



**FARKLI TOPRAK SERİLERİNİN YÜZEY AKIŞ VE TOPRAK
KAYIPLARININ WEPP HILLSLOPE MODEL İLE TAHMİN EDİLMESİ**

ERHAN ÖZER

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI
Doç. Dr. İrfan OĞUZ
Temmuz - 2019
Her hakkı saklıdır

**T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI TOPRAK SERİLERİNİN YÜZEY AKIŞ VE TOPRAK
KAYIPLARININ WEPP HİLLSLOPE MODEL İLE TAHMİN EDİLMESİ**

ERHAN ÖZER

**TOKAT
Temmuz - 2019**

Her hakkı saklıdır

Erhan ÖZER tarafından hazırlanan “**Farklı Toprak Serilerinin Yüzey Akış ve Toprak Kayıplarının Wepp Hillslope Model İle Tahmin Edilmesi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 26 TEMMUZ 2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği / Oy Çokluğu ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Doç. Dr. İrfan OĞUZ

Üye
Prof. Dr. Rasim KOÇYİĞİT

Üye
Prof. Dr. Alper DURAK


.....

.....

.....

ONAY


.....
Prof. Dr. Çetin ÇEKİC
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdığı yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.



Erhan ÖZER

26 Temmuz 2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI TOPRAK SERİLERİNİN YÜZEY AKIŞ VE TOPRAK KAYIPLARININ WEPP HILLSLOPE MODEL İLE TAHMİN EDİLMESİ ERHAN ÖZER

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI:DOÇ DR. İRFAN OĞUZ)

Hızlandırılmış erozyon, aynı anda olmak üzere bir taraftan toprak kaybı ve diğer taraftan sediment birikimine yol açarak arazilerin verimliliğinde zamanla azalmalara yol açar. Bu ve buna benzer olumsuz etkileri, farklı iklimlerde ve zaman aralığında, farklı amenajman uygulamaları altında yönetebilmek için planlayıcılara sediment tahmin modelleri katkı sağlar. Bu çalışma, Orta Karadeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü arazisinde yayılım gösteren 4 farklı toprak serisi ve 3 farklı arazi kullanımı altında enstitü arazisinin sürdürülebilirliğini incelemek amacıyla yürütülmüştür. Bu seriler Akış serisi (%12 eğimli), Deneme serisi (%5 eğimli), Elmalı serisi (%8 eğimli) ve Yeşilirmak serisi (%2 eğimli)'dir. Zaman içerisinde, her bir seride arazi kullanımı ve sulama yöntemleri değişmiştir. Bu durum, toprak erozyonunu ve sediment verimini etkilemiştir. Ayrıca, çalışma alanı geçit iklim kuşağında bulunduğundan küresel iklim değişikliğinin etkilerine açık bir durumdadır. Araştırmada sediment verimini belirlemek amacıyla Water Erosion Prediction Project (WEPP) model kullanılmıştır. WEPP modeli oluşturan CLimate GENerator (CLIGEN) iklim modeli ile 1967-2016 yılları arasındaki 50 yıllık zaman aralığında yağış parametrelerinin simülasyonu yapılmıştır. Hem yıllık hem de aylık yağış ortalamalarına göre CLIGEN modeli yöre koşulları için değerlendirilmiştir. CLIGEN iklim modeli aylık yağışları benzeştirmede daha başarılı olmuştur. Çalışma yılları arasında WEPP model toprak kayıpları tahmin sonuçlarına göre, orman arazi kullanım türünde herhangi bir toprak kaybı meydana gelmemiştir. Akış Serisi meyve ve tarım (buğday-ayçiçeği-şekerpancarı ekim nöbeti) alanları için sırasıyla 0.063 ve 1.267 kg m⁻² toprak kaybı meydana gelmiştir. Deneme Serisi meyve ve tarım (buğday-ayçiçeği-şekerpancarı ekim nöbeti) alanlarında tahmin edilen toprak kayıpları sırasıyla 0.035 ve 1.340 kg m⁻² olmuştur. Elmalı Serisi buğday-ayçiçeği-şekerpancarı ekim nöbeti uygulanan tarım alanlarında ortalama toprak kaybı 1.575 kg m⁻² olarak tahmin edilmiştir. Oldukça düz bir eğime sahip ve Kazova topraklarının tipik özelliklerine sahip Yeşilirmak Serisi topraklarında işlemeli tarım arazilerinde WEPP model tahminine göre az miktarda toprak kaybı oluşmuştur. Çalışma sonucuna göre enstitü arazisi mevcut haliyle toprak kayıpları bakımından sürdürülebilir tarımsal yönetim altında bulunduğu söylenebilir.

2019, 104 SAYFA

ANAHTAR KELİMELER: Tokat, Toprak Erozyonu, WEPP Model

ABSTRACT

MASTER THESIS

ESTIMATION OF SURFACE FLOW AND SOIL LOSSES OF DIFFERENT SOIL SERIES BY WEPP HILLSLOPE MODEL ERHAN OZER

**TOKAT GAZIOSMANPASA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION

(SUPERVISOR:)ASSOC. PROF. DR. IRFAN OGUZ

Soil erosion has become one of the global environmental hazards that limit today's human survival and thus restricts global socioeconomic sustainable development. Therefore, a model is needed to guide the comprehensive control of soil erosion. In this study, we were used the WEPP model to simulate soil erosion and runoff in different soil series and land use types of the Middle Black Sea Transitional Zone Agricultural Research Institute lands in Tokat. The soil series in the study area are four soil series: Akış (12% slope), Deneme (5% slope), Elmalı (8% slope) and Yeşilirmak (2% slope). The meteorological data for 50 years (1967–2016) were collected from the meteorologic station in the Institute. Soil loss of 0.063 and 1.267 kg m⁻² was calculated for Akış Series orchard and cropland (wheat-sunflower-sugar beet crop rotation) areas, respectively. The WEPP model estimated the soil losses for the Deneme Soil Series orchard and farmland (wheat-sunflower-sugar beet crop rotation) areas at 0.035 and 1.340 kg m⁻², respectively. The average soil loss in agricultural areas where Elmalı series wheat-sunflower-sugar beet crop rotation was applied was estimated as 1.575 kg m⁻². Quite low amount soil loss in Yeşilirmak Series farmland which is quite flat. According to the results of the study, the land of the institute was found sustainable in terms of soil losses.

