduğu görülmektedir.

Çoruh nehri havzasının %50'si (1.105.063 hektar) %45 ve daha yüksek eğimli sınıf grubundadır. Havzanın %40,83'ü mera, %27,73'ü orman, %9,94'ü kuru tarım, %7,14'ü çıplak kaya ve moloz, %6,27'si fundalık, %4,25'i sulu tarım, %1,35'i çayır, %2,49'ü diğer alanlardan oluşmaktadır (TÜMAŞ, 2019). Çoruh nehri havzasının

önemli bir kısmında orman alanı olmasına rağmen havzanın daha yüksek eğim sınıfında yer alması nedeniyle ülkemizdeki erozyon yüzdesi en yüksek havzalar arasında 2. sırada yer almaktadır.

Dünya üzerinde olduğu gibi Türkiye topraklarında da en önemli sorunlardan biri toprak erozyonudur. Doğal veya beşerî faktörler etkisiyle oluşan erozyonu önlemek için öncelikle toprağı bilmek, önemini anlayabilmek ve sevmek, çözüm bulma ve uygulamak amacıyla her bireyin sorumluluğudur. Özellikle küçük yaşta çocukların bilinçlendirilerek doğayı sevdirmek, bitki örtüsünü yaşatmak, yeşile sahip çıkmak için çaba gösterilmesi erozyon önlemede en önemli yapı taşlarından olacaktır. Dolayısıyla hem bizler evimizde hem de okullarda öğretmenlerimiz aracılığıyla gerekli eğitimler ile bu sorumluluğı çocuklara aşılamalıyız. Ardından uygulama sahalarında yetkili personeller ile birlikte fidan dikimi ve toprakla buluşturma gibi pek çok uygulama çalışmaları gerçekleştirmelidir. Yörede yaşayan halkın yaşam kaynaklarından olan hayvancılık, orman alanlarına büyük baskı uygulamaktadır. Yeni dikilen fidan sahalarında otlatma yapılması sonucu fidan ölümlerine sebebiyet vermekte, çitlerle çevrilen alanların özellikle korunması gerekli olduğu hususunda bilinçlendirme çalışması yapılması oldukça önem arz etmektedir. Özellikle meşe ağaçlarının budanarak hayvanlara yiyecek sağlanması, söz konusu alanın bitki örtüsü tahribatına sebebiyet vermekte en küçük bir yağışta bile yağmur sularının toprağı direkt etki etmesi sebebiyle zaman içerisinde de toprak kayıplarını oluşturmaktadır. Aynı zamanda halkın yaşamını sağlayabilmesi için gerekli malzemeler kurum tarafından sağlanır ise bilinçsizce kaçak ağaç kesimlerinin önüne geçilmesi sağlanmış olur. Sürekli ve yeterli verimlilikte bu bilinçlendirme ve uygulama çalışmaları yapılır ise büyük ölçüde toprak kaybının önüne geçilmesi mümkün olacaktır.

Erozyon sahalarında uygulanan kuru duvar eşik ve kafes tel eşik gibi pek çok yapıların yıllar içerisinde dolması sonucu havzadaki erozyonun devam etmesi sebebiyle taşınan rüsubat baraj göllerinin hızla dolmasına sebebiyet vermektedir. Aynı zamanda baraj gölleri akarsuların taşıdıkları rüsubat ile de hızla dolmaktadır (Tüfekçioğlu, 2018). Özellikle baraj inşaat çalışmalarında gerçekleştirilen patlamaların, sebep olduğu titreşimler direkt olarak yamaç dengesini bozmakta ve kütle hareketlerine sebebiyet vermekte, bu hareketlere bağlı olarak da bitki örtüsü tahribatı gerçekleşmekte, kayalarındaki çatlakların büyümesine neden olarak ayrışmayı şiddetlendirmektedir

(Turoğlu, 2005). Bu alışmalar sonucunda da erozyona açık hale gelen söz konusu yamaçlar, barajın su tutmaya başlamasıyla kütle hareketlerinin ve erozyonun şiddetinin artmasına ve de baraj gölü tabanında oldukça hızlı bir şekilde biriktirmeye başlar. Alanın ekosistemini tahrip etmekle kalmayıp baraj glnn beklenenden daha az bir süre de dolmasına ve barajın ekonomik ömrünün erken tamamlanmasına neden olmaktadır.



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

ÇNHRP kapsamında oyuntu derelerinde uygulanan kafes tel ve kuru duvar eşikler ile 3 MH'da (Uzundere, Şenkaya ve Tortum Kuzey) oyuntu ıslahı çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma ile hedeflenen amaç; oyuntu ve yüzey erozyonu ile havzadan taşınan sediment/rüsubat miktarını tespit ederek yapılan eşikler ile yerinde depolamaktır. Bu bağlamda çalışılan mikro havzalardaki oyuntu derelerinin rüsubat depolamadaki etkinlik derecesini ortaya koymak ve alınması gereken önlemleri tespit etmektir.

Çalışma neticesinde MH'lardaki rüsubat doluluk oranları Uzundere için %75, Şenkaya için %52 ve Tortum Kuzey için ise %54 olarak hesaplanmıştır. Ortalama değer ise %60 olup gelecek yıllar için kalan doluluk kapasitesi %40'dır. Çalışılan bu 3 MH'nın toplam eşik üst uzunlukları 354559 m'dir. Bu çalışılan havzaların mevcut doluluk oranlarına (ortalama %60) göre hesaplanan toplam rüsubat değeri ise 256291 ton'dur. Eşik doluluk oranlarının tam kapasiteye (%100' e) ulaştığı durumdaki toplam rüsubat/sediment miktarı ise 354559 ton'dur. Eşiklerde en az rüsubat miktarına sahip olan mikro havza 6652 ton ile Tortum Kuzey, en fazla rüsubat miktarı ise 235447 ton ile Uzundere MH'sında tespit edilmiştir. Şenkaya havzasının rüsubat miktarı ise 14194 ton'dur.

Şiddetli yamaç ve oyuntu erozyonunun gerçekleştiği havzaların yamaçlarında daha çok yüzey erozyon kontrol çalışması yapılarak erozyon potansiyeli yüksek olan yüzey toprağını kaynağında tutarak erozyon riskinin azaltılması ve önlenmesi amaçlanmalıdır. Nitekim bu müdahale kuru duvar ve kafes tel eşiklerin arkasına yamaçlardan taşınacak olan rüsubat miktarını önemli düzeyde azaltarak eşiklerin potansiyel kullanım süresini uzatacaktır ve oyuntu derelerinde gerçekleşen erozyon baskısını azaltacaktır.

Ayrıca, eşikler tamamen rüsubat ile dolarak fonksiyonlarını tamamladıktan sonra eşiklerin arkalarına (rüsubat birikim alanlarına) fidan dikimi gerçekleştirilerek

oyuntunun daha stabil bir duruma gelmesi sağlanmalıdır. Erozyon kontrol önlemleri uygulama yapılacak olan her havza için farklılık göstermekte olup alan seçiminde uzman kişilerin görüşüne başvurulmalı ve yapımının da mevzuata uygun olması oldukça elzemdir. Hatalı uygulama (eğim, toprak ve taşlılık bakımından yanlış alan tercihleri) yapılan sahaların bir kısmında kafes tel ve kuru duvar eşiklerin zaman içerisinde kayma ve çökmelere maruz kaldığı gözlemlenmiştir. Aynı zamanda arazi eğiminin çok dik olduğu havzalarda uygulama yapmak öncelikle can güvenliği ardından çalışma açısından oldukça zor olmaktadır.



KAYNAKLAR

- Abbas, G., Jomaa, S., Bronstert, A., Rode, M., 2023. Downstream changes in riverbank sediment sources and the effect of catchment size, *Journal of Hydrology: Regional Studies*, (46) 101340.
- Acar, A., 2019. Çoruh Nehri Havzasına Bağlı Tortum Kuzey Mikro Havzasında Kanal ve Oyuntu Erozyonuyla Gerçekleşen Toprak Kaybının Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Artvin Çoruh Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Artvin.
- Anonim, 2013a. Erozyonla Mücadele Eylem Planı 2013-2017, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, OGM, Ankara, 100 s.
- Anonim, 2013b. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Erozyonla Mücadele Eylem Planı 2013-2017, Ankara, 96 s.
- Aşk, K., 1993. Erozyonla Savaş, Ankara, Gürsoy Matbaacılık, 1993, s.4.
- Atalay, İ. 1986. Türkiye’de Erozyon, Taşıma ve Birikme Olaylarının Genel Durumu. Ağaçlandırma. (Yayına Hazırlayan: İ. Özkahraman). OGM, Ağaçlandırma ve Silvikültür Dairesi. Ankara. 385-388.
- Atalay, İ., Altunbaş, S. ve Siler, M., 2022. Bozdağlar’ın Kuzey, Aydın Dağları’nın Güney ve Burdur Havzası’nın Güneydoğu Yamaçlarındaki Oyuntu Erozyonunun Oluşumu ve Rehabilitasyonu. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, ISBN: 978-625-7076-31-9
- Aydın, M., 2009. Gümüşhane-Torul Barajı Yağış Havzasında Arazi Kullanımına Göre WEPP Modeli İle Toprak Kayıplarının Belirlenmesi ve Alınması Gereken Önlemler. Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 9 (): s. 54-65, Kastamonu.
- Bahtiyar, M., 2006, Toprak Erozyonunun Oluşumu ve Nedenleri, Atatürk Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 28-43 s.
- Balcı, N. ve Öztan, Y., 1987. Sel Kontrolü. KTÜ Basımevi, Orman Fakültesi Yay. Genel Yayın No. 113, Or. Fak. Yay No. 12, Trabzon. 466s.
- Bayramin, İ., Erpul, G., Erdoğan, E.H., 2005. Use Of CORINE Methodology to Assess Soil Erosion Risk in the Semi-Arid Area of Beypazarı, Ankara.

- Brown, L. R. ve Wolf, E. C., 1996. Dünya Ekonomisinde Sessiz Kriz: Toprak Erozyonu, TÜBİTAK-TEMA, Yayın No: 2, Ankara.Cebel, H., ve Akgül, S., 2011. Toprak Erozyonu, Oluşumu ve Koruyucu Önlemler, Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim, Nisan 2011, 57-61 s.
- Ceylan, A.,Karabork, H., Ekizoğlu, İ., 2011. An Analysis of Bathymetric Changes in Altınapa Reservoir. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 6(2), s. 15-24.
- Çanga, M.R., 2011. Toprak ve Su Koruma, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları.
- Çelik, V., 2011. Değirmen Deresi Havzası Boldavin- Afyonkarahisar) Toprak Erozyonu Risk analizi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyonkarahisar, 96 s.
- ÇEMGM, 2015. Çölleşme ile Mücadele Türkiye Ulusal Eylem Programı, Ankara
- Çepel, N., 1997. Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar, Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı Yayınları No:14, İstanbul.
- ÇNHRP, 2019. Çoruh Nehri Havzası Rehabilitasyon Projesi (2012-2019). Orman ve Su İşleri Bakanlığı. Erozyon İzleme ve Değerlendirme Nihai Raporu. Sf.154. Ankara.
- Davis, 1971. Distribution patterns in Anatolia with particular reference to endemism. Plant Life of South-West Asia. Edited by Davis Harper and Hedge. Botanical Society of Edinburgh, Great Britain.
- Davis, P.H., 1965-1988. Flora of Turkey and East Aegean Islands. Vol. 1-10, Edinburgh University Press. Edinburgh.
- Değerliyurt, M., 2013. Antakya Şehri ve Yakın Çevresinde Meydana Gelen Erozyonun Coğrafi Dağılışı ve Analizi, International Periodical For The Languages, LiteratureandHistory of TurkishorTurkic Volume 8/8 Summer, Ankara, 1745-1764 s.
- Doğan, O. ve Sevinç, A.N., 1997. Batı Akdeniz Bölgesi Çayboğazı Havzasında Erozyon Ölçümleri, Ankara.
- Duman, A., 2017. Artvin, Erzurum ve Bayburt İllerindeki Bazı Mikro Havzalarda Bozuk Orman ve Mera Alanlarında Bazı Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi, Uydu Görüntüleri İle İlişkilendirilmesi ve Modellenmesi (Doktora Tezi). Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, ss. 153. Artvin
- EMEP, 2013. Erozyonla mücadele eylem planı (2013-2017). Orman ve Su İşleri Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, 101 s, Ankara

- Erdoğan Yüksel, E., 2015. Borçka Barajı Yağış Havzası'nda Meydana Gelen Toprak Erozyonu ve Sediment Veriminin WEPP Erozyon Tahmin Modeli ve CBS Teknikleri Kullanılarak Belirlenmesi (Doktora Tezi), Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Artvin.
- Ergen, S., 2021. Çoruh Nehri Havzasının Oltu, Olur ve Yusufeli Mikro Havzalarında Oyuntu Islahı Kapsamında Yapılan Kuru Duvar ve Kafes Tel Eşiklerde Biriken Rüşbat Miktarının Tespiti, Artvin Çoruh Üniversitesi, Lisansüstü Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Artvin.
- Erinç, S., 2000. Jeomorfoloji I, Ders Yayınları, İstanbul.
- Erol, E., Çanga, R.M., 2004. Coğrafi Bilgi Sistemi Tekniği Kullanılarak Erozyon Risk Değerlendirmesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 10 (2) s. 136-143.
- Erpul G, Deviren-Saygın S 2012. Ülkemizdeki Toprak Erozyonu Sorunu Üzerine: Ne Yapmalı? Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 1(1): 26-32.
- Erpul, G., Şahin, S., İnce, K., Küçümen, A., Akdağ, M.A., Demirtaş, İ., Çetin, E., 2018. Türkiye Su Erozyonu Atlası. ÇEM Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara.
- Gülçur, F., 1974. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Yöntemleri. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, O.F Yayın No, 201, Kurtuluş Matbaası, İstanbul, S. 225.
- Kanar E, Dengiz O., 2015. Madendere Havzası topraklarında arazi kullanım/arazi örtüsü ile bazı erozyon duyarlılık indeksleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi, Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 2: 15-27. ISSN: 2148-2306.
- Karaş, E., 2005. Küçükemmalı ve Güvenç Havzalarının Su ve Sediment Verimlerine Göre Sürdürülebilir Yönetimi (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Karaş, E., ve Öztürk, F., 2011. Küçükemmalı Gölet Havzasının Toprak Koruma Önlemlerine Göre Arazi Kullanım Planlaması. GOÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi, 2011, 28(2), 127-134 s.
- Oğuz, İ., Akar, Ö., 2007. Tokat Artova Ekinli II Gölet Havzası Sediment Verimi. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Yayın No: TAGEM-BB-TOPRAKSU-2007/45, Tokat.
- Oğuz, İ., Karaş, E., Susam, T., Tetik, A., Noyan, Ö.F., Akar, Ö., 2006. Tokat-Artova Çelikli Havzasında Toprak Bozulmasının Belirlenerek Sürdürülebilir Bir Tarım İçin Havzanın Planlanması. TAGEM-BB-TOPRAKSU-2006/19 Enstitü Yayın No: 230, Teknik Yayın No: 45, Tokat.

- Özsoy, G., 2007. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknikleri Kullanılarak Erozyon Riskinin Belirlenmesi. (Doktora Tezi).Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 154 s.
- Pakih, H., 2019. Çoruh Nehri Havzasına Bağlı Oltu Mikro havzasında Kanal ve Oyuntu Erozyonuyla Gerçekleşen Toprak Kaybının Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Ana bilim Dalı, Artvin.
- Reis, M.,Altun Aladağ, İ., Bolat, N., Dutal, H., 2017. Using GeoWEPP Model ToDetermineSedimentYieldAndRunoff in The Keklik Watershed in Kahramanmaraş, Turkey. Sumarskilist, 12-12, s. 563-569.
- Sarı, M., 2005. Toprak Erozyonuna Farklı Bir Bakış, http://tema.org.tr/trcevre_kutuphanesi/erozyon.
- SAS, 2003. SAS (Satatistical Analaysis System Ins.) Release 9.1 ed. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Sönmez, K., 1994, Toprak Koruma, Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 169, Erzurum.
- Strahler, A. & Strahler, A., 2006, Introducing Physical Geography.
- Tavşanoğlu, E., 1966. Erozyon ve sel kontrolünün Türkiye için taşıdığı önem ve ormancılıkla ilgisi. Orman Mühendisliği 1.Teknik Kongresi O.M.O. Yayını Cilt1.
- Turoğlu, H., 2005. “Bartın’da meydana gelen sel ve taşkınlara ait zarar azaltma ve önleme önerileri”, İ.T.Ü. Türkiye Kuvaterner Sempozyumu V, 02–03 Haziran 2005, 104–110.
- Tüfekçioğlu, M., 2006. Riparian Land-Use Impacts on Stream Bank Soil and Phosphorus Losses from Grazed Pastures, Master of Science, Iowa State University, Ames, Iowa, ABD, 7-68 p.
- Tüfekçioğlu, M., 2017. Akarsu Prosesleri ve Jeomorfolojisi (Ders Notları), Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Artvin.
- Tüfekçioğlu, M., 2018. Gully And Streambank Erosion And The Effectiveness of Control Measures In a Semi-AridWatershed. Fresenius Environmental Bulletin volume 27 – No. 12/2018 s 8233-8243.
- Tüfekçioğlu, M., Yavuz, M., 2016. Yusufeli Mikro havzasında (Artvin) Yüzey Erozyonu Toprak Kaybının Tahmin Edilmesi ve Erozyon Risk Haritasının Oluşturulması. Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, ISSN: 2146-1880, Cilt: 17, Sayı: 2, s. 188-199.

- Tüfekçioğlu, M., Yavuz, M., Vatandaşlar C., Dinç M., Duman, A., ve Tüfekçioğlu, A., 2018. Assessing and Mapping Erosion Risk for Velikoy Sub-watershed within Coruh River Basin in Turkey, Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 4 (2), 210-220 s.
- TÜMAŞ, 2019. Çoruh ve Doğu Karadeniz Havzaları Taşkın Yönetim Planının Hazırlanması Projesi, Ankara.
- URL-1.<http://www.dsi.gov.tr/Su-Dünyası-Dergisi-Mayıs-2011,35-36> s,(25.04.2024).
- URL-2, 02.08.2015 www.tema.org.tr. (25.04.2024)
- URL-3 <https://cem.csb.gov.tr/2023-su-erozyonu-istatistikleri-i-112580> (25.04.2024).
- Yakupoğlu T, Demirci D., 2013. Kahramanmaraş-Narlı Ovası topraklarının erozyona duyarlılıkları ile bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler, Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 28(1): 33-38.
- Yakupoğlu, T., Özdemir, N., 2007. Erozyona Uğramış Topraklara Uygulanan Arıtma Çamuru ve Çay Endüstrisi Atığının Toprakların Mikro Element İçeriklerine Etkileri, OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 22(2) s.207-213.
- Yavuz, M., Tüfekçioğlu, M., 2019. Estimating Surface Soil Losses In The Mountainous Semi-Arid Watershed Using RUSLE And Geospatial Technologies. Fresenius Environmental Bulletin, Vol: 28. No:4 s. 2589- 2598.
- Yıldırım, C., 2019. Çoruh Nehri Havzasına Bağlı Olur Mikrohavzasındaki Sediment Üretiminin Erozyon Çubuk Yöntemi, Askıda Katı Madde Ölçümü ve Geowepp Tahmin Modeli İle Belirlenmesi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Yıldız C., Demir T., 2012. Yarı Kurak Bölgelerde Farklı Bakı Koşullarına Sahip Yamaçlarda Erozyon Süreçlerinin İncelenmesi (Akziyaret Köyü, Şanlıurfa). TÜCAUM VII. Coğrafya Sempozyumu (18-19 Ekim 2012).
- Yılmaz, H., 2010. Kürk Çayı Havzasının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Erozyon Riskinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Elazığ. 78 s.
- Yılmaz, H., 2010. Kürk Çayı Havzasının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Erozyon Riskinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Elazığ. 78 s.
- Yüksel, A., Akay, A.E., Gundoğan, R., Reis, M., ve Cetiner, M., 2008. Application of GeoWEPP For Determining Sediment Yield And Runoff In The Orcan Creek Watershed In Kahramanmaraş, Turkey. Sensors 2008, 8, s. 1222- 1236.
- Yüksel, A., Akay, A.E., Reis, M., Gundoğan, R., 2007. Using The WEPP Model to Predict Sediment Yield In a Sample Watershed In Kahramanmaraş Region.

KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 46060, Kahramanmaraş. s20

Yüksel, E.E., 2015. Borçka Barajı Yağış Havzası'nda Meydana Gelen Toprak Erozyonu ve Sediment Veriminin WEPP Erozyon Tahmin Modeli Ve CBS Teknikleri Kullanılarak Belirlenmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 287s. Artvin

Zaimes G.N., Tamparopoulos, A.E., Tufekcioglu, M., Schultz, R.C., 2021. Understanding stream bank erosion and deposition in Iowa, USA: A seven year study along streams in different regions with different riparian land-uses. Journal of Environmental Management. Vol 287.

Zaimes, G., N., 2004. Stream Bank Erosion Adjacent to Riparian Forest Buffers, RowCrop Fields, and Continuously-Grazed Pastures Along Bear Creek in Central Iowa. Journal of Soil and Water Conservation. 59(1):19-27.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : KANDEMİR, Cihat

Medeni hali :

Yabancı Dili :

Eğitim

<u>Derece</u>	<u>Eğitim Birimi</u>	<u>Mezuniyet Tarihi</u>
Yüksek Lisans	Artvin Çoruh Üniversitesi/Orman Mühendisliği Anabilim Dalı	2025
Lisans	İstanbul Üniversitesi/Orman Mühendisliği	2016