

T.C
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MALATYA ŞİRO ÇAYI ALTHAVZASI EROZYON RİSKİNİN
YENİLENMİŞ EVRENSSEL TOPRAK KAYBI EŞİTLİĞİ (YETKE) İLE
TESPİT EDİLMESİ

Oğuz GÖKCE

YÜKSEK LİSANS TEZİ
PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

Temmuz 2019

Tezin Başlığı: Malatya Şiro Çayı Althavzası Erozyon Riskinin Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği (YETKE) ile Tespit Edilmesi

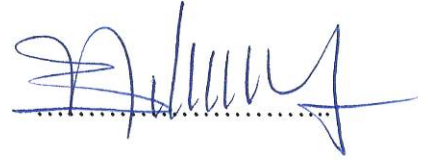
Tezi Hazırlayan: Oğuz GÖKCE

Sınav Tarihi: 19.07.2019

Yukarıda adı geçen tez jürimizce değerlendirilerek Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalında Yüksek Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Jüri Üyeleri

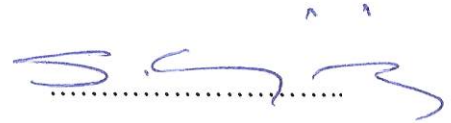
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Bülent YILMAZ
İnönü Üniversitesi



Prof. Dr. Alper DURAK
Malatya Turgut Özal Üniversitesi



Doç. Dr. Sevgi GÖRMÜŞ CENGİZ
İnönü Üniversitesi



Prof. Dr. Halil İbrahim ADIGÜZEL
Enstitü Müdürü

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Malatya Şiro Çayı Althavzası Erozyon Riskinin Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği (YETKE) İle Tespit Edilmesi” Başlıklı bu çalışmamın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun bir biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Oğuz GÖKCE

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MALATYA ŞİRO ÇAYI ALTHAVZASI EROZYON RİSKİNİN YENİLENMİŞ EVRENSEL TOPRAK KAYBI EŞİTLİĞİ (YETKE) İLE TESPİT EDİLMESİ

Oğuz GÖKCE

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Bülent YILMAZ

Suyun toprağı aşındırması olarak tanımlanan su erozyonu, tabiatın kendi dengesi içinde gerçekleşmekte fakat beşeri müdahaleler ile erozyonun hızı artmaktadır. Dünyada en çok erozyon Türkiye'nin de içinde bulunduğu Asya Kıtasında meydana gelmektedir. Gerekli önlemler alınmadığı takdirde, erozyonun şiddetinin gittikçe artacağı, buna bağlı olarak dünyamızın hızla çölleşeceği ve erozyondan etkilenen insan nüfusunun giderek artacağı anlaşılmaktadır.

Bu çalışmada; erozyon riski varlığının tespit edilebilmesi amacıyla çalışma alanı olarak Malatya İlinin Güneydoğusundaki Şiro çayı althavzası seçilmiştir. Bu amaçla coğrafi bilgi sistemlerinden yararlanılarak Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği (YETKE) kullanılmıştır. YETKE toprak erozyonunun oluşumunu; yağışın aşındırma gücü, topografya, bitki örtüsü, toprağın aşınabilirliği ve koruma önlemleri olmak üzere 5 kategoriden hesaplamaktadır. 65477 ha'lık Şiro çayı althavzasında YETKE uygulanarak althavzanın % 19,8'inde erozyonun gözardı edilebilir, % 1.9'unda az, %5.5'inde çok az, %8.5'unda normal, %14.7 yüksek, %24.4 çok yüksek, %25.2 ise aşırı yüksek risk sınıfına girdiği, ortalama toprak kaybının ise 24.2 ton/ha/yıl olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler; Malatya Şiro Çayı Althavzası, Erozyon, YETKE

ABSTRACT

Msc Thesis

ESTIMATION ŞİRO CREEK SUB-BASIN EROSION RISK BY USING REVISED UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION (RUSLE)

Oğuz GÖKCE

Inonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Landscape Architecture

Supervisor: Prof. Dr. Bülent YILMAZ

Water erosion, defined as soil eaten away by water force, takes place within the balance of nature itself, but the speed of erosion increases with human intervention. It found that most erosion in the world is seen in the continent of Asia including Turkey. If the necessary protective precautions are not taken, it is determined that the severity of erosion will increase gradually and consequently our world will rapidly become deserted and the human population affected by the erosion will gradually increase.

In this study; In order to determine the presence of erosion risk, Şiro Creek sub-basin in the southeast of Malatya was chosen as the study area. For this purpose, Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) was used by using geographic information systems. According to RUSLE, erosion is a combination of 5 factors. These factors are the rainfall, topography, vegetation cover soil abrasability, and crop management factor,. By applying RUSLE in the 65477 ha Şiro creek sub-basin, found that erosion risk can be ignored in 19.8%, less in 1.9%, very little in 5.5%, normal in 8.5%, high in 14.7%, high in 24.4%, very high in 25.2% of study area and the average soil loss is 24.2 tons / ha / year.

Key Words; Malatya Şiro Creek Sub-basin, Erosion, RUSLE

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın başından sonuna kadar her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek, akademik ortamda olduğu kadar beşeri ilişkilerde de engin fikirleriyle gelişmeye katkıda bulunan çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Bülent YILMAZ'a, bu çalışmanın tüm safhalarında bana desteğini esirgemeyen sevgili eşim Zeynep KILINÇ GÖKÇE' ye ve sevgili oğlum Mustafa GÖKCE' ye en derin duygularıyla teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve UYGULAMALAR	4
2.1. Erozyonun Tanımı Ve Sınıflandırılması.....	4
2.1.1. Rüzgar Erozyonu	5
2.1.2. Kütle Erozyonu	5
2.1.3. Su Erozyonu.....	5
2.2. Erozyonu Etkileyen Faktörler	10
2.2.1. Yağış	10
2.2.2. Topoğrafya.....	11
2.2.3. Toprak Yapısı.....	12
2.2.4. Bitki Örtüsü.....	12
2.2.5. İnsan ve Arazi Kullanımı Faktörü.....	12
2.3. Erozyonun zararları.....	13
2.3.1. Toprak Kaybı	13
2.3.2. Baraj ve Göllerin Ömürlerinin Azalması	14
2.3.3. Rezervuarlarda Su Kirliliği	14
2.3.4. İklim Değişikliği	15
2.3.5. Taşkınların ve Heyelanların Artması	16
2.3.6. Kırsaldan Kente Göçün Hızlanması.....	16
2.4. Dünyada Erozyon.....	16
2.5. Türkiye’de Erozyon	18
2.6. Türkiye’de Erozyonun Nedenleri	20
2.6.1. Jeolojik Yapı ve Topoğrafya.....	20
2.6.2. İklim.....	21
2.6.3. Toprağın Özellikleri.....	22
2.6.4. Yanlış Otlatma	22
2.6.5. Ormanların Tahrip Edilmesi	23

2.6.6.	Yanlış Tarımsal Faaliyetler.....	23
3.	MATERYAL ve YÖNTEM	24
3.1.	Materyal	24
3.2.	Yöntem.....	25
3.2.1.	Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği (YETKE)	25
3.2.2.	YETKE Literatür Özeti.....	35
4.	ARAŞTIRMA BULGULARI.....	45
4.1.	Doğal Özellikleri.....	45
4.1.1.	Konumu.....	45
4.1.2.	Topografik Özellikleri	48
4.1.3.	Arazi Kullanımı	52
4.1.4.	Jeolojik Formasyon	55
4.1.5.	Büyük Toprak Grupları.....	57
4.1.6.	İklimi.....	59
4.1.7.	Thornthwaite Yöntemine Göre Su bilançosu.....	64
4.1.8.	Thornthwaite Yöntemi İklim Sınıflandırması.....	67
4.2.	Sosyokültürel Özellikler	69
4.2.1.	Nüfusu.....	69
4.2.2.	Tarihçesi.....	70
4.3.	Erozyon Riski Faktörleri.....	71
4.3.1.	Yağışın Erozyon Oluşturma Faktörü (R).....	71
4.3.2.	Toprağın Erozyona Duyarlılık Faktörü (K)	72
4.3.3.	Şiro Çayı Althavzasında Eğim ve Eğim Uzunluğu Faktörü (LS).....	73
4.3.4.	Arazi Kullanımı ve Bitki Örtüsü Faktörü (C)	76
4.3.5.	Toprak Koruma Önlemleri Faktörü (P)	76
4.3.6.	Potansiyel Toprak Kaybı Dağılımı (A).....	77
5.	SONUÇ ve ÖNERİLER	86
6.	KAYNAKLAR	89

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1.Erozyonun Sınıflandırılması	4
Şekil 2. 2 Partikül boyutuna göre rüzgar erozyonu ile toprak taşınımı.....	5
Şekil 2. 3.Su Erozyonu Süreçleri	6
Şekil 2. 4.Tabaka erozyonu.....	7
Şekil 2. 5.Parmak erozyonu	8
Şekil 2. 6.Oyuntu erozyonu.....	9
Şekil 2. 7.Kanal erozyonu	9
Şekil 2. 8.Topografyanın erozyona etkisi	11
Şekil 2. 9. Dünyada erozyon kaynaklı karbon gazı emisyonu	16
Şekil 2. 10.Türkiye arazi varlığı.....	18
Şekil 2. 11.Türkiye'de erozyonun boyutu	19
Şekil 2. 12.Türkiye’de erozyonun sebeplerinin illere göre dağılımı.....	20
Şekil 2. 13.Türkiye eğim grupları dağılımı	21
Şekil.3. 1.YETKE Eşitliği.....	26
Şekil.3. 2. LS hesaplamalarında kullanılan değerlerin gösterimi.....	30
Şekil 4. 1.Şiro çayı althavzası konumu	46
Şekil 4. 2.Poskıran Mahallesinden Şiro çayı althavzası Güneydoğu yamaçları görünümü	47
Şekil 4. 3.Yazıcı Mahallesi, Tepehan Yolu üzerinden Şiro çayı althavzasının Kuzeybatısı görünümü	47
Şekil 4. 4.Yazıcı Mahallesi, Tepehan Yolu üzerinden Şiro çayı althavzasının Kuzeydoğusu görünümü	47
Şekil 4. 5. Şiro çayı althavzası eğim grupları.....	48
Şekil 4. 6. Şiro çayı althavzası fiziki haritası	51
Şekil 4. 7. Şiro çayı althavzası arazi kullanımı haritası	54
Şekil 4. 8. Şiro Çayı althavzası jeoloji haritası	56
Şekil 4. 9. Şiro çayı althavzası BTG haritası	58
Şekil 4. 10.Meteoroloji istasyonları konumları	59
Şekil 4. 11.Şiro çayı althavzası su bilançosu grafiği.....	67
Şekil 4. 12. Şiro çayı althavzası R faktörü haritası	72
Şekil 4. 13. Şiro çayı althavzası K faktörü haritası	73
Şekil 4. 14. Şiro çayı althavzası LS faktörü haritası	75
Şekil 4. 15. Şiro çayı althavzası C ve P faktörü haritası	77
Şekil 4. 16. Şiro çayı althavzası erozyon riski haritası	79
Şekil 4. 17. Şiro çayı althavzası erozyon riski sınıfları alansal ve oransal dağılımı..	85

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 2. 1. Yağış şiddetinin erozyona etkisi	11
Tablo 2. 2. Türkiye Akarsularının Rezervuarlar taşıdığı sediment miktarı	14
Tablo 2. 3. Türkiye’de kirlenme nedenleri arasında erozyon bulunan yüzey suları ...	15
Tablo 2. 4. Dünyada hızlandırılmış erozyon tesiriyle toprak bozulmasının kapsamı .	17
Tablo 2. 5. Dünyada şiddetli erozyondan etkilenen alanlar	17
Tablo 2. 6. Çeşitli ülkelerde yıllık normal ve hızlandırılmış erozyon miktarları.....	18
Tablo 2. 7. Türkiye’de etkin toprak derinliği	22
Tablo 3. 1. Fournier ve MFI’e göre aşınabilirlik sınıfları	28
Tablo 3. 2. Toprak yapısı ve geçirgenliğine göre toprak aşınım sınıfları	29
Tablo 3. 3. Corine Arazi kullanım Senaryoları için uyarlanmış C değerleri	33
Tablo 3. 4. Kontur tarım, Şeritsel tarım ve Teraslama uygulamalar için Pc ve Ps değerleri.....	35
Tablo 3. 5. Teraslama Aralıklarına göre Teras uygulaması koruma faktörü değeri ...	35
Tablo 4. 1. Şiro çayı althavzası eğim grupları	50
Tablo 4. 2. Şiro çayı althavzası arazi kullanımı	53
Tablo 4. 3. Şiro çayı althavzası jeoloji formasyonu.....	55
Tablo 4. 4. Şiro çayı althavzası BTG dağılımı.....	57
Tablo 4. 5. Meteoroloji istasyonları numaraları ve koordinatları	59
Tablo 4. 6. Meteoroloji istasyonlarına ait aylık ortalama nispi nem.....	61
Tablo 4. 7. Meteoroloji istasyonlarına ait aylık ortalama sıcaklık.....	61
Tablo 4. 8. Meteoroloji istasyonlarına ait aylık ortalama yağış.....	62
Tablo 4. 9. Meteoroloji istasyonlarına ait 0’ın altında gün sayısı	62
Tablo 4. 10. Şiro çayı althavzası meteoroloji verileri	63
Tablo 4. 11. Şiro çayı althavzası su bilançosu	66
Tablo 4. 12. Thorntwaite yağış etkinlik indeksi.....	67
Tablo 4. 13. Thornwaite sıcaklık etkinlik indeksi.....	68
Tablo 4. 14. Thornwaite yağış rejimi indeksi	68
Tablo 4. 15. Thornwaite yazlık nispet indeksi	69
Tablo 4. 16. Şiro çayı althavzası nüfusu	70
Tablo 4. 17. Şiro çayı Althavzası R faktörü Değerleri.....	71
Tablo 4. 18. BTG için K faktörü değerleri.....	73
Tablo 4. 19. Şiro çayı althavzası için USPED işlem basamakları	74
Tablo 4. 20. Corine arazi kullanımı sınıflandırmasına göre C değerleri.....	76
Tablo 4. 21. Şiro çayı althavzası mikrohavzaları erozyon riskinin alansal ve oransal dağılımı	80
Tablo 4. 22. Şiro çayı Althavzası erozyon riski arazi kullanımına göre dağılımı.....	82
Tablo 4. 23. Erozyonla mücadelede kullanılabilecek bitki türleri	88

SİMGELER VE KISALTMALAR

A	:Birim alandan gerçekleşen ortalama yıllık toprak kaybı miktarı
AÇA	: Avrupa Çevre Ajansı
BBHM	:Büyükbaş Hayvan Birimi
C	:Bitkisel örtü ve ürün yönetimi faktörü
Corine	: Çevresel Bilginin Koordinasyonu
ÇEM	:Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Müdürlüğü
ÇOB	:Çevre ve Orman Bakanlığı
ÇŞB	:Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DSİ	:Devlet Su işleri
EİEİ	:Elektrik İşleri Etüd İdaresi
K	:Toprağın erozyona duyarlılık faktörü
L	:Eğim uzunluğu faktörü
MGM	:Meteoroloji Genel Müdürlüğü
OGM	:Orman Genel Müdürlüğü
P	:Toprak ve su koruma önlemleri faktörü
R	:Yağış-akış aşındırıcı faktörü
S	:Eğim dikliği faktörü
TOB	:Tarım ve Orman Bakanlığı
TUİK	:Türkiye İstatistik Kurumu
YETKE	:Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği

1. GİRİŞ

Toprak esas itibariyle kayaların ve organik materyallerin türlü çaptaki ayrışma ve parçalanma ürünlerinden meydana gelen içerisinde geniş canlılar alemini barındıran ve bitkilere durak ve besin kaynağı görevi gören maddedir (Anonim, 2008).

İnsan için toprağın önemi, yerkürenin üstünü kaplayarak insan için bir yaşam ortamı oluşturmalarının yanı sıra her türlü bitki için yetiştirme ortamı sunması, diğer canlılara da yaşam ortamı oluşturarak insanlığın en önemli gereksinimi olan yeme içme ve barınma ihtiyaçlarını daha kolay halledebilmesine olanak tanımasından gelmektedir.

Tarih boyunca insanlar yine bu topraklar üzerinde avcı toplayıcı olarak yaşamış sonra da tarım toplumuna geçerek doğadaki nimetlere daha kolay ulaşabilme imkanına erişmiştir. Günümüzde, denizlerin altında tarım yapılması, toprak yerine perlit benzeri dolgu malzemelerinin kullanılması gibi topraksız tarım uygulamaları yapılsa dahi toprağın tarımdaki önemi hala çok fazladır.

Bütün bunlarla beraber bir nevi dünyamızın akciğerleri olan ormanlar, mevcudiyetleri için uygun toprak özelliklerine ihtiyaç duyarlar. Meralar ise ormanlar ve tarım alanları ile birlikte evcil yahut yabani birçok hayvanın barınağı sayılabilecek niteliktedirler.

Toprak, dünyanın üstünde canlıların yaşayabilmesine olanak sağlamasının yanı sıra daha birçok sebepten canlılar için oldukça önemli jeolojik ve biyolojik bir oluşumdur. Toprak oluşum süreci sürekli devam eden bir süreçtir fakat bu süreci bir dizi toprak kaybı süreci de takip etmektedir. Doğada toprak oluşumu ile toprak kaybı arasında bir denge vardır. Genelde havzanın yüksek yamaçlarında oluşan toprak parçaları havza eteklerine ve ovalara birikerek burada derin, organik maddece zengin tarım alanlarını oluştururlar. Suyun ve rüsubatın etkisi ile oluşan bu arazi kullanımı şartları aynı zamanda arazi kabiliyet sınıflarını da doğal olarak belirlemiş olur. Fakat bilimin ilerlemesi ile insanların yaşam kalitelerinin yükselmesi ve bunun bir tesiri olarak dünya nüfusunun hızla artması eski tarım tekniklerini yetersiz kılmış, sanayi devriminin etkisiyle de insan yavaş yavaş yaşama alanı olarak koptuğu tabiatı kirletmeye başlamıştır. Ormanlar tahrip edilmiş, tarım alanları bilinçsiz gübreleme ve ilaçlama ile kirlenmiş, verimsizleşmiş, meralar zamansız ve aşırı otlatılarak vasıflarını

yitirmiştir. Tüm bu yanlış beşeri faaliyetlerden nasibini toprak da almış ve kendini yenileme kabiliyeti yani toprak oluşumu/yıkımı dengesi bozulmuştur.

Toprakların rüzgar, su veya heyelan gibi büyük kütle hareketleri ile bir yerden koparılıp, taşınması ve sonra birikmesine “Erozyon” denilmektedir. Erozyon kelimesi 16. yy’ da Latince’den Fransızca’ya geçmiş, öncesinde tıbbi bir terim olarak kullanılmış sonrasında ise jeoloji kitaplarında yerini almıştır. Erozyon için yerel olarak “Dalaz, uçkun, süprüntü” gibi ifadeler de kullanılmaktadır.

Erozyon sadece tarım topraklarının verimsizleşmesine neden olmamakta, beraberinde arazi varlığının çölleşmesine, barajların verimliliğini kaybetmesine, rusubat biriken rezervuarlarda kirliliğe, taşkınlara, sellere, orman ve meraların vasıflarını yitirmesine ve bütün bunların sosyolojik bir etkisi olarak da kırsaldan kente göçün hızlanmasına sebep olmaktadır. Erozyonun bütün bu etkilerinden ötürü yaşam alanlarımızı oluşturan havzalar için yapılan planlamalarda erozyon faktörü de dikkate alınmalıdır. Özellikle şehir planlaması yapılırken havza drenaj ağı ile birlikte erozyonun gerçekleşeceği yerlerin ve erozyonun şiddetinin ne boyutlarda olduğunun iyi bilinmesi gerekmektedir.

Su erozyonunun, fiziksel ve sosyoekonomik özelliklere sahip dinamik bir toprak tehdidi olmasından ötürü tarihi süreçte su erozyonu riskinin bilinmesi ve havzalarda bu riskin tespiti için çeşitli su erozyonu potansiyelini hesaplayan modeller geliştirilmiştir. Geliştirilen erozyon riski modellerinin bazıları güncelliğini yitirmişken bazıları yenilenmiştir. Günümüzde dünya genelinde yaygın olarak kullanılan 2 erozyon riski modeli vardır. Bu modeller Avrupa Birliği ülkelerinde sıklıkla kullanılan PESERA (Pan Avrupa Toprak Erozyonu Riski Denkliği) ve ABD Tarım Bakanlığı çalışanları tarafından temelleri atılan YETKE (Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denkliği)’dir. Bu iki model de yağışın aşındırma gücüne karşı toprağın gerek üstündeki bitki örtüsü ve gerekse fizikokimyasal özellikleri ile mukavemetini hesap eden süreçleri içermektedir. Tüm hesaplamalar yapılırken topografya en önemli etkenlerden biri olarak ortaya çıkmaktadır.

Yapılan çalışmalar Türkiye’nin yüzölçümünün büyük kısmının içinde yer aldığı Asya kıtasında erozyon tehdidinin çok yüksek olduğunu göstermiştir. Yağış rejimindeki düzensizlik, engebeli topografyası, orman, mera, tarım arazileri gibi arazi varlığının yanlış uygulamalara maruz kalması benzeri olumsuzluklar nedeniyle

Türkiye de erozyon riski fazla olan ülkeler arasında yer almaktadır. Bu Sebeple Orman ve Su İşleri Bakanlığı bünyesinde; "toprağın korunması, tabii kaynakların geliştirilmesi, çölleşme ve erozyonla mücadele edilmesi, çığ, heyelan ve sel kontrolü faaliyetleriyle ilgili politika ve stratejiler belirlemek, ilgili kurum ve kuruluşlar arasında işbirliği ve koordinasyon sağlanmak" gayesiyle 2011 yılında Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (ÇEM) kurulmuştur. ÇEM 2012 yılında gerçekleştirdiği çalıştayda Türkiye havzalarında erozyon riski analizi yapılırken YETKE modelinin uygulanmasıyla ilgili tavsiye niteliğindeki bildiri yayınlanmıştır.

Doğu Anadolu Gölgesinin Yukarı Fırat Bölümünde yer alan Şiro Çayı, 2006 yılı Çevre ve Orman Bakanlığı envanter raporlarında göre kirlenme nedenleri içinde erozyonun bulunduğu yüzey suları arasında yer almıştır (ÇOB, 2010).

2018 yılı alansal yağış ortalaması 639 mm, normali 558 mm, geçen yıl yağışı ise 429 mm olan Doğu Anadolu Bölgesinde, yağışlarda normaline göre %14; 2017 yılı yağışına göre ise %49 artma gözlenmiştir. Alanı 65477 ha olan Şiro Çayının; sahip olduğu drenaj ağı ve büyük ölçekli su toplama havzası, 2006 yılındaki incelemeler ve 2018 yılı şiddetli yağışlarındaki artış da göz önünde bulundurulduğunda Karakaya barajına daha çok rüsubat taşıyacağı anlaşılmaktadır (MGM, 2018). Bu sebeple Beypınarı Çayı, Geliseyyan Deresi, Mollahan Çayı, Halikan Çayı, Küçük Çay, Kara Deresi, Mezra Deresi, Koçan Deresi, Bobik Çayı, Holan Deresi, İmrun ve Körübe Dereleri Mikro Havzaları olmak üzere toplamda 12 adet mikro havzayı barındıran Şiro Çayı althavzası, erozyona yatkın alanların ve erozyon risk sınıflarının belirlenmesi amacıyla althavzanın konumu, topografik özellikleri, arazi kullanımı, toprak özellikleri ve iklim verileri incelenmiştir.

Çalışma için seçilen 65477 ha alana sahip Malatya ili Güneydoğusundaki Şiro çayı althavzasında YETKE ile erozyon riski tespit edilebilmesi amacıyla Orman Genel Müdürlüğü, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Müdürlüğü, Maden Tetkik ve Arama Müdürlüğü kurumlarından althavzanın verileri temin edilmiş, Coğrafi bilgi sistemlerinden ise Arcmap ve HGK küre yazılımlarından faydalanılmıştır.

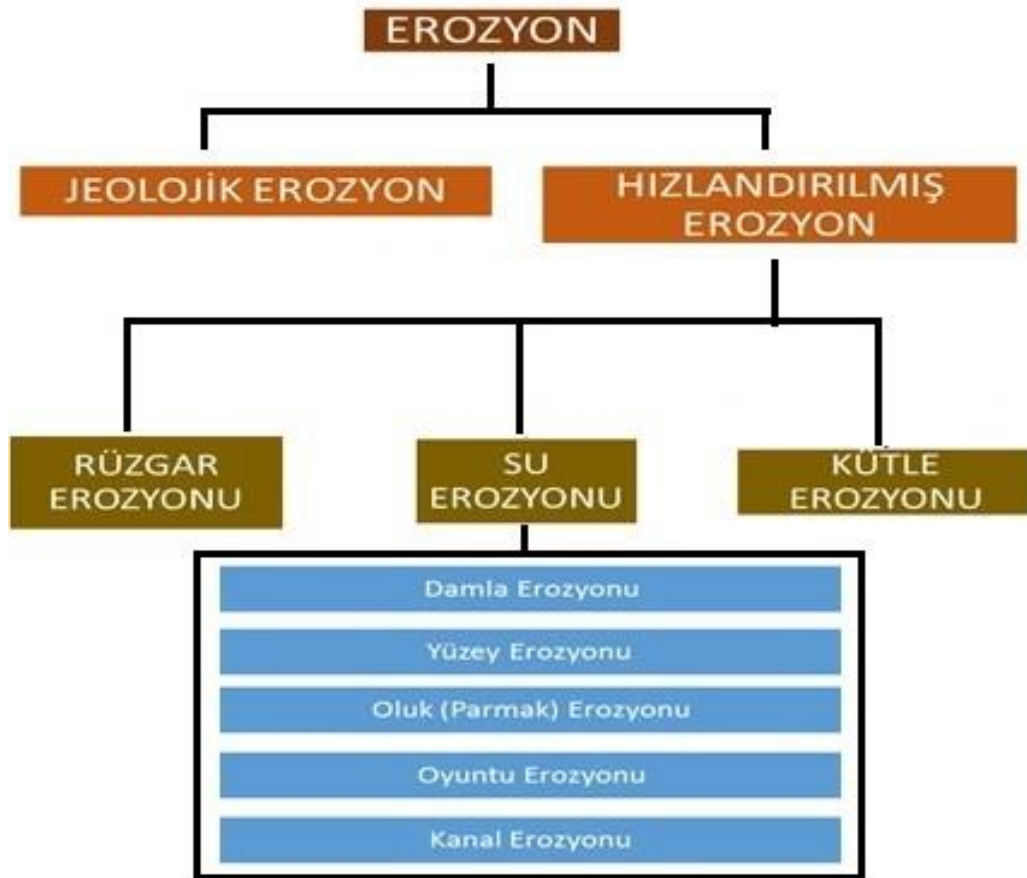
2. KURAMSAL TEMELLER ve UYGULAMALAR

2.1. Erozyonun Tanımı Ve Sınıflandırılması

Erozyon, ister rüzgar, ister su, isterse kütle hareketlerinden kaynaklı olsun, toprağın bulunduğu yerden koparılıp taşınması ve başka yerlerde birikmesi süreçlerinin bütünüdür. Erozyon oluşum sürecine göre jeolojik ve hızlandırılmış erozyon olarak sınıflandırılırken, erozyonu meydana getiren aşındırıcı etkenine göre rüzgar, kütle ve su erozyonu olarak sınıflandırılmaktadır (Şekil 2.1) (Bahtiyar, 2003; Kaya, 2005).

Jeolojik erozyon doğal erozyon olarak da bilinir. İnsan müdahalesi olmadan doğada gerçekleşen toprak kaybını ifade etmektedir. Genelde Jeolojik erozyonla toprak kazanımın toprak kaybından fazladır.

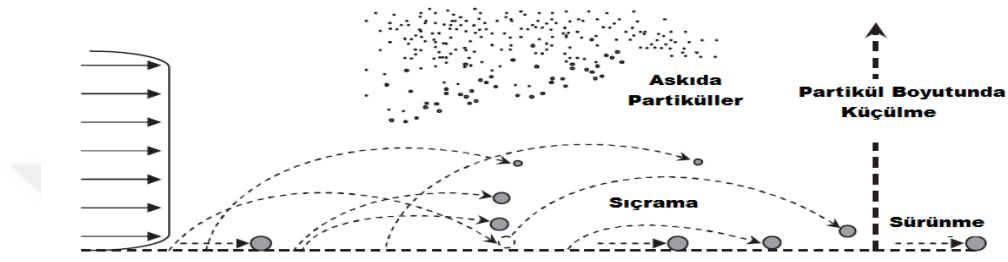
Hızlandırılmış Erozyon ise doğadaki dengenin beşeri hareketler sonucu bozulmasıyla doğal olarak toprağın aşınması gerekenden daha hızlı aşınması olarak tanımlanmaktadır. (Kinnell, 2005).



Şekil 2. 1.Erozyonun Sınıflandırılması (Kaya, 2005)

2.1.1. Rüzgar Erozyonu

Belli bir hızın üzerinde esen rüzgârın toprak zerrecelerini havalandırması, taşıması ve başka yerlerde biriktirmesi ile meydana gelen erozyon türüdür. Kısaca rüzgarın meydana getirdiği erozyon olarak tabir edilir. Ülkemizdeki toplam erozyonun % 0,7-1'ini oluşturan rüzgar erozyonu Konya- Karapınar ve Iğdır- Aralık ilçelerinde görülmektedir (ÇEM, 2016). Şekil 2.2'de Partikül boyutuna göre Rüzgar erozyonu ile toprak taşınımı gösterilmektedir.



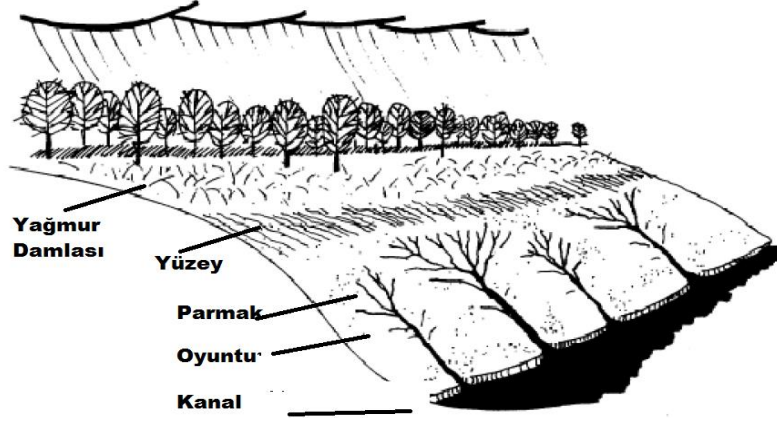
Şekil 2. 2 Partikül boyutuna göre rüzgar erozyonu ile toprak taşınımı(Blanco ve Lal, 2008)

2.1.2. Kütle Erozyonu

Kütle Erozyonu, heyelanların, buzulların ve dalgaların etkisi ile toprağın büyük kütleler halinde yer değiştirmesi ve başka yerlere yığılmasıdır. Türkiye’de yer yer heyelan ve çığ olarak kendini gösterene bu erozyon türü dünyanın farklı coğrafyalarında buzul kopmaları olarak da kendini gösterebilmektedir.

2.1.3. Su Erozyonu

Eğimli bir yamaçta insan etkisiyle çıplak kalan toprağın yağmur damlalarıyla dövülmesi veya donma çözünme olaylarıyla parçalanması sonucu bu toprağın yüzeysel akışlarla eğim aşağı taşınması olayına hidrolojik ya da su erozyonu adı verilir (Yılmaz, 2010). Su erozyonu sırasıyla aşınmanın şiddetine göre yağmur damlası erozyonu, tabaka erozyonu, parmak erozyonu, oyuntu erozyonu, kanal erozyonu ve sedimentasyon süreçlerini izlemektedir (Şekil 2.3).



Şekil 2. 3.Su Erozyonu Süreçleri (Kim, 2006)

Yağmur damlası erozyonu: Yağmur damlası erozyonu bitki örtüsünden yoksun alanlarda meydana gelir. Yağmur damlası toprağa çarptığı ilk anda toprak kümelerinin parçalanmasına neden olur. Kopan parçalar, arazinin üzerine serpilerek suyun toprağa sızmasına engel olacak şekilde ve yüzeyden başlayarak toprak profilince devam eden kılcal gözeneklerin tıkanmasına sebep olmaktadır. Gözenekleri tıkanan topraklarda suyun sızma hızı giderek azalır. Böylece yağış, yüzey akışına geçmeye başlar. Bu aşamadan sonra kopan toprak parçacıkları yüzey akışına geçen suya karışarak taşınır. Yağmur damlası erozyonu bu haliyle basit gibi görünse bile su erozyonun ileri safhaları için bir başlangıç teşkil etmektedir. Özellikle şaganak yağışlarda arazi yüzeyinde meydana gelen ufak sellerin temel nedeni yağmur damlası ve bunun meydana getirdiği erozyondur (Zordan et al. 2016).

Yağmurun meydana getirdiği sıçratma etkisi eğime ve toprak nemine göre değişiklik göstermekle beraber ortalama 32 km/saat hızla yüzeye çarpan yağmur damlası, toprak taneciklerinin 60 cm yukarı, 100-150 cm çevresine fırlamasına sebep olabilmektedir. Sadece yağmur damlalarının etkisi ile 1000 m²'lik bitki örtüsünden yoksun bir alanda, 1 yılda 25 ton toprağın yer değiştirebilmektedir. 1 dekar tarım arazisinde toprak işleme derinliğinde ortalama 250 ton verimli toprak olduğu dikkate alınacak olursa sadece yağmur damlası erozyonun meydana getirdiği tahribatın hiç de azımsanacak ölçüde olduğu anlaşılmaktadır (Sarı 2003).

Yağmur damlası erozyonu önlenbilmesi için öncelikle arazi yüzeyi çıplak bırakılmamalı ve tarım yapılan araziler çok fazla işlenerek toprakların küme yapıları ufalanmamalıdır (Sarı 2003).

Tabaka erozyonu: Tabaka erozyonu veya diğerk adıyla yüzey erozyonu, toprağın yağmur damlalarının yüzey akışına geçtikten sonra oluşturduğu akış kuvvetleri ile ince tabakalar halinde düzgün bir şekilde uzaklaşmasıdır (Şekil 2.4).

Tabaka erozyonu ya bir etekte toprak birikimi ile ya da yüzeyde görünen açık renkli alt zeminin varlığı ile tanınabilir. Tabaka erozyonuna maruz kalan arazilerde tarım açısından önemli olan bitki besin elementleri ve organik maddeleri içeren verimli toprak kaybolur.

Çok etkili bir aşındırıcı süreç olabilir, çünkü eğimli arazilerin geniş alanlarını kapsayabilir. Her gün bir sayfası koparılan defterdeki azalmanın uzunca bir süre fark edilememesi gibi tabaka erozyonu da toprak profillinin verimsiz alt kısımları görününceye kadar fark edilemeyebilir.

Tabaka erozyonu yamaçlardaki, su geçirimsizliği yavaş, bitki örtüsünden yoksun dolayısıyla organik maddece fakir topraklarda daha hızlı meydana gelmektedir (Bahtiyar 2003).



Şekil 2. 4.Tabaka erozyonu (Jitter ve Eng 2012).

Parmak erozyonu: Yüzey erozyonunun ardından oluşan tortulu akıntılar toprağın ayrılmaya karşı direncini aştığı anda yamaçta küçük kopmalar meydana gelir. Ayırma devam ettikçe veya akış arttıkça, oyuklar daha da genişler, kendilerine solucan oyukları da denilen derinliği ve genişliği birkaç santimetreyi bulabilen küçük oyuntular oluşturur (Şekil 2.5).

Parmak erozyonu arazideki tipik görüntüsü ile yüzey erozyonuna göre daha fark edilebilirdir. Fakat parmak erozyonu yüzey erozyonun ilerlemiş safhası olduğundan parmak erozyonu görüldüğü anda arazi, hali hazırda yüzey erozyonuna maruz kalmış ve işlenebilir verimli derinlikteki toprağını çoktan kaybetmiş demektir.

Parmak erozyonunda meydana gelen ufak oyuntular; yüzlek ve eğime dik toprak işlenme yapılarak kapatılabilir. Ancak bu işlem toprağı gevşeteceğinden daha sonraki yağışlarda kopmanın daha fazla gerçekleşmesine sebep olur ve bu nedenle geçici bir çözüm niteliğindedir. Kalıcı çözüm ise tarım arazilerinin anızlı bırakılması böylelikle yüzey akışını yavaşlatacak doğal engeller oluşturulmasıdır (Jitter ve Eng 2012).



Şekil 2. 5.Parmak erozyonu(Jitter ve Eng 2012)

Oyuntu Erozyonu: Oyuntu erozyonu parmak erozyonunun ilerlemiş safhasıdır. Tortulu akıntılar küçük kanalları genişleterek yamaçlarda yollarına devam ederken çukurlarda birikir ve bir çıkış yolu bulmaya çalışırlar. Arazinin eteklerine doğru birbirine yaklaşıp birleşen ufak akışlar daha derin ve daha geniş oyukları oluştururlar. Böylelikle daha aşındırabilir nitelikte akıntılar meydana gelir (Şekil 2.6). Oyuntu erozyonu toprak işleme suretiyle kapatılmazsa yarıntılar süreklilik kazanır ve her yağışta daha da büyürler (Jackson, 2005).



Şekil 2. 6. Oyuntu erozyonu (Jitter ve Eng 2012)

Kanal Erozyonu: Damla, yüzey, parmak ve oyuntu erozyonları ile topraktan koparılmış tortul malzemeler, yağışların havzada oluşturduğu hidroloji ağı boyunca insan eliyle yapılmış drenaj kanalları veya kendi mecrasıyla oluşan ırmak, nehir yataklarına taşınırlar (Şekil 2.7). Havzanın yüksek bölgelerinden gelen bu akıntıların havza eteklerinde birleşerek bir kanalda akmaya devam etmesi hadisesine kanal erozyonu denilmektedir.

Kanal erozyonundan kaynaklanan doğrudan zararlar arasında verimli tarım arazileri kaybı, köprü gibi yapıların ayaklarının oyulması, drenaj kanallarının tahrip olması, yolların ve patikaların zarar görmesi gelir (Jackson, 2005)



Şekil 2. 7. Kanal erozyonu (Jitter ve Eng 2012)

Sedimentasyon: Erozyonun etkisiyle kopan ve taşınan maddelerin, akan suyun hızının azalması nedeniyle çökelmeye başlayıp birikmesine sedimentasyon denilmektedir. Birikme sonucunda akarsu yataklarının hacimleri azalmakta bunun bir neticesi olarak da akarsu yatağının su taşıma kapasitesi düşmektedir. Kapasitesi düşen akarsuların ise daha kısa sürede bendlerinden taşarak taşkına sebep olabilmekte, su toplama rezervuarları ekonomik ömürlerinin hesaplanandan çok daha kısa bir sürede doldurmaktadır (Yılmaz, 2010).

2.2. Erozyonu Etkileyen Faktörler

Su erozyonu varlığını ve şiddetini etkileyen beş temel etken vardır ve bunlar; yağış, topoğrafya, toprak özellikleri, bitki örtüsü, arazi kullanımıdır (Sarı 2003).

2.2.1. Yağış

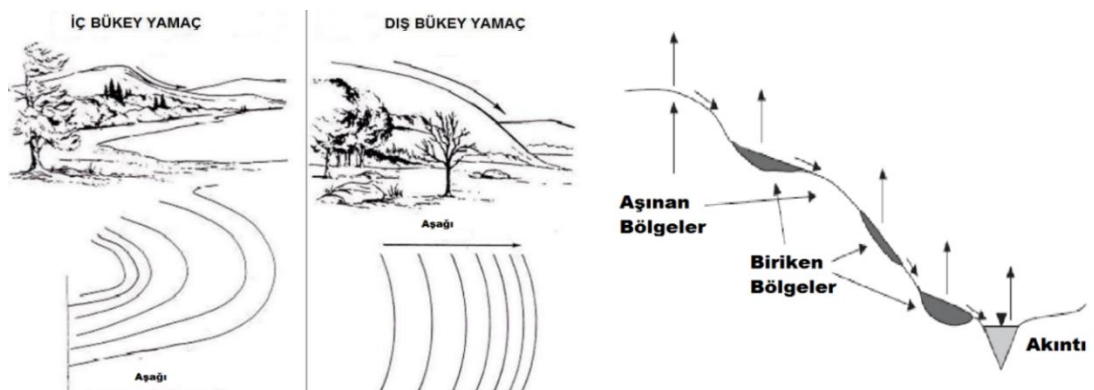
Yağış, hem yağmur damlalarının toprağa çarptığı andaki parçalama etkisi hem de oluşturduğu yüzey akışı etkisiyle toprak kaybına neden olmaktadır. Yağmurun erozyona neden olabilirliliği yağmur damlalarının iriliği ve yağış şiddetine dolayısıyla düşme enerjisine bağlıdır. Düşme enerjisi yağmur damlalarının toprak agregatlarını parçalama ve yüzey akışı oluşturma potansiyellerini belirler. Buna bağlı olarak büyük toprak parçalarının ayrılması ve taşınması gerçekleşir. Yağmur damlaları toprağa çarptığında “Yağmur Damlası Erozyonu” meydana gelir ve dağılan parçalar toprak profilindeki kapılar kılcal yapıları tıkamaya başlarlar. Toprak yüzeyi ve profilince devam eden tıkanma olayı suyun toprağa giderek daha yavaş sızmasına, sonrasında ise kolaylıkla yüzey akışına geçmesine neden olur. Özellikle, suyun toprağın sızma hızından daha hızlı cereyan eden ani ve şiddetli yağışlar, yağmur damlası erozyonuna eklenerek yüzey erozyonunu meydana getirir. Bu nedenle ıslak topraklara yağın yağmurlar kuru topraklar üzerine yağın yağmurlardan daha aşındırıcıdır (Kaya 2005). Morgan (2005) çalışmasında, yağış sıklığından ziyade yağış şiddetinin topraklar üzerinde daha aşındırıcı etkiye sahip olduğunu tespit etmiştir (Tablo 2.1).

Tablo 2. 1. Yağış şiddetinin erozyona etkisi (Morgan 2005)

Maksimum 5 Dk. Yağış yoğunluğu	Düşen yağış sayısı	Her yağışta kaybolan ortalama toprak miktarı (ton ha ⁻¹)
0-25,4	40	3,7
25,5-50,8	61	6,0
50,9-76,2	40	11,8
76,3-101,6	19	11,4
101,7-127,0	13	34,2
127,1-152,4	4	36,3
152,5-177,8	5	38,7
177,9-254,0	1	47,9

2.2.2. Topoğrafya

Eğim uzunluğu ve eğim düzeyi erozyon üzerine etkin olan başlıca topoğrafik faktörlerdir. Erozyon ve eğim düzeyi arasında paralel bir ilişki vardır. Eğim düzeyi arttıkça erozyonun toprakları parçalama, koparma ve taşıma etkisi katlanmaktadır. Eğim uzunluğu arttıkça ise ivmelenen yüzey akışı toprak aşınımını arttıracaktır. Yamacın iç bükey, dış bükey veya düz olmasına göre de akış hızı, parçalama ve birikme noktaları farklılık gösterir. Araştırmalar dış bükey yamaçlarda aşınma fazlayken iç bükey yamaçlarda sediment birikiminin fazla olduğu gösterilmektedir (Lal, 2003) (Şekil 2.8).



Şekil 2. 8. Topografinin erozyona etkisi

2.2.3. Toprak Yapısı

Toprakların aşınma, kopma ve taşınmaya karşı göstereceği direnci, toprağın agregat bütünlüğünü koruyabilme kabiliyeti, su tutma kapasitesi ve infiltrasyon hızı etkilemektedir. Topraklarda organik madde varlığı toprakların su tutma kapasitesini artırarak toprak bütünlüğünü olumlu yönde etkiler ve toprak kaybının azaltır. Ayrıca toprak derinliğinin artması, daha çok suyun toprağa sızmasına izin vererek yüzey akışına mani olur. Toprağın bünyesi, yapısı, derinliği, organik madde içeriği gibi fiziksel özelliklerinin yanı sıra kimyasal özellikleri de erozyona direncine olumlu veya olumsuz etki etmektedir (Kaya, 2005, Yılmaz 2010).

2.2.4. Bitki Örtüsü

Bitki varlığı erozyonu azaltan kritik bir etmendir Bitki kapallılığı arttıkça erozyon riski azalmaktadır. Bitki örtüsü, yağmur damlalarının hızını keserek yağmurların toprakları aşındırma potansiyelini düşürür. Ayrıca bitki artıkları toprakta organik maddenin dolayısıyla da su tutma kapasitesinin artmasına neden olmaktadır. Arazide bulunan bitki örtüsü yağmur damlalarının enerjisini düşürerek yağmur damlası erozyonunu azaltırken, pürüzlülük oluşturmak suretiyle yüzey akışlarının hızlarını keserler. Özetle bitki örtüsü, erozyonun topraklardaki etkisini azaltarak toprağın korumasını, su tutma kapasitesinin artmasını, yüzey akış hızının azalmasını, pürüzlülüğünün korunmasını, böylece toprak özelliklerinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik yönden iyileşmesini sağlar. Bitki örtüsünün toprak kaybına olan etkisi bitki türüne, bitki yoğunluğuna, döküntü miktarına ve orman altı örtüsü gibi özelliklere göre değişkenlik göstermektedir.

Dünyadaki en yüksek debiye sahip Amazon Nehrinin, ona göre düşük debiye sahip Hindistan'da Ganj Nehri ve Çin'deki Sarı Irmaktan çok daha az sediment taşımasının sebebi şüphesiz Amazon ve kollarını çevreleyen yoğun bitki örtüsüdür (ÇEM, 2016).

2.2.5. İnsan ve Arazi Kullanımı Faktörü

Yanlış arazi kullanımı senaryolarının tamamı beşeri faaliyetler sonucu gerçekleşmektedir. Arazilerin, arazi kullanımı sınıflarına göre kullanılmaması, plansız şehirleşme, dere yataklarının yerleşime açılması, yanlış tarım faaliyetleri, ormanların tahrip edilip mera amacıyla kullanılması, meraların aşırı otlatılması ve tarıma açılması

gibi erozyonu tetikleyen nedenlerin tamamı doğadaki toprak kaybı / toprak kazanımı dengesini yani jeolojik erozyonu tersine işletmektedir. Öyle ki beşeri faaliyetler sonucu dünyada gerçekleşen hızlandırılmış erozyonla toprak kaybı, toprak oluşumundan 10 ila 40 kat daha fazladır. Toprak Kaybı/toprak oluşumu oranı ABD 'de 10, Çin'de 30, Hindistan'da 40'dır. Erpul ve Saygın (2012), Eİİ 2006 verilerini kullandığı çalışmasında Türkiye'de toprak kaybının toprak oluşumundan 48 kat fazla olduğu tespit edilmiştir (Erpul ve Saygın 2012; Saygın vd., 2015).

2.3. Erozyonun zararları

2.3.1. Toprak Kaybı

Erozyona uğrayan toprakların verimli üst horizonu yavaş yavaş erimekte, bitki barındırma potansiyeli gitgide düşmektedir. Bitki örtüsünden yoksun araziler başta damla erozyonu olmak üzere su erozyonu çeşitlerine daha fazla maruz kalmaktadır. Bu birbirini izleyen süreç neticesinde ve önlem alınmadığı takdirde, ortalama 1 cm toprak kaybı hektarda toplam 1 tona varan üst toprağın, 32 cm toprak kaybı ise 40 tona varan üst toprağın kaybı manasına gelmektedir.

Toprak kaybı ile beraber özellikle tarım arazilerinde organik madde kaybı da olmaktadır. Topraklarda organik maddenin azalmasının; toprak bünyesinin bozulması, toprağın su tutma kabiliyetinin düşmesi gibi zararlarının yanında uygulanacak gübre maliyetlerinin artmasını beraberinde getiren ekonomik bir faturası vardır. Su erozyonu ile yılda 4.0 - 6.0 Petagram (Pg) karbon (C) taşınmakta, taşınan karbonun 2.8 - 4.2 Pg'ı iç bükey yamaçların çukurlarına birikmekte, 0.4 - 0.6 Pg C ise okyanuslara ve denizlerde mineralize olmakta ya da gömülmektedir (Lal, 2003; Polyakov ve Lal, 2004).

Üst toprağını ve organik maddesini kaybeden mera, orman ve tarım arazilerinde alttaki ana kaya açığa çıkar. Ağaçlardan düşen tohumların çimlenme yetenekleri azalır, ormanların yenileme kabiliyetleri düşer, meralar otlatmaya elverişsizleşir, tarım arazilerinin işlenmesi zorlaşır ve verimsiz hale gelirler.

2.3.2. Baraj ve Göllerin Ömürlerinin Azalması

Özellikle kanal erozyonun taşıdığı sedimentler, suyun yavaşlayarak durulması ve akış hızını düşmesi neticesinde baraj ve göletlerde çökerek tabana otururlar. Dipte oluşan tabakanın giderek artmasıyla rezervuarların su toplama alanı dolmaya başlar.

Dünyada barajların ekonomik ömürleri hesaplanırken en önemli kriter akarsuların barajlara taşıdıkları sediment miktarıdır. Türkiye’de akarsuların rezervuarlara taşıdığı sediment miktarını DSİ ve EİEİ ölçmektedir. Türkiye’deki bazı akarsuların rezervuarlara taşıdıkları sediment miktarı Tablo 2.2’de verilmektedir.

Tablo 2. 2. Türkiye Akarsularının Rezervuarlar taşıdığı sediment miktarı (Doğan, 2011)

Akarsu	Taşınan Rezervuar	Taşınan Sediment miktarı
Fırat Nehri	Keban	32 milyon ton/yıl
Dicle Nehri	Cizre	26,7 milyon ton/yıl
Fırat	Dutluca	16,8 milyon ton/yıl
Kızılırmak	İnözü	15,7 milyon ton/yıl
Murat	Palu	15,1 milyon ton/yıl
Murat Nehri	Akkonak	8,8 milyon ton/yıl
Çoruh	Karşıköy	7,8 milyon ton/yıl
Kelkit	Faklı	6,9 milyon ton/yıl
Ceyhan	Misis	5,7 milyon ton/yıl

Sediment birikmesi neticesinde Cezayir’deki Ksob barajı 10 yılda kullanılmaz hale gelirken, Filipinlerde ekonomik ömrü 60 yıl hesap edilen Ambuklao Barajı 32 yılda dolmuştur. Hindistan’daki Bkhara Barajının ekonomik ömrü 88 yıldan 47 yıla, yine Hindistan’daki Hirakund barajı 110 yıldan 35 yıla, Pakistan’daki Mangal Barajı 100 yıldan 50 yıla düşmüştür (Kumra et al., 1997).

Ülkemizde ise ekonomik ömürleri 50 yıl olarak hesap edilen barajlardan Altınapa 10 yılda, Karamanlı 13 yılda Kemer 22 yılda ve Kartalkaya 19 yılda ekonomik ömürlerini doldurmuşlardır (Doğan, 2011).

2.3.3. Rezervuarlarda Su Kirliliği

Erozyonla rezervuarlara taşınan sedimentler, taşındıkları yerlerde Organik Karbon, Azot ve Fosfor içiren bileşiklerin birikmesine neden olurlar. Ötrefikasyon olarak

tanımlanan bu hadise, ortamda plankton ve alg popülasyonunun artmasıyla kendini belli etmektedir. Bu durumda sudaki çözülmüş oksijen miktarını azalarak uzun vadede su ekosisteminin ölümüne neden olmaktadır (Sağlamtimur ve Sağlamtimur, 2018).

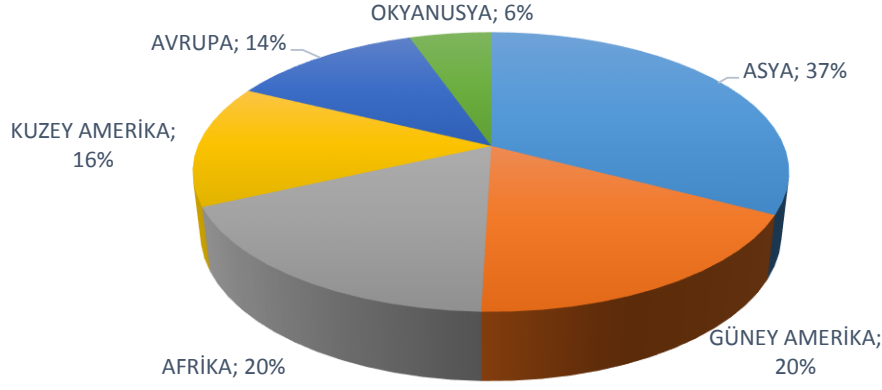
Çevre ve Şehircilik Bakanlığının verilerine göre Türkiye’de muhtemel kirlenme nedenleri arasında erozyon bulunan yüzey suları Tablo 2.3’de verilmektedir.

Tablo 2. 3.Türkiye’de kirlenme nedenleri arasında erozyon bulunan yüzey suları (ÇOB, 2008; ÇŞB, 2012,2016,2017)

İL	Yüzey Suyu Adı	Yıllar			
		2007-2008	2012	2014	2015
Amasya	Yeşilırmak	x			
Isparta	Gölcük Gölü		x		
Konya	Altınapa Barajı				x
	Akşehir Gölü	x	x	x	x
	Beyşehir Gölü	x	x	x	x
	Sarıot Gölü	x	x	x	x
	Tuz Gölü	x	x	x	x
	Bolluk Gölü	x	x	x	x
	Ereğli Sazlıkları (Akgöl)	x	x	x	x
	Meke Gölü	x	x	x	x
	Hotamış Sazlığı	x	x	x	x
	Samsam Gölü				x
	Kulu-Düden Gölü	x	x	x	
Malatya	Şiro Çayı	x			

2.3.4. İklim Değişikliği

Su erozyonu nedeniyle toprak agragatlarının parçalanması, bu parçaların ihtiva ettiği organik maddenin açığa çıkmasına sebep olurken, erozyonla taşınan organik maddenin büyük kısmı iklim değişikliğine neden olan sera gazlarından biri olan CO₂ olarak atmosfere karışmaktadır. Küresel ölçekte toprak erozyonu ile yıllık 0,8-1,2 Petagram karbon (C) atmosfere salınmaktadır (Şekil 2.9). Dünyada erozyon kaynaklı karbon gazı emisyonu içinde en çok payı olan kıta %37 ile Asya kıtasıdır (Lal, 2003).



Şekil 2. 9. Dünyada erozyon kaynaklı karbon gazı emisyonu (Lal, 2003)

2.3.5. Taşkınların ve Heyelanların Artması

Erozyonundan ötürü birikme alanı rusubat ile dolan gölet veya nehirlerin zamanla hacimleri azalarak giderek daha az su taşıyabilir hale gelirler. Özellikle ani ve şiddetli yağışlarda bitki örtüsünün olmadığı ya da zayıf olduğu alanlarda, taşkınlar ve seller oluşmakta, yerleşim alanlarında can ve mal kaybına neden olabilecek büyük felaketler meydana gelmektedir (Doğan, 2011)

2.3.6. Kırsaldan Kente Göçün Hızlanması

Erozyon nedeniyle tarım ve mera arazilerin verimliliğinin azalması, dere, çay ve pınarların kurumması kırsal bölge insanının tarım ve hayvancılıktan koparak kente göçünü hızlandırmıştır. Bugün Anadolu’da terk edilen birçok köy ve tarla mevcuttur. Erozyon ile verimsizleşen arazilerin miras yoluyla bölünerek işlevsiz hale gelmesi ve insanların bu küçük “bir evlek” diye tabir edilen parselllerde kendini ve ailesini doyuramaması, tarımda girdi maliyetlerinin artması da şüphesiz kente göçmenin sebepleri arasındadır. Aktif çalışma yaşındaki insan gücünün kentlere yığılması; kentlerde varoşların oluşmasına; sosyoekonomik sorunların artmasına neden olmaktadır.

2.4. Dünyada Erozyon

Birleşmiş Miletler Çevre Programı (UNEP) tarafından yürütülen çalışmalar, dünya genelinde ortalama 42 milyar ton toprağın erozyon sebebiyle kaybedildiğini, 195 bağımsız ülkenin 110 unun çölleşme ile karşı karşıya olduğunu göstermektedir. Ayrıca

UNEP erozyon ve çölleşmenin önüne geçilebilmesi için gerekli iyileştirmelerin 42 milyar dolarlık bir maliyeti olduğunu öngörmektedir (ÇEM 2013)

Dünya karalarının %15'i hızlandırılmış erozyon ile üretkenliğini kaybetmekte, toplam arazi varlığının ise %83,7'lik bölümü su ve rüzgar erozyonuna maruz kalmaktadır (Tablo 2.4). Morgan'ın (2005) yaptığı çalışmaya göre su erozyonu maruz kalan alanlar rüzgar erozyonuna maruz kalan alanlardan çok daha fazladır (Morgan 2005).

Tablo 2. 4.Dünyada hızlandırılmış erozyon tesiriyle toprak bozulmasının kapsamı (Morgan, 2005).

	Hafif	Normal	Güçlü	Aşırı	Toplam
Su Erozyonu	343	527	217	7	1094
Rüzgar Erozyonu	269	254	24	2	549
Toplam	617	781	241	9	1643 (Mha)

Lal (2003)'ın tespitlerine göre Türkiye'nin de içinde bulunduğu Asya kıtasının erozyondan en çok etkilenen kıtadır (Tablo 2.5)

Tablo 2. 5.Dünyada şiddetli erozyondan etkilenen alanlar (Lal, 2003)

Kıta	Şiddetli Erozyondan Etkilenen Alanlar (Normal+)(Mha)			Toprak arazi varlığına oranı
	Su Erozyonu	Rüzgar Erozyonu	Toplam	
Afrika	169	98	267	16
Asya	317	90	407	15
G. Amerika	77	16	93	6
Orta Amerika	45	5	50	25
K. Amerika	46	32	78	7
Avrupa	93	39	132	17
Okyanusya	4	16	20	3
Dünya	751	296	1047	12

Asya kıtası içinde ise Çin erozyondan en çok etkilenen ülkedir (Tablo 2.6).

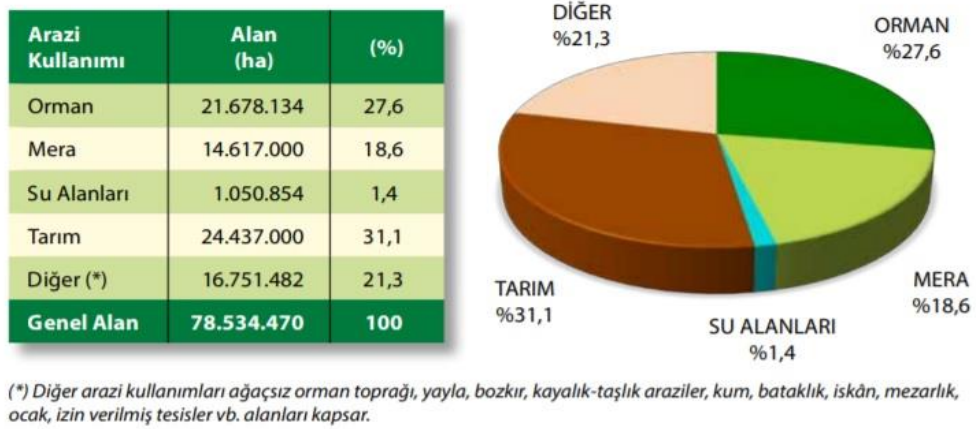
Tablo 2. 6.Çeşitli ülkelerde yıllık normal ve hızlandırılmış erozyon miktarları (Morgan, 2005).

Ülke	Doğal Erozyon(t/ha)	Hızlandırılmış Erozyon(t/ha) (tarım)	Açık Alan(t/ha)
Çin	0,1-2	150-200	280-360
ABD	0,03-3	5-170	4-9
Fildişi Sahilleri	0,03-0,2	0,1-90	10-750
Nijerya	0,5-1	0,1-35	3-150
Hindistan	0,5-5	0,3-40	10-185
Etyopya	1-5	8-42	5-70
Belçika	0,1-0,5	3-30	7-82
İngiltere	0,1-0,5	0,1-20	10-200

Dünya geneli ele alındığında yer değiştiren toprak miktarı yılda 0.5-2.0 ton/ha'dır. Aşırı otlatma, yanlış arazi kullanımı, ormansızlaşma, tarımda yanlış toprak işleme gibi beşeri faaliyetler sonucu dünya karalarının % 26'sı (1.230 milyar ha) tahrip olmaktadır. Toprakların tahrip olmasının sebeplerinin başında % 34.5 ile aşırı otlatma gelmektedir. Dünya genelinde kuru tarım alanlarının %70'i çölleşme ve erozyon ile karşı karşıyadır. Her yıl çölleşmeye uğrayan alanlara 60 milyon km² daha eklenmektedir. Çölleşen alanlar 48,3 milyon km² ye ulaşmıştır ve bu topraklar üzerinde yaşayan 900 milyon insanı doğrudan etkilemektedir (Doğan, 2011).

2.5. Türkiye'de Erozyon

Türkiye toplam Arazi varlığı 78.534.470 hektardır. Tarım, orman ve mera alanları toplam arazi varlığının sırasıyla %31.1, %27.6 ve %18,6'sını oluşturmaktadır (Tablo 2.10) (Orman Genel Müdürlüğü, 2014)



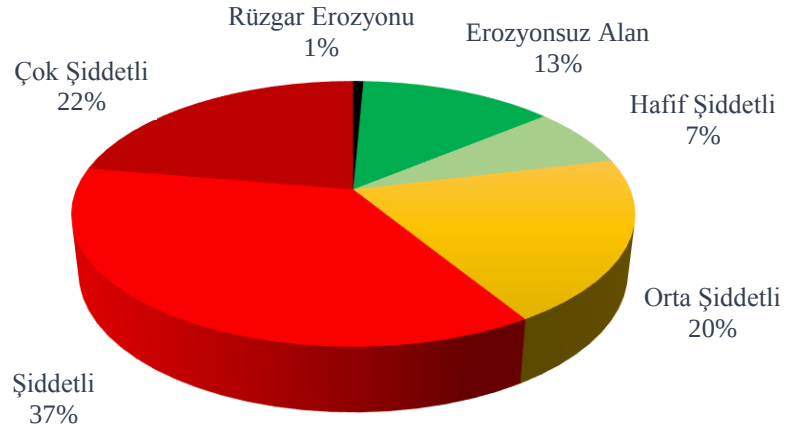
Şekil 2. 10.Türkiye arazi varlığı (OGM, 2014)

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2011 yılı verilerine göre, 14.617.000 hektar olan meralarımızın %64'ünde, aktif erozyon meydana gelmektedir.

OGM 2012 yılı tespitlerine göre % 40'ı geniş yapraklı, % 60'ı iğne yapraklı ormanlarımız toplamda 21.670.000 hektardır ve orman alanlarının % 54'ünde aktif erozyon bulunmaktadır (ÇEM, 2013).

Türkiye'de 2011 yılı itibariyle sebze bahçeleri, nadas, ekilen alan, bağ, meyve, zeytinlik ve benzeri tek yıllık ve çok yıllık tarımın gerçekleştiği toplam alan 24.437.000 hektardır. Toprakların verimsizleşmesi, toprağın fiziksel yapısının bozulması ve bitki örtüsünün zayıflaması gibi nedenlerle Türkiye Tarım alanlarının % 59'unda aktif erozyonun görülmektedir. Türkiye orman, mera ve tarım alanlarında yüksek erozyonun var olmasının detaylı gerekçeleri "Türkiye'de erozyonun nedenleri" başlığı altında verilmektedir (ÇEM, 2013).

Türkiye toplam arazi varlığının % 58,7'i şiddetli ve çok şiddetli erozyona maruzken erozyon görülmeyen bölgeler %13'te kalmaktadır (ÇEM, 2016). Türkiye genelindeki erozyonun boyutu Şekil 2.11'de verilmektedir.

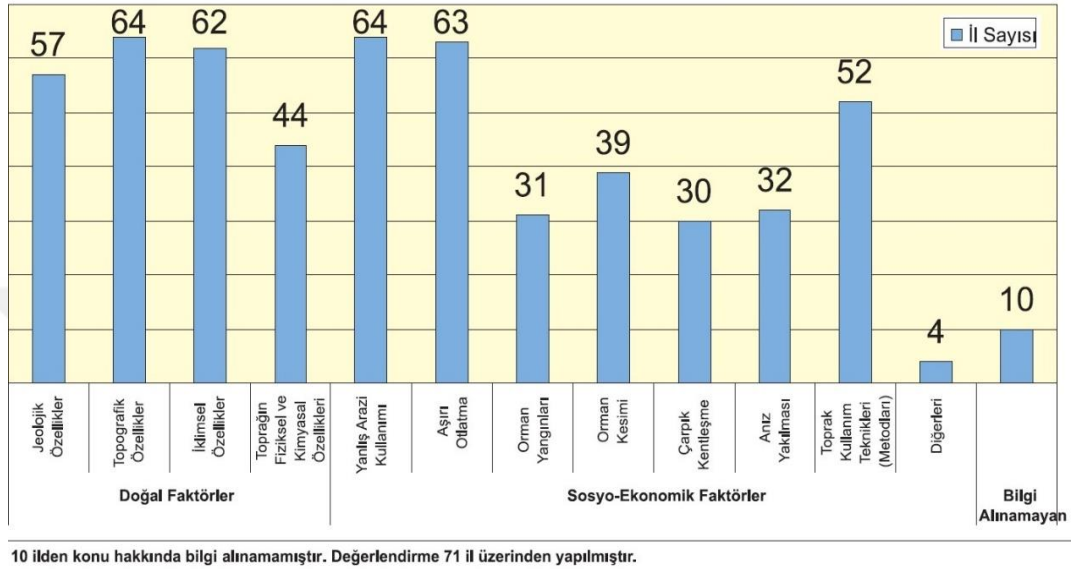


Şekil 2. 11. Türkiye'de erozyonun boyutu (ÇEM, 2016)

Avrupa Birliği Ülkelerinde 132 milyon ha alan aşırı erozyona maruzken, Türkiye'de bu rakam 57,6 milyon ha'dır. Türkiye'de ortalama yıllık toprak kaybı; Amerika'daki toprak kaybının 1,6 katı, Avustralya'daki toprak kaybının ise 2,9 katıdır (Lal, 2003; Dinçsoy, 2013).

2.6. Türkiye’de Erozyonun Nedenleri

“Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Envanteri Değerlendirme Raporu 2005-2006 “ da Türkiye’de erozyona sebep olan faktörleri Şekil 2.12’deki gibi sıralanmaktadır.



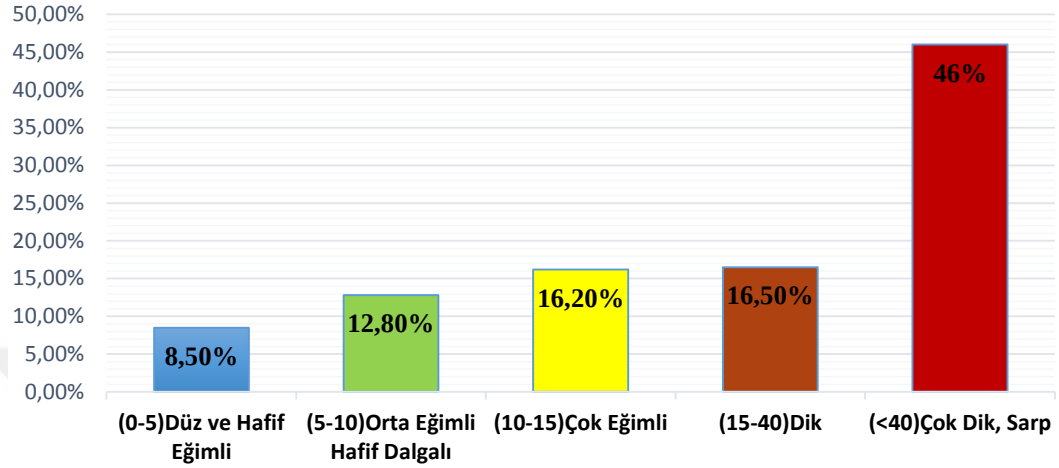
Şekil 2. 12.Türkiye’de erozyonun sebeplerinin illere göre dağılımı (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008)

64 ilde topografik özellikler ve yanlış arazi kullanımı erozyonun en önemli nedeni iken hemen ardından aşırı otlatma, iklimsel özellikler, jeolojik özellikler, yanlış toprak işleme metotları, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri gelmektedir (ÇOM, 2008).

2.6.1. Jeolojik Yapı ve Topografya

Türkiye batıdan doğuya doğru yükselen bir topografik özellik göstermektedir. Ortalama yüksekliği 1132 metre olmakla beraber Batı Anadolu bölgesi dışında kalan coğrafi bölgeler oldukça dağlıktır. İç Anadoluda Erciyes, Hasandağı, Dedegöl ve Alacadağların yüksekliği 4000 metreye yakındır. Güneyde Toros Dağları ve Kuzeyde Karadeniz dağlarının yükseklikleri 2000 - 3000 metre iken Doğuda Buzul ve Süphan Dağları 4000 metreyi aşmaktadır. Doğusundaki Ağrı Dağı ise 5137 metrelik rakımı ile Türkiye’nin ve Avrupa’nın en yüksek dağdır. Türkiye topografyasının ortalama yüksekliği Asya kıtası ortalama yüksekliğinden 1050 metre Avrupa kıtası ortalama yüksekliğinden ise 802 metre daha fazladır (Dinçsoy, 2013).

Türkiye topografyasının %46'sını çok dik ve sarp araziler oluşturur. Toplamda %62.5'ini dik araziler oluştururken, düz ve hafif eğimli araziler toplam arazi varlığının sadece %20 sini teşkil etmektedir (Şekil 2.13)



Şekil 2. 13. Türkiye eğim grupları dağılımı (Saygın, 2015, ÇEM, 2016).

Türkiye'nin dağlık ve sarp bir yapıya sahip olması arazi varlığımızın su erozyonunun aşındırıcı etkisine daha fazla maruz kalmasına neden olmaktadır. Az eğimli arazilerde tabak erozyonu olarak kendini gösteren aşındırıcı etki, yamaçlarda oluk ve oyuntu erozyonu olarak kendini göstermektedir.

2.6.2. İklim

Erozyonun en önemli sebebi şüphesiz şiddetli yağışlardır. Türkiye yarı kurak iklim kuşağında yer almaktadır. Yağışlar şiddetli sağanak şeklinde ve düzensizdir. Türkiye'nin en çok yağış alan bölgesi Karadeniz bölgesi iken En az yağış alan bölgeleri İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgeleridir. Iğdır'ın Aralık ilçesinde yağış 231 mm, Rize'de ise yıllık yağış 2.269 mm'dir. Kurak ve yarı kurak iklime sahip Türkiye'de özellikle ilkbahar ve yaz mevsiminde yağın şiddetli yağışlar ve hızlı esen rüzgarlar erozyona neden olmaktadır (Dinçsoy, 2013; ÇEM, 2013).

2.6.3. Toprağın Özellikleri

Türkiye topraklarının %14.1'i her türlü bitkisel üretime elverişli toprak derinliğine sahipken arazi varlığımızın %37.2'sini oluşturan 29 milyon hektarlık toprağımızın tamamı işlemeli tarıma uygun olmayan derinliktedir (Tablo 2.7).

Tablo 2. 7. Türkiye'de etkin toprak derinliği (Doğan, 2011)

Etkili Toprak Derinliği(cm)	Kapladığı Alan	Toplam arazi Varlığına Oranı
0-20	29 milyon ha	%37,2
20-50	24 milyon ha	%30,1
50-90	9 milyon ha	%11,5
<90	11 milyon ha	%14,1

Topraklarımızın sadece %14'ü yeterli düzeyde (>%2) organik madde barındırırken %22'si orta (%1-2), %64'ü ise %1'den az organik madde içermektedir. Organik maddece fakir ve sık topraklarda herhangi bir bitki örtüsü yetişmemekte ve çıplak topraklar yağışların aşındırıcı gücüne daha fazla maruz kalmaktadır (Saygın, 2015; Doğan, 2011).

2.6.4. Yanlış Otlatma

Türkiye'de otlakların çoğu %34,8 ile Doğu Anadolu Bölgesinde bulunur ve meraların önemli bir kısmının durumu orta ile zayıf arasındadır. Doğu Anadolu Bölgesinin orta ve güneyinde karasal iklim hakimdir ve yağış genellikle yetersizdir. Bitki örtüsü sıcak ve kurak iklimin etkisiyle haziran ayı ile birlikte kurumaya başlamakta, sonbaharda yağın şiddetli yağışlar ve aşırı otlatma nedeniyle bitki örtüsü yönünden zayıflamaktadır. Bilhassa güney yamaçlarda doğal bitki örtüsünü kaybeden alanlar erozyona maruz kalmaktadır (ÇEM, 2013).

Doğu Anadolu Bölgesi meralarında erozyonun en önemli sebebi, olumsuz iklim şartlarıyla beraber aşırı ve erken otlatmadır. 2013 yılı itibarıyla ülkemizde 14.917.059 büyükbaş hayvan birimine (BBHB) karşılık gelen hayvan varlığı mevcuttur. Buna karşın mevcut mera varlığımızın verim potansiyeli, yılda ortalama 180 günlük bir otlatma periyodu için dahi 4.547.511 BBHB' ye yetecek miktarda yem bitkisi üretebilmektedir. Ülkemizin bazı bölgelerinde ise mera otlatma kuralları hiçe sayılarak

yılın 12 ayı otlatma yapılmaktadır. Bu veriler ışığında hayvan varlığımızın, meraların taşıma kapasitesinin 3 katından daha fazla olduğu anlaşılmaktadır (Karagöz vd., 2015).

Karasal iklimin, şiddetli yağışların ve yıllar boyu sürdürülen erken ve aşırı otlatmanın sonucu mera alanlarımızda bitki örtüsü zayıflamış, meralarımız erozyona tamamen açık hale gelmiştir.

2.6.5. Ormanların Tahrip Edilmesi

Türkiye’de verimli ormanlar, toplam orman varlığımızın %53,3’ünü oluştururken bozuk ormanlar ise % 46,7’sini teşkil etmektedir. Ormanlarımızın hemen hemen yarısının bozuk vasıflı olduğu dikkate alınacak olursa orman alanlarının erozyona açık olduğu ve bu alanlarda erozyonu önlemek için tedbirlerin alınması gerektiği anlaşılmaktadır. Orman yangınları, ormanların mera olarak kullanılması, ağaçların kesilerek tarla açılması ve bunlar gibi çeşitli nedenlerle ormanların tahrip edilmesi erozyonu artırmaktadır (Dinçsoy, 2013).

2.6.6. Yanlış Tarımsal Faaliyetler

Tarım alanlarının arazi kabiliyet sınıflarına göre kullanılmaması, eğimi yüksek alanlarda tarım yapılması, hatalı toprak işlenmesi (eğim yönünde, yanlış zamanda, yanlış alet ile sürüm yapılması), tuzlu ve alkali toprakların ıslahı benzeri toprak ve su korumaya yönelik tarla içi tedbirlerin alınmamış olması gibi sebepler tarım arazilerinin verimliliğini kaybetmesine neden olmaktadır. Verimsizleşen toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bozulması ve bitki örtüsünün zayıflaması tarım alanlarındaki erozyonu hızla artırmaktadır (ÇEM, 2013).

DSİ 2011 verilerine göre yarısından fazlası dağlarla kaplı olan ülkemizin yaklaşık üçte biri ekilebilir arazilerdir. Mevcut su potansiyeli ile teknik ve ekonomik olarak sulanabilir arazi miktarı 8,5 milyon hektarken bunun ancak 5,5 milyon hektarı sulanabilmektedir (Dinçsoy, 2013). Sulanamayan tarım arazilerinin bitki örtüsü daha zayıf kalmakta ve bu araziler erozyona açık hale gelmektedirler.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışma alanı olarak Doğu Anadolu Bölgesi, Yukarı Fırat bölümündeki Malatya ilinin Güneydoğusunda yer alan Şiro Çayı althavzası seçilmiştir. Şiro çayı althavzası 65477 ha olup; Beypınarı Çayı, Geliseyyan Deresi, Mollahan Çayı, Halikan Çayı, Küçük Çay, Kara Deresi, Mezra Deresi, Koçan Deresi, Bobik Çayı, Holan Deresi, İmrün ve Körübe Dereleri Mikro Havzaları olmak üzere toplamda 12 adet mikro havzadan müteşekkildir.

Şiro Çayı althavzası topografik özelliklerinin tespit edilebilmesi ve fiziki haritasının oluşturulması amacıyla Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırmaları Departmanı'ndan alanı 1 ondalık derece, yüksekliği ise 1 metre çözünürlüğündeki dijital yükselti haritası elde edilmiştir. Coğrafi ve idari yerlerin koordinatları Harita Genel Komutanlığı Küre yazılımından temin edilerek bir coğrafi bilgi sistemi olan Arcmap ortamında dijital yükselti haritası ile çakıştırılmış, althavzanın fiziki haritası oluşturulmuştur.

Şiro Çayı althavzasında arazi kullanım sınıflarının bulunabilmesi için Tarım ve Orman Bakanlığı veri tabanından, Avrupa Çevre Ajansı tarafından belirlenen Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıflandırmasına göre uydu görüntüleri üzerinden bilgisayar destekli görsel yorumlama metodu ile üretilen arazi örtüsü/kullanımını verisi olan Corine2012 haritaları temin edilmiştir.

Althavzadaki jeoloji formasyonu Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden sağlanan 1/25000 ölçekli jeoloji formasyonu ve magmatik kayalar haritaları birleştirilerek oluşturulmuştur.

Althavzanın toprak özelliklerinin saptanması için Malatya Orman İşletme Şefliğinden 1/100000 ölçekli Malatya ili toprak haritaları temin edilmiş ve Şiro Çayı özelinde kullanılmıştır.

Şiro Çayı Alt havzasında, yağışların erozyonu oluşturma gücünün ve iklim verilerinin hesaplanabilmesi için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) temin edilen Çelikhan, Sincik, Pütürge, Gerger, Doğanyol ve Malatya Meteoroloji istasyonlarına ait uzun yıllara ait aylık meteorolojik veriler kullanılmıştır.

Althavzanın iklim sınıflandırması ve su bilançosu, Thornwaite iklim sınıflandırma ve su bilançosu yöntemine göre althavzaya ait yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak oluşturulmuştur.

Harita Genel Komutanlığı (HGK) Küre yazılımından yararlanılarak Şiro çayı althavzası sınırları içinde kalan yerleşim yerleri tespit edilmiş sonra adrese dayalı nüfus bilgilerinden yararlanılarak althavzanın nüfus verileri elde edilmiştir.

3.2. Yöntem

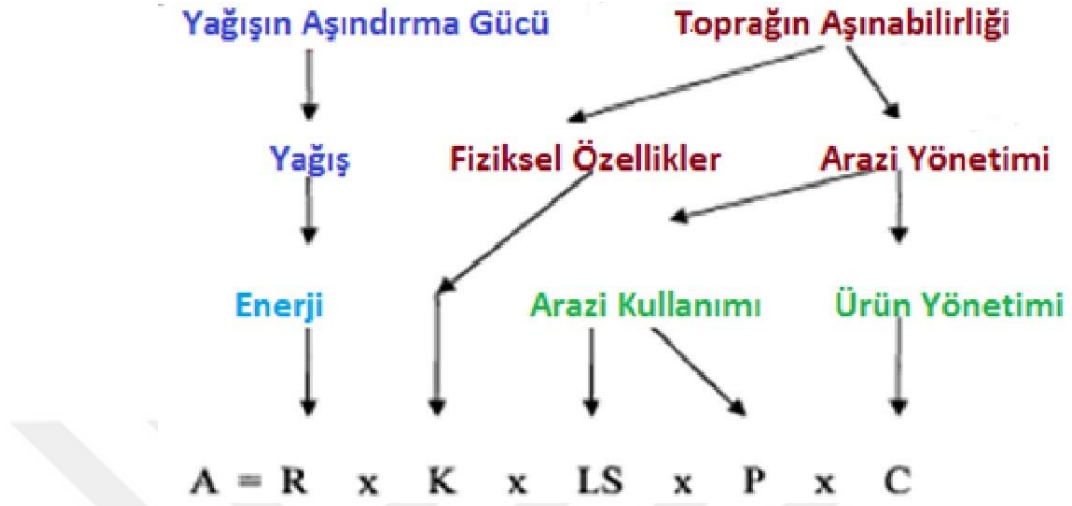
3.2.1. Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği (YETKE)

Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği (ETKE), Wischemier ve Smith (1965) tarafından Rocky Dağının doğusundaki tarım arazilerinde erozyon riskini hesap etmek amacıyla, 1940 da Zing tarafından ve sonrasında Purdue Üniversitesinin Zirai Araştırma ve Toprak Kaybı Veri Merkezinin katkılarıyla oluşturulan toprak kaybı denkliği temel alınarak geliştirilmiştir (Wishchmeir ve Smith, 1965). Williams ve Berndt, (1977) tarafından ise yağış enerjisinin yüzey akışına etkisi üzerine yapılan değişiklik ile modifiye edilerek Modifiye evrensel Toprak Kaybı Eşitliği (METKE) ortaya konmuş, METKE ile ETKE’de hesaplanmayan spesifik yağışlar için sediment iletim oranı uygulanarak sadece erozyon sahaları değil rusubat birikim alanları da hesaplanabilmektedir. Bununla birlikte METKE yıllık toprak kaybını bulmaktan ziyade tek bir sağanak yağışta meydana gelebilecek toprak kaybı hesaplayabilmektedir (Oğuz vd., 2002).

ABD Tarım Bakanlığınca 1997 yılı 703 sayılı Tarım El Kitabında Renard vd (1997) tarafından geliştirilen ve ETKE Yağış faktörünü 15 günlük periyotlara ayıran, toprak aşınımını yüzey ve parmak erozyonu olarak iki farklı sınıfta ele alan, topografik faktörlerden eğim uzunluğu ve eğim dikliği alt faktörlerini birleştirerek bir faktör haline getiren, bitki örtüsünün erozyon tesirini daha detaylı incelenebilmesi için alt sınıflara ayırarak inceleyen Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği (YETKE) yayınlanmıştır (Renard et al., 1997).

YETKE eşitliği, yağışın aşındırma gücünün su erozyonuna dönüşebilirliğini toprağın fiziksel özelliklerine, arazinin topografik özelliklerine, arazi kullanımı ve toprak yüzeyinin bitki ile kaplılığına göre hesap edilebilen 5 faktörü içermektedir.

Erozyon sahalarının ve gerçekleşen Yıllık toprak kaybının miktarının bilinebilmesi için bu 5 faktörün çarpılması ile oluşan YETKE Şekil 3.1’de gösterilmektedir.



Şekil.3. 1.YETKE Eşitliği (Lafren ve Moldenhausser, 2003).

Bu eşitlikte:

A: Birim alandan gerçekleşen ortalama yıllık toprak kaybı miktarı (ton ha⁻¹ yıl⁻¹).

R: Yağış-akış aşındırıcı faktörü (MJ mm ha⁻¹ saat⁻¹ yıl⁻¹).

K: Toprağın erozyona duyarlılık faktörü (ton ha saat ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹).

L: Eğim uzunluğu faktörü (birimsiz).

S: Eğim dikliği faktörü (birimsiz).

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

P: Toprak ve su koruma önlemleri faktörü (birimsiz, 0 ve 1 değerleri arasında) (İsmail ve Ravichandran, 2008).

• Yağışın Aşındırma Gücü (R Faktörü)

Yağışın toprağı aşındırması, havadaki yağmur damlasının potansiyel enerjisinin damlanın düşmesi esnasında kinetik enerjiye dönüşmesi ve bu enerji ile damlanın toprak yüzeyine çarparak toprağı yağmur damlası erozyonu şekliyle tahribiyle başlamaktadır. Sonrasında akışa geçen yağış; yüzey, parmak, oyuntu ve oluk erozyonuna neden olarak tahribe devam etmektedir.

Yağışların enerjisi; yağış şiddeti ve yağış miktarının bir fonksiyonudur. Bu bağlamda Wischmeier ve Smith (1965) yağmur damlası erozyonu yağış şiddeti ile artış

gösterdiğini belirtmiş Morgan (2005) ise yaptığı çalışmada bunu teyit etmiştir. Hareket halinde belirli büyüklükteki yağmur damlasının enerjisi, düşme hızının karesi ile doğru orantılı olduğu için, yağış enerjisi doğrudan damla hızıyla alakalıdır. Gunn ve Kinzer (1949)'e göre damla büyüklüğü arttıkça serbest düşüşteki yağmur damlalarının limit hızları dolayısı ile toprak agregatlarını parçalama potansiyelleri artmaktadır. (Erpul vd., 2016).

Yağışın aşındırıcı etkisini temsil eden R faktörü bir yıl içinde gerçekleşen tüm şiddetli yağışların kinetik enerjisi (E) ve maksimum 30 dakikalık fırtına süresi-yağış yoğunluğu ($I30$) işleme alınarak hesaplanır.

$$R = E \times I30 / 100 \quad (3.1)$$

Burada:

R : Yağışın erozyon oluşturma faktörü.

E : Toplam şiddetli yağış enerjisi.

$I30$: Maksimum 30 dakikalık yağış şiddetidir.

R faktörünün formülle elde edilebilmesi için yağış yoğunluğu, yağış miktarı, yağış süresi ve yağmurlu gün sayısı verilerine ihtiyaç vardır. Bu verilerin temin edilemediği durumlarda ise yağışın aşındırıcı gücünün hesap edilebilmesi için 1960 yılında geliştirilen ve aylık ortalama yağış verilerini kullanan Fournier İndeksi (F) ya da 1980 de geliştirilen Modifiye Fournier İndeksi (MFI) kullanılmaktadır.

$$F = \frac{P^2_{max}}{P} \quad (3.2)$$

Burada

P_{max} , en yağışlı ayın (mm) aylık ortalama yağış miktarı

P , yıllık yağış miktarıdır.

$$MFI = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P_y} \quad (3.3)$$

Burada

P_i , her ay için aylık ortalama yağış miktarı (mm)

P_y yıllık yağış miktarı (mm).

Tablo 3. 1.Fournier ve MFI'e göre aşınabilirlik sınıfları (Costea, 2012).

Fournier İndeksi	Aşınabilirlik	MFI	Aşınabilirlik
0-20	Çok Az	0-60	Çok Az
20-40	Az	60-90	Az
40-60	Orta	90-120	Orta
90-80	Şiddetli	120-160	Şiddetli
80-100	Çok Şiddetli	>160	Çok Şiddetli
>100	Aşırı		

Yağışın toprakları aşındırma gücünü hesaplamak için MFI kullanıldığında Eşitlik 3.4'de yerine yazılmak suretiyle R faktörü bulunmaktadır.

$$R = (4.17 MFI) - 152 \quad (3.4)$$

(Cürebal ve Ekinci, 2006; Reis vd., 2017).

- **Toprağın Erozyona Duyarlılığı (K Faktörü)**

Toprağın su erozyonuna karşı hassasiyeti olarak tanımlanan K faktörü, toprağın yapısı, bünyesi, geçirgenliği gibi fiziksel özellikleri ve organik madde miktarı verileri ile hesaplanabilmektedir.

K faktörü, % 9'luk eğime ve 22.13 m'lik bir eğim uzunluğuna sahip, işlenip nadasa bırakılmış toprak üzerinde ölçülen birim erozyonun yıllık ortalama toprak kaybı oranıdır (Wang et al., 2013). K değerleri 0 ile 1 arasında yer alır ve birimi “ton ha saat ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹” dir (Wang et al., 2016).

Toprak agregatlarının oluşması ve bir arada kalabilmesi için mevcut organik madde miktarı ve kil iki önemli parametredir. Toprak yapısının geliştikçe K faktörü “0”a yaklaşmaktadır. K faktörü toprağın nem durumu ve kum içeriği ile ilişkilidir. Ayrıca hacim ağırlığı, hidrolik iletkenlik ve Silt miktarı ile de arasında ters orantı vardır. Bu durumda silt miktarı yükseldiğinde K faktörünün azaldığı, kil ve kum miktarı yükseldiğinde ise arttığı görülmektedir., Hidrolik iletkenlik arttıkça toprak daha geçirgen hale gelmekte böylece K faktörü azalmaktadır (Erdem, 2017).

K değeri hesaplanabilmesi için Eşitlik 3.5’den faydalanılmaktadır.

$$K = [2,1 \times 10^{-4}(12 - TOM)M^{1,14} + 3,25(S_t - 2) + 2,5(P - 3)]/100 \quad (3.5)$$

Burada

TOM :toprak organik maddesi(%),

M : {%(silt + çok ince kum) x {100 - % kil}},

S_t : Toprak strüktür sınıfı (Tablo 3.2)

P :Toprak Geçirgenlik sınıfı (Tablo 3.2)

(Wang vd., 2016).

Tablo 3. 2.Toprak yapısı ve geçirgenliğine göre toprak aşınım sınıfları (Yılman, 2009)

Toprak Erozyon Duyarlılık Abağı Toprak Yapı Sınıfları (S_t)		Toprak Erozyon Duyarlılık Abağı Toprak Su Geçirgenlik Sınıfları (cm/saat ⁻¹) (P)		
Toprak Yapısı	Sınıfı	Su Geçirgenliği	Doygun Hidrolik Geçirgenlik	Sınıf
Çok İnce Granüler	1	Çok Yavaş	<0,1016	6
İnce Granüler	2	Yavaş	0,1016-0,2032	5
Orta veya Kaba Granüler	3	Yavaştan Orta’ya	0,2032-0,5080	4
Blok Levhalı veya Masif	4	Orta	0,5080-2,0320	3
		Ortadan Hızlı’ya	2,0320-6,0960	2
		Hızlı	>6,0960	1

- **Eğimin Toprağın Aşınmasına Tesiri (LS Faktörü)**

L ve S faktörleri, eğim uzunluğunun (L) ve eğim dikliğinin (S) su erozyonu üzerindeki etkilerini temsil eder. İki faktörün birleşimi genellikle “topografik faktör”

olarak adlandırılır. L faktörü, arazinin gerçek yatay eğim uzunluğunun, 22.1 m' lik deneysel olarak ölçülen eğim uzunluğuna oranıdır. S faktörü ise, gerçek eğimin % 9'luk deneysel bir eğime oranıdır. L ve S faktörleri, gerçek eğim uzunluğu 22.1 m ve gerçek eğim % 9 olduğunda “1” olacak şekilde tasarlanmıştır (Wischmeier ve Smith, 1965; Çelik, 2011).

Orijinal ETKE, yalnızca yüzey ve parmak erozyona duyarlı hafif eğimlerdeki (ekim alanları) toprak kaybını öngörmeye etkili olması nedeniyle sınırlıdır. Ek olarak, ETKE, LS faktörü hesaplaması sırasında seçilen eğim dikliği değerlerinin seçimine çok duyarlıdır. Örneğin, 1987 yılında McCool et al., eğim dikliği değerlerinde %10'luk hatanın toprak kaybı denkleminde % 20'ye yakın genel bir hata verebileceğini bu nedenle çalışma alanının gerçek alanı ile eşleşen doğru eğim değerlerinin seçilmesinin önemini not etmişlerdir (Van Remortel et al 2001).

ETKE'nin bu sınırlamaları nedeniyle, LS faktörü, YETKE ile geliştirilerek sadece az eğimli tarım arazileri için değil diğer eğim grupları için de daha doğru sonuçlar verebilecek şekilde tasarlanmıştır.

YETKE için kullanılan eğim uzunluğu eşitliği

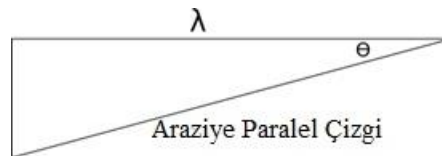
$$L = \left[\frac{\lambda}{22,1} \right]^m \quad (3.6)$$

L: eğim uzunluğunun 22.1 m uzunluk için standartlaştırılmış toprak kaybına oranı

λ : eğim uzunluğu (Şekil 3.2)

m: eğim uzunluğu katsayısıdır

(Wischmeier ve Smith, 1965; Simms et al., 2003).



Şekil.3. 2. LS hesaplamalarında kullanılan değerlerin gösterimi

YETKE'de, eğim uzunluğu katsayısı, parmak erozyonu ve yüzey erozyonu arasındaki oranının bir ifadesidir. m 'nin hesaplanabilmesi için farklı yöntemler

geliştirilmiştir. Wischmeier ve Smith 'in 1965 yılındaki yayınlarında m 'nin değerinin yıldan yıla değişebildiğini, bazen ise negatif değer aldığını belirtmişlerdir (Lafren ve Moulderhaus, 2003).

m değeri hesap edilirken aşağıdaki eşitlikler kullanılmaktadır.

$$m = \frac{\beta}{(1+\beta)} \quad (3.7)$$

$$\beta = \frac{\left(\frac{\sin\theta}{0,0896}\right)}{(3(\sin\theta)^{0,8}+0,56)} \quad (3.8)$$

β , parmak erozyonunun yüzey erozyonuna oranı

θ eğim açısı

(Liu et al., 2000; İsmail ve Ravinchandran, 2008; Oliveira et al., 2013).

YETKE'de S Yamaç Eğimi (S) faktörü %9'luk eğim dikkate alınarak hesaplanmaktadır.

$$S = 10,8\sin\theta + 0,03, \text{ eğim} < \%9 \quad (3.9)$$

$$S = (\sin\theta/0,0896)^{0,6}, \text{ eğim} > \%9 \quad (3.10)$$

θ : Yamaç Eğim açısı

(Renard et al., 1997; Kinnell, 2010).

Nihayetinde YETKE topografik faktörü yamaç uzunluğu ve yamaç eğimi faktörlerinin birleştirilmesi neticesinde Eşitlik 3.11 ve Eşitlik 3.12 ile ifade edilmektedir.

$$LS = \left[\frac{\lambda}{22,1}\right]^{0,5} (10,8\sin\theta + 0,03) , \text{ eğim} < \%9 \quad (3.11)$$

$$LS = \left[\frac{\lambda}{22,1}\right]^{0,5} \left[\frac{\sin\theta}{0,0896}\right]^{0,6} , \text{ eğim} \geq \%0,9 \quad (3.12)$$

θ : Yamaş eğimi açısı

Λ : Eğim uzunluğu

(Renard et al., 1997; Oliveira et al., 2013).

1996 yılında Mitasova tarafından “Birim Akımın Erozyon Oluşturma Gücü ve Sedimentasyon Birikimi” (USPED) adıyla YETKE topografik faktörü için uygulanan algoritmaya benzer şekildeki eşitlik oluşturulmuştur (Mitasova, 1996).

$$LS = (m + 1) \left[\frac{A}{22,13} \right]^m \left[\frac{\sin \beta}{0,09} \right]^n \quad (3.13)$$

A: Uygulama alanı

β : Eğim Açısı

$m=0,3$ ve $n=1,6$

(Mitavosova 1996; Oliveria et al., 2013).

- **Bitki Örtüsünün Erozyona Tesiri (C Faktörü)**

Bitkisel örtü ve ürün yönetiminin erozyona üzerine etkisi, belirli bir bitki örtüsünün ve arazi kullanımının işlenerek nadasa bırakılmış alanların toprak kaybına oranıdır.

$$C = \frac{A_c}{A_n} \quad (3.14)$$

A_c : Ürünlü parselde toprak kaybı,

A_n : Nadasa bırakılmış parselde toprak kaybı

(Laflen ve Moulderhous, 2003)

C faktörü bitki örtüsünün, yapılaşma faaliyetlerinin, ürün münavebeleri veya diğer amenajman programlarının ortalama yıllık toprak kaybını nasıl etkileyeceğini ve

toprak kaybı potansiyelinin zamanla nasıl değişeceğini göstermektedir (İmamoğlu vd, 2017; İmamoğlu ve Dengiz, 2016).

Avrupa Çevre Ajansı'nın (AÇA) belirlediği kriterler ve sınıflandırma sistemi doğrultusunda AÇA'ya üye tüm ülkelerde, arazideki çevresel değişimlerin belirlenmesi, doğal kaynakların rasyonel biçimde yönetilmesi, çevre ile ilgili politikaların geliştirilmesi ve aynı temel verilerin yönetilmesi ve standart bir veritabanının oluşturulması amacıyla. AÇA kriterleri ve sınıflama birimlerine göre (44 sınıf), uydu görüntüleri üzerinden arazinin izlenmesine yönelik arazi örtüsü/ arazi kullanımındaki değişiklikler uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla tespit edilmesi prensibine dayanan ve yine AÇA tarafından belirlenen Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıflandırmasına göre uydu görüntüleri üzerinden bilgisayar destekli görsel yorumlama metodu ile üretilen arazi örtüsü/kullanımını verisi olan CORINE (Coordination of Information on the Environment - Çevresel Bilginin Koordinasyonu) verileri C faktörünün hesaplanabilmesi için sıklıkla kullanılmaktadır. Corine farklı arazi kullanımı senaryoları için bazı C değerleri tabloda verilmektedir.

Tablo 3. 3. Corine Arazi kullanım Senaryoları için uyarlanmış C değerleri (İmamoğlu vd., 2017).

Corine arazi kullanımı	C Faktörü değerleri
Sürekli şehir	0
Karayolu demiryolu	0
Mineral çıkarım sahası	0,36
Mera	0,005
Doğal bitki örtüsü tarım alanı	0,04
Geniş yapraklı orman	0,003
Doğal çayır	0,005
Bitki değişim alanı	0,4
Seyrek bitki	0,36
Su kütlesi	0
Kesikli şehir	0
Kesikli kırsal	0
Sulanmayan ekilebilir alan	0,4
Sulanmayan sera	0,4
Sulanmayan karışık tarım	0,335
Meyveyle karışık sulu	0,296
Çıplak alan	0,36

- **Toprak ve Su Koruma Önlemleri (P Faktörü)**

Toprak ve su koruma işlemleri faktörü (P), belirli bir toprak koruma işlemi uygulandıktan sonra oluşan toprak kayıplarının, aynı şartlarda hiç bir korumanın olmadığı koşullarındaki toprak kayıplarına oranıdır.

$$P = \frac{A_p}{A_s} \quad (3.15)$$

A_p : korumalı parselden toprak kaybı

A_n : korumasız parselden toprak kaybı

(Karpilo ve Toy, 2004).

Toprak koruma önlemleriyle su erozyonunun azaltılmasını temsil eden P faktörü YETKE veri girişleri içinde bulması en belirsiz ve en zor olanıdır. Bitki ve taş duvar benzeri engellerin oluşturulması, teraslama, kontur tarım uygulamaları toprak erozyonunun önlenmesine katkı sağlamaktadır (Panagos et al., 2015). Koruma önlemleri suyla beraber akan rusubatın hızını keserek çökmesini sağlamakta ayrıca havza tabanının dolmasını engellemektedir. Ayrıca teraslanan alanlarda eğim aynı kalsa dahi tıraşlanan yamaçlarda yüzey akışı aşındırıcı etkisini büyük ölçüde yitirmektedir. Toprak erozyonu kontrolü üzerindeki beşeri koruma önlemlerinin etkisi, toprak erozyonu riski değerlendirilirken P faktörü olarak dahil edilse bile küresel bir referans yoktur çünkü erozyon kontrolü çok yerel bir etkinliktir (Panagos et al., 2015).

Literatürde, farklı destekleyici koruma uygulamaları için P-faktörü değerlerini öneren çeşitli Tablo ve formüller yer almaktadır. Tipik değerler olarak, eğime dik teraslar için P faktörü yaklaşık 0.2 değeri alırken , erozyon kontrol uygulamalarının olmadığı yerlerde 1 değeri alır (Wischmeier ve Smith, 1978; Renard et al., 1997; Foster et al., 2002).

P-faktörü (a) teraslama, (b) kontur tarım uygulamaları, (c) şeritsel tarım sistemleri (Bitki veya duvar engelleri) olmak üzere bu 3 alt faktörün bir ürünü olarak hesaplanmaktadır (Sheikh et al., 2011; Blanco ve Lal, 2008).

$$P = P_c \times P_s \times P_t \quad (3.16)$$

P_s : Şeritsel tarım uygulamaları,

P_c : Kontur tarım uygulamaları (Tablo 3.4),

P_t : Teraslama uygulamaları (Tablo 3.5)

Tablo 3. 4. Kontur tarım, Şeritsel tarım ve Teraslama uygulamalar için P_c ve P_s değerleri (Blanco ve Lal, 2008; Paganos et al, 2015a).

Eğim	Kontur Tarım Uygulamaları(P_c)	Şerit Genişliği(m)	Şeritsel Tarım Uygulamaları (P_s)		
1-2	0,60		Toprak Hidrolik Sınıfları		
3-8	0,50	40	0,30	0,45	0,60
9-12	0,60	30	0,25	0,38	0,50
13-16	0,70	30	0,25	0,38	0,50
17-20	0,80	24	0,30	0,45	0,60
21-25	0,90	24	0,35	0,52	0,70
		18	0,40	0,60	0,80
		15	0,45	0,68	0,90

Tablo 3. 5. Teraslama Aralıklarına göre Teras uygulaması koruma faktörü değeri (Lopez-Vicente ve Navas, 2009; Paganos et al., 2015a).

Teras Aralıkları (m)	Teras Kenarı (P_s)	Teras Ortası (P_s)
<33	0,50	0,70
33-43	0,60	0,80
44-54	0,70	0,80
55-68	0,80	0,90
69-90	0,90	0,90
>90	1	1

3.2.2. YETKE Literatür Özeti

Moore ve Wilson (1996), YETKE Eğim faktörü hesaplanırken kullanılan eğim uzunluğu katsayısı (m) ve eğim dikliği katsayısı (n) için $m=0,3$, $n=1,6$ sayılarının kullanılmasının daha doğru sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir. (Moore ve Wilson 1996)

Tori et al (1997), global ölçekte yayınlanan çalışmalardan derlenen verilerle YETKE toprak aşınım faktörünün (K); toprak kil içeriğinden, geometrik ortalama parçacık boyutundan, organik madde içeriğinden ve Napierian logaritmasından tahmin

edilebilirliğini araştırmışlardır. K faktörü değerinin bulmak için yeni bir algoritma geliştirmişlerdir (Tori et al. 1997).

Liu et al., 2000, ETKE-L Eğim uzunluğu faktörü katsayısının (m) etkinliğini sınamak için seçtikleri Çin, Loess platosunda erozyon riski analizi yapmışlar, “m”ye farklı değerler vererek Plato için uygun “m” değerini 0,44 olarak bulmuşlardır (Liu et al., 2000).

İrvem ve Tülücü (2004) Adana’da bulunan Seyhan Havzasının Korkun Alt Havzası için ILWIS (Entegre Kara ve Su Bilgi Sistemi) Coğrafi bilgi sistemi ile YETKE uygulamıştır. Çalışma alanında, elde edilen sonuçlara göre en yüksek toprak kaybı 1981 yılında, 1995.61 ton/km² olarak en düşük ise 1982 yılında 250.3 ton/km² olarak bulunmuştur. (İrvem ve Tülücü 2004)

Karpilo ve Toy 2004, YETKE-C ve P (Arazi kullanımı ve Koruma önlemleri) faktörleri için kullanılan değerleri incelemişlerdir. Literatürde, Tarım El Kitabı 703'te (Renard ve ark. 1997) belirtilen yöntemlerle hesaplanan bu C ve P değerlerinin uygun değerler olarak kabul gördüğünü belirtmişler ve verilerin çoğunun büyük ölçüde tarımsal değerlere dayanması ya da çok az bilimsel veriyle desteklenmesinden ötürü tarım dışı alanlarda kullanılmasının doğru sonuçlar vermeyeceği tespitinde bulunmuşlardır.

Van remortel et al (2004), Yenilenmiş Toprak Kaybı Eşitliği (YETKE) Eğim Faktörü (LS) doğru hesaplanabilmesi için 10 ve 30 metre çözünürlüklü dijital yükselti haritalarını kullanarak geliştirdikleri C++ programlama dilinde yazılmış yazılım ile Arcinfo Makro Dilini (AML) kıyaslamışlardır. Her iki yazılımda da yüksek çözünürlüklü dijital yükselti haritalarının daha doğru sonuçlar verdiği anlaşılmıştır (Van remortel et al. 2004).

Cürebal ve Ekinci (2006), tarafından Edremit Körfezi kıyısında yer alan Kızılkeçili Deresi Havzasında erozyon risk sahaları ve toplam yıllık toprak kaybı miktarı belirlenmiş ve haritalanmıştır. Toplamda 28,97 km² olan sahanın; 14,62km²'sinde hafif, 11,85 km²'sinde orta, 2,5 km²'sinde ise yüksek ve çok yüksek erozyon riski olduğu anlaşılmıştır (Cürebal ve Ekinci 2006).

Lee ve Lee (2006) Güney Kore Bosung havzasında, YETKE ile erozyon riskini hesaplamışlardır. YETKE' de eğim faktörünün çok önemli olduğunu vurgulamış,

Kendi çalışmalarında kullanılmak üzere çözünürlüğü 125 m olan yükselti haritalarını seçmişler ve havzada toprak kaybını 52.6 ton/ha/yıl olarak hesaplamışlardır. (Lee ve Lee, 2006)

Lin ve Wang (2006), Çin'de Chaobai Havzasında erozyon potansiyelini bulmak için uzaktan algılama sistemleri ile YETKE modelini kullanmışlardır. Havzanın 14537.5 km²'nin (% 75.1) hafif erozyon, 2381.0 km²'nin (% 12) orta, 1726.0 km²'nin (% 8.9) çok yüksek, 709.5 km²'de aşırı su erozyonu olduğunu hesaplamışlardır (lin ve wang 2006).

Tağıl (2007), çalışmasında Biga Yarımadasındaki Tuzla Çayı havzasının Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve uzaktan algılama (UA) teknikleri kullanarak erozyon riskini ve arazi degradasyonunu ortaya koyarak erozyon riski üzerine arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişikliklerinin etkisini araştırmıştır. YETKE Bitki Örtüsü Faktörü (C) değerleri için Landsat 1987-2000 yılları arasındaki veriler kullanılmış, 1987 yılında 2000 yılına kadar erozyon riskinde artış olduğu gözlemlenmiştir (Tağıl, 2007).

Capolongo et al, (2008), Güney İtalya, Salandrella-Cavone su toplama havzasında 1955-2002 yılları arasında erozyonu riskini oluşturdukları simülasyonla gözlemlemiş, çalışmalarında eğim faktörünün bulunması için USPED denkliği kullanmışlardır. Çalışma 47 yıl içinde az ve normal erozyon görünen alanların azaldığını göstermiştir (Capolongo et al., 2008).

Efe vd., (2008) Edremit körfezi Kuzeyinde bulunan Şahin Deresi Havzasının YETKE ile erozyon potansiyeli haritası oluşturmuşlar, ortalama R, K, LS, C, P faktörlerini sırasıyla 305 MJ/ha/yıl, 0.54 ton ha saat/ha/Mj/mm, 15.03, 0.05, 0.95 olarak, ortalama toprak kaybını ise 43 ton/ha/yıl olarak saptamışlardır (Efe vd., 2008)

Karabulut ve Küçükönder (2008), Kahramanmaraş ovası çevresinde CBS kullanılarak erozyon risk alanları belirlemişlerdir. Sonuçlar CBS ortamında kullanılabilen bir erozyon modeli olan YETKE ve kriterleri doğrultusunda elde edilmiştir. Erozyon riski, 50750,04 hektarda (%89,70) çok düşük, 5504,49 hektarda (%9,73) düşük, 271,03 hektarda (%0,48) orta ve 51,3 hektarda (%0,09) yüksek olarak bulunmuştur (Karabulut ve Küçükönder 2008).

Kaya (2008), Türkiye'deki 252 adet meteoroloji istasyonunun YETKE-R yağış verileri hesaplanmıştır. Hesaplamalar neticesinde elde edilen sonuçlardan yola çıkılarak, her istasyon için gibi eklemeli eğriler hazırlanmıştır (Kaya 2008).

Sanchis et al. (2008), İklimin, toprakların su erozyonuna duyarlılığını etkileyip etkilemediğini araştırmak için literatürden elde edilen 300'den fazla Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği (ETKE) toprak aşınabilirliği değerini (K) analiz etmiştir. Toprağın özellikleri ve ölçüm alanlarının yerleri ile ilgili verilerin sınırlı olması nedeniyle, tüm analizler yalnızca toprak bünyesi, organik madde içeriği, taşlılık ve arazilerin bulunduğu bölgelerin Köppen–Geiger İklim sınıflandırması özellikleri kullanılarak yapılmıştır. Amerika ve İtalya' daki K değerleri Endonezya' daki verilerle kıyaslanmıştır. Çalışma, toprak aşınabilirlik verilerine iklimin net bir etkisi olduğunu göstermiş, soğuk iklimlerde bulunan toprakların, ılıman iklimlerde bulunan topraklardan daha büyük toprak aşınabilirlik değerlerine sahip olduğu ortaya çıkarmıştır. (Sanchis et al, 2008)

Lopez-Vicente ve Navas (2009), Orta İspanya Estana Havzasında toprak kaybını YETKE ile 2.3 ton/ ha/yıl olarak hesap etmişlerdir (Lopez-Vicente ve Navas, 2009).

Tağıl (2009), Balıkesir sınırları içindeki Yahu Deresi ve Çakırdere havzalarında toprak kaybını YETKE yöntemiyle belirlenmiş ve havzalar arasındaki toprak kaybı farklılıkları ortaya koymuştur. Araştırmaya göre Yahu Deresi havzasında toprak kaybı miktarı Çakırdere havzasından fazladır (Tağıl 2009).

Kurucu vd., (2010), YETKE ile 1126 km²'lik Çeşme Karaburun Yarımadasında erozyon potansiyeli riski haritasını oluşturmuşlardır. Yarımada genelinde toprak kaybının 1.279.548 ton/ha/yıl olduğunu hesaplamışlardır (Kurucu vd., 2010).

Diadota et al, (2011), İtalya, Sele Havzasında YETKE metoduyla erozyon riski haritası oluşturarak 2500 km²'yi aşkın alanda ortalama 53 ton/ha/yıl, havzanın %30'undan fazlasında 20 ton/ha/yıl toprak kaybı olduğunu ortaya koymuşlardır (Diadota et al, 2011).

Sheikh et al, (2011) Hindistan'da bulunan Himalayan Havzası toprak kaybı tahmini için CBS ve ETKKE metodunu kullanmış, ortalama en düşük toprak kaybı potansiyelinin tarım alanlarında (26 tons/ha/yıl), en düşük toprak kaybı potansiyelinin ise ormanlarda (0,99 ton/ha/yıl) olduğunu ifade etmişlerdir (Sheikh et al.,2011).

Borselli et al., (2012), Sanchis 2008'in YETKE-K değerini iklimle bağdaştırarak geliştirdiği yeni yaklaşımı ileri taşıyarak KUERY isminde bir bilgisayar programı haline getirmişlerdir (Borselli et al., 2012).

Costea, (2012), Yağışların toprağı aşındırma kabiliyetlerini (YETKE-R) hesaplayabilmek için kullanılan Fournier İndeksi (F) ve Modifiye Edilmiş Fournier İndeksini (MFİ) alışma alanı olarak seçtiği Transilvanya Secaşul Büyük Havzasında karşılaştırmış ve MFİ' nin daha doğru sonuçlar verdiği sonucuna ulaşmıştır (Costea, 2012).

Erkal, (2012), alışmasında, Afyonkarahisar İlinde 7340 km²'lik bir alan kaplayan, Akarçay havzasının orta kısmında yer alan althavza niteliğindeki 801 km²'lik obanlar Althavzası erozyon riski YETKE ile değerlendirmiştir. obanlar Althavzasının erozyon riski 0 -195 ton/ha/yıl olarak saptanmış olup alansal olarak havzanın %60' ında çok hafif, %16' sinden hafif, %11' inde orta, %5' inde şiddetli, %8' inde ise çok şiddetli erozyonun etkin olduğu anlaşılmıştır (Erkal, 2012).

Zhao et al. (2012) Çin' deki Yanhe Havzasında YETKE-C faktörünü kendi geliştirdikleri "Küçük Havzalar için Toprak Kaybı İndeksi (SL_{SW})" ile kıyaslamışlardır. SL_{SW} değerlerinin 0.15 ila 0.45 aralığında değiştiğini, 593 alt havzada C değerinden küçük, 227 alt havzada C değerlerinden büyük çıktığını belirtmişlerdir. Arazi kullanım faktörünün (C) yetersiz kaldığı yerlerde toprak aşınabilirliğinin tespiti amacıyla SL_{SW} verilerinin kullanılabileceğini vurgulamışlardır. (Zhao et al, 2012)

Cebel vd., (2013), Türkiye Büyük Toprak Grupları (BTG) erozyon hassasiyeti değerleri (YETKE-K) bulunması için 0-20 cm derinlikten, farklı bölgelerden 3579 adet toprak rneği almışlardır. Kimyasal ve fiziksel analizler sonucu bulunan değerlere göre toprakların 1298 adeti orta derecede, 1418 adeti kuvvetli derecede, 333 adeti çok kuvvetli derecede aşınabilir topraklar sınıfına girmiştir. Kireçsiz kahverengi toprakların %38'i, kahverengi orman topraklarının %31'i, Alüviyal toprakların ise %50'si kuvvetli derecede aşınabilir topraklar olarak hesap edilmiştir. Toplam toprak sayısına göre, az ve çok az aşınabilir toprakların sayısı ise sadece % 14'tür (Cebel vd., 2013).

Çilek ve Berberoğlu (2013), Adana, Seyhan havzasında PESERA (Pan Avrupa Toprak Erozyonu Riski Denkliği) ile YETKE erozyon modellerini kullanılarak erozyon duyarlılık sahalarını ve yıllık toprak kaybını haritalamışlardır. YETKE erozyon modeliyle Seyhan Havzası'nda ortalama erozyon 21,24 ton/ha/yıl, toplam erozyon miktarı 9287522 ton/yıl olarak tahmin edilmiş, PESERA erozyon modeli sonuçlarına göre ortalama erozyon miktarı 3,91 ton/ha/yıl, toplam erozyon miktarı ise 1605437 ton/yıl olduğu hesaplanmıştır.(Çilek ve Berberoğlu 2013,)

Kabanza et al, (2013) Güneydoğu Tanzanya, Makonde platosunda kumul acrisoller ve killi ferrosol toprak tipleri için YETKE- P toprak koruma önlemlerini araştırmışlar, erozyonla mücadele için çiftçilerin uyguladığı karık, sırt oluşturma yönteminin ve bitki şeritlerinin etkili olduğunu bulmuşlardır. Çalıların erozyonu engel olma kabiliyetinin mısır ve mısır artıklarından daha çok olduğunu, kumul toprakların killi topraklara nazaran daha aşınabilir fakat arazi rehabilite çalışmalarına daha erken cevap verdikleri sonucuna ulaşmışlardır (Kabanza et al, 2013).

Carvalho et al (2014), Brezilya'da Rio de Janeiro şehrinin güneyindeki Palmares-Ribeirão do Saco Havzasının erozyon riski tespit edebilmek için 1986 ile 2009 yılları arasındaki Landsat uydu görüntülerinden faydalanmış, YETKE' ye göre 24 Mayıs 2014'de 0.13 Mg ha⁻¹ ile en düşük, 11 Mart 2007' de ise 62 Mg ha⁻¹ ile en yüksek toprak kaybının gerçekleştiğini ve havza genelinde ortalama yıllık toprak kaybının 109,45 Mg ha⁻¹; havzanın orta kısmında ise yaklaşık 300 Mg ha⁻¹ değerine ulaştığı belirlemişlerdir (Carvalho et al 2014).

Çilek vd. (2014), Konumsal Bilgi Teknolojilerini kullanarak 180400 km² olan Ege ve Akdeniz havzalarında farklı arazi kullanım türleri için yıllık toprak kaybını PESERA ve YETKE modelleri ile değerlendirmişlerdir. PESERA erozyon modeli sonuçlarına göre çalışma sahasının % 4'ü çok düşük, % 21'i düşük, % 57'si orta, ve % 18'lik kısmı yüksek ve çok yüksek erozyon riskine sahip, RUSLE erozyon modeline göre ise % 1'i çok düşük, % 6'sı düşük, % 42'si orta, % 51'i yüksek ve çok yüksek erozyon riskine sahip olduğu hesaplanmıştır (Çilek vd. 2014).

Değerliyurt (2014), Amanos dağlarında yangınların erozyona etkisini araştırmak için YETKE metoduna başvurmuştur. Araştırmasında, yangınlardan önce taşınan toprak miktarının ortalama 0-32.57 ton/ha/yıl, yangınlardan sonra ise 0-144.70 ton/ha/yıl olduğu hesaplanmıştır. Yangınlardan sonraki dönemde erozyonla taşınan

toprak miktarının yangınlardan öncesine göre 4.44 kat arttığı belirlenmiştir (Değerliyurt, 2014).

Kızılelma ve Karabulut (2014), Mut Havzası erozyona duyarlı bölgeleri ETKE yöntemiyle araştırmış, 4,035 hektarlık alanda orta, yüksek ve çok yüksek 142,766 hektarlık alanda çok hafif, erozyon riski tespit edilmiştir (Kızılelma ve Karabulut 2014).

Koç (2014) Modifiye edilmiş Evrensel Toprak kaybı (METKE) eşitliğinden faydalanarak Mersin Topçu Deresi Alt havzasında erozyon riskini tespit etmiş, METKE parametrelerinin sayısal ortama aktarılmasından sonra yapılan analizlerde alt havzada 2000-2010 yılları arasındaki yağışlarda; 2000 yılında 3.75 ton, 2002 yılında 16.3 ton, 2004 yılında 5.2 ton, 2005 yılında 0.005 ton, 2006 yılında 0.26 ton, 2007 yılında 0.09 ton, 2008 yılında 0.78 ton, 2009 yılında 2.93 ton ve 2010 yılında 2.71 ton olmak üzere toplamda 32.1 ton toprak kaybının gerçekleştiğini tespit etmiştir (Koç 2014)

Özşahin ve Atasoy (2014), Asi Nehri Havzasının risk analizini yapmışlar, YETKE'ye göre toplam toprak kaybının yıllık 50,66 ton/ha/yıl, ortalama toprak kaybını ise 10,74 ton/ha/yıl olduğunu ifade etmişlerdir (Özşahin ve Atasoy (2014).

Paganos et al (2014), 25 Avrupa Birliği Ülkesini kapsayan YETKE-K Değerinin bulabilmek için, 2009 yılında 20000 civarı noktadan alınan ve toprak örnekleri özelliklerini içeren Pan Avrupa toprak verilerinden yararlanarak 500 metre çözünürlüklü haritalar oluşturmuş, ortalama K değeri 0.032 ton ha saat/ha/MJ/mm olarak kaydetmişlerdir (Paganos et al., 2014)

Parlak vd., 2014, Çanakkale Umurbey Ovası'nın erozyona duyarlılığının mevsimlere göre değişimini incelemişlerdir. Yöntem olarak YETKE-K parametresinden faydalanmış ve Umurbey Ovası'nda mevsimlere göre toprakların bütünlüğünü azdan çoğa doğru sonbahar (%2,76), ilkbahar (%3,10), yaz (%4,19), kış (%4,35) şeklinde saptamışlardır (Parlak vd., 2014).

Ganasri ve Ramesh 2015, Hindistan, Nethravathi havzasında YETKE ile erozyon riskini hesaplayarak, tarım alanlarında erozyonun önceki seneler göre arttığını ve tarım alanlarında yıllık 14.673 tonluk toprak kaybının olduğunu belirlemişlerdir.

Nwakor et al. (2015), Nijerya Yukarı Ebonyi Nehri Havzasının toprak kaybını ortalama 14,21 ton/ha/yıl, havzanın toplam toprak kaybını 24.191 ton/yıl olarak hesaplamışlardır (Nwakor et al., 2015),

Özşahin (2015), tarafından Ergene Havzasında arazi örtüsündeki değişikliklerin toprak aşınabilirliğine etkisini araştırmak için 1987 ve 2015 yılları arazi kullanımı incelenmiş ama yerleşim yerlerindeki %1.1'lik artış dışında alansal olarak orman, mera ve tarım alanlarında önemli bir değişiklik kaydedilmediğinden YETKE toprak kayıpları birbirine benzer çıkmıştır (Özşahin 2015).

Paganos et al. (2015a), Destek uygulamalarının (P-faktör) Avrupa ölçeğinde toprak erozyonunun azaltılmasındaki etkisini inceleyerek Avrupa genelinde kontur tarım, taş duvar ve şerit çalı uygulamalarının ortak P değerini 0,9702 olarak bulmuşlardır. AB ülkelerinde destek uygulamalarının erozyon riskini % 3 azalttığını bunun içinde % 57 ile şerit çalıların, %38 ile duvarların ve kalan kısmında kontur tarım uygulamalarının payının olduğu tespit etmişlerdir. Çalışma, destek uygulamalarının, toprak erozyonu riskini en az % 5 azalttığı Malta, Portekiz, İspanya, İtalya, Yunanistan, Belçika, Hollanda ve Birleşik Krallık'ta en yüksek etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Paganos et al., 2015a).

Paganos et al., (2015b) Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde bitkisel örtü ve ürün yönetimi faktörü (C) değerlerinin tahmin edilmesi için yaptıkları çalışmada, AB' de C faktörü değeri en düşük 0.00116, tarım alanlarında 0.233, otlaklarda 0.2651, ortalama 0.1043 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca az toprak işleme, bitki artıklarının arazide bırakılması gibi önlemler neticesinde tarım alanlarında C faktörünün %19.1 azaldığı gözlemlenmiştir (Paganos et al., 2015b).

Pektezel (2015), Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı YETKE yöntemini kullanılarak Gelibolu Yarımadası'nda oluşturduğu erozyon risk haritasında yıllık ortalama toprak kayıp miktarının hesaplamıştır. Gelibolu Yarımadası'nın %75,8'i çok hafif erozyon riski altında olduğunu ve yıllık ortalama toprak kaybının 4.79 ton/ha/yıl olduğunu belirtmiştir (Pektezel, 2015).

Tanyaş vd. (2015), Kartalkaya Barajındaki çalışmasında, YETKE-C değerlerini kontrol edilebilmek için sediment iletimi oranının kullanılmasının daha doğru sonuçlar vereceğini belirtmiştir (Tanyaş vd., 2015).

Akgöz vd, (2016), Ergene Havzasında erozyon potansiyelinin bulunması için Corine 2012 arazi verileriyle YETKE' yi kullanmışlar, oluşan haritadan doğal bitki örtüsünün farklı gerekçelerle yok olması nedeniyle potansiyel toprak kaybının arttığı çıkarımını yapmışlardır (Akgöz vd., 2016).

İmamoğlu ve Dengiz (2016), Çorum ve Yozgat'ı ortalayan Alaca Havzası erozyon riskini YETKE ile hesaplamışlardır. Havzanın %4.4 (723,6 ha)'ünde erozyon riski yüksek ve aşırı düzeyde bulunmuştur. Araştırmaya göre havzadaki organik karbon (TOC) 0.18 ve 4.92 kg/m² arasındadır ve erozyonla gerçekleşen TOC kaybı toprak erozyonu risk sınıflarına paralellik göstermektedir (İmamoğlu ve Dengiz 2016).

Özcan, (2016) Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Çankırı-Ekinne Göleti Su Toplama Havzasında Toprak Kayıplarını tahmin etmek amacıyla YETKE'den faydalanmıştır. Ekinne Göleti'ne gelebilecek toprak sediment miktarı ortalama 15.6 t/ha/yıl, toplamda 18362.2 ton/yıl olarak bulunmuştur. Ormanlarda ortalama toprak kaybı 11.79 ton/ha/yıl ve meralarda 18.6 ton/ha/yıl olarak bulunmuştur. Hacmi 1.763.000 m³ olan ve kullanım süresi 50 yıl hesap edilen göletin bu sürenin sonunda rezervuarın yaklaşık olarak yarısının sediment ile dolacağı sonucuna varmıştır (Özcan, 2016).

Özdemir ve Dönmez (2016), Coğrafi bilgi sistemi tabanlı YETKE yöntemiyle Denizli İli sınırları içinde Işıklı Gölü Havzasının erozyon risk analizini yapmışlar, havzanın 47777 ha'ında (%60) çok hafif, 13129 ha'ında (%16) hafif, 8982 ha'ında (%11) orta, 4046 ha'ında (%6) şiddetli, 6188 ha'ında (%8) ise çok şiddetli erozyon potansiyeli olduğunu belirtmişlerdir (Özdemir ve Dönmez 2016).

Özşahin, (2016), Antalya İli sınırları içerisinde yer alan Alakır Çayı havzasının erozyon haritası oluşturulması için YETKE modeli kullanmıştır. Havzanın %61.9'unda erozyon göz ardı edilebilir düzeyde iken yıllık ortalama toprak kaybı, 5.26 ton/ha/ yıl olarak hesaplanmıştır (Özşahin , 2016).

Benchettouh et al (2017) Cezayir' in Batısında yer alan seyrek ve düzensiz yağış rejimine sahip ve bitki örtüsü az gelişmiş bu nedenle Sidi Mhamed Benaouda Barajına yüklü miktarda sediment taşıyan Wadi Mina Mikrohavzasında erozyon riskinin tespit edebilmek amacıyla YETKE yöntemine başvurmuşlardır. Mikrohavza genelinde tahmini potansiyel ortalama yıllık toprak kaybını 11,2 ton/ha/yıl olarak hesaplamışlar, Mikrohavzanın %50'sinde erozyon riskinin düşük, % 13.9'unda orta , %36.1'inde ise tehlikeli seviyede olduğu tespitinde bulunmuşlardır (Benchettouh et al, 2017).

Bera (2017), Hindistan, Muhuri Nehri Havzasının ETKİ Modeliyle GIS ve Uzaktan Algılama teknikleri kullanılarak erozyon potansiyeli haritası oluşturmuştur. Yıllık ortalama tahmini toprak kaybı en fazla 650 ton/ha iken, ormanlık bölümlerde yıllık 25 ton/ha'dan küçük, Muhuri Nehri boyunca da 70 ton/ha 'dan büyük olduğu sonucuna varılmıştır (Bera, 2017).

İmamoğlu vd. (2017), İç Anadolu Bölgesi, Orta Kızılırmak bölümünde yer alan Alaca Havzasında arazi kullanımının toprak kaybına etkisini araştırmak amacıyla 1987 yılında Tarım ve Köyişleri Bakanlığı tarafından üretilen arazi kullanımı raporu ile 2012 yılı Türkiye Corine Arazi kullanımı verilerini kıyaslamışlar ve elde edilen her iki senaryonun da YETKE yönteminde benzer sonuçlar verdiği ni belirtmişlerdir. (İmamoğlu vd., 2017)

Kalambukatu ve Kumar (2017), Orta Himalaya Havzasında YETKE ile erozyon riskini araştırmışlar, Toprak aşınırılığı faktörünün, havzada 0.033 ile 0.077 arasında değiştiğini, toprak erozyonu risk analizi sonucunda çok düşük, düşük, orta, orta, yüksek, yüksek ve çok yüksek erozyon riski sınıflarına giren alanların sırasıyla havzanın % 36,25, % 9,31, % 15,80, % 15,27, % 11,46 ve % 11,89'ına tekabül ettiğini ve ortalama yıllık toprak kaybının 65.84 ton /ha/ yıl olduğu hesaplamışlardır (Kalambukatu ve Kumar 2017).

Reis vd (2017) tarafından Kahramanmaraş'ın Halfalı Çayı Mikrohavzasında uzaktan algılama teknikleri ve YETKE yöntemi kullanılarak erozyon risk haritası oluşturulmuş, Elde ettikleri potansiyel erozyon risk haritasına göre, alanın% 60,35'i çok düşük erozyon riskine, %2,60, % ,08, %10,37 ve %20,60'ının sırasıyla düşük, orta, yüksek ve çok yüksek erozyona maruz kaldığı anlaşılmıştır (Reis vd 2017).

Özşahin vd., (2018), Büyük Akdeniz Havzası içinde bulunan, Bulgaristan, Türkiye ve Yunanistan topraklarının bir bölümünü kaplayan 53000 km²'lik Maritsa Havzasındaki arazi kullanımı değişikliklerinin ve bitki örtüsünün, erozyon yoğunluğu üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmaya göre tarım alanları, 1995 yılında 1,35 ton/ha/yıl ve 2015 yılında 1,23 ton/ha/yıl olan toprak kayıpları ile havza genelinde en çok erozyona uğrayan alanları teşkil etmektedir.(Özşahin vd. 2018,)

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Doğal Özellikleri

Şiro Çayı althavzası doğal özellikleri bölümünde ; althavzanın konumu, topografik özellikleri, jeolojik özellikleri, toprak özellikleri ve iklimi incelenmiştir.

4.1.1. Konumu

Malatya ilinin 72 km Güney doğusunda kalan Pütürge ilçe merkezine bağlı 4 mahallesini ve 25 taşra mahallesini, Battalgazi İlçesinin 2 taşra mahallesini, ve Adıyaman ili Sincik ilçesinin 2 taşra mahallesini kapsayan, Malatya Merkez ve Doğanyol İlçeleri ile Adıyaman Çelikhan, Sincik, Gerger ilçelerinin ortasında kalan, fiziki olarak Beydağı, Kartaltaşı tepesi, Kara tepesi, Meydan Dağı, Kertire Dağı, Kur Dağı, Ziyaret Tepesi ve Türk Dağının çevrelediği Şiro Çayı Alt Havzası adını, althavzanın güney batısından karakaya Barajına doğru akan Şiro çayından almaktadır. Althavza Malatya İline D300 ve Malatya Pütürge yolu üzerinden 30.7 km, Kahta Sincik yolu üzerinden Adıyaman İline 84,6 km'dir (Şekil 4.1).

Şiro Çayı althavzasının en Kuzeyi 38,289 enlem ve 38,757 boylamlardaki Ortaburun Tepesi, en güneyi 38,093 enlem ve 38,674 boylamlardaki Göngil Tepesi, en batısı 38,247 enlem ve 38,376 boylamlardaki Malatya Dağları yamaçları, en doğusu ise 38,186 enlem ve 38,955 boylamlarındaki Meydan Dağı yamaçlarıdır.

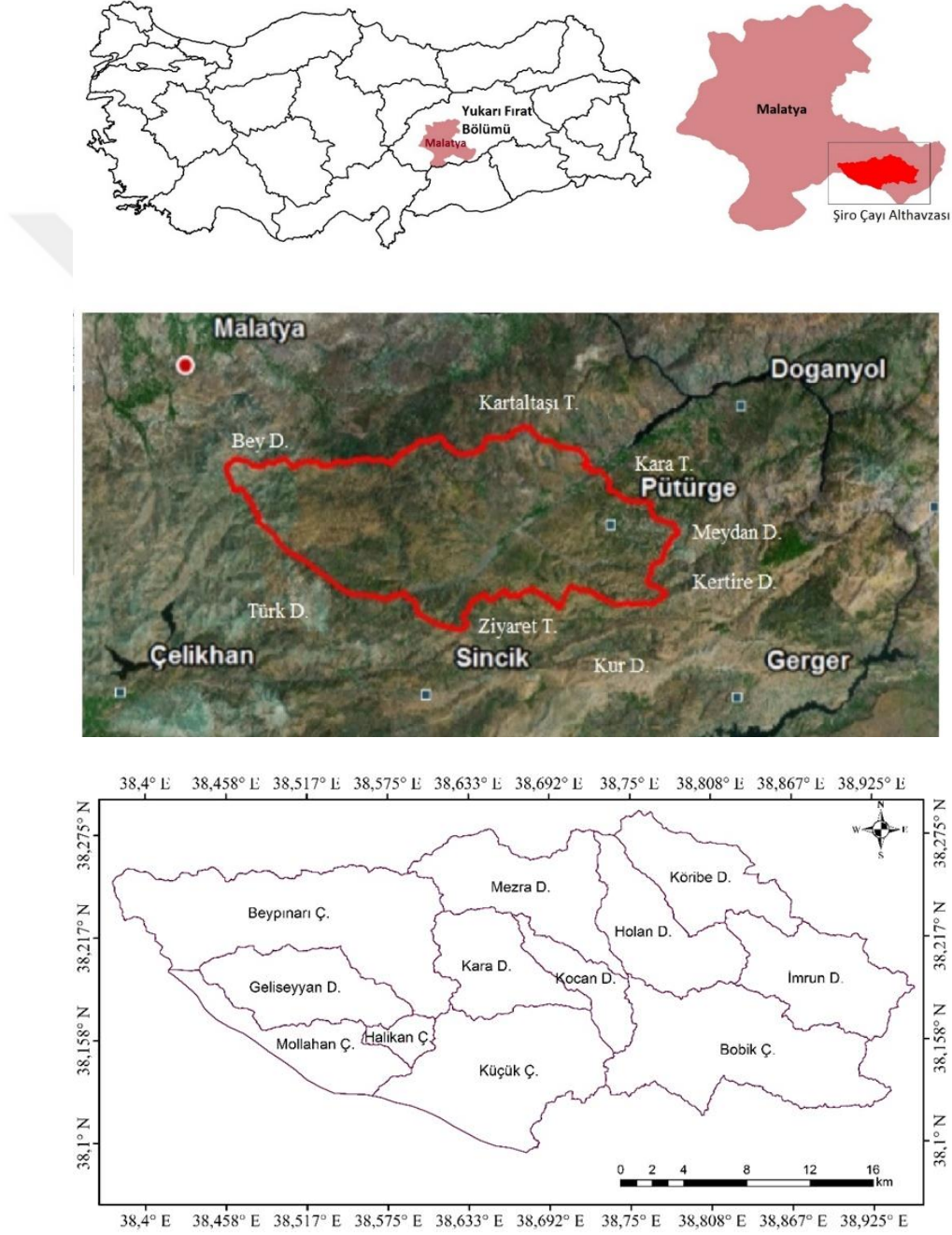
Güney sınırları; Malatya Dağları, Merhit Tepesi, Balık Tepesi, Göbelek Tepesi, Aygüs Tepesi, Havsyeri Tepesi, Kisyolu Tepesi, Çat Tepesi, Efis Tepesi, Kavaklıdere Mahallesi, Deliv Tepesi, Kırmızıziyaret Tepesi, Sorik Tepesi, Kör tepesi, Hijil Tepesi, Körnan Tepesi, Goncuk Tepesi, Hallim Tepesi, Harlavin Tepesi, Pirkaniyan Sırtı, Ortaburun Tepesi, Körtisoki Tepesi, Aktarla Mahallesi, Bej Tepesi, Örmeli Mahallesi, Sivinek Tepesi, Yazı Bağları, Günçik Tepesinde son bulmaktadır.

Doğu sınırlarını; Hazarbaba Ziyareti, Küçükçayır, Karataş Tepesi, Husgazıkın Tepesi, Tirbisizin Pınarı, Kanısark Pınarı oluşturmaktadır.

Kuzeyi: Kaldır Tepesi, Aslan Tepesi, Civan Tepesi, Kortikirkor Tepesi, Katırcı Sırtı, Meydan Sırtı, Gül Pınarı, Dore Tepesi, Deveboynu Tepesi, Som Tepesi, Tagar Pınarı, Beyaztaş Tepesi, Daviçiran Sırtı, Vereseve Tepesi, Cemal Tepesi, Sosik

Tepesi, Hodoni Tepesi, Küredede Sırtı, Göngül Tepesi, Niççik Tepesi, Ahmet Sırtı, Kozluk Mahallesi, Taaran tepesi, Ümüç Sırtı, Bağ Sırtı, Talbisak Tepesi, Tom Tepesi, Rut Tepesi, Origeleman Sırtı, Geçitli Köyünde son bulmaktadır.

Batısı sınırı: Aksu köyü, Res Tepesi etekleri, Billi Sırtı, Kartal Tepesi, Arabıpir Tepesi, Hazkenderdüzü Tepesi, Uzunpınar Sırtında nihayete ermektedir (Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4).



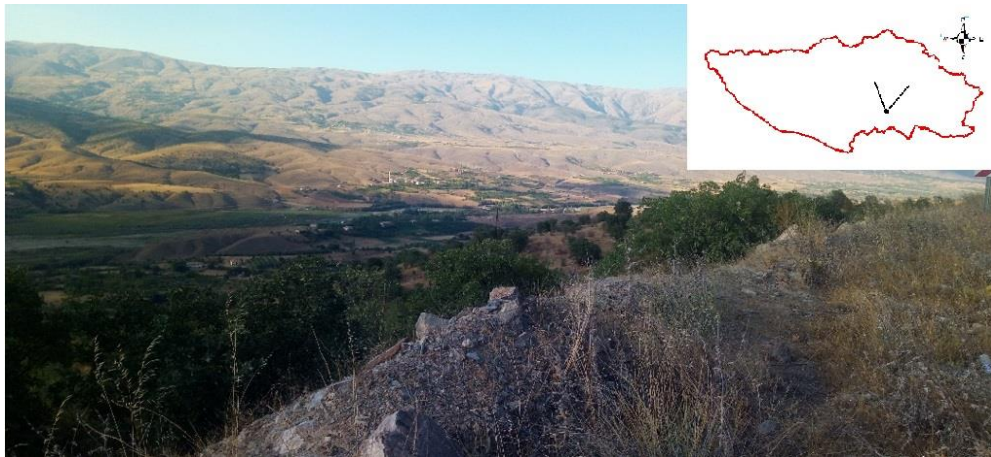
Şekil 4. 1.Şiro çayı althavzası konumu (HGK, 2019)



Şekil 4. 2.Poskiran Mahallesi'nden Şiro çayı althavzası Güneydoğu yamaçları görünümü



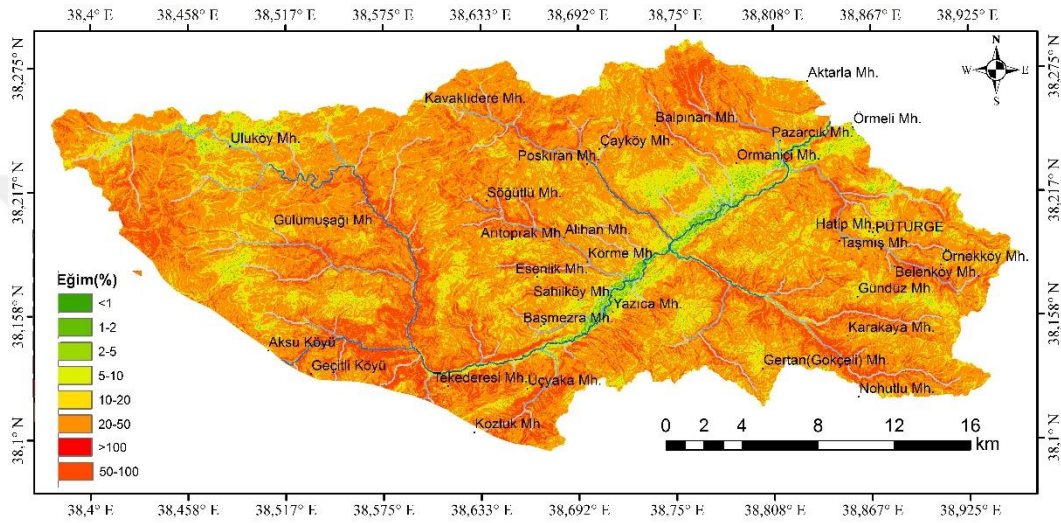
Şekil 4. 3.Yazıcı Mahallesi, Tepehan Yolu üzerinden Şiro çayı althavzasının Kuzeybatısı görünümü



Şekil 4. 4.Yazıcı Mahallesi, Tepehan Yolu üzerinden Şiro çayı althavzasının Kuzeydoğusu görünümü

4.1.2. Topografik Özellikleri

Althavzada Çok eğimli (%20-50) morfolojik sınıfa giren 38482 ha alan tek başına havzanın %59'unu, Çok ve aşırı eğimli (>%50) yüzeyler 48065 ha ile %73.4'ünü, orta eğimli ve düz yüzeyler (<%20) 17423 ha ile althavzanın sadece %26.6 sini oluşturmaktadır. Türkiye arazi varlığının %46'sı çok dik ve sarp alanlar (>%40) teşkil ediyorken Şiro çayı althavzasının %66'sı (43214 ha) çok dik ve sarp alanlardan oluşmaktadır (Şekil 4.5).



Şekil 4. 5. Şiro çayı althavzası eğim grupları (%)

Ortalama yüksekliği 1470 metre olan Şiro Çayı althavzasının en yüksek noktası, Geliseyyan Deresi, Beypınarı ve Mollahan Çayları Mikrohavzalarının kesişme noktasındaki olan 2544 metre yükseklikteki Aguder Tepesi zirvesi iken en alçak noktası, şiro çayının Karakaya Barajına karıştığı Köribe Deresi Mikrohavzasının Batısındaki 731 metre yüksekliğinde Bej Tepesi etekleridir ve Şiro Çayı Althavzası yükselti ortalaması Türkiye ortalamasından 338 m yüksektir.

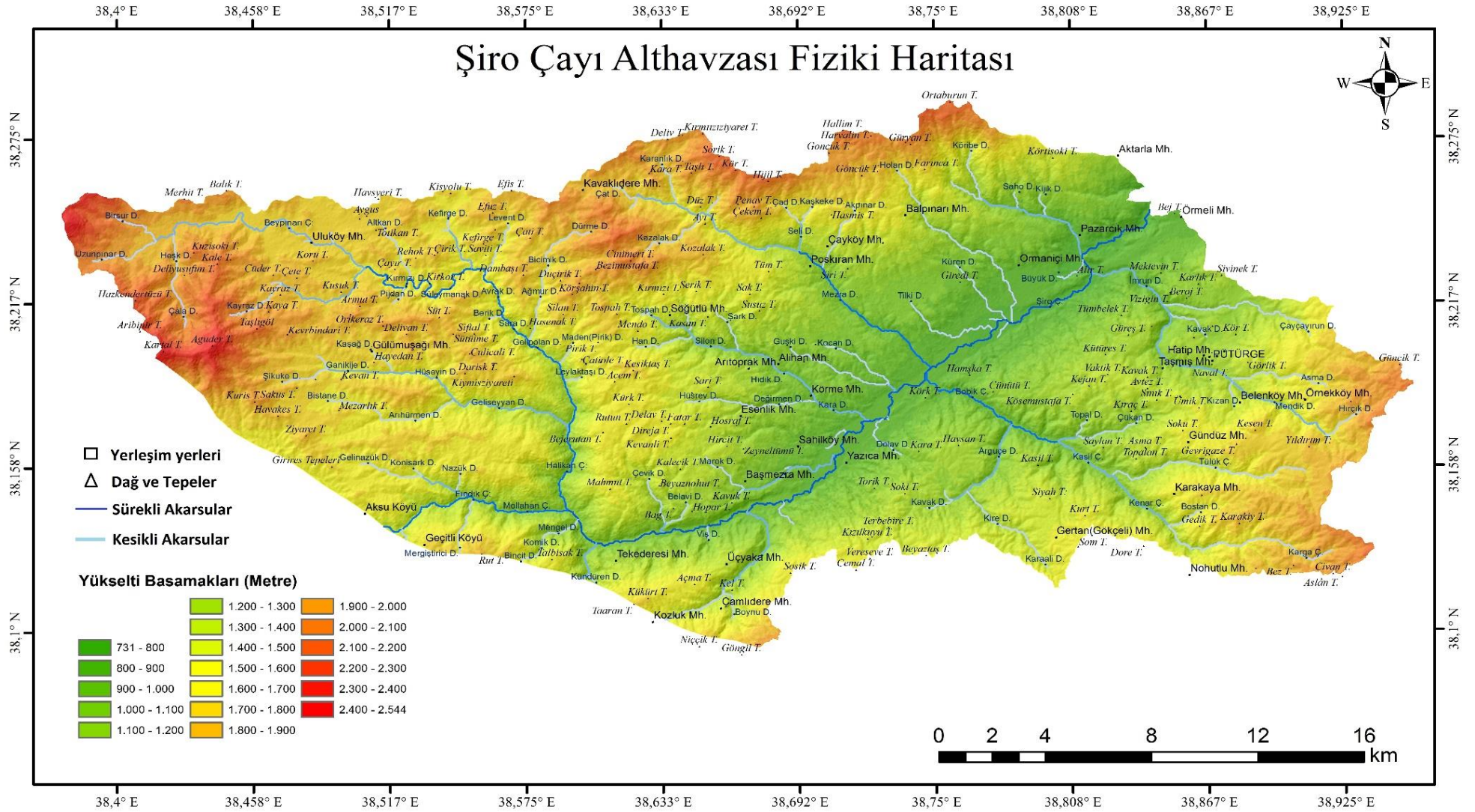
Şiro çayı alt havzası; Şiro çayının kolları olan Batısından Doğusuna Beypınarı, Fındık, Mollahan, Halikan, Küçük, Bobik Çayları ve Bobik Çayının kolları olan Kasıl, Kenar ve Tülük çayları başta olmak üzere toplamda 94 adet mevsimlik ve sürekli akış halinde bulunan çay ve derelerden müteşekkil drenaj ağına sahiptir.

Althavzanın eğim sınıflarının mikrohavza bazında dağılımı Tablo 4.1, yükselti basamakları, coğrafi ad ve yerleşim yerlerinin yer aldığı fiziki haritası Şekil 4.6’da gösterilmektedir.



Tablo 4. 1. Şiro çayı althavzası eğim grupları

Althavza Adı	Althavza Eğim Gruplarının Dağılımı (ha)								
	<%1	%1-2	%2-5	%5-10	%10-20	%20-50	%50-100	>%100	Toplam(ha)
Küçük Ç.	43	59	235	523	1310	4446	1796	25	8437
Bobik Ç.	14	30	122	485	1645	5566	1546	11	9419
Koçan D.	23	28	114	233	583	1094	99	0	2174
Kara D.	3	9	33	149	648	2617	619	4	4082
Geliseyyan D.	5	12	52	249	855	2889	631	1	4694
Halikan Ç.	0	2	6	29	93	403	347	5	885
Mollahan Ç.	2	7	32	137	495	2161	870	6	3710
Beypınarı Ç.	19	46	197	737	2010	7171	1396	10	11586
Köribe D.	25	38	153	379	746	2440	642	3	4426
Holan D.	60	71	284	579	1112	2497	237	0	4840
İmrün D.	9	20	80	330	1036	3220	664	4	5363
Mezra D.	4	11	47	227	938	3978	666	1	5872
Toplam	207	333	1355	4057	11471	38482	9513	70	65477
Eğim Grubu (%-Yüzde)			Eğim Grubu (Derece)			Morfografik Tanımlama			
<1			<0,57			Düz Yüzeyler			
1-2			0,57-1,15			Hafif Eğimli Düz Yüzeyler			
2-5			1,15-2,86			Hafif eğimli yüzeyler			
5-10			2,86-5,71			Eğimli yüzeyler			
10-20			5,71-11,31			Orta eğimli yüzeyler			
20-50			11,31-26,57			Çok eğimli yüzeyler			
50-100			26,57-45,00			Çok çok eğimli yüzeyler			
100>			>45			Dike yakın eğimli yüzeyler			



Şekil 4. 6. Şiro çayı althavzası fiziki haritası

4.1.3. Arazi Kullanımı

Şiro Çayı Althavzasının %40'ını (26182 ha) kaplayan alanı doğal çalılıklar, %22'si (14409 ha) seyrek ağaçlar ve çalıların içiçe olduğu geçiş bölgeleri, %18 i (12188 ha) ise seyrek bitkilerle kaplı alanlar oluşmaktadır.

Şiro çayının da geçtiği zaman zaman taşkına maruz kalan ve althavzanın rüsubatının birikme mecrası olan kumullar 1382 ha ile havzanın %2'sini kaplamaktadır.

Althavzanın Meralarının hemen hemen tamamını oluşturan 75 ha'lık mera alanı Holan Deresi Mikrohavzası sınırları içinde yer almaktadır.

Althavzada 26 ha köy ve mahalle gibi kesikli yerleşim sahaları bulunmasına rağmen iskan alanı yoğunluğu Pütürge İlçe merkezini kapsayan İmrün Deresi Mikro havzasındadır (Tablo 4.2 ve Şekil 4.7).

Tarla tarımı, bağ, meyvelik, nadasa bırakılan alanlar ve karışık tarım alanları 8400 ha ile althavzanın %12'sini teşkil etmektedir.

Tarım alanlarının %46'sında tarla tarımı, %41'inde meyvecilik, %3'ünde bağcılık, %8'inde nadas uygulamaları ve %2'sinde sebzecilik yapılmaktadır.

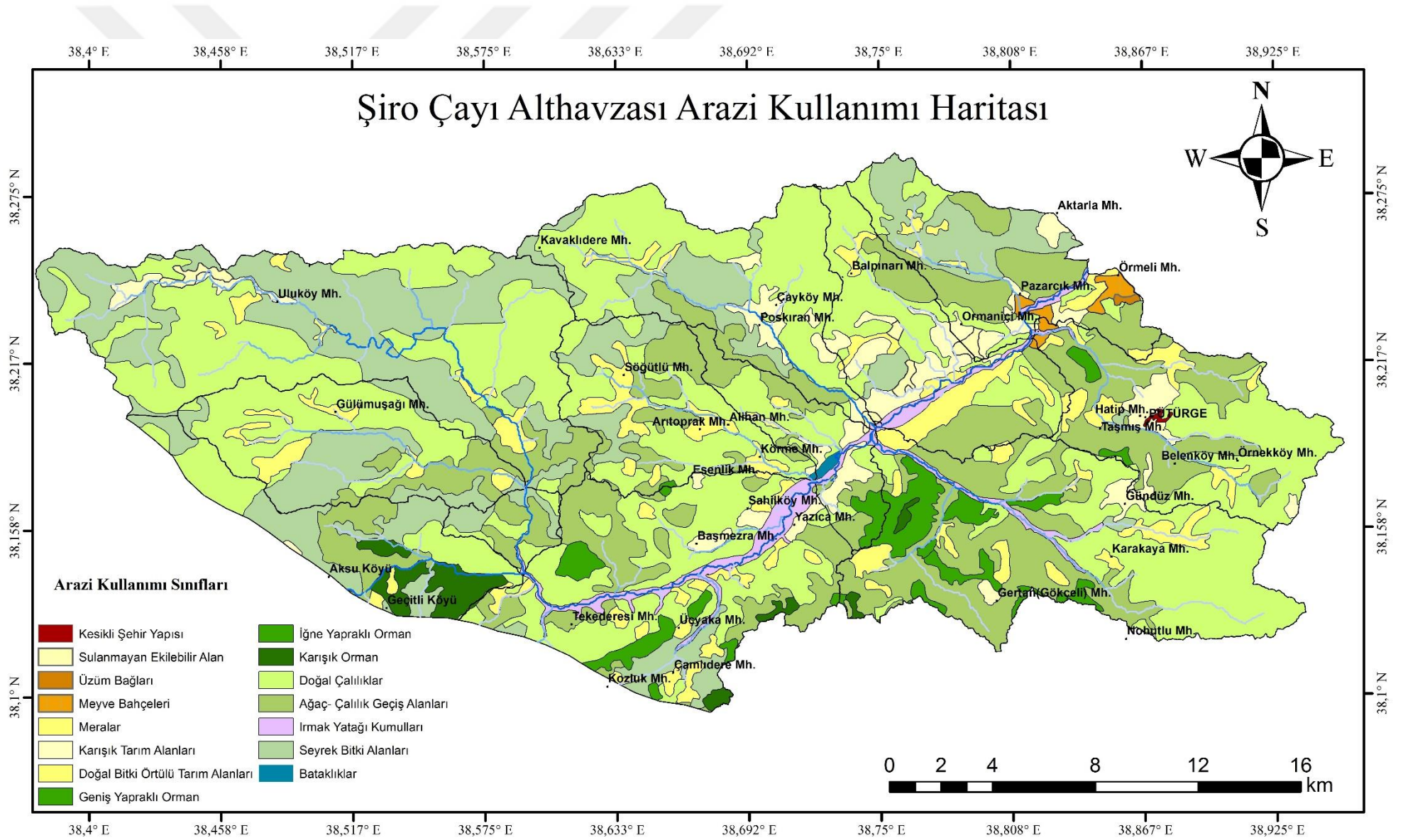
Tarımsal yapı, ürünler bazında değerlendirildiğinde tarla ürünleri içerisinde ekili alanların %54'ünün buğday olduğu görülmektedir. Tarımda yem bitkileri ekiliş alanlarını artırmak hayvancılık için ucuz kaba yem teminini sağladığından yonca, fiğ, korunga, silajlık mısır, mürdümük gibi yem bitkileri de ekilmektedir. Bu sebepten buğday ekimini sırasıyla yonca %27 ve arpa %8 ile takip etmektedir ve tarla alanı içerisinde yem bitkileri ekiliş miktarı %35'dir.

Meyve ürünleri bakımından kayısı üretimi ilk sırayı almakta bunu ceviz ve elma takip etmektedir. Sebze yetiştiriciliği daha çok üretici ailelerin kendi ihtiyaçlarını karşılamaya yöneliktir. Ticari amaçlı sebzecilik çok sınırlı düzeyde yapılmaktadır.

Tablo 4. 2.Şiro çayı althavzası arazi kullanımı (TO, 2019)

MikroHavza Numarası ve Adı		Corine2012 Arazi Kullanımı Sınıfları															
		112	211	221	222	231	242	243	311	312	313	321	324	331	333	411	Toplam
1	Küçük Ç.						269	681	194	352	129	3510	1950	722	630		8437
2	Bobik Ç.		2				192	826	933	158	83	3660	3273	241	48		9416
3	Koçan D.		6				301	66	168			788	719	81		45	2174
4	Kara D.						14	656		13		1705	990	2	695	6	4081
5	Geliseyyan D.							465				2115	666		1448		4694
6	Halikan Ç.											244	369	17	256		886
7	Mollahan Ç.						15	67			688	1029	700	1	1211		3711
8	Beypınarı Ç.		113				231	376				5301	527		5041		11589
9	Köribe D.		52	29	185		379	267				588	1474	85	1366		4425
10	Holan D.		128		8	75	678	709				1718	1118	204	199		4837
11	İmrün D.	26			45		409	516	127			2075	2114	24	25		5361
12	Mezra D.		17				468	155				3449	509	5	1269		5872
	Toplam	26	318	29	238	75	2956	4784	1422	523	900	26182	14409	1382	12188	51	65477

Corine Arazi Örtüsü Sınıfları							
112	Kesikli Şehir Yapısı	211	Sulanmayan Ekilebilen A.	221	Üzüm Bağları	222	Meyve Bahçeleri
231	Meralar	242	Karışık Tarım Alanları	243	Doğal Bitki Örtülü Tarım A.	311	Geniş Yapraklı Orman
312	İğne Yapraklı Orman	313	Karışık Orman	321	Doğal Çayırliklar	324	Ağaç-Çalılık Geçiş Alanları
331	İrmak Yatağı Kumulları	333	Seyrek Bitki Alanları	411	Bataklıklar		



Şekil 4. 7. Şiro çayı althavzası arazi kullanımı haritası (TOB, 2019)

4.1.4. Jeolojik Formasyon

Althavza Jeolojik olarak Magmatik, sedimentel ve metamorfik kayaların hepsini içeriyorken, bunlar sırasıyla havzada 2929 ha, 27867 ha, 34687 ha alana sahiptir ve althavzanın % 4,5 , % 42,5, %53'ünü kaplamaktadır.

Metamorfik kayalardan mermer havzanın en doğu ve en batı ucuna dağılmış halde iken, magmatik formasyondaki Granitoidin büyük bölümü Geliseyyan Deresi Mikrohavzası sınırları içinde kalmaktadır. Volkanik kayaların etrafında althavzanın orta batısında sedimenter volkanitler bulunmaktadır.

Althavza jeoloji formasyonu içinde en büyük alan 20041 ha ile metamorfik Gnays ve sistler, ardından 13442 ha ile sedimenter volkanitler, ardından ise 10925 ha ile sedimenter kırıntılılar ve karbonatlara aittir(Tablo 4.3 ve Şekil 4.8).

Tablo 4. 3. Şiro çayı althavzası jeoloji formasyonu.(MTA, 2019)

Mikrohavza Adı	Jeolojik formasyon	Ana Kayalar			
		Magmatik	Sedimenter	Metamorfik	Toplam
Küçük Ç.	gs, e2-3, e1-2, a, g, Q		1419	7018	8437
Bobik Ç.	gs, g, s, Q		1	9414	9415
Koçan D.	gs, e2-3, e1-2, a, s, Q		936	1237	2173
Kara D.	gs, e2-3, e1-2, Q		2948	1133	4081
Geliseyyan D.	gs,e2-3, g7, e1-2, s	2536	1748	411	4695
Halikan Ç.	gs, e2-3, e1-2		303	583	886
Mollahan Ç.	gs, e2-3, g7, e1-2, s	24	2706	980	3710
Beypınarı Ç.	gs, e2-3, g7, e1-2, s, mr, k2s	369	7513	3710	11592
Körbe D.	gs, pl, e2-3, Q		1663	2761	4424
Holan D.	gs,pl,e2-3, g,s, Q		2737	2100	4837
İmrün D.	gs, g, mr, Q		24	5336	5360
Mezra D.	e2-3, e1-2, s, Q		5869	4	5873
Toplam		2929	27867	34687	65477
Jeolojik Formasyon Kısaltmaları					
gs; gnays, sist	e2-3; Neritik Kireçtaşı veya Kırıntılılar ve Karbonatlar	g; Gnays			
a; Amfibolit	g7; Granitoidler	mr; Mermer			
pl;Karasal Kırıntılıla.	Q(a); Ayrılmamış Kuvaterner	s; Sistler			
k2s(a); Neritik Kireçtaşı	e1-2; Volkanitler ve Sedimenter Kayalar				

4.1.5. Büyük Toprak Grupları

Althavzanın yaklaşık %3'ünü şiro çayı taşkın yatağı oluştururken en az bulunan toprak grupları kolüvyal, kahverengi ve alüvyal ve kırmızımsı kahverengi topraklardır, bunlar sırasıyla althavzanın %1,5, %0,2, %0,1, %7,4 'ini kaplamaktadır.

Üstte koyu renkli bir kat, altında daha açık renkli bir horizon barındıran, kireçsiz, reaksiyonu asit veya nötr olan ve doğal verimlilikleri pek fazla olmayan kireçsiz kahverengi orman toprakları 34899 ha ile althavzanın %54'ünü oluşturmaktadır.

Üst toprak yumuşak veya biraz sıkı, alt toprak daha ağır bünyeli ve sert kireç yıkanmasına rağmen reaksiyon nötr veya alkali, doğal drenajı iyi, doğal bitki örtüsü çalı ve otlar ile karışık orman ya da fundalık olan kireçsiz kahverengi topraklar 22711 ha (%35) yer tutmaktadır (Tablo 4.4 ve Şekil 4.9).

Tablo 4. 4. Şiro çayı althavzası BTG dağılımı (OGM, 2019)

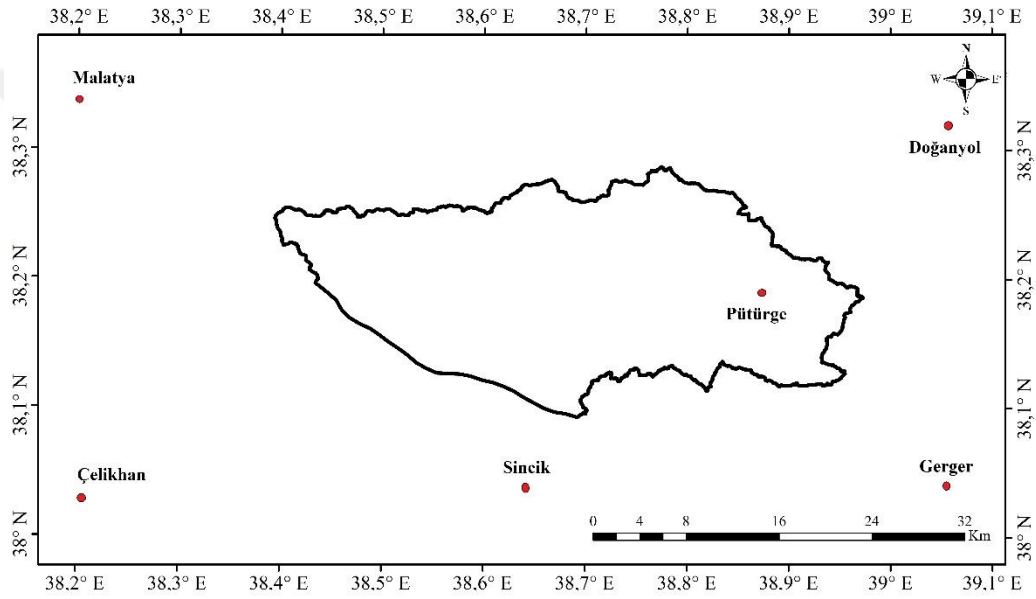
Mikrohavza Adı.	Büyük Toprak Grupları(ha)						
	IY	F	N	U	K	B	A
Küçük Ç.	735	844	6795				
Bobik Ç.	71		7221	2056			
Koçan D.	146		1335	676			
Kara D.	15		2422	1613			
Geliseyyan D.		870	1303	2484			
Halikan Ç.			879				
Mollahan Ç.		570	2480	633			
Beypınarı Ç.		2532	1193	6981	659	133	
Köribe D.	165		3693	534			
Holan D.	345		3124	1070	204		61
İmrün D.	6		4190	1126			
Mezra D.	16		264	5538	10		
Toplam	1499	4816	34899	22711	873	133	61
Büyük Toprak Grupları Kısaltmaları							
IY	Irmak Yatağı						
F	Kırmızımsı Kahverengi Topraklar						
N	Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları						
U	Kireçsiz Kahverengi Topraklar						
K	Kolüvyal Topraklar						
B	Kahverengi Topraklar						
A	Alüvyal Topraklar						



Şekil 4. 9. Şiro çayı althavzası BTG haritası (OGM, 2019)

4.1.6. İklimi

Şiro Çayı Alt Havzası iklim verilerinin oluşturulabilmesi amacıyla alt havzanın Kuzey Doğusundaki Malatya iline bağlı Doğanyol, Kuzey Batısındaki Malatya Merkez, alt havza içindeki Pütürge Meteoroloji İstasyonları ile Adıyaman İline bağlı, alt havzanın Güney Doğusundaki Gerger, Güneyindeki Sincik, Güneybatısındaki Çelikhan Meteoroloji İstasyonları seçilmiştir. Meteoroloji 13. Bölge Müdürlüğünden Alt havzayı çevreleyen bu 6 meteoroloji istasyonunun verileri temin edilmiştir. Meteoroloji istasyonlarının konumları Şekil 4.10’ da, istasyon numaraları konumları ve rakımları da Tablo 4.5’ de verilmektedir.



Şekil 4. 10.Meteoroloji istasyonları konumları (MGM, 2019)

Tablo 4. 5. Meteoroloji istasyonları numaraları ve koordinatları (MGM, 2019)

İstasyon No	İstasyon Adı	Kuzey Enlemi	Doğu Boylamı	Rakım (m)
18.180	ÇELİKHAN	38,0294	38,2272	1380
18.346	SİNCİK	38,0322	38,6272	1368
18.186	PÜTÜRGE	38,1958	38,8742	1265
18.182	GERGER	38,0328	39,0408	821
18.352	DOĞANYOL	38,3106	39,0302	922
17.199	MALATYA	38,3367	38,2173	950

İstasyonlara ait veriler sırasıyla Tablo 4.6, Tablo 4.7, Tablo 4.8 ve Tablo 4.9 ‘da verilmektedir. Şiro Çayı Alt Havzası iklim verileri; 6 Meteoroloji İstasyonunun verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Tablo 4.10’da Şiro Çayı Alt Havzası iklim verileri gösterilmektedir.



Tablo 4. 6.Meteoroloji istasyonlarına ait aylık ortalama nispi nem (%) (MGM,2019)

İstasyon No	İstasyon Adı	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	YILLIK
18.180	ÇELİKHAN	74.9	73.5	63.3	54.9	56.3	41.2	30.7	30.5	39.0	53.0	60.8	70.3	54.0
18.346	SİNCİK	71.2	68.2	62.2	52.0	46.3	35.6	25.8	25.1	33.0	46.3	49.4	63.4	48.2
18.186	PÜTÜRGE	78.4	73.9	60.3	53.5	52.0	36.8	29.2	27.3	35.6	51.7	60.0	73.1	52.7
18.182	GERGER	77.2	74.5	61.8	54.5	45.3	31.0	23.3	22.8	29.0	44.2	57.4	68.4	49.1
18.352	DOĞANYOL	73.2	65.2	57.7	51.1	48.8	35.3	25.6	24.1	31.3	49.9	55.8	67.9	48.8
17.199	MALATYA	72.2	67.7	58.2	53.8	49.9	38.2	31.4	31.8	37.3	52.8	65.2	73.3	52.7

Tablo 4. 7.Meteoroloji istasyonlarına ait aylık ortalama sıcaklık (oC) (MGM 2019)

İstasyon No	İstasyon Adı	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	YILLIK
18.180	ÇELİKHAN	-0.2	3.1	6.1	11.3	15.6	20.6	25.0	25.9	20.3	13.7	7.4	1.4	12.5
18.346	SİNCİK	1.1	4.2	6.9	11.9	16.6	21.9	26.8	27.9	22.2	15.4	8.8	2.4	13.8
18.186	PÜTÜRGE	0.5	4.2	7.5	12.6	16.8	22.1	26.3	27.1	21.4	15.1	8.2	1.8	13.6
18.182	GERGER	4.1	7.4	10.6	15.7	20.8	26.7	31.5	31.8	26.0	19.1	11.8	5.4	17.6
18.352	DOĞANYOL	2.2	6.2	9.5	14.4	18.8	24.5	29.3	30.2	24.2	16.6	9.5	3.4	15.7
17.199	MALATYA	0.5	2.1	7.4	13.1	18.0	23.5	27.6	27.6	22.6	16.0	7.9	2.4	14.1

Tablo 4. 8.Meteoroloji istasyonlarına ait aylık ortalama yağış (mm)(MGM, 2019)

İstasyon No	İstasyon Adı	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	YILLIK
18.180	ÇELİKHAN	163.33	96.38	93.93	42.38	73.70	14.23	0.78	4.55	25.53	53.58	51.42	52.34	672,15
18.346	SİNCİK	171.50	113.03	117.67	53.90	33.43	8.87	0.23	2.38	32.05	50.15	44.75	66.88	694,84
18.186	PÜTÜRGE	94.70	82.43	69.48	45.00	56.93	13.48	0.55	1.00	20.50	41.14	36.64	50.66	512,51
18.182	GERGER	145.03	111.55	89.63	46.88	44.75	15.10	0.58	4.10	16.93	47.14	68.40	109.63	699,72
18.352	DOĞANYOL	79.70	83.77	84.50	30.77	20.33	14.63	4.23	0.48	7.23	44.45	27.08	38.10	435,27
17.199	MALATYA	39.8	41.4	40.8	48.3	43.2	13.5	4.1	2.8	11.4	35.3	40.3	37.8	358,70

Tablo 4. 9.Meteoroloji istasyonlarına ait 0'ın altında gün sayısı(MGM,2019)

İstasyon No	İstasyon Adı	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	YILLIK
18.180	ÇELİKHAN	14.40	12.00	5.00	0.60							5.20	16.40	53.60
18.346	SİNCİK	12.75	8.00	2.50								0.75	13.25	37.25
18.186	PÜTÜRGE	15.80	7.60	3.80	0.20							1.60	15.20	44.20
18.182	GERGER	4.40	2.20	0.40									5.80	12.80
18.352	DOĞANYOL	11.25	4.75	1.00								2.25	14.00	33.25
17.199	MALATYA	21.29	16.18	6.59	0.40						0.03	4.40	15.66	64.55

Tablo 4. 10.Şiro çayı althavzası meteoroloji verileri

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
Ortalama Nispi nem (%)	74,52	70,50	60,58	53,30	49,77	36,35	27,67	26,93	34,20	49,65	58,10	69,40	50,91
Ortalama Sıcaklık (°C)	1,37	4,53	8,00	13,17	17,77	23,22	27,75	28,42	22,78	15,98	8,93	2,80	14,56
Ortalama Toplam Yağış(mm)	115,68	88,09	82,67	44,54	45,39	13,3	1,75	2,55	18,94	45,29	44,77	59,24	562,20
0 °C'nin Altında gün sayısı	13,32	8,46	3,22	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	2,37	13,39	40,49

Althavza iklim olarak Doğu Anadolu iklim bölgesi içerisinde kalmakta, yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlı geçmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık, yaklaşık 14,56 °C olup, yıllık en düşük ve en yüksek sıcaklıklar sırasıyla (-15 °C) ve (40 °C) derecedir. Yıl içinde en düşük ortalama Sıcaklık 1,37 °C ile Ocak ayında, ortalama en yüksek sıcaklık ise Haziran, Temmuz, Ağustos aylarında sırasıyla 23.22, 27.75 ve 28.42 °C olarak gözlemlenmiştir.

Şiro Çayı Alt Havzasında yıllık ortalama yağış miktarı 562,20 mm ile 2018 yılı Doğu Anadolu ortalamasından 77mm daha azdır. En yüksek ortalama yağış Ocak ayında ve ortalama 115,68 mm iken, yaz ayları Haziran, Temmuz, Ağustos aylarında sırasıyla 13,3mm, 1,75mm, ve 2,55 mm ortalama ile en düşük yağış miktarları kaydedilmiştir.

Yıllık ortalama nispi nemin % 50,91 olduğu Şiro Çayı Alt Havzasında En düşük ortalama nispi nem, yağışın en düşük, sıcaklığın en yüksek olduğu Temmuz ve Ağustos aylarında ve sırasıyla %27,67, %26,93'tür. Alt Havzasında en yüksek ortalama Nispi nem, yağışın en yüksek, sıcaklığın ise en düşük olduğu Ocak ayı başta olmak üzere, Aralık, Ocak Şubat aylarındadır ve bu aylarda alt havzada ortalama nispi nem sırasıyla %69.40, %74.52 ve % 70,50'dir.

0 °C altında gün sayısı toplamda 40,49 gündür. Aralık ve Ocak aylarında 13 gün ortalamayla sıcaklığın eksi ölçüldüğü gün sayısı en fazladır.

4.1.7. Thornthwaite Yöntemine Göre Su bilançosu

Şiro çayı althavzasında iklim tipinin belirlenebilmesi için sınırsız su kaynağı ile bitkilerin su kullanımını öngörerek Potansiyel Evapotranspirasyon (ETP) kavramına dayanan Thornthwaite yöntemi kullanılmıştır. Potansiyel evapotranspirasyon, sıcaklık arttıkça artan, nem arttıkça azalan teorik bir değerdir. Buna karşılık, gerçek evapotranspirasyon bitkiler tarafından kullanılan gerçek su tüketimini yansıtmaktadır. Şiro çayı althavzasında aylık ortalama ETP, althavzanın sıcaklık verileri Eşitlik 4.1' de yerine yazılarak hesaplanmıştır.

$$ETP = 16 * \left(\frac{10*t}{I} \right)^a * G \quad (4.1)$$

$$a = 6.7510 \times 10^{-7} * I^3 - 7.7110 * 10^{-5} * I^2 + 1.791210 * 10^{-2} * I + 0.49239 \quad (4.2)$$

$$I = \sum_1^{12} i \quad (4.3)$$

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514} \quad (4.4)$$

t : Aylık ortalama sıcaklık (°C)

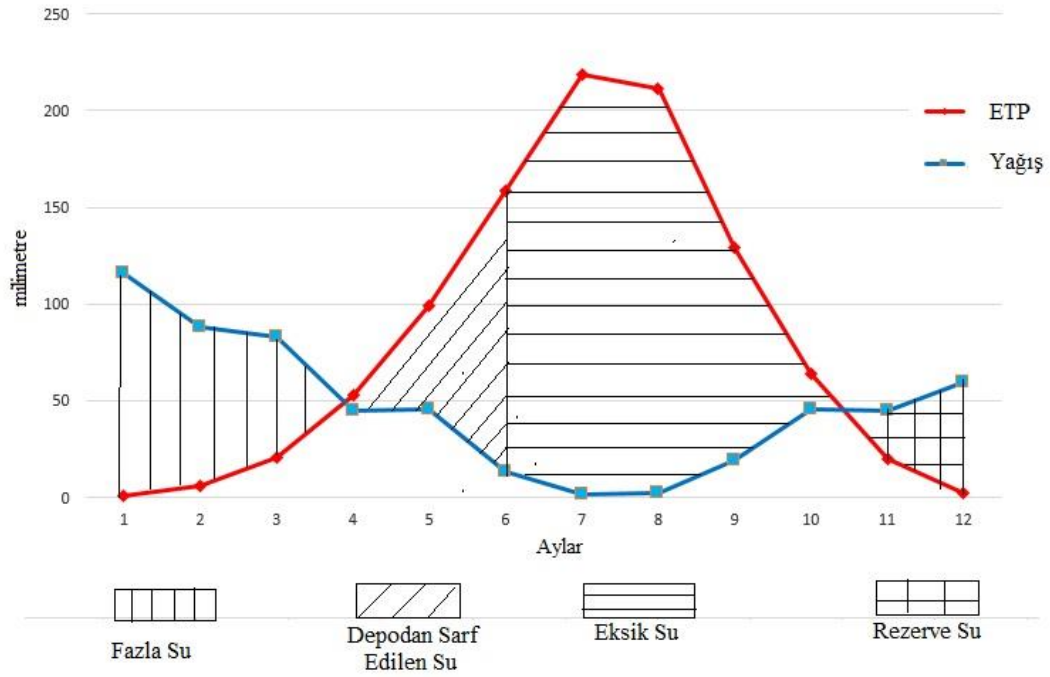
I : Yıllık sıcaklık indeksi

G : 38 Kuzey Enlemi (Şiro althavzası konumu) için enlem düzeltme katsayıları (MGM, 2016)

Thorntwaite yöntemine göre Şiro çayı althavzası su bilançosu oluşturulması için Ocak ayı rezerve su 100 mm olarak kabul edilmiş, yağış ve rezerve sudan evapotranspirasyon değerleri çıkartılarak su fazlası ve su noksanı hesaplanmıştır. Su bilançosu değerleri Tablo 4.11’de grafiksel açıklaması ise Şekil 4.11’de gösterilmektedir.

Tablo 4. 11.Şiro çayı althavzası su bilançosu

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
Ortalama Sıcaklık(°C)	1,4	4,5	8	13,2	17,8	23,2	27,8	28,3	22,8	16	8,9	2,8	14,6
Sıcaklık İndeksi	0,1	0,9	2	4,3	6,8	10,2	13,4	13,8	9,9	5,8	2,4	0,4	70,2
Enlem Düzeltmesi	0,85	0,84	1,03	1,1	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,83	
Potansiyel Evapotranspirasyon(Etp)	0,8	6,2	20,7	52,8	99,2	158,6	219	211,5	129,1	64,3	20,3	2,7	985,2
Gerçek Etp (mm)	0,8	6,2	20,7	52,8	99,2	107,37	1,75	2,55	18,94	45,29	20,3	2,7	378,6
Yağış (mm)	115,68	88,09	82,67	44,54	45,39	13,3	1,75	2,55	18,94	45,29	44,77	59,24	562,21
Zemin rezerv (mm)	100	100	100	91,74	37,93	0	0	0	0	0	24,47	81,01	
Depo değişikliği (mm)	0	0	0	-8,26	-53,81	-37,93	0	0	0	0	24,47	56,54	
Su fazlası (s) (mm)	114,88	81,89	61,97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	258,74
Su noksanı (d) (mm)	0	0	0	0	0	51,23	217,25	208,95	110,16	19,01	0	0	606,6
Yüzeysel akış (mm)	57,44	69,67	65,82	32,91	0	0	0	0	0	0	0	0	157
Nemlilik	143,6	13,2	3	-0,2	-0,5	-0,9	-1	-1	-0,9	-0,3	1,2	20,9	-0,43



Şekil 4. 11.Şiro çayı althavzası su bilançosu grafiği

4.1.8. Thornthwaite Yöntemi İklim Sınıflandırması

$$\text{Yağış etkinlik indeksi} = \frac{100s - 60d}{ETP} \quad (4.5)$$

S, su fazlası

d, su eksiği

Eşitlik 4.5'e göre Şiro çayı althavzası yağış etkinlik indeksi= -10,68

C1 = Yarı kurak, Az Nemli iklim özelliği göstermektedir (Tablo 4.12).

Tablo 4. 12.Thorntwaite yağış etkinlik indeksi (MGM, 2016)

I_m	harf	İklim özelliği
>100	A	Çok Nemli
100-80	B4	Nemli
80-60	B3	Nemli
90-40	B2	Nemli
40-20	B1	Nemli
20-0	C2	Yarı Nemli
0-(-20)	C1	Yarı Kurak- Az Nemli
(-20)-(-40)	D	Yarı Kurak
(-40)-(-60)	E	Tam kurk- Çöl

Sıcaklık Etkinlik İndeksi iklim özelliği, Potansiyel Evapotranspirasyona göre belirlenmektedir. Althavza için ETP 985 mm'dir. Althavza Thornwhaite sıcaklık etkinlik indeksine göre

B'3= 3. Derece mezotermal bölgededir (Tablo 4.13).

Tablo 4. 13. Thornwaite sıcaklık etkinlik indeksi (MGM 2016)

Yıllık Etp (mm)	Harf	İklim Özelliği
1141 ve fazlası	A'	Megatermal
998 – 1140	B'4	4.Derece Mezotermal
856 – 997	B'3	3.Derece Mezotermal
713 – 855	B'2	2.Derece Mezotermal
571 – 712	B'1	1.Derece Mezotermal
428 – 570	C'2	2.Derece Mikrotermal
286 – 427	C'1	1.Derece Mikrotermal
143 – 285	D'	Tundra
142 ve daha az	E'	Don

$$\text{Nemlilik indeksi} = \frac{100 \cdot \text{Yıllık toplam su fazlası}}{\text{ETP}} \quad (4.6)$$

Eşitlik 4.6'ya göre Şiro çayı althavzası nemlilik indeksi =26,26

s2= Su fazlası kış mevsiminde ve çok kuvvetli olan (Tablo 4.14)

Tablo 4. 14. Thornwaite yağış rejimi indeksi (MGM, 2016)

Nemlilik indeksi	Harf	İklim Özelliği
0-10	d	Su fazlası olmayan veya pek az olan
11-20	s	Su fazlası kış mevsiminde ve orta derecede olan
11-20	w	Su fazlası yaz mevsiminde ve orta derecede olan
21 ve fazlası	s2	Su fazlası kış mevsiminde ve çok kuvvetli olan
21 ve fazlası	w2	Su fazlası yaz mevsiminde ve çok kuvvetli olan

$$\text{Yazlık buharlaşmanın Yıllık buharlaşmaya oranı} = \frac{100 \times \text{Etp}(\text{Yazlık})}{\text{Etp}(\text{Yıllık})} \quad (4.7)$$

Eşitlik 4.7'ye göre Şiro çayı althavzası yazlık nispet indeksi= 60, **b'2** (Tablo 4.15)

Tablo 4. 15.Thornwaite yazlık nispet indeksi (MGM, 2016)

Etp'nin 3 yaz Ayına Oranı	Harf
48 ve daha az	a'
48,1 – 51,9	b'4
52,0 – 56,3	b'3
56,4 – 61,6	b'2
61,7 – 68,0	b'1
68,1 – 76,3	c'2
76,4– 88,0	c'1
88,1 ve daha fazla	d'

Şiro çayı althavzası Thornwaite yöntemine göre (**C1, B'3, s2, b'2**), Yarı kurak, az nemli, 3. Derece mezotermal, su fazlası kış mevsiminde ve çok kuvvetli olan iklim kuşağında yer almaktadır.

4.2. Sosyokültürel Özellikler

4.2.1. Nüfusu

Althavza nüfusunun 2013 ila 2018 yılları arasında nüfusunda önemli değişiklik olmadığı ve althavzada ortalama 10000 kişinin barındığı saptanmıştır. 2014 yılı, 2015 yılı, 2016 yılı, 2017 yılında nüfusda sırasıyla %8, %6, %3, %4 azalma gözlemlenirken, 2018 yılında nüfusun %11 arttığı saptanmıştır (Tablo 4.16). 654,77 km² yüzölçümlü althavzada 2018 yılında km²' ye düşen insan sayısı 16, okur yazarların toplam nüfusa oranı %81'dir. Nüfusun hemen hemen tamamı tarım ve hayvancılıkla uğraşmaktadır. 2018 yılı itibariyle 10172 büyük baş hayvan birimi (BBHM)'ne karşılık gelen hayvansal üretime sahip olan althavzada 130 arıcılık işletmesi bulunmakta, bitkisel üretimin başında ise kayısı gelmektedir (TÜİK. 2019).

Tablo 4. 16. Şiro çayı althavzası nüfusu (TUIK, 2019)

	Yerleşim yeri	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Malatya Pütürge- Merkez	Ağalar Mh.	443	438	412	425	422	408
	Köylü Mh.	715	660	612	631	600	564
	Hatip Mh.	310	282	274	263	268	267
	Taşbaşı Mh.	968	953	985	955	906	877
	Gündüz Mh.	89	81	72	72	67	69
Malatya Pütürge- Taşra	Karakaya Mh.	112	94	77	66	69	75
	Söğütlü Mh.	120	111	101	146	132	150
	Körme Mh.	107	103	93	90	89	104
	Aritoprak Mh.	315	291	265	248	248	244
	Esenlik Mh.	56	46	46	51	47	55
	Sahilköy Mh.	99	105	97	94	93	92
	Başmezra Mh.	202	186	179	164	166	195
	Poskiran Mh.	798	714	698	659	621	640
	Çayköy Mh.	207	202	188	166	156	175
	Ormaniçi Mh.	363	350	331	338	326	334
	Pazarcık Mh.	772	709	684	677	618	614
	Nohutlu Mh.	1006	925	872	828	751	720
	Taşmış Mh.	643	611	584	570	554	547
	Örmeli Mh.	304	279	256	254	239	393
	Gertan(Gökçeli)Mh.	171	149	150	142	148	161
	Yazıca Mh.	472	443	435	403	380	385
	Üçyaka Mh.	177	168	160	160	154	145
	Çamlıdere Mh.	79	67	62	51	54	51
	Kozluk Mh.	210	192	193	188	188	185
	Tekederesi Mh.	189	186	166	160	155	177
	Kavaklıdere Mh.	102	60	57	67	65	183
	Örnekköy Mh.	83	72	79	63	56	58
	Balpınarı Mh.	156	149	144	139	127	120
	Aktarla Mh.	424	403	388	372	371	349
	Alihan Mh.	229	229	207	212	215	239
	Belenköy Mh.	71	70	66	62	56	62
Malatya Battalgazi- Taşra	Gülümuşığı Mh.	552	452	363	336	327	597
	Uluköy Mh.	394	341	284	261	269	712
Adıyaman Sincik- Taşra	Aksu Köyü	254	248	216	216	208	316
	Geçitli Köyü	133	115	111	120	112	146
TOPLAM		11325	10484	9907	9649	9257	10409

4.2.2. Tarihçesi

Althavzanın en büyük yerleşim yerinin Pütürge İlçesi ve bağlı mahalleleri olması hasebiyle althavza tarihçesi incelenirken Pütürge İlçe tarihçesi ele alınmıştır.

Pütürge İlçesi önceleri althavzanın en büyük akarsuyu olan Şiro çayı veya önceki adıyla İmran adlarıyla anılmıştır. Kahta'ya bağlı bir nahiye iken 1870 senesinde Elazığ'a bağlanarak bir kaza merkezi olmuş, bir süre sonra da Malatya İline bağlanmıştır. Buraya ilk yerleşmenin ne zaman yapıldığı bilinmemekle beraber İlçe halkının büyük bir bölümünün Kütahya'dan gelen Samanoğulları tarafından meydana geldiği söylenmektedir. Bunlardan başka, nereden geldiği bilinmeyen Kopuzoğulları da daha sonra buraya gelerek yerleşen bir topluluktur (Anonim, 2019).

4.3. Erozyon Riski Faktörleri

4.3.1. Yağışın Erozyon Oluşturma Faktörü (R)

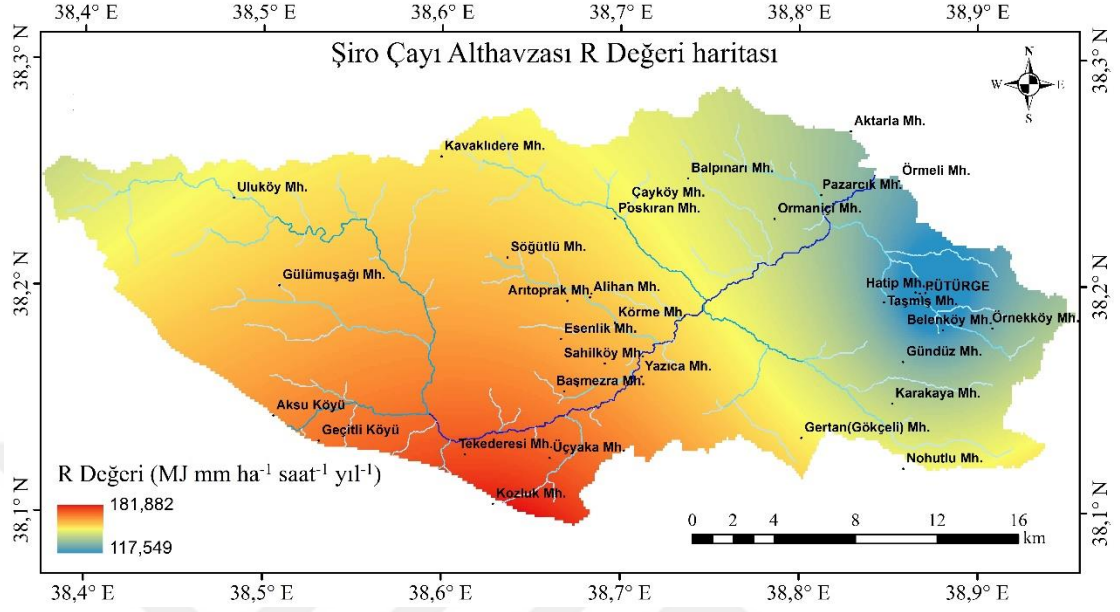
Şiro Çayı Alt havzasında, yağışların erozyonu oluşturma faktörü bulunabilmesi amacıyla Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) temin edilen Çelikhan, Sincik, Pütürge, Gerger, Doğanyol ve Malatya Meteoroloji istasyonlarına ait uzun yıllara ait aylık ortalama yağış verileri kullanılmıştır(Tablo 4.17).

Tablo 4. 17. Şiro çayı Althavzası R faktörü Değerleri

İstasyon No	İstasyon Adı	$MFI = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{Py}$	$R = (4.17 MFI) - 152$
18.180	ÇELİKHAN	94,5878037	239,5935073
18.346	SİNCİK	94,1442921	237,7573693
18.186	PÜTÜRGE	62,87329222	108,2954298
18.182	GERGER	97,16998956	250,2837568
18.352	DOĞANYOL	56,41795489	81,57033325
17.199	MALATYA	45,67522782	38,47682854

Şiro çayının içinde yer alan Pütürge Meteoroloji istasyonu ile althavzayı çevreleyen 5 meteoroloji istasyonuna ait R faktörü değerleri hesaplanmış ve sonrasında noktasal R faktörü değerlerine Arcmap programı Kriging metodu uygulanarak 1x1 metre çözünürlüklü alansal boyut kazandırılmıştır. Oluşan R faktörü

değerleri Şiro çayı Althavza bölümü kesilerek althavzanın R faktörü değerlerinin alansal dağılımı YETKE hesaplanırken kullanılmak üzere oluşturulmuştur (Şekil 4.1).



Şekil 4. 12. Şiro çayı althavzası R faktörü haritası

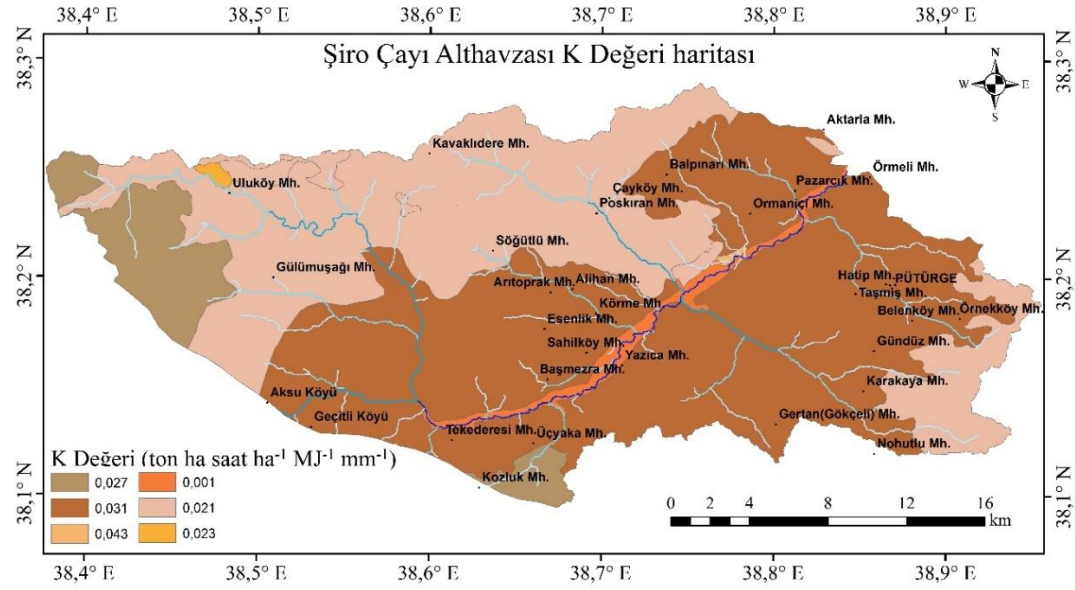
4.3.2. Toprağın Erozyona Duyarlılık Faktörü (K)

Şiro Çayı Althavzası topraklarının erozyona duyarlılıklarının bulunabilmesi için Orman Genel Müdürlüğü'nden (OGM) toprak haritaları temin edilmiş sonrasında haritalar büyük toprak grupları açısından değerlendirilebilmesi açısından Şiro Çayı Althavzasının Büyük Toprak Grupları Haritası (BTG) oluşturulmuştur. Althavzanın 1499 ha'sında "Akarsu taşkın yatağı", 23143 ha'sında "Kireçsiz kahverengi topraklar", 4855 ha'sında "Kırmızımsı kahverengi topraklar", 34984 ha'sında "Kireçsiz kahverengi orman toprakları", 895 ha'sında "Kolüvyal topraklar", 61 ha'sında "Alüvyal topraklar" 143 ha'sında ise "Kahverengi topraklar"ın varlığı saptanmıştır.

K faktörü değeri bulunabilmesi için literatürden BTG karşılık gelen metrik sisteme uygun K değerleri seçilerek kullanılmıştır (Tablo 4.18 ve Şekil 4.13).

Tablo 4. 18. BTG için K faktörü değerleri (Tanyaş 2015, Özdemir 2016)

Toprak Tipi	K faktörü değeri (ton saat MJ ⁻¹ mm ⁻¹)
Bazaltik topraklar	0.0140
Kireç içermeyen kahverengi topraklar	0.0210
Kırmızı akdeniz toprakları	0.0170
Kireç içermeyen kahverengi orman toprakları	0.0310
Kahverengi orman toprakları	0.0240
Kırmızımsı kahverengi topraklar	0.0270
Kırmızı-kahverengi akdeniz toprakları	0.0220
Kahverengi topraklar	0.0230
Kolüvyal toprakları	0.0210
Alüvyal toprakları	0.0430
Kömür yatakları	0.0520
Akarsu taşkın yatağı	0,0010



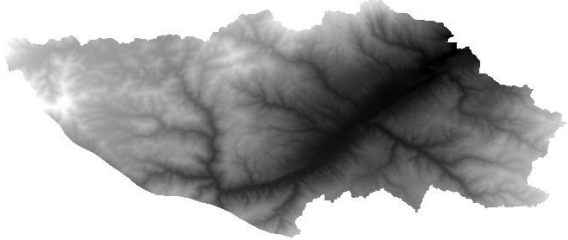
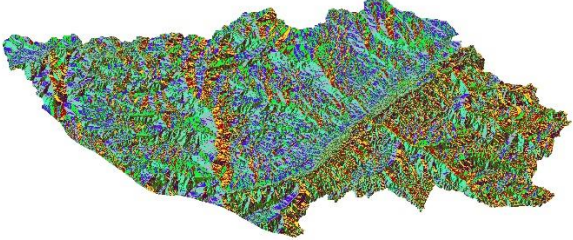
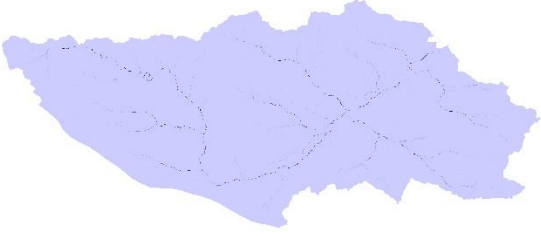
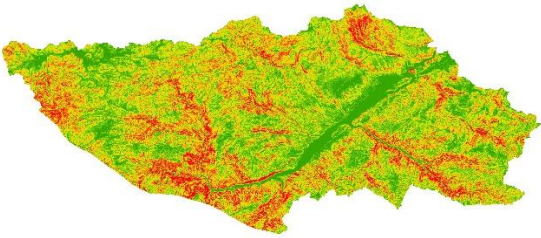
Şekil 4. 13. Şiro çayı althavzası K faktörü haritası

4.3.3. Şiro Çayı Althavzasında Eğim ve Eğim Uzunluğu Faktörü (LS)

Şiro Çayı Althavzasında topografik faktör oluşturulurken Arcmap programında LS faktörünün hesaplanabilmesi için en çok kullanılan USPED eşitliği kullanılmıştır. USPED eşitliğinin kullanılabilmesi için sırasıyla yükselti haritasının sert boşlukları

doldurularak yumuşatılmış, sonra akış yönünü bulmak için bakı haritası oluşturulmuş, althavzanın drenaj ağı ve yoğunluğu belirlenmiş ve son olarak derece cinsinden eğim haritası meydana getirilmiştir (Tablo 4.19).

Tablo 4. 19. Şiro çayı althavzası için USPED işlem basamakları

Yükselti haritası “Doldur” komutu ile Yumuşatılmıştır.	
“Akış Yönü” komutu ile bakı haritası oluşturulmuştur.	
“Akış Birikimi” komutu ile drenaj ağı oluşturulmuştur.	
Derece cinsinden eğim haritası oluşturulmuştur.	

USPED Topografik faktör eşitliği

$$LS = (m + 1) \left[\frac{A}{22,13} \right]^m \left[\frac{\sin \beta}{0,09} \right]^n \quad (4.8)$$

A: Çalışma Alanı

B: eğim Açısı (1 derece = 0,01745 radyan)

m:0,3 Eğim Uzunluğu katsayısı

n:1,6 Eğim açısı katsayısı

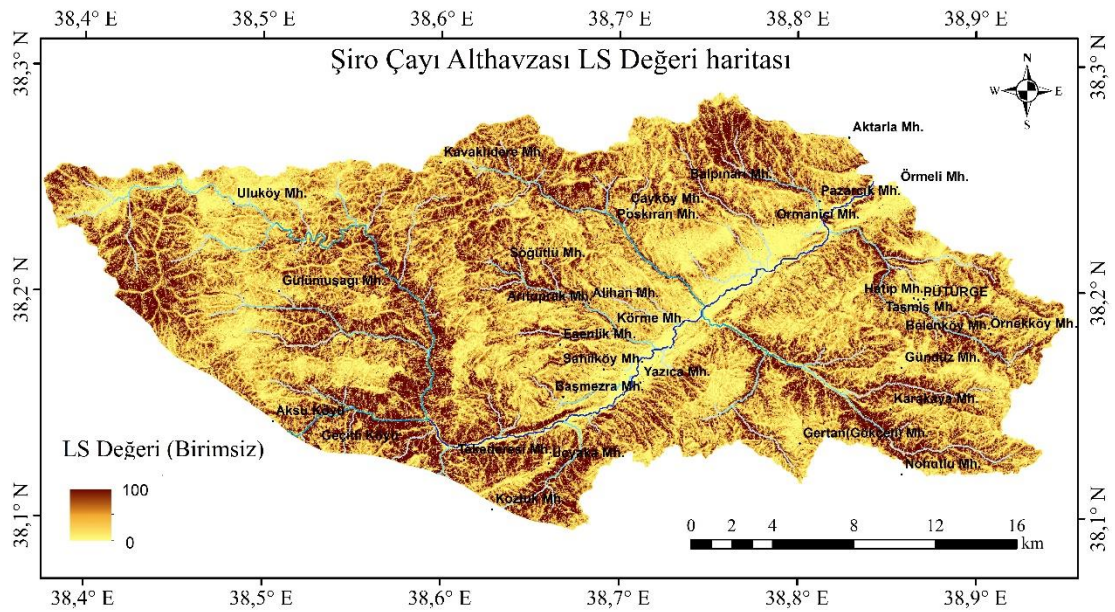
Arcmap hesaplama modülü için uyarlanarak Eşitlik 4.2'ye dönüştürülmüş, Şekil 4.14'teki eğim faktörü değerleri hesaplanmıştır.

$$LS = (0.3+1) * \text{Power}(D * HÇ / 22.13, 0.3) * \text{Power}(\sin(E * 0.01745) / 0.09, 1.6) \quad (4.9)$$

D: Drenaj ağı haritası

HÇ: Yükselti haritası çözünürlüğü (metre)

E: Eğim haritası (Derece)



Şekil 4. 14. Şiro çayı althavzası LS faktörü haritası

4.3.4. Arazi Kullanımı ve Bitki Örtüsü Faktörü (C)

Şiro çayı althavzasında C faktörünün tespit edilebilmesi amacıyla Tarım ve Orman Bakanlığı 2012 yılı Corine bitki örtüsü verileri için uyarlanmış C faktörü değerleri kullanılmıştır (Tablo 4.20).

Tablo 4. 20. Corine arazi kullanımı sınıflandırmasına göre C değerleri (Diadota vd., 2011; Akgöz vd., 2016; İmamoğlu vd., 2017 'den derlenmiştir.)

Corine Kodu	Arazi Kullanımı	C Değeri
112	Kesikli Şehir Yapısı	0
211	Sulanmayan Ekilebilen A.	0,400
221	Üzüm Bağları	0,451
222	Meyve Bahçeleri	0,296
231	Meralar	0,040
242	Karışık Tarım Alanları	0,335
243	Doğal Bitki Örtülü Tarım A.	0,040
311	Geniş Yapraklı Orman	0,003
312	İğne Yapraklı Orman	0,001
313	Karışık Orman	0,002
321	Doğal Çayırliklar	0,050
324	Ağaç-Çalılık Geçiş Alanları	0,040
331	Irmak Yatağı Kumulları	1
333	Seyrek Bitki Alanları	0,360
411	Bataklıklar	0,001

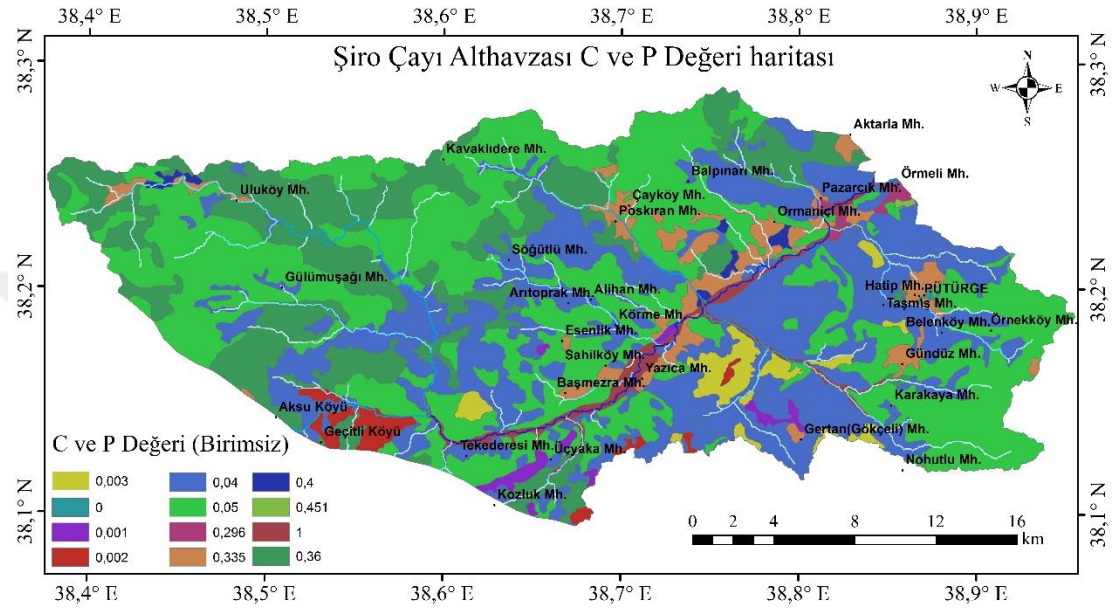
4.3.5. Toprak Koruma Önlemleri Faktörü (P)

Toprak koruma önlemleri faktörü (P) toprak yönetim aktivitelerini temsil etmektedir. Toprağın eğim yönünde veya eğime dik yönde ya da dönerek işlenmesine bağlı olarak erozyon süreçleri hızlanabilir veya ya yavlayabilir. P Faktörünün büyük havzalardaki alansal dağılımının belirlenmesine yönelik bir yaklaşım bulunmamakla beraber Wischmeier ve Smith (1965) eğim derecesine bağlı olarak en yaygın toprağın işleme yöntemlerini sınıflandırmışlardır.

Bu çalışma kapsamındaki arazi çalışmaları sırasında Şiro çayı althavzası sınırları içinde tarım yapılan alanlarda herhangi bir toprak koruma önlemine ve tekniğine saptanamamıştır. Bu nedenle ilgili erozyon modelinde toprak koruma önlemleri faktörü değeri 1,0 olarak değerlendirilmiştir. Bu 1,0 değeri RUSLE modelinde,

çalışılan alanda herhangi bir toprak koruma önlemi uygulamasının bulunmaması durumunda alınması gereken P faktörü değeridir (Wischmeier ve Smith, 1965).

Tablo 4.20'deki veriler ve P faktörü değeri "1" alınmak suretiyle C ve P faktörü değerleri Şekil 4.15'teki şekilde hesaplanmıştır.



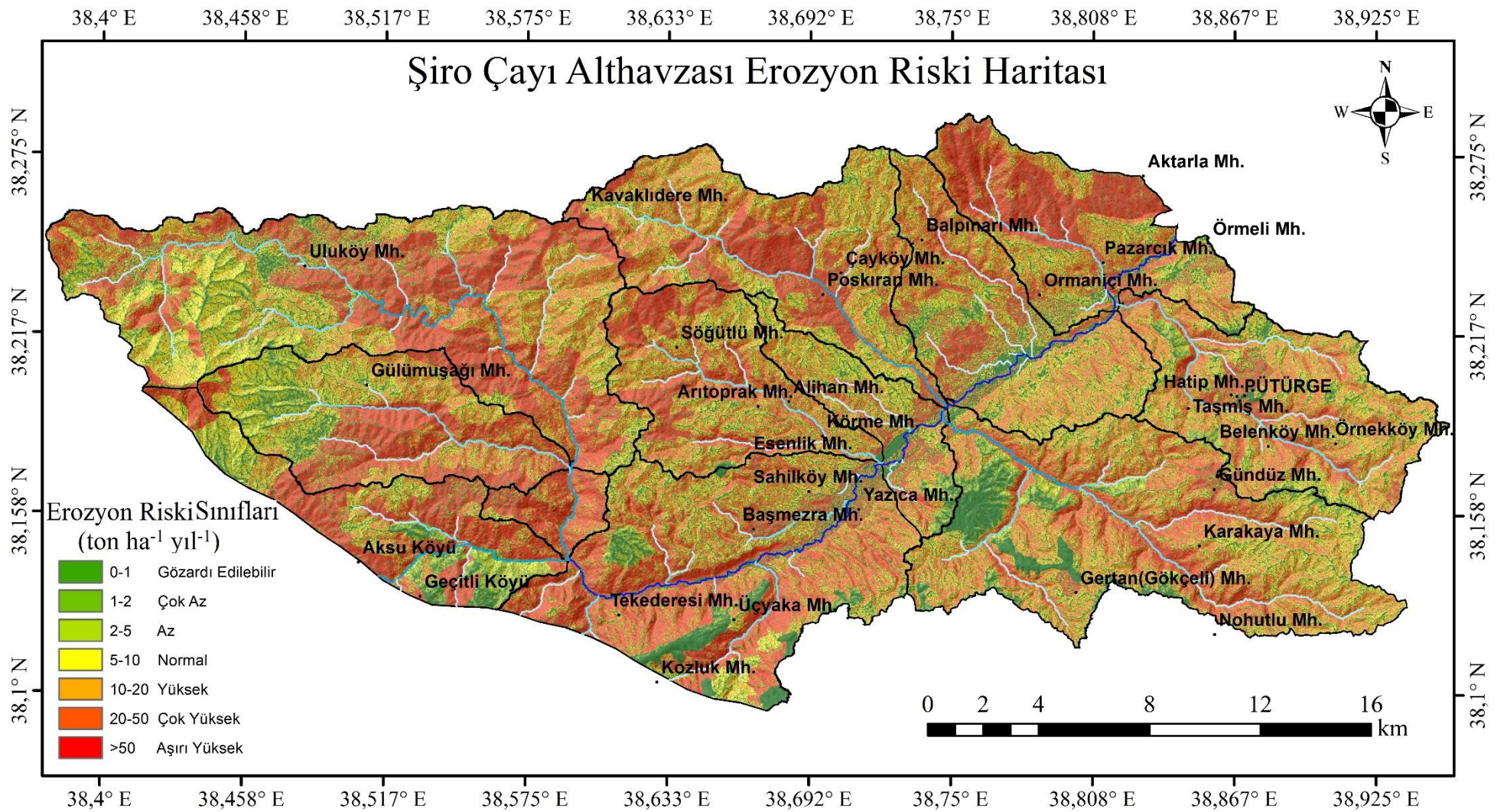
Şekil 4. 15. Şiro çayı althavzası C ve P faktörü haritası

4.3.6. Potansiyel Toprak Kaybı Dağılımı (A)

Yöntem ve araştırma bulguları bölümlerinde ayrıntılı olarak verilen yağışın erozyon oluşturma faktörü (R), toprağın erozyona duyarlılık faktörü (K), eğim ve eğim uzunluğu faktörü (LS), bitki örtüsü faktörü (C) ve toprak koruma önlemleri faktörü (P) "Arcmap" ortamında birer katman olarak elde edilmiştir. Elde edilen her bir faktöre ait katman YETKE modeli gereği ($A = R \times K \times LS \times C \times P$) havzanın potansiyel toprak kaybını belirlemek için yine Arcmap ortamında yerine konularak çarpılmış ve sonuç olarak Şiro çayı althavzasının potansiyel toprak kaybı (ton/ha/yıl) olarak belirlenmiş, erozyon risk sınıflandırılması ise Özşahin vd., (2018) çalışması dikkate alınarak toprak kaybı 0-1 ton/ha/yıl olduğunda göz ardı edilebilir, 1-2 ton/ha/yıl olduğunda çok az, 2-5 ton/ha/yıl olduğunda az, 5-10 ton/ha/yıl olduğunda normal, 10-20 ton/ha/yıl olduğunda yüksek, 20-50 ton/ha/yıl olduğunda çok yüksek ve 50 ton/ha/yıl'dan büyük

olduğunda aşırı yüksek olarak değerlendirilmiştir (Özşahin vd., 2018). Hesaplama althavzada ve her bir mikrohavzada mera, orman, tarım alanı, yerleşim yeri, bataklıklar için değerlendirilmiştir. Sırasıyla Althavza erozyon riski haritası ve mikrohavza bazında erozyon riskinin alansal ve oransal dağılım Şekil 4.16, Tablo 4.21 ve Tablo 4.22’da verilmektedir.





Şekil 4. 16. Şiro çayı althavzası erozyon riski haritası

Tablo 4. 21.Şiro çayı althavzası mikrohavzaları erozyon riskinin alansal ve oransal dağılımı

		Erozyon Riski Sınıfları (ton/ha/yıl)															
		Gözardı Edilebilir (0-1)		Çok Az (1-2)		Az (2-5)		Normal 5-10		Yüksek 10-20		Çok Yüksek 20-50		Aşırı Yüksek >50		Toplam	
Mikrohavza Adı		Alan(ha)	Oran (%)	Alan(ha)	Oran (%)	Alan(ha)	Oran (%)	Alan(ha)	Oran (%)	Alan(ha)	Oran (%)	Alan(ha)	Oran (%)	Alan(ha)	Oran (%)	Alan(ha)	Oran (%)
Küçük Ç.	Tarım	183,9	19,4	11,6	1,2	76,4	8	116,6	12,3	124	13	208,2	21,9	229,6	24,2	950,3	100
	Mera	1254,1	18,4	23,5	0,3	137,7	2	337,4	5	766,4	11,2	1948,7	28,6	2347,5	34,4	6815,3	100
	Orman	454,4	67,4	122,2	18,1	86,5	12,8	6,6	1	0,9	0,1	1,7	0,3	1,8	0,3	674,1	100
	Toplam	1892,4	22,4	157,3	1,9	300,6	3,6	460,6	5,5	891,3	10,6	2158,6	25,6	2578,9	30,6	8439,7	100
Bobik Ç.	Tarım	193	18,9	10,5	1	36	3,5	78,2	7,7	177,8	17,4	320,8	31,5	203,4	19,9	1019,7	100
	Mera	1268,5	17,6	45,6	0,6	235,1	3,3	588,6	8,2	1357,9	18,8	2478,2	34,3	1245,6	17,3	7219,5	100
	Orman	646,3	55,2	225,2	19,2	239,7	20,5	41,7	3,6	8,3	0,7	7,2	0,6	2,1	0,2	1170,5	100
	Toplam	2107,8	22,4	281,3	3	510,8	5,4	708,5	7,5	1544	16,4	2806,2	29,8	1451,1	15,4	9409,7	100
Koçan D.	Tarım	98,8	26,5	3,5	0,9	10,6	2,8	18,6	5	38	10,2	83	22,2	120,6	32,3	373,1	100
	Mera	351,9	22,2	22,6	1,4	113,3	7,1	229,2	14,4	360,9	22,7	401,1	25,3	109,1	6,9	1588,1	100
	Orman	62,4	37,2	44,9	26,8	52,4	31,2	7,2	4,3	0,7	0,4	0,1	0,1	0	0	167,7	100
	Bataklık	44,5	98,2	0,3	0,7	0	0	0,1	0,2	0	0	0,3	0,7	0,1	0,2	45,3	100
	Toplam	557,6	25,6	71,3	3,3	176,3	8,1	255,1	11,7	399,6	18,4	484,5	22,3	229,8	10,6	2174,2	100
Kara D.	Tarım	104,9	15,6	2,5	0,4	17,3	2,6	60,5	9	151	22,5	242	36,1	92,7	13,8	670,9	100

	Mera	565,4	16,7	14,4	0,4	90,4	2,7	241,4	7,1	560,8	16,5	959,9	28,3	959,8	28,3	3392,1	100
	Orman	10,8	85	1,9	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,7	100
	Bataklık	6,4	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,4	100
	Toplam	687,5	16,8	18,8	0,5	107,7	2,6	301,9	7,4	711,8	17,4	1201,9	29,4	1052,5	25,8	4082,1	100
GeliseyyanD.	Tarım	124	26,7	52,8	11,4	110,9	23,9	73,1	15,7	39,3	8,5	39,5	8,5	25,3	5,4	464,9	100
	Mera	724,2	17,1	68,4	1,6	329,9	7,8	437	10,3	538,4	12,7	801,2	18,9	1330	31,4	4229,1	100
	Toplam	848,2	18,1	121,2	2,6	440,8	9,4	510,1	10,9	577,7	12,3	840,7	17,9	1355,3	28,9	4694	100
Halikan D.	Mera	136,9	15,5	1,2	0,1	5,8	0,7	14,6	1,6	38,9	4,4	195,9	22,1	492,4	55,6	885,7	100
	Toplam	136,9	15,5	1,2	0,1	5,8	0,7	14,6	1,6	38,9	4,4	195,9	22,1	492,4	55,6	885,7	100
MollahasanÇ	Tarım	14,7	18,1	0,6	0,7	1,1	1,4	3,4	4,2	10,7	13,2	26,9	33,2	23,7	29,2	81,1	100
	Mera	488,3	16,6	37,9	1,3	175,9	6	240,7	8,2	262,5	8,9	478	16,3	1250,1	42,6	2933,4	100
	Orman	198,8	28,9	174,3	25,4	250,5	36,4	51,3	7,5	7,2	1	2,1	0,3	3,3	0,5	687,5	100
	Toplam	701,8	19	212,8	5,7	427,5	11,5	295,4	8	280,4	7,6	507	13,7	1277,1	34,5	3702	100
Beypınar Ç.	Tarım	194,5	27	27,8	3,9	55,5	7,7	51,2	7,1	85	11,8	167,2	23,2	139,1	19,3	720,3	100
	Mera	1923,5	17,7	126,2	1,2	696,2	6,4	1216,6	11,2	1510,6	13,9	2092,2	19,3	3301,3	30,4	10866,6	100
	Toplam	2118	18,3	154	1,3	751,7	6,5	1267,8	10,9	1595,6	13,8	2259,4	19,5	3440,4	29,5	11586,9	100
Köribe D.	Tarım	248,5	27,2	15,8	1,7	38,7	4,2	61,4	6,7	98,1	10,8	188,6	20,7	261,1	28,6	912,2	100
	Mera	597,4	17	16,6	0,5	92,3	2,6	217,2	6,2	458,1	13	750,4	21,4	1382	39,3	3514	100
	Toplam	845,9	19,1	32,4	0,7	131	3	278,6	6,3	556,2	12,6	939	21,2	1643,1	37,1	4426,2	100
Holan D.	Tarım	410,1	26,9	33,9	2,2	99,3	6,5	147,4	9,7	244,2	16	348,6	22,9	239,9	15,7	1523,4	100
	Mera	710,3	21,4	34,7	1	127,7	3,8	291,1	8,8	652	19,7	1051,1	31,7	450,3	13,6	3317,2	100
	Toplam	1120,4	23,1	68,6	1,4	227	4,7	438,5	9,1	896,2	18,5	1399,7	28,9	690,2	14,3	4840,6	100
İmrın D.	Yerleşim	24,3	92,7	0	0	0	0	0,1	0,4	0,2	0,8	0,7	2,7	0,9	3,4	26,2	100
	Tarım	208	21,4	15,2	1,6	46,7	4,8	67,6	7	131,9	13,6	236,7	24,4	265	27,3	971,1	100

	Mera	742,7	17,5	42,7	1	200,7	4,7	419,4	9,9	876,4	20,7	1457,8	34,4	498,2	11,8	4237,9	100
	Orman	26,1	20,5	31,6	24,8	59	46,4	7,8	6,1	1,7	1,3	0,8	0,6	0,2	0,2	127,2	100
	Toplam	1001,1	18,7	89,5	1,7	306,4	5,7	494,9	9,2	1010,2	18,8	1696	31,6	764,3	14,3	5362,4	100
Mezra D.	Tarım	110,6	17,3	2,7	0,4	10,1	1,6	23,5	3,7	60,2	9,4	121,2	18,9	311,5	48,7	639,8	100
	Mera	859,4	16,4	35,4	0,7	213,7	4,1	484,6	9,3	1047,8	20	1393,3	26,6	1199,9	22,9	5234,1	100
	Toplam	970	16,5	38,1	0,6	223,8	3,8	508,1	8,7	1108	18,9	1514,5	25,8	1511,4	25,7	5873,9	

Tablo 4. 22.Şiro çayı Althavzası erozyon riski arazi kullanımına göre dağılımı

	Gözardı Edilebilir		Çok az		Az		Normal		Yüksek		Çok Yüksek		Aşırı Yüksek		Toplam	
	Alan (ha)	Oran %	Alan (ha)	Oran %	Alan (ha)	Oran %	Alan (ha)	Oran %	Alan (ha)	Oran %	Alan (ha)	Oran %	Alan (ha)	Oran %	Alan (ha)	Oran %
İskan	24,3	92,7	0	0	0	0	0,1	0,4	0,2	0,8	0,7	2,7	0,9	3,4	26,2	100
Tarım	1891	22,7	176,9	2,1	502,6	6	701,5	8,4	1160,2	13,9	1982,7	23,8	1911,9	23	8326,8	100
Mera	9622,6	17,7	469,2	0,9	2418,7	4,5	4717,8	8,7	8430,7	15,5	14007,8	25,8	14566,2	26,9	54233	100
Orman	1398,8	49,3	600,1	21,1	688,1	24,2	114,6	4	18,8	0,7	11,9	0,4	7,4	0,3	2839,7	100
Bataklık	50,9	98,5	0,3	0,6	0	0	0,1	0,2	0	0	0,3	0,6	0,1	0,2	51,7	100
Toplam	12987,6	19,8	1246,5	1,9	3609,4	5,5	5534,1	8,5	9609,9	14,7	16003,4	24,4	16486,5	25,2	65477,4	100

Küçük çay mikrohavzasında bulunan 950,3 ha tarım alanının 388,5 ha'sı erozyon riski normal seviyedeysen, 561,8 ha'sında (%59,1) erozyon riski yüksek; 6815,3 ha çayır meranın 1752,7 ha'sı erozyon riski düşük, 5062,6 ha'sında (%74,3) erozyon riski yüksek ve 674,1 ha orman sahasının 669,7 ha'sında (%99,3) erozyon riski düşüktür. Toplam yüzölçümü 8439,7 ha olan Küçük çay mikrohavzasının %66,7'si (5628,8 ha) yüksek erozyon potansiyeline sahiptir.

Bobik çayı mikrohavzası tarım alanları 1019,7 ha'dır ve tarım alanlarının %68,8'inde (702 ha) yüksek erozyon riski tespit edilmiştir. Çayır meraları 7219,5 ha olup %70,4'ünde (5081,7 ha) erozyon riski yüksekken, 1170,5 ha ormanlığın %98,5'inde erozyon riski düşük seviyelerdedir.

373,1 ha tarım alanı bulunan ve bunun %64,8'i yüksek erozyon potansiyeline sahip olan Koçan deresi mikrohavzasında mevcut 1588,1 ha çayır meranın 871,1 ha'ında (%54,9) ve 45,3 ha ormanın %1'inde yüksek erozyon riski görülmektedir.

Kara deresi mikrohavzasında bulunan tarım ve çayır mera alanları sırasıyla 670,9 ha ve 3392,1 ha'dır. Tarım alanlarının %72,4'ünde, çayır meraların %73,1'inde şiddetli erozyon hesaplanmışken, 12,7 ha olan ormanların tamamında erozyon riskinin olmadığı hesaplanmıştır.

464,9 ha tarım alanına ve 4229,1 ha çayır meraya sahip Geliseyyan deresi mikrohavzasında erozyon potansiyeli yüksek alanlar tarım alanlarının %22,4, çayır ve meraların ise %63,1'ini oluşturmaktadır.

Toplamda 885,7 çayır meradan müteşekkil Halikan deresi mikrohavzasının %82,1'i şiddetli erozyon riski taşımaktadır.

Molahasan çayı mikrohavzasında 81,1 ha tarım, 2933,4 ha çayır mera ve 687,5 ha orman sahası bulunurken sırasıyla bunların %75,6, %67,9 ve %1,8'i erozyon tehdidi altındadır.

Beypınarı çayı mikrohavzası çayır ve meraları 10866,6 ha, tarım alanları 720,3 ha'dır. Otlakların % 63,5'u, tarım alanlarının ise %54,3'ünde, mikrohavzanın tamamının ise %63'ünde yüksek erozyon potansiyeli hesaplanmıştır.

Körbe deresi mikrohavzası 912,2 ha tarım alanlarının %60,1'inde, 3514 ha otlakların ise %73,7 sinde erozyon tehdit oluşturmaktadır.

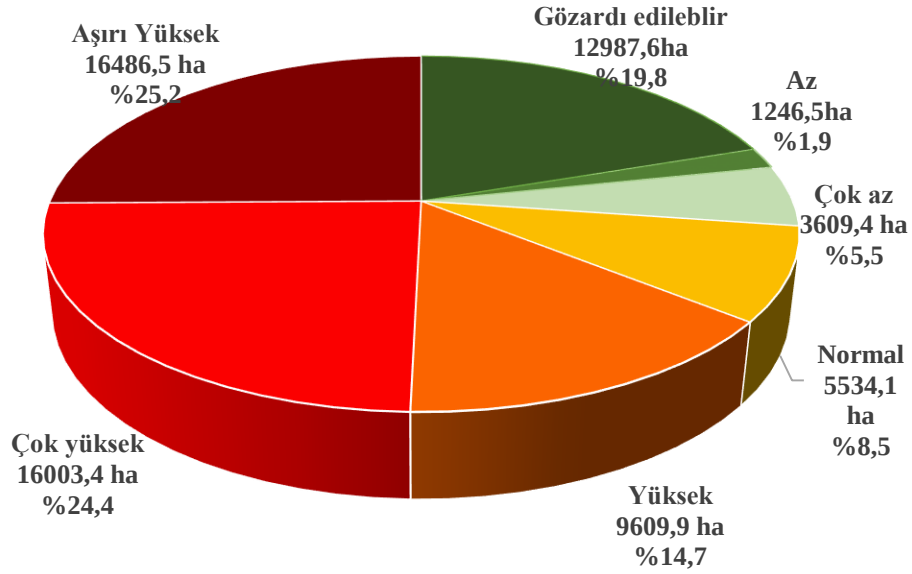
4840,6 ha yüzölçümüne sahip Holan deresi mikrohavzasının %61.7 sinde, 3317,2 ha çayır meranın % 64,9’unda ve 1523,4 ha tarım alanını ise % 54,7’sinde şiddetli erozyon potansiyeli saptanmıştır.

İmrın deresi mikrohavzasının sahip olduğu 127,2 ha orman, 4237,9 ha mera ve 971,1 tarım alanının sırasıyla %2.1, %66.8 ve %65.2’sinde aşırı erozyon tespit edilmiştir.

Tamamı 5873,9 ha olan Mezra deresi althavzasında mikrohavza genelinin %70,4’ü şiddetli erozyon riski altındayken, 639,8 ha tarım alanlarının %77’si, 5234 ha çayır ve meranın ise %69.62’si şiddetli erozyon riski altındadır.

Yılda gerçekleşen toprak kaybı Küçük çay mikro havzasında 26,38 ton/ha, Bobik çayı mikro havzasında 21,41 ton/ha, Koçan deresi mikro havzasında 17,054 ton/ha, Kara deresi mikro havzasında 26,47 ton/ha, Geliseyyan deresi mikro havzasında 23,73 ton/ha, Halikan deresi mikro havzasında 36,35 ton/ha, Mollahasan çayı mikro havzasında 24,27 ton/ha, Beypınarı çayı mikro havzasında 24,80 ton/ha, Köribe deresi mikro havzasında 28,46 ton/ha, Holan deresi mikro havzasında 20,89 ton/ha, İmrın deresi mikrohavzasında 21,94 ton/ha, Mezra deresi mikro havzasında ise 25,51 ton/ha olarak hesap edilmiştir.

Şiro çayı althavzası geneli incelendiğinde 16486,5 ha ile “aşırı yüksek erozyon riski” sınıfına giren sahaların althavzanın % 25,2 ‘sin oluşturduğu, ikince en çok yer kaplayan erozyon riski sınıfının 16003,4 ha ile “çok yüksek erozyon riski” sınıfı olduğu görülmektedir. Althavzanın %19.8’inde (12987,6 ha) ise erozyon riski “gözardı edilebilir” seviyededir.



Şekil 4. 17. Şiro çayı althavzası erozyon riski sınıfları alansal ve oransal dağılımı

Şiro çayı althavzasının % 64,3'ünü teşkil eden 42099,8 ha alanda aktif erozyon görülürken, meraların %68,2'sinde (37004,7 ha), tarım alanlarının %60,7'sinde (5054,8 ha) ve ormanların %1,4'ünde (64,3 ha) aktif erozyon riski tespit edilmiştir. Türkiye'de aktif erozyon sahalarının toplam arazi varlığımız içinde kapladığı alan Türkiye genelinde %58, meralarda %64, tarım alanlarında %59 ve ormanlarda % 54 olduğu dikkate alınacak olursa Şiro çayı althavzası aktif erozyon potansiyelinin tarım alanları ve çayır meralar için Türkiye ortalamasından fazla, orman sahaları için ise Türkiye ortalamasından düşük olduğu bulunmuştur. Şiro çayı althavzasında Çayır ve meraların althavzanın %83'ünü, tarım alanlarının %13'ünü, ormanların ise sadece %4,3'ünü kaplaması nedeniyle erozyona maruz alanlar Türkiye ortalamasından yüksek değerlerdir.

Althavzada tarım alanlarında ortalama toprak kaybı 22,8 ton/ha/yıl, meralarda 25,6 ton/ha/yıl, ormanlarda ise 1,9 ton/ha/yıl olarak hesap edilmiştir. Yapılan hesaplamalarda Şiro çayı althavzası yıllık ortalama toprak kaybı 24,2 ton ha yıl ile 6,14 ton/ha/yıl olan Türkiye ortalamasının yaklaşık 4 katıdır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de toprak kaybı sürecinin en önemli etkeni erozyondur. Arazi engebeliği, toprak özellikleri, iklim, bitki örtüsü ve etkileşimi sonucundan oluşan tabii erozyon, insanın doğaya müdahalesi temeline dayanan yapay etkenler sonucunda meydana gelen hızlandırılmış erozyona dönüşerek bir afet niteliği kazanmaktadır.

Şiro çayı, sürekli ve mevsimsel akarsuları içeren drenaj ağı ile birlikte Karakaya Baraj Gölüne dökülmektedir. 2006 yılı yılı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı envanter raporuna göre Şiro Çayı'nın Karakaya barajına rusubat taşıma potansiyeli oldukça fazladır. Şiro çayı althavzasında yüksek aşınma potansiyeline sahip alanların, bunların miktarının ve niteliğinin bulunabilmesi amacıyla erozyon riski tespit modellerinin kullanılmasına ihtiyaç duyulmuştur.

Bu çalışmada dünya ve Türkiye'de en yaygın kullanılan erozyon riski tespit modeli olan YETKE, Şiro çayı althavzası ve barındırdığı 12 mikro havza için uygulanmış, her bir mikro havza ve althavza geneli için erozif sahalar tespit edilmiş, ve tek tek tarım, otlak ve orman alanları için erozyon varlığı ve boyutu hesaplanmıştır. Çayır ve meraların %68,2'sinin, tarım alanlarının % 60.7'sininve ormanların sadece %1.4'sinin aktif erozyona maruz kaldığı, çayırlarda 25,6 ton/ha/yıl, tarım alanlarında 22,8 ton/ha/yıl ve ormanlarda 1,9 ton/ha/yıl toprak kaybı olduğu tespitinde bulunulmuştur. Hesaplamalar göre Şiro çayı althavzası topraklarının % 64.3'ünde aktif erozyon potansiyeli olup, yıllık ortalama toprak kaybı ise 24,2 ton/ha'dır. Dolayısı ile althavzada alansal olarak sırasıyla en çok otlakların, tarım alanlarının ve ormanların, rakamsal olarak da yine sıralama değişmeden otlak, tarım alanları ve ormanların aşırı toprak kaybına uğradığı anlaşılmıştır.

Mikrohavza bazında incelendiğinde en çok ortalama toprak kaybının 36,35 ton/ha/yıl ile Halikan Deresi mikro havzasında görülmekte, onu sırasıyla Körbe deresi mikrohavzası, Karaçayı deresi mikrohavzası, Küçük çay mikrohavzası, Mezra deresi mikrohavzası, Beypınarı çayı mikrohavzası, Mollahasan çayı mikrohavzası, Geliseyyan deresi mikrohavzası, İmrün deresi mikrohavzası, Bobik çayı mikrohavzası, Holan deresi mikrohavzası ve 17,05 ton/ha/yıl ile mikrohavzalar içinde en düşük yıllık toprak kaybı potansiyeline sahip olan Koçan Deresi mikrohavzası takip etmektedir.

Gölümüşağı, Kavaklıdere, Çayköy, Balpınarı, Esenlik, Körme, Karakaya ve Örnekköy Mahallelerinde Çayır ve meraların erozyona maruz kaldığı, bunun gerekçeleri olabilecek, bölgedeki BBHB' ne karşılık gelen çayır ve meraların aşırı otlatmaya maruz bırakılıp bırakılmadığının veya otlakların ot kalitesindeki yeterliliğinin incelenmesi gerekmektedir.

Çayır ve meraların ıslahı için, otlatmanın düzenlenmesi, diğer bir deyimle ıslah edilecek merada ıslah öncesi ve ıslah sonrası ne miktar büyükbaş ve küçükbaş hayvanların hangi zaman diliminde otlayabileceğinin hesaplanarak otlatma planlamasının yapılması ve uygulamaya konulması, Otlayacak hayvan sayısı kapasitesinin üzerinde ise ve bu sayıyı azaltmak mümkün değilse otlatma müddetinin kısaltılması yoluna gitmek gibi alternatifler üzerinde durulmalıdır. İyi cins yem bitkileri azalmış meralar toprak işleme yapılmadan yabancı otlardan temizlenerek bölgeye uyumlu bitki türleri doğrudan doğruya elle veya havadan helikopterle serpmek suretiyle aşılama uygulaması ile ot kalitesi artırılmalıdır.

Karışık tarım alanları, doğal bitki örtülü tarım alanları ve meyve bahçeleri incelendiğinde Uluköy, Gölümüşağı, Geçitli, Esenlik, Başmevra ve Ormaniçi Mahalleleri ile Geçitli Köyündeki bazı tarım alanlarının sulanamayan ekilen alanlar olduğu ve tarım alanlarının eğimli bölgelerde yer aldığı görülmüştür. Tarım alanlarında erozyon riskinin fazla oluşunun nedenlerinin başında topografya ve sulama probleminin geldiği sonucuna ulaşılmıştır. Bahçe tarımında erozyonu hafifletmek için sulanan alanların artırılması, teraslama uygulaması yapılması ve terasların taş bendler ile desteklenmesi yanı sıra tarla tarımı uygulamalarında kontur işleme uygulamaları artırılması gerektiği anlaşılmıştır.

Çalışmadan çıkan sonuca göre Şiro çayı althavzası toprak koruma önlemleri alınırken, otlakların ıslahın önem verilerek buralarda teraslama ve ağaçlandırma çalışmalarına öncelik verilmesi gerektiği, tarım alanları için ise kontur tarım uygulamaları teşvik edilebileceği anlaşılmaktadır.

Toprak koruma önlemleri uygulanırken öncelik sırasının yıllık ortalama toprak kayıplarına bakılarak Halikan deresi mikro havzasından başlaması gerektiği, rehabilite çalışmalarına devam ederken mikro havzaların hesaplanan toprak kayıp değerlerine dikkat edilmesi önerilmektedir.

Şiro Çayı althavzasında erozyonla mücadelede kullanılmak üzere Doğu Anadolu bölgesinde daha önce erozyonla mücadelede için tatbik edilmiş ve çimlenme ve yaşama yüzdesi 60'ın üzerinde olan bazı türler Tablo 4.23'de sıralanmaktadır.

Tablo 4. 23. Erozyonla mücadelede kullanılabilecek bitki türleri

Bitki Türleri	Latincesi
Akasya	Robinia pseudoacacia L.
Meşe	Q. robur, Q. petraea, Q. Cerris, Q. libani
Geven	Astragalus microcephalus L.
Yavşan Otu	Artemisia spicigera C. Koch
Korunga	Onobrychis cornuta
Badem	Prunus amygdalus Batsch

Akasya, çoğunlukla ağaç formundadır. Ilıman iklimlerde yetişen akasyalar derine giden ve zamanla etrafa yayılan bir kök sistemine sahip olması nedeniyle toprağı tutma açısından büyük öneme sahiptir. Azot bağlayıcı özelliğiyle beraber çok geniş bir adaptasyon yeteneğı vardır.

Ülkemizin her bölgesinde görülen meşeler step bölgelerinde bile yetişebilmektedirler. Adaptasyon kabiliyeti nedeniyle her bölgede erozyon çalışması için kullanılabilmektedir.

Geven, Çalı formunda dikensi bitkilerdir. Kuraklığa çok dayanıklıdır ve kazık kökleri vardır. Kuraklığa dayanıklı olması Şiro çayı althavzası gibi 600 mm 'nin altında yağış alan bölgelerde toprak kaybının önüne geçilmesini sağlayabilmektedir.

Yavşan otu, dağ stebinde derin topraklı alanlarda yayılış göstererek toprak agregatlarını damla erozyonun yıpratıcı etkisine maruz kalmasını önlemektedir. Kurak bölgelere uyum sağlamıştır.

Korungayı diğer otsu baklagil yem bitkilerinden ayıran özelliğı kuraklığa dayanması ve fakir topraklarda bile iyi gelişim gösterip bol yem ürünü vermesidir. Özellikle Şiro çayı althavzasında çayır ve otlakların veriminin artırılarak erozyonun azaltılması sağlabilecektir.

Badem, hafif derin besinde zengin toprakları sever, sıcak ve güneşli yerleri sever. Bakımı yapılmak suretiyle althavzada erozyonla mücadelede kullanılabılır.

6. KAYNAKLAR

- Akgöz, R., Konukcu, F., & Kocaman, I., (2016). *Integrated Land-use Management Modelling of Black Sea Estuaries* (ILMM-BSE) Project: Ergene River Basin., pp.251-268, Tekirdağ
- Anonim,(2008). <http://gmyo.gumushane.edu.tr/media/uploads/gmyo-bitkisel/files/toprak-dersi-notlar.pdf> Erişim tarihi 6 Ağustos 2019
- Anonim, (2019). <http://www.malatya.gov.tr/puturge> Erişim tarihi 7 Ağustos 2019
- Bahtiyar, M., (2003). Erozyonla Mücadele. (s. 28-48) *Tema Eğitim Semineri Notları*, TEMA vakfi yayınları, İstanbul
- Benchettouh, A., Kouri, L., & Jebari, S. (2017). Spatial estimation of soil erosion risk using RUSLE/GIS techniques and practices conservation suggested for reducing soil erosion in Wadi Mina watershed (northwest, Algeria). *Arab J Geosci* **10**, 79-93
- Bera, A. (2017). Estimation of soil loss by USLE model using GIS and remote sensing techniques: a case study of Muhuri River Basin, Tripura, India. *Eurasian J. Soil Sci*, **6**, 206-215
- Blanco, H., & Lal, R. (2008). *Principles of soil conservation and management*. Springer Science & Business Media Applied. Ohio, USA, 601p
- Borselli, L., Torri, D., Poesen, J., & Iaquina, P. (2012). A robust algorithm for estimating soil erodibility in different climates. *Catena*, **97**, 85-94.
- Capolongo, D., Pennetta, L., Piccarreta, M., Fallacara, G., & Boenzi, F. (2008). Spatial and temporal variations in soil erosion and deposition due to land-levelling in a semi-arid area of Basilicata (Southern Italy). *The Journal of the Earth Surf Process Landf*, **33**, 364-379.
- Carvalho, D. F. D., Durigon, V. L., Antunes, M. A. H., Almeida, W. S. D., & Oliveira, P. T. S. D. (2014). Predicting soil erosion using Rusle and NDVI time series from TM Landsat 5. *Pesq. agropec. Bras* **49**, 215-224.
- Cebel, H., Akgül, S., Doğan, O., & Elbaşı, F. (2013). Türkiye büyük toprak gruplarının erozyona duyarlılık “K” faktörleri. *Soil Water Journal*, **2**(1). 30-45
- Costea, M. (2012). Using the Fournier indexes in estimating rainfall erosivity. Case study-the Secasul Mare Basin. *Aerul si Apa.*, **1**(1), 313.320
- Cürebal, İ., & Ekinci, D. (2006). Kızılkeçili Deresi havzasında CBS tabanlı RUSLE (3d) yöntemiyle erozyon analizi. *Türk Coğ. Der.*, **47**, 115-129.
- Çelik, V., (2011). Değirmen deresi havzasında (Bolvadin-Afyonkarahisar) toprak erozyonu risk analizi. Yüksek Lisans Tezi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyonkarahisar*.
- ÇEM., (2013) *Erozyonla Mücadele Eylem Planı*. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Erozyonla Mücadele Müdürlüğü. Ankara, 101s
- ÇEM., (2016). *Türkiye’de Erozyon Kontrolü Çalışmaları* T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Erozyonla Mücadele Müdürlüğü Broşür, 4s

- Çilek, A., & Berberoğlu, S. (2013). Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla Seyhan Havzasında PESERA ve RUSLE erozyon modellerinin kıyaslanması. *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 2013*, 11-13 Kasım 2013, Ankara
- Çilek, a., Berberoğlu, s., Erdoğan, m. A., & Dönmez, c. (2014), PESERA ve RUSLE Erozyon modellerinin Akdeniz Ve Ege Havzalarındaki sonuçlarının karşılaştırılması. 5. *Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2014)*, 14-17 Ekim 2014, İstanbul
- ÇOB,(2010). *Türkiye Çevre sorunları ve öncelikleri Envanteri değerlendirme raporu (2007-2008 yılı verileriyle)* T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevresel Etki Değerlendirmesi Ve Planlama Genel Müdürlüğü Çevre Envanteri Dairesi Başkanlığı Çevre Durum Raporları Hazırlama Şube Müdürlüğü, Ankara, 185s
- ÇŞB. (2012). *Türkiye Çevre Sorunları Ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu* T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin Ve Denetim Genel Müdürlüğü Çevre Envanteri ve Bilgi Yönetimi Dairesi Başkanlığı Veri Değerlendirme Şube Müdürlüğü, Ankara, 196s
- ÇŞB., 2016. *Türkiye Çevre Sorunları Ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu (2014 yılı verileriyle)* T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin Ve Denetim Genel Müdürlüğü Çevre Envanteri Ve Bilgi Yönetimi Dairesi Başkanlığı Veri Değerlendirme Şube Müdürlüğü, Ankara, 126s
- ÇŞB., 2017. *Türkiye Çevre Sorunları Ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu (2015 yılı verileriyle)* T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin Ve Denetim Genel Müdürlüğü Çevre Envanteri Ve Bilgi Yönetimi Dairesi Başkanlığı Veri Değerlendirme Şube Müdürlüğü, Ankara, 148s
- Değerliyurt, M. (2014). Coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak orman yangınlarının erozyona etkisinin belirlenmesi, Amanos Dağları örneği. *Marmara coğrafya dergisi*, **29**, 195-219
- Dinçsoy, Y. (2013) *Yan derelerde erozyon ve rüsubat kontrolü* T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Su işleri yayınları, Ankara, 75s
- Diodato, N., Fagnano, M., & Alberico, I. (2011). Geospatial and visual modeling for exploring sediment source areas across the Sele river landscape, Italy. *Ital J Agron*, **14**, 85-92
- Doğan, O. (2011). Türkiye’de erozyon sorunu nedenleri ve çözüm önerileri. *Bilim ve Akıl Aydınlığında Eğitim*, **134**, 62-69.
- Efe, R., Ekinci, D., & Cürebal, I. (2008). Erosion analysis of call in Creek Watershed (NW of Turkey) using GIS based on Rusle (3d) method. *Res. J. Appl. Sci* **8**, 49-58.
- Erdem, M., (2017). *Erozyon Tahmin Modelleri İle Toprak Kaybının Hesaplanması*. Yüksek lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Ordu.
- Erkal, T. (2012). Çobanlar Havzası'nda (Afyonkarahisar) Toprak Erozyonunun Değerlendirilmesi. (*JASSS*), **8**, 543-562.

- Erpul, G. ve Saygın, S. D., 2012. Ülkemizdeki toprak erozyonu sorunu üzerine: Ne yapmalı. *SSST*, **1**, 26-32.
- Erpul, G., Şahin, S., Akgöz, R., İnce, K., Güden, A., Çetin, E., 2016. *Türkiye Yağışlarının Özellikleri ve Yenilenmiş Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği (YETKE) R Faktörü*. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 404s,
- Foster, G.R., Yoder, D.C., Weesies, G.A., McCool, D.K., McGregor, K.C., Bingner, R.L., 2002. *User's Guide-Revised Universal Soil Loss Equation Version 2 (RUSLE 2)*. USDA – Agricultural Research Service, Washington, DC, USA, 81p
- Ganasri, B. P., & Ramesh, H. (2016). Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS-A case study of Nethravathi Basin. *GSF*, **6**, 953-961.
- HGK, (2019), Harita Genel Komutanlığı Küre Yazılımı, Coğrafi yer adları
- Imamoglu, A., & Dengiz, O. (2016). Determination of soil erosion risk using RUSLE model and soil organic carbon loss in Alaca catchment (Central Black Sea region, Turkey). *Rend. Lincei* **28**, 11-23.
- İmamoğlu, A., Bahadır, M., Dengiz, O., 2017. Temporal Change Of C Factor (Land Use / Land Cover) Used In Rusle Erosion Model Applied Alaca Basin And Its Effect On Soil Loss. *The Journal of Academic Social Science Studies Int J Soc Sci* **61**, 321-336.
- İrvem, A., & Tülücü, K. (2004). Coğrafi bilgi sistemi ile toprak kaybı ve sediment verimi tahmin modelinin (EST) oluşturulması ve Seyhan-Körkün Alt Havzasına uygulanması. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **13**, 7-14
- Ismail, J., Ravichandran, S., (2008). RUSLE2 model application for soil erosion assessment using remote sensing and GIS. *Water Resour Manag*, **22**(1), 83-102.
- Jackson, J. A. (2005). *Glossary of geology*.. Springer published, Berlin, Germany, 800p.
- Jordán, A., Zavala, L. M., Granged, A. J., Gordillo-Rivero, Á. J., García-Moreno, J., Pereira, P., & Alanís, N. (2016). Wettability of ash conditions splash erosion and runoff rates in the post-fire. *Sci Total Environ*, **572**, 1261-1268.
- Kabanza, A. K., Dondeyne, S., Kimaro, D. N., Kafiriti, E., Poesen, J., & Deckers, J. A. (2013). Effectiveness of soil conservation measures in two contrasting landscape units of South Eastern Tanzania. *Z Geomorphol*, **57**(3), 269-288.
- Kalambukattu, J. G., & Kumar, S. (2017). Modelling soil erosion risk in a mountainous watershed of Mid-Himalaya by integrating RUSLE model with GIS. *Eurasian J. Soil Sci.* **6**(2), 92- 105
- Karabulut, M., & Küçükönder, M. (2008). Kahramanmaraş ovası ve çevresinde CBS kullanılarak erozyon alanlarının tespiti. *KSU J. Science and Engineering* **11**(2), 14-22.

- Karagöz, A., Doğan, O., Erpul, G., Dengiz, O., Sönmez, B., Tekeli, İ., Saygın, D. S., Madenoğlu S., 2015 Çölleşme, Kuraklık Ve Erozyonun Olası Etkilerinin Türkiye Ölçeğinde Değerlendirilmesi (s 118-140) *Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Bildiriler Kitabı-1*, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ankara
- Karpilo, R. D., & Toy, T. J. (2004). Non-agricultural C and P values for RUSLE. (pp. 995-1003). *National meeting of the American Society of Mining and Reclamation conference*. April 18-24 Lexington KY
- Kaya, M., (2005). *Erozyon Ve Sedimentasyon Araştırmalarında Radyonüklidlerin Kullanımı*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara
- Kaya, P. (2008). *Türkiye’de uzun dönem yağış verileri kullanılarak ulusal ölçekte RUSLE-R faktörünün belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Kızılelma, Y., & Karabulut, M. (2014). Mut Havzasında Erozyona Duyarlı Alanların Belirlenmesi. *Int J Soc Res*, **31**, 339-456
- Kim, H. S., (2006). *Soil erosion modeling using RUSLE and GIS on the Imha watershed, South Korea*, Doctoral dissertation, Colorado State University, USA
- Kinnell, P. I. A., (2010). Event soil loss, runoff and the Universal Soil Loss Equation family of models: A review. *J Hydrol*, **385**, 384-397.
- Kinnell, P.I.A., 2005. Raindrop-impact-induced erosion processes and prediction: a review, *Hydrol. Process.*, **14**, 2815-2844
- Koç, G. (2014). *Modifiye Edilmiş Ünlversal Toprak Kayıpları Eşitliği (Musle) Kullanılarak Tarsus (Mersin)–Topçu Deresi Alt Havzası'nda Erozyon Potansiyelinin Değerlendirilmesi*. Yüksek lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara
- Kumra, Singh. ve Prithvich, N., (1997) Silt Deprivation (Siltation) (pp 97-100), *Geography and Environment*. Volume 1. National Issues. Ashok Kumar Mittal Concept Publishing Company New Delhi. India
- Kurucu, Y., Altınbaş, Ü., Uysal, H., Bolca, M., Esetlili, M., Özen, F., & Altun, N. Y. (2010), Creating soil lost mapping of the karaburut peninsula by geographical information system and remote Sensing Techniques *Anadolu Tarım Bilim. Derg*, **25**, 20-28.
- Lafren, J. M. and Moldenhauer, W. C., (2003). *Pioneering Soil Erosion Prediction: The USLE Story* , World Association of Soil and Water Conservation Department of Soil and Water Conservation Ministry of Water Resources Publication. Beijing, China, 54p
- Lal, R. (2003). Soil erosion and the global carbon budget. *Environ Int*, **29**, 437-450.
- Lee, G. S., & Lee, K. H. (2006). Scaling effect for estimating soil loss in the RUSLE model using remotely sensed geospatial data in Korea. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, **3**, 135-157.

- Lin, Q., & Wang, X. (2006). Soil Erosion Prediction Using RUSLE with GIS: A case study in upper Chaobai River basin of China (pp. 1086-1089). In *2006 International Symposium on Geoscience and Remote Sensing* 31 July-4 Aug. 2006 Denver, CO, USA,
- Liu, B. Y., Nearing, M. A., Shi, P. J., & Jia, Z. W. (2000). Slope length effects on soil loss for steep slopes. *Soil Sci Soc Am J.*, **64**(5), 1759-1763.
- López-Vicente, M., & Navas, A. (2009). Predicting soil erosion with RUSLE in Mediterranean agricultural systems at catchment scale. *Soil Sci.* **174**, 272-282.
- MGM., (2016) *Thorntwaite İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye İklimi*, T.C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 25s
- MGM, (2018). *2018 Yılı İklim Değerlendirmesi*, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı , Ankara, 24s
- MGM, (2019). *Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Meteoroloji verileri*
- MTA, (2019); *Maden ve Tetkik Arama Müdürlüğü Jeoloji verileri*
- Mitasova, H., Hofierka, J., Zlocha, M., and Iverson, L. R., (1996). Modelling topographic potential for erosion and deposition using gis. *Int J. Geogr Inf Sci*, **10** 629-641
- Moore, I. D., & Wilson, J. P. (1992). Length-slope factors for the Revised Universal Soil Loss Equation: Simplified method of estimation. *J Soil Water Conserv.* **47**, 423-428.
- Morgan, R. P. C., 2005. *Soil erosion and conservation. 3rd ed.* Blackwell Publishing., Oxford, UK, 308p
- Nwakor, E. K., Mbajiorgu, C. C., & Ogbu, K. N. (2015). Assessment of soil erosion using RUSLE2 Model and GIS in upper Ebonyi river watershed Enugu state Nigeria. *IJRSG*, **4**, 7-17.
- OGM, (2014). *Türkiye Orman Varlığı*. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara, 28s
- OGM, (2019). Orman Genel Müdürlüğü Toprak haritası verileri
- Oğuz, İ., Cebel, H., Özden, Ş., Ayday, E., & Demiryürek, M., (2002). *Türkiye üniversal denklem toprak kaybı eşitliği rehberi*. T.C.Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Dairesi BaşkanlığıToprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 344s
- Oliveira, A. H., da Silva, M. A., Silva, M. L. N., Curi, N., Neto, G. K., and de Freitas, D. A. F., (2013). *Development of topographic factor modeling for application in soil erosion models*.(pp:111-138) In Soil processes and current trends in quality assessment.vol:4 Publisher InTechOpen
- Özcan, A. U. (2016), CBS ve RUSLE Teknolojisi Yardımıyla Çankırı-Ekinne Göleti Su Toplama Havzasında Toprak Kayıplarının Tahmin Edilmesi (s. 668-674) *Uluslararası Coğrafya Sempozyumu* 13-14 Ekim, Ankara

- Özdemir, M. A., & Dönmez, S. T. (2016). CBS Tabanlı RUSLE Yöntemiyle Işıklı Gölü Havzasının Erozyon Risk Analizi. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, **8**(1), 1-21.
- Özsahin, E. (2016). Alakir Çayı Havzasında (Antalya) Toprak Kaybının Mekânsal Dağılımı ve Etkili Faktörler/The Spatial Distribution of Soil Loss in Alakir Creek Basin (Antalya) and Factors Influential on It. *JOTAF* **13**(2), 123-134
- Özsahin, E., Duru, U., & Eroglu, I. (2018). Land Use and Land Cover Changes (LULCC), a key to understand soil erosion intensities in the Maritsa Basin. *Water* **10**(3), 335-350
- Özsahin, E. (2016). Ergene Havzasında (Trakya) arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişikliklerinin erozyon üzerine etkileri *Anatolia J Agric Sci* , **31**(1), 117-126.
- Özsahin, E., & Atasoy, A. (2014). Soil erosion estimation in Lower Asi River catchment using GIS. *Procedia Soc Behav Sci*, **120**, 730-739.
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Alewell, C., Lugato, E., & Montanarella, L. (2015). Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale. *Land use policy*, **48**, 38-50.
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., van der Zanden, E. H., Poesen, J., & Alewell, C. (2015). Modelling the effect of support practices (P-factor) on the reduction of soil erosion by water at European scale. *Environ Sci policy* **51**, 23-34.
- Panagos, P., Meusburger, K., Ballabio, C., Borrelli, P., & Alewell, C. (2014). Soil erodibility in Europe: A high-resolution dataset based on LUCAS. *Sci Total Environ*, **479**, 189-200.
- Parlak, M., Yiğini, Y., & Ekinci, H. (2014). Çanakkale Umurbey Ovası topraklarının erozyona duyarlılığının mevsimsel değişimi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, **2**(1), 123-131.
- Pektezel, H. (2015) Gelibolu Yarımadası'nda CBS tabanlı RUSLE (3d) yöntemiyle erozyon duyarlılık analizi. *ASOS journal*, **17**, 131-151
- Polyakov, V., and Lal, R., 2004. Modeling soil organic matter dynamics as affected by soil water erosion. *Environ Int*, **30**(4), 547-556.
- Reis, M., Bolat, N., Duta, H., & Abız, B. (2017). Producing Erosion Risk Map Using Remote Sensing Techniques and RUSLE Method in Halfalı Stream Watershed of Kahramanmaraş. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, **17**(1), 176-185.
- Renard, K.G., G.R. Foster., G.A. Weesies., D.K. McCool., and D.C. Yoder., (1997). *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*, Handbook No. 703. Publisher U.S. Department of Agriculture, Washington DC, USA, 404 pp
- Ritter, J., & Eng, P. (2012). *Soil erosion-causes and effects*. Ministry of Agriculture and Rural Affairs brochure, Ontario, Canada **12**,1-8
- Sağlamtimur, N. ve Sağlamtimur, B., 2018. Sucul ortamlarda ötrofikasyon durumu ve senaryoları. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **7**(1), 75-82.

- Sanchis, M. S., Torri, D., Borselli, L., & Poesen, J. (2008). Climate effects on soil erodibility. *Earth Surface Processes and Landforms: BGRG*, **33**(7), 1082-1097.
- Sarı, M., (2003). Toprak Erozyonuna Farklı Bir Bakış (s. 48-63) *Tema Eğitim Semineri Notları*, TEMA vakfı yayınları, İstanbul
- Saygın, S.D., Madenoğlu, S. ve Erpul, G., 2015. Türkiye’de toprak erozyonu ve Çölleşme. *Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi*, **15** , 64-69
- Sheikh, A. H., Palria, S., & Alam, A. (2011). Integration of GIS and universal soil loss equation (USLE) for soil loss estimation in a Himalayan watershed. *Recent res. sci. technol.* **3**(3). 51-57
- Simms, A. D., Woodroffe, C. D. And Jones, B. G., (2003). Application of RUSLE for erosion management in a coastal catchment (p. 678-683). *Integrative Modelling of Biophysical, Social and Economic Systems for Resource Managment Solutions International Congress*, 14-17 July, Queensland, Australia.
- Tağil, Ş. (2009). Çakırdere ve Yahu Dere Havzalarında (Balıkesir) toprak kaybının mekânsal dağılışı ve etkileyen faktörler. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, **12**(22), 23-39.
- Tağil, Ş. (2007). Tuzla Çayı Havzasında (Biga Yarımadası) CBS-Tabanlı RUSLE Modeli Kullanarak Arazi Degradasyonu Risk Değerlendirmesi. *Ekoloji Dergisi*, **16**(65), 11-20
- Tanyaş, H., Kolat, Ç., & Süzen, M. L. (2015). A new approach to estimate cover-management factor of RUSLE and validation of RUSLE model in the watershed of Kartalkaya Dam. *J Hydrol*, **528**, 584-598,
- TOB, (2019) T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Corine2012 Bitki Örtüsü Haritaları
- Torri, D., Poesen, J., & Borselli, L. (1997). Predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global dataset. *Catena*, **31**(1-2), 1-22.
- TUİK, (2019). Türkiye İstatistik Kurumu Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Verileri
- Van Remortel, R, Hamilton and R. Hickey M., (2001). "Estimating the LS Factor for RUSLE through Iterative Slope Length Processing of Digital Elevation Data within ArcInfo Grid," *Cartography*, **30**, 27-35,
- Van Remortel, R. D., Maichle, R. W., & Hickey, R. J. (2004). Computing the LS factor for the Revised Universal Soil Loss Equation through array-based slope processing of digital elevation data using a C++ executable. *Comput. Geosci.* **30**, 1043-1053.
- Wang, B., Zheng, F. and Guan, Y., (2016). Improved USLE-K factor prediction: A case study on water erosion areas in China. *International J Soil Water Conserv.* **4**, 168-176.
- Wang, B., Zheng, F. and Römken, M. J., (2013). Comparison of soil erodibility factors in USLE, RUSLE2, EPIC and Dg models based on a Chinese soil erodibility database. *Plant Soil*, **63**, 69-79.
- Wischmeier, W. H. and Smith, D. D., (1965). *Rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains, guide for selection of practices for soil and water conservation Agriculture Handbook*, 282. Washington DC, USA, 49p

- Yılman, F. E., (2009). *Predicting soil loss in the catchment of Eldivan-Sarayk y-II dam ( ankırı) by the RUSLE methodology*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi ,Ankara
- Yılmaz, H., (2010) *K rk  ayı havzasının uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak erozyon riskinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ
- Zhao, W. W., Fu, B. J., & Chen, L. D. (2012). A comparison between soil loss evaluation index and the C-factor of RUSLE: a case study in the Loess Plateau of China. *Hydrol Earth Syst Sci.***16**(8), 2739-2748.



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Oğuz GÖKCE
Doğum Yeri ve Tarihi: Sivas. 1985
Adres: Ataşehir Mh. Merkez/ELAZIĞ
E-Posta: oguzgokce18@gmail.com
Lisans: Konya Selçuk Üniversitesi, Ziraat Mühendisliği