2019, 104 PAGES

KEYWORDS: Tokat, Soil Erosion, WEPP Model

ÖNSÖZ

Tezde, Tokat/Kazova Bölgesindeki belirli bir lokasyondaki 4 farklı toprak serisinde 50 yıllık iklim verilerine, toprak ve bitki örtüsü gibi bilgilere dayanarak oluşabilecek toprak kayıpları tahmin edilmiştir. Çalışmada çok fazla parametre ve bilgi harmanlanarak yoğun hesaplamalar yapılmıştır. Gerekli hassasiyetin gösterildiği bu çalışmada vazgeçilmez ve değeri paha biçilmez olan toprağın olası kayıplarının projeksiyonu yapılmıştır. Bu sayede toprağın korunumu için gerekli tedbirlerin doğru ve zamanında alınmasına bir ışık tutacağına inanıyorum.

Bu çalışmada beni her zaman gayretlendiren eşim Aslıhan ÖZER'e, danışmanın Doç. Dr. İrfan OĞUZ'a (Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi) ve yardımlarını ve bilgisini esirgemeyen Dr. Saniye DEMİR'e (Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi) çok teşekkür ederim.

Erhan ÖZER

26 Temmuz 2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM	12
3.1. Materyal	12
3.1.1. Araştırma yeri	12
3.1.2. Toprak özellikleri.....	12
3.1.3. İklim Özellikleri.....	18
3.1.4. Jeoloji.....	18
3.1.5. Arazi Kullanma ve Bitki Örtüsü Durumu.....	19
3.2. Yöntem	20
3.2.1. Erozyon Modelleri	20
3.2.2. Karık Sulamanın Erozyona Etkisi ve Modellenmesi	23
3.2.3. Sulama Erozyonunu Etkileyen Faktörler	24
3.2.4. Toprak Örneklerinin Alınması ve Yapılan Analizler.....	28
3.2.5. WEPP Model	29
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	37
4.1. CLIGEN İklim Modeli Sonuçlarının Değerlendirilmesi	37
4.1.1. Yıllık Toplam Yağışların Değerlendirilmesi	37
4.1.2. Aylık Toplam Yağışların Değerlendirilmesi	42
4.2. Araştırma Yeri Toprak Serileri Yüzey Akış Ve Toprak Kayıpları	54
4.2.1. Elmalı Serisi toprakları yüzey akış ve toprak kayıpları	54
4.2.2. Deneme Serisi toprakları yüzey akış ve toprak kayıpları	65
4.2.3. Akış Serisi Toprakları Yüzey Akış ve Toprak Kayıpları.....	78
4.2.4. Yeşilirmak Serisi toprakları yüzey akış ve toprak kayıpları	93
4.3. Orta Karadeniz Geçit Kuşağı Araştırma Enstitüsü Farklı Toprak Serilerinin Yüzey Akış ve Toprak Kayıplarının Karşılaştırılması	94
5. SONUÇ	98
6. KAYNAKLAR	100
7. ÖZGEÇMİŞ	104

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar	Açıklama
ABD1	Amerika Birleşik Devletleri
ABD2	Ana Bilim Dalı
ANSWERS	Areal Non point Source Watershed Environment Response Simulation
CLIGEN	Command-Line Interface generator
cm	Santimetre
Ç	Çarpıklık
EUROSEM	Avrupa Toprak Erozyon Modeli
E_{NS}	Nash-Sutcliffe Modeli Verim Katsayısı
EPIC	Environmental Policy Integrated Climate
GIS	Küresel Konumlama Sistemi
KDK	Katyon Değişim Kapasitesi
kg m⁻²	kilogram / metrekare
LISEM	Limburg Toprak Erozyon Modeli
Mesic	Orta Sıcaklık
m	Metre
meq l⁻¹	milieküvalangram / litre
mm	Milimetre
mm h⁻¹	Hız Birimi (milimetre/saat)
m s⁻¹	Hız Birimi (metre/saniye)
OFE	Overland Flow Element
ORT.	Ortalama
Pa	Basınç Birimi (Pascal)
pH	Asitlik (Hidrojen İyonu Konsantrasyonunun Negatif Logaritması)
P(D/W)	Tahmin Edilen Aylık Yağışların İstatistiki (Kuru)
P(W/W)	Tahmin Edilen Aylık Yağışların İstatistiki (Islak)
R²	Regresyon katsayısı
RMSE	Ortalama Karekök Hatası
RUSLE	Yenilenmiş Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği
SALB	Toprağın Albedosu
SS.	Standart Sapma
SWAT	The Soil & Water Assessment Tool
ton ha⁻¹yıl⁻¹	ton / hektar / yıl
ton ha⁻¹	ton / hektar
USLE	Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği
Ustic	Orta Nem
TK	Toprak Kaybı (ton ha ⁻¹)
WEPP	The Water Erosion Prediction Project
YA	Yüzey Akış (mm)
°C	Santigrad derece

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Araştırma yeri yer buldur haritası.....	12
Şekil 3.2. Çalışma alanı toprak haritası	14
Şekil 3.3. Çalışma alanı toprak serileri dağılımı.....	15
Şekil 3.4. Çalışma alanı eğim sınıfları haritası	16
Şekil 3.5. Çalışma alanı tekstür grupları haritası	17
Şekil 3.6. Buğday-ayçiçeği-şekerpancarı amenajman veri giriş dosyası.....	35
Şekil 3.7. Meyve arazi kullanımı amenajman veri giriş dosyası	35
Şekil 3.8. Orman arazi kullanımı amenajman veri giriş dosyası	36
Şekil 4.1. Araştırma süresince gözlenen ve simüle edilen yıllık yağışlar.....	39
Şekil 4.2. Gözlenen ve tahmin edilen yıllık toplam yağışların karşılaştırılması	41
Şekil 4.3. Gözlenen ve CLIGEN ile simüle edilen yıllık toplam yağış arasındaki ilişki	41
Şekil 4.4. Elmalı Serisi tarım alanları (Buğday-Ayçiçeği) için Model bilgi ekranı	55
Şekil 4.5. Elmalı Serisi Meyve Bahçesi için Model bilgi ekranı	64
Şekil 4.6. Elmalı Serisi Orman Arazi Kullanım Türü İçin Model bilgi ekranı.....	65
Şekil 4.7. Deneme Serisi Tarım (Buğday-Ayçiçeği-Şeker Pancarı) Arazi Kullanım Türü İçin Model bilgi ekranı.....	66
Şekil 4.8. Deneme Serisi Meyve Bahçesi için Model bilgi ekranı	72
Şekil 4.9. Akış Serisi tarım alanları (buğday-ayçiçeği-Şekerpancarı) için Model bilgi ekranı.....	78
Şekil 4.10. Akış Serisi Meyve Bahçesi için Model bilgi ekranı	87
Şekil 4.11. Akış Serisi Orman Arazi Kullanım Türü İçin Model bilgi ekranı.....	93
Şekil 4.12. Yeşilirmak Serisi tarım alanları (buğday-şekerpancarı) için Model bilgi ekranı.....	93
Şekil 4.13. Yeşilirmak Serisi tarım alanları (Meyve Bahçesi) için Model bilgi ekranı..	94
Şekil 4.14. Yeşilirmak Serisi tarım alanları (Yonca) için Model bilgi ekranı	94
Şekil 4.15. Farklı fizyografyadaki serilerin üst 20 cm derinliğini kaybetmesi için hesaplanan süre	97

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Araştırma yeri uzun yıllar bazı iklim verileri (1967-2016)	18
Çizelge 3.2. Toprak özellikleri veri giriş dosyası	34
Çizelge 4.1. Gözlenen ve CLIGEN ile simüle edilen yıllık toplam yağış miktarı	39
Çizelge 4.2. Gözlenen ve CLIGEN ile simüle edilen yıllık toplam yağış miktarı	40
Çizelge 4.3. Yıllık gözlenen ve CLIGEN ile tahmin edilen yağışların bazı istatistiksel değerlendirilmesi.....	42
Çizelge 4.4. Aylık gözlenen ve simüle edilen yağışların tanıtıcı istatistikleri.....	44
Çizelge 4.5. Buğday- Ayçiçeği-Şeker Pancarı ekim nöbetinde Elmalı Serisi için WEPP model yıllık tahmini yüzey akış ve toprak kayıpları.....	58
Çizelge 4.6. Buğday- Ayçiçeği-Şeker Pancarı ekim nöbetinde Elmalı serisi tarım alanları için Bireysel Olay Model Sonuçları.....	59
Çizelge 4.7. Elmalı serisi toprakları Buğday-Ayçiçeği ekim nöbetinde yıllık olay sayısı, yüzey akış ve toprak kayıpları	63
Çizelge 4.8. Buğday-Ayçiçeği-Şeker Pancarı ekim nöbetinde Deneme Serisi için WEPP model yıllık tahmini yüzey akış ve toprak kayıpları.....	68
Çizelge 4.9. Buğday-Ayçiçeği-Şeker Pancarı Deneme serisi tarım alanları için Bireysel Olay Model Sonuçları	69
Çizelge 4.10. Deneme serisi toprakları Buğday-Ayçiçeği-Şeker Pancarı ekim nöbetinde yıllık olay sayısı, yüzey akış ve toprak kayıpları	71
Çizelge 4.11. Meyve Bahçesi Arazi Kullanım Türünde Deneme Serisi için WEPP model yıllık tahmini yüzey akış ve toprak kayıpları.....	74
Çizelge 4.12. Deneme serisi Meyve Bahçesi alanları için Bireysel Olay Model Sonuçları	75
Çizelge 4.13. Deneme serisi toprakları Meyve Bahçesi Arazi Kullanım Türünde yıllık olay sayısı, yüzey akış ve toprak kayıpları	77
Çizelge 4.14. Buğday-Ayçiçeği-Şeker Pancarı ekim nöbetinde Akış Serisi için WEPP model yıllık tahmini yüzey akış ve toprak kayıpları.....	82
Çizelge 4.15. Buğday-Ayçiçeği-Şeker Pancarı ekim nöbetinde Akış serisi tarım alanları için Bireysel Olay Model Sonuçları.....	83
Çizelge 4.16. Akış serisi toprakları Buğday-Ayçiçeği-Şeker Pancarı ekim nöbetinde yıllık olay sayısı, yüzey akış ve toprak kayıpları	86
Çizelge 4.17. Meyve Bahçesi Arazi kullanım türü için Akış Serisi için WEPP model yıllık tahmini yüzey akış ve toprak kayıpları.....	89
Çizelge 4.18. Akış serisi Meyve Bahçesi alanları için Bireysel Olay Model Sonuçları.	90
Çizelge 4.19. Akış Serisi toprakları Meyve Bahçesi Arazi Kullanım Türünde yıllık olay sayısı, yüzey akış ve toprak kayıpları	92
Çizelge 4.20. Farklı toprak serilerinin yüzey akış, toprak kaybı ve 20 cm kalınlıkta toprağın yitilmesi için gerekli zaman	97

1. GİRİŞ

İnsan etkisiyle tarım, maden, endüstriyel ya da yerleşim amaçlı olarak tarım, orman ve mera arazilerinin yok edilmesi gibi zararlı faaliyetler sonucunda, toprak yüzeyinin hidrolojik özellikleri bozulmaktadır. Bir havzada ya da bir alanda böyle bir değişim meydana geldiğinde kısa veya uzun süreli değişimler görülmektedir. Bu değişimler yüzey akıştaki şiddetin artması, hızlandırılmış erozyon, çeşitli türde arazi bozulmaları, kuraklık ve yeraltı su seviyesinin azalması gibi yıkıcı etkilere yol açmakta ve doğal kaynakların sürdürülebilirliğini sınırlamaktadır.

Bitki örtüsü, arazi kullanımı ve hidrolojik özellikler erozyon ve sediment taşınma süreçleri ile çok yakından ilişkili olduğundan dolayı; bu süreçler iklim ve insan aktivitesine bağlı değişimlere karşı oldukça duyarlıdır. Ormanların yok edilmesi, şehirleşme ve altyapı çalışmaları ile tarım arazilerinin azalması, kum ocakları, baraj inşaatları gibi faaliyetler, toprak su koruma ve sediment kontrolü için birtakım problemlere neden olmaktadır.

Toprak erozyonu, arazi bozulmasının en önemli bir çeşididir. Arazi amenajmanının yeterli olmadığı arazilerde çok fazla toprak kayıpları meydana gelmekte ve bu durum ürün verimliliği ile yiyecek ihtiyacının karşılanmasında çok ciddi problemlere yol açmaktadır.

Arazi kullanımındaki değişimler, dünyadaki toprak yüzeyinin büyük bir kısmının bozulmasına neden olmakta ve bu kaynakların devamlılığı açısından büyük bir tehlike oluşturmaktadır. Günümüzde bu değişimler çevre açısından evrensel bir problem olarak kabul edilmektedir. Arazide ya da bir havzada meydana gelen bu değişiklikler infiltrasyon azalması, yeraltı suyu miktarının sınırlanması, artan yüzey akış, kuraklık ve taşkınlar gibi hidrolojik süreçlerin bozulmasına neden olmasından dolayı mevcut depolanan su durumunu olumsuz olarak etkilemektedir.

Bütün bu olumsuzluklarla mücadele edebilmek için farklı koşullara sahip arazilerin yüzey akış ve toprak kayıpları miktarının tahmin edilmesi çok önemlidir. Bu amaç için geliştirilmiş birçok erozyon modeli bulunmaktadır. Bu modeller yağışa bağlı olarak toprak yapısında meydana gelen çok karmaşık etkileşimleri belli bir doğrulukta tahmin

ederler. Böylece mevcut arazi kullanımında öngörülen değişikliklerin gerçekleştirilmesi durumunda olası sonuçlar hakkında fikir verirler. Toprak erozyonunda kullanılan simülasyon modelleri, yamaç ve havzalarda meydana gelen süreçler ve bu süreçlerin birbirleri ile olan etkileşimleri hakkında bilgi verdiği için önemlidir. Bundan dolayı, toprak su koruma çalışan araştırmacılar model tahminlerini dikkate alarak havza ya da yamaç arazilerinde daha doğru bir planlama yapabilmektedir.

Toprak kayıplarının sedimente dönüşmesi, taşınması ve birikmesi olayları erozyon süreçlerini oluşturur. Bu süreçler toprak kalınlıklarında değişikliklere, arazi şekillerinde olumlu veya olumsuz değişimlere, toprakların hidrolojik karakteristiklerinde değişimlere yol açmaktadır. Erozyon süreçleri toprak kayıp tolerans değerinin altında olması durumunda jeolojik erozyon olarak verimli araziler oluşturan bir işlem olarak kabul edilir. Jeolojik erozyon çok yavaş gelişen bir süreçtir ve toprağın yapısına zarar vermemektedir (Walling,2009). Toprak kayıp tolerans değerinin üzerinde oluşan toprak kayıpları hızlandırılmış erozyondur ki sürdürülebilirlik bakımından zararlı ve tahripkâr sonuçlara yol açar. De Roo ve Jetten (1999) 'e göre yüksek toprak kayıpları, erozyon problemi olan alanlarda genellikle faydalı olmamaktadır.

Erozyonu nitel olarak değerlendirilmesi ve ihtiyaç halinde iyileştirici doğru yönetim stratejilerinin geliştirilmesi için ekonomik, kabul edilebilir ve öngörülebilir sonuçlar üreten erozyon modelleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Bir alanda ya da havzada sediment verimini azaltmak için gerekli stratejileri geliştirmek ve uygulamak için sediment oluşum mekanizmalarının tanımlanması ve miktarının belirlenmesi ile tarihsel veriler incelenmek suretiyle, bu mekanizmalarının nasıl geliştiğinin anlaşılması gerekmektedir.

Fiziksel toprak bozulmasının başat rol oynayıcısı erozyondur. Arazi bozulması hem doğal hem de insan faktörüne bağlı olarak ortaya çıkan bir süreçtir. Lal ve Stewart (1990), doğal şartlar altında ve insani faaliyetlere bağlı olarak toprağın kalitesinin bozulması olayını toprak bozulması olarak tanımlamışlardır. Toprak bozulmasını, biyolojik, fiziksel ve kimyasal bozulma olarak üç sınıfa ayırmışlardır. Toprağın fiziksel bozulmasını toprağın kabuk bağlaması, sıkışma, toprak strüktürünün bozulması ve erozyon olayları

oluşturmaktadır. Asidifikasyon, salinizasyon, besin elementleri ve verimliliğin azalması ise kimyasal bozulmanın görülmesine neden olmaktadır.

Su erozyonuna bağlı olarak meydana gelen arazi bozulması, insanların hayati ihtiyaçlarının karşılanması için gerekli olan toprak, arazi ve su kaynaklarını ciddi olarak tehdit etmektedir. Rüzgar veya su ile toprak yüzeyinin aşınması ve taşınması erozyon olarak tanımlanmaktadır. El-Swaify (1994) ve Maalim ve ark. (2013), yeryüzündeki yaklaşık 2 milyon hektar arazinin %55'inin su erozyonuna maruz kaldığını yapmış oldukları çalışmada ifade etmişlerdir. Yeryüzünde uzun süre insani faaliyetlere maruz kalmış ve su erozyonuna uğramamış bir bölge bulunmamaktadır. Otlatma, yamaç arazisi üzerinde korumasız toprak işleme, yol inşaatları, monokültür tarım gibi insan faaliyetler toprak erozyonunu çok yakından etkilemektedir.

Toprak erozyonu jeolojik ve hızlandırılmış erozyon olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Herhangi bir insani etki olmaksızın, doğal şartlar altında meydana gelen erozyon jeolojik erozyon olarak isimlendirilmektedir. Toprak oluşumu ve erozyon arasında bir denge söz konusudur. Bu denge, tarımsal faaliyetler sonucu ortaya çıkan hızlandırılmış erozyon ile bozulmaktadır.

Yüzey akış ve yağmur damlalarının çarpma etkisine bağlı olarak, yüzeydeki toprak parçacıklarının ayrışması olayına su erozyonu denilmektedir. Yüzey ya da parmaklar arası (interrill) erozyon, parmak (rill) ve kanal erozyonu su erozyonunu meydana getiren süreçlerdir. Yüzey erozyonu, yağmur damlalarının etkisiyle toprak partiküllerinin ayrışma ve taşınması sonucu meydana gelmekte olup, yüzey akış sığ bir derinliğe sahiptir (Lal, 1990). Bu erozyonda belirgin bir kanal oluşumu gözlenmemektedir. Yüzeyden hemen hemen hiç belli olmayan ince bir toprak tabakası taşınmaktadır. Yüzey akış ile toprağın taşınması ve farklı büyüklükte kanalların oluştuğu erozyon ise parmak erozyonu olarak ifade edilmektedir. Şiddetli yağış ya da aşırı sulama sonucunda meydana gelen yüzey akış, küçük kanallar ile taşınmaktadır. Parmak erozyonu ayrışma, sıçrama ya da yüzey akışın hareketi sırasında meydana gelmektedir. Yüzey akışın şiddetinin fazla olduğu durumlarda derin parmaklar oluşmaktadır (Houghton, 1984). Bunlar sel yarıntısı (gully) olarak isimlendirilmektedir. Sel yarıntılarını arazide toprak işleme ile kolaylıkla bozulmayacak oluşlarıyla parmak erozyonundan ayrılırlar. Erozyonun bu iki çeşidi,

toprak verimliliği üzerinde oldukça büyük bir etkiye sahiptir (Foster, 1988). Sel yarınması erozyonu oldukça karmaşık bir süreçtir. Herhangi bir alanda, toprak işleme olmaksızın taşınmış topraklardan oluşan büyük kanallar ile karakterize edilmektedir (Houghton, 1984).

Erozyon ayrışma, taşınma ve birikme süreçlerinden oluşmaktadır. Yüzey akışın şiddeti toprağın dayanım gücünü aştığında ya da yağmur damlalarının aşındırıcı gücü fazla olduğunda meydana gelen süreç ayrışma olarak tanımlanmaktadır. Ayrışan partiküllerin yağmur damlalarının etkisiyle sıçrama ya da yüzey akış ile sürüklenerek buldukları yerden başka yere götürülmesi ise taşınma olarak ifade edilmektedir. Bir partikülün sediment yükü, taşınma kapasitesini aştığında ise birikme meydana gelmektedir. Bu süreçler parmak ve parmaklar arası erozyon oluşumuna sebep olmaktadır. Alanda alınan toprak ve su koruma önlemleri, yağışın şiddeti ve miktarı, bitki örtüsü, şevin eğimi ve uzunluğu parmak ve parmaklar arası erozyon ile yakından ilişkilidir. Parmaklar arası alanlarda erozyon, parmak erozyonundan bağımsız olmakla birlikte; parmaklarda oluşan erozyon, yüzey akış ve sediment birikimine bağlı olarak meydana gelmektedir. Parmaklar arası erozyon alanlarındaki sediment girişi, parmak alanlarındaki yüzey akışın taşıma kapasitesini aşarsa birikme meydana gelmektedir. Bunun tam tersi olduğunda ise, topraktaki partiküllerin erosiv güçlere karşı dayanımı azalmakta ve o zamanda ayrışmayla birlikte parmaklar oluşmaktadır.

Erozyon süreçlerinin ana kaynağını yağış ve yüzey akışlar oluşturmaktadır. Bundan dolayı, yağışlar su erozyonunun başlıca nedeni olarak gösterilmektedir (Verburg ve ark., 2004). Erozyona neden olan yağışlar, erosiv yağışlar olarak tanımlanmaktadır. Yağışın miktarı ve en yüksek şiddeti, erozyonun miktarını etkileyen en önemli iki yağış karakteristiğidir. Yüzey akışın şiddeti ve en yüksek değeri, yüzey akışın aşındırma derecesi ile ölçülmektedir (Foster, 1988). Yağışların erosivitesi, bireysel yağışların toplam kinetik enerjileri ve 30 dakikalık en fazla yoğunluğuna göre belirlenmektedir. Ekstrem yağışlar erozyonun derecesini artırmaktadır. Olay esaslı modeller, bu yağış olaylarını erozyonu tahmin etmek için kullanılmaktadır.

Toprak aşınma duyarlılığı, dış faktörlerin etkisiyle meydana gelen ayrışma ve taşınma süreçlerine karşı toprağın gösterdiği dayanım gücü olarak tanımlanmaktadır (Hudson,

1995). Toprak aşınımına duyarlılığı, bünye, organik madde içeriği, strüktür ve permeabilite gibi toprak özelliklerinden oldukça fazla etkilenmektedir. Toprak erodibilitesi, toprağın silt ve çok ince kum miktarının artmasıyla artmakta; kil ve organik madde içeriğinin artması ile de azalmaktadır. Toprağın agregat stabilitesi ve infiltrasyon miktarı; agregat büyüklüğü, hacim ağırlığı, toprak tekstürü ve strüktürü ile ilişkilidir (Foster, 1988). Romkans ve ark. (1977), yüksek kil içeriğine sahip toprakların agregat stabilitesinin arttığını ifade etmiştir. Toprak yapısında mevcut dayanım ve yüksek su geçirgenliği toprakların erozyona duyarlılığını azaltarak erozyona karşı daha dayanıklı olmalarını sağlar.

Deneysel çalışmalar, genel olarak orta ve iri taneli partiküllerin kolay bir şekilde ayrıştığını, killerin ise ayrışmaya karşı daha fazla direnç gösterdiğini ortaya koymuştur (Morgan, 2005). Toprak zerrelerinde görülen parçalanma yağmur damlalarının sahip oldukları kinetik enerjiden kaynaklanmaktadır. Killerin aşırı yapışkan olması ya da partiküllerin birbirlerine kimyasal bağlar ile bağlanmaları, toprakların aşınmaya karşı dayanım gücünü artırmaktadır. Wischmeier ve Mannering (1969), silt içeriğinin azalmasıyla aşınım duyarlılığının azaldığını ifade etmişlerdir. Siltli topraklarda meydana gelen yüksek aşınım duyarlılık, bu toprakların strüktürel yapılarının zayıf olmasından kaynaklanmaktadır. Siltli topraklarda yağmur damlalarının etkisiyle yüzeyde hızlı bir şekilde kaymak tabakası oluşmaktadır. Bu durum siltli toprakların yeterince küçük taneciklere sahip olmakla birlikte, agregat oluşturabilecek elektriksel yüklerinin eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Sonuçta küçük toprak partikülleri agregatlaşmadan yığınlar halinde teksele dizilimler şeklinde kümeleşmektedir. Killi topraklar küçük zerreler ve sahip oldukları elektriksel yüklerin etkisi ile flokülasyon göstererek çok iyi agregatlaşabilirler. Bu durum, toprakların erozyona daha dayanıklı olmasına yol açar. Kumlu topraklar siltli topraklarda olduğu gibi yetersiz flokülasyon gösterir ancak zerre iriliği daha fazla olmasının bir sonucu olarak partikülleri arasındaki iri porlar görülür. Bu yüksek gözenekli yapı, suyun toprak profilinde hızlıca hareket etmesini sağlar ve yüzey akış azalır. Sonuçta kumlu topraklar çok düşük agregasyon göstermekle birlikte yüksek infiltrasyon ve düşük yüzey akış ile yüksek zerre iriliğine bağlı olarak erozyona çok az maruz kalırlar. Ancak, kumlu topraklar içerisinde çok ince kum (0.05-0.1 mm) fraksiyonu kum fraksiyonundan ziyade silt fraksiyonu gibi davranmakta ve bu nedenle erozyona daha fazla maruz kalmaktadır (Metternicht, 1996).

Toprağın organik madde içeriği toprak strüktürü, kök penetrasyonu, su tutma kapasitesi ve infiltrasyon ile yakından ilişkilidir. Bundan dolayı toprak kayıpları üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir (Pacheco ve ark., 2014). Wischmeier ve Smith (1978), toprağın organik madde içeriğinin artmasıyla aşınım duyarlılığın azaldığını ifade etmişlerdir. Toprakta bir çimento malzemesi olarak organik maddenin rolü çok önemlidir. Organik madde/kil içeriği >0.07 ise, toprakların strüktürel stabilitesinde artış meydana gelmektedir (Valentin, 2004).

Toprak strüktürü toprağın agregat stabilitesinin göstergesidir. Kil ve organik madde içeriği, kireç, bağlayıcı malzemeler, bitki kökleri, su tutma kapasitesi ve infiltrasyon agregat stabilitesini etkileyen en önemli toprak özellikleridir. İnfiltrasyonun artmasıyla birlikte, kabuk oluşumu azalmaktadır (Ekwue, 1990). Büyük stabil agregatlar toprakta ayrışma ve taşınmayı engeller. Çünkü bu porlar içerisinde su rahat bir şekilde dolaşmakta ve suyun sürüklenme gücüne daha fazla dayanmaktadır.

Toprağın yağışlardan önceki nem içeriği, yağışlara bağlı olarak oluşacak yüzey akış miktarını etkilemektedir. Yüzey akışın şiddeti, toprak doymun olduğunda ve yağışın başlarında çok fazla olmaktadır (Verburg ve ark., 2004)

Kaymak tabakası, sıçrama, şişme-büzülme ya da sedimentasyon altındaki ince toprak partiküllerinin yüzeyinde kalın, yoğun ve düzgün bir şekilde oluşan tabakaya verilen isimdir. Bu tabakada bulunan gözenekler arasında hava ve su iletilmemektedir (Schosser ve ark., 2010). Kaymak tabakasının bulunduğu çıplak toprak yüzeyi, infiltrasyonun az olmasından dolayı yağmur damlalarının çarpma şiddetinden oldukça fazla etkilenmektedir. Şiddetli yağışlar kaymak tabakasının oluşumunu artırmakla birlikte, şiddetin azalmasıyla kaymak tabakasının oluşum hızı da azalmaktadır. Kaymak tabakasının oluştuğu toprakların organik madde ve kil içeriği azalmakta, silt içeriği artmakta, çok miktarda ince ve düz strüktüre sahip partiküller bulunmaktadır. Kabuk bağlama ise, toprak yüzeyinde birkaç mm ile 3 cm arasında değişen kalınlıkta bulunan tabakaya verilen isimdir. Toprak yüzeyinde oluşan kabuk, çok fazla sıkışabilen ve kurduğunda çok kolay kırılabilen bir tabakadır. Kaymak tabakasının hepsi aslında kabuk olmakla birlikte, kabuğun hepsi kaymak tabakası değildir. Kabuklanma, toprağın

strüktürü ve bitki örtüsünün bozulmasına bağlı olarak ortaya çıkan toprak bozulmasını işaret etmektedir. Arazide kabuk dayanımı penetrometre ile ölçülmektedir.

Kaymak tabakası ve kabuk oluşumu genellikle toprakların genetik özellikleri ve hızlandırılmış erozyonun bir neticesi olduğu için insan etkisiyle yapılabilecek olumlu müdahalelerin etkisi sınırlıdır. Bitki çeşidi ve sürekli yüzey örtüsü, malçlama, bitki artıklı tarım gibi uygulamalar toprak yüzeyine doğrudan etki etmekte ve bu strüktürel bozuklukları kontrol ederek erozyon üzerine olumlu etkide bulunmaktadır.

Bu çalışma 1963 yılından beri tarımsal araştırma faaliyetinde bulunan Orta Karadeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü işletme arazisinin sürdürülebilir tarım bakımından durumunu incelemek, mevcut erozyon sorunlarını ortaya koymak ve işletme arazisinde yayılım gösteren toprak serilerinin toprak kayıpları ve yüzey akış bakımından karşılaştırılması amaçlanmıştır. Araştırma arazisinde yer alan farklı toprak serilerinin erozyon risklerinin belirlenmesi, enstitü arazisinin sürdürülebilir kullanımı riske atabilecek olası erozyon ve yüzey akış kaynaklı sorunların belirlenmesine imkan sağlayacaktır. Araştırmadan elde edilen sonuçlar benzer özelliklere sahip yöre arazilerinin sorunlarının tahminine yol açacaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

SWAT, RUSLE, EPIC, ANSWERS, GLEMS ve WEPP gibi farklı modeller araştırmacılar tarafından, yamaç arazilerinde ya da havzalarda yüzey akış ve toprak kayıplarını tahmin etmek için kullanılmıştır. Bu modeller ayrıca, farklı amenajman uygulamalarının etkisini belirlemek amacıyla da kullanılmaktadır. Erozyon modelleri farklı amaçlar için tüm dünyada yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu modeller yardımıyla çalışmalar yapan farklı araştırmacılar birbirinden farklı sonuçlar rapor etmişlerdir. Ancak, bu çalışmaların sonucunda bu modellerin koruma planlaması ve değerlendirilmesinde etkili bir araç olduklarını kabul etmişlerdir.

WEPP ve SWAT, havzada toprak kayıpları ve erozyonu tahmin etmede yaygın olarak kullanılmaktadır. Pek çok durumda, bu modellerin erozyonu gerçeğe yakın bir şekilde tahmin ettikleri görülmüştür. Shen ve ark. (2010), Çin'de Georgia Baraj alanındaki havzada sediment verimi ve yüzey akışı tahmin etmiştir. Her iki modelin, tahmin etmedeki performansı oldukça yüksek olmuştur. Ancak, WEPP model, SWAT modele göre daha başarılı bulunmuştur.

USLE, toprak kayıplarını tahmin etmede kullanılan oldukça eski bir modeldir. Bilim adamları ve toprak korumacılar, çok uzun zamandır toprak planlaması ve değerlendirmesi çalışmalarında USLE denklemini kullanmaktadır. USLE'nin revize edilmiş modeli olan RUSLE ise erozyon çalışmalarında oldukça başarılı sonuçlar veren bir modeldir. Tiwari (2000); WEPP, USLE ve RUSLE ile doğal yüzey akış verilerini değerlendirmiş ve bulunan sonuçları karşılaştırmıştır. WEPP, Nash-Suff etki katsayısı 0,71 iken USLE ve RUSLE' de sırasıyla 0,80 ve 0,72 bulunmuştur. WEPP, USLE' den performansı düşük bulunmuştur.

WEPP modelin yıllık performansının değerlendirildiği bazı çalışmalarda modelin gözlenen ve simüle ettiği yağışlar karşılaştırılmıştır. Bu çalışmalara bir örnek olmak üzere, Zhang ve ark., (1996), Amerika'da 8 bölgede 34 farklı ürün sistemi altındaki toprak kayıpları ve yüzey akışı WEPP model ile simüle etmiş ve bulunan sonuçlar gözlenen değerlerle karşılaştırmıştır. Bu çalışma sonucuna göre model, yıl içerisinde düşük miktarlı yağışlarda meydana gelen toprak kayıplarını gözlenen değerin üzerinde ya da yüksek yağışlarda oluşan toprak kayıplarını ise altında tahmin ettiğini belirlemişlerdir. Ancak

model pek çok ürün sistemi altında ortalama yıllık toprak kayıplarını tahmin etmede oldukça başarılı bulunmuştur.

Birçok model, havza ya da yamaç arazisinde meydana gelen yıllık toprak kayıplarını tahmin etmektedir. Ancak, bunların bazıları WEPP modelde olduğu gibi bireysel toprak kayıpları ve yüzey akışı tahmin etmektedir. Yıllık tahmini erozyon verileri koruma planlaması ve değerlendirme çalışmalarında kullanılırken; bireysel olayların sonuçları ise modelin performansını değerlendirmek için kullanılmaktadır.

Liu ve ark. (1997), ABD’de 8 lokasyonda 15 havzadaki bireysel toprak kayıpları ve yüzey akış verilerini WEPP model ile simüle etmiştir. Elde ettiği sonuçları gözlenen veriler ile karşılaştırmıştır. Gözlenen ve tahmin edilen veriler birbirine yakın bulunmuştur. Ancak, yüzey akış için belirleme katsayısı havzalarda 0,01 ila 0,85; toprak kayıpları için ise 0,02 ila 0,90 arasında değişmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre WEPP modelin, bu havzalarda bireysel yüzey akış ve toprak kayıplarını tahmin etmede kullanılabileceğini, bu alanlarda WEPP modelin performansının yüksek olacağını işaret etmiştir.

Modelin duyarlılık analizi ise, bir modelin parametreleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için kullanılan en yaygın yöntemdir. Parametreleri tahmin edilirken ortaya çıkan hataları işaret etmektedir. Ayrıca, sonuçları tahminde üzerinde hassasiyetle tanımlanmayı gerektiren en önemli parametreyi de belirlemektedir. Baffaut ve ark. (1997), havzanın sınıflandırılmasında ve kanal giriş parametrelerinde WEPP havza modeli ile duyarlılık analizi yapmıştır. Yamacın uzunluğunun ve eğiminin, sonuçlar üzerinde çok önemli bir faktör olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca, WEPP havza modelinde, yamaç uzunluğunun 100 m’den fazla olmaması gerektiğini de yaptığı çalışmada ifade etmiştir. Çıplak alanlar için pürüzlülük katsayısı, bitki örtüsü, kanal erodibilitesi ve kayma gerilmesi gibi önemli parametreler modelin sonuçlarını etkilemektedir. Yine, bireysel yağış olayları yağış karakteristiklerinin özelliklerine göre oluşmakta ve bu yağışlara bağlı olarak meydana gelen toprak erozyonu da oldukça değişkenlik göstermektedir.

Çeşitli iklim ve toprak koşulları altında bir modelin performansı model bileşenlerine göre farklılık gösterir. Bazı modellerde sadece bir parametre önemli iken, diğer modellerde birden fazla parametre önemli olabilir. Gronsten ve ark. (2006), Norveç’te erozyonun görüldüğü iki alanda yüzey akış ve sediment verimini tahmin etmek için WEPP modeli

kullanmıştır. Toprak erozyon parametreleri tahmin etmek için kullanılacak hidrolik iletkenlik denkleminin, Norveç Bölgesi'nde ki topraklara uygun olmadığını ifade etmiştir. Yüzey akış ve sediment verimi simülasyonunu daha iyi anlamak için, WEPP modelin kış hidrolojisi bileşenlerinin daha geliştirilmesi gerektiğini bildirmiştir.

Pandey ve ark., (2007), Hindistan Bölgesi iklim koşullarında toprak kayıpları ve sediment verimini tahmin etmek için WEPP modeli kullanmış ve yeni bir prosedür geliştirmiştir. Küçük bir tarım arazisinde yaptığı çalışmada, yüzey akışı ve sediment verimini modeli kalibre ettikten sonra modelin performansını değerlendirmiştir. Yüzey akış için kalibre öncesi ve sonrası ENS değeri 0,85 ve 0,95; sediment verimi ise 0,78 ve 0,92 olarak belirlemiştir.

Çeşitli ülkelerde WEPP model kullanılırken, farklı araştırmacılar farklı sonuçlar bulmuşlardır. Klik ve ark. (2010), Avusturya'da, üç havzada yüzey akış ve sediment verimini WEPP model yardımıyla simüle etmiş ve elde ettiği sonuçları karşılaştırmıştır. Hidrolik iletkenlik, rill erodibilite ve interril erodibilite gibi toprak parametrelerinin kalibre edildikten sonra WEPP modelin yüzey akışı çok iyi tahmin ettiği ancak, toprak kayıplarını gerçek değerinkinden oldukça altında tahmin ettiğini ifade etmiştir.

Tarım arazisi ve meralarda, toprak kayıpları ve yüzey akışı tahmin etmek için WEPP modelin kullanıldığı çok sayıda çalışmalar vardır. Wachal ve ark. (2008), Texas eyaletinin kuzeyinde, doğalgaz alanında toprak kayıpları ve yüzey akışı tahmin etmek için WEPP modeli kullanmıştır. Başlangıçta WEPP modelin algoritmasındaki toprak parametrelerini kullanarak yüzey akışı oldukça iyi tahmin ederken, sediment verimini oldukça gerçek değerinkinden altında bulmuştur. Rill erodibilite, interril ve kayma gerilmesi gibi toprak özelliklerini kalibre ettikten sonra yüzey akış ve toprak kayıplarını çok daha iyi tahmin ettiğini görmüştür.

Ayrıca, WEPP model teraslanmış havzalarda kullanılmış ve bu havzalarda oldukça iyi bir performans göstermiştir. Mc Cullough ve ark. (2008), doğu Ne Broska' da 291 ha teraslanmış tarım arazisinde WEPP modeli kullanarak toprak kayıpları ve yüzey akışı simüle etmiştir. Elde edilen sonuçlar ile teraslanmış diğer havzalarda elde edilen sonuçlar ile benzer olduğunu görmüştür.

Bazı durumlarda, WEPP model ile yüzey akış ve toprak kayıplarını tahmin etmek için, modelin kalibre edilmesi gerekebilir. Ghiday ve ark. (2001), Iowa'da 6 küçük havzadan WEPP modeli kullanarak toprak kayıpları ve yüzey akışı tahmin etmiştir. Bulunan sonuçlar, gözlenen veriler ile karşılaştırmıştır. Yıllık ortalama gözlenen ve tahmin edilen yüzey akış verileri arasında %10'luk gibi çok küçük bir fark bulunurken; toprak kayıplarını gözlenenden iki kat daha fazla bulunmuştur. Birkaç bireysel olayda, gözlenen değerlerin çok küçük olmasına rağmen; model gerçek değerinde oldukça üzerinde tahminde bulunmuştur. Çalışma sonucunda modelin kalibre edilmeden kullanılması durumunda yeteri kadar doğru tahmin yapamadığı ancak, modelin kalibre edilmesi durumunda performansının artacağını bildirmiştir.

Reyes ve ark. (2003), içerisinde WEPP modelin de bulunduğu 4 farklı modeli kullanarak Kuzey Carolina'da farklı amenajman altındaki arazilerde toprak kayıpları ve yüzey akışı tahmin etmiştir. Araştırmacılar model simülasyon sonuçlarını gözlenen veriler ile karşılaştırmıştır. Bu çalışmada kullanılan tüm modellerin performansının iyi olmadığı ve WEPP modelin gözlenen değerlerin altında tahminde bulunduğunu rapor etmişlerdir.

Demir (2016) Tokat iklim koşullarında 22 yıllık ölçülmüş veriler bulunan, % 9 homojen eğimli ve 22.4 m eğim uzunluğuna sahip, 3 farklı amenajman uygulaması altında bir yamaç arazide WEPP modeli ile toprak kayıpları ve yüzey akış tahmini yapmıştır. Eğim doğrultusuna sürüm yapılan çıplak arazide ölçülmüş ve model tahmini yıllık ortalama yüzey akış kayıpları sırasıyla 15.25 mm ve 23.50 mm, toprak kayıpları ise 0.63 ve 1.35 kg m⁻² olarak hesaplamıştır. Eğime dik sürüm yapılan çıplak parselde ise yüzey akış ve toprak kayıpları ise sırasıyla 7.62 ile 5.07 mm ve 0.32 ile 0.18 kg m⁻² olmuştur. Buğday-Tütün-Mercimek ekim nöbeti uygulanan parselde ise yüzey akış ve toprak kayıpları 8.67 ile 16.08 ve 0.22 ile 0.12 kg m⁻² olmuştur. Araştırmacı model tahminlerini ölçülmüş değerlerle karşılaştırdığında düşük toprak kayıpları oluşan parsellerdeki yüzey akış ve toprak kayıplarını modelin makul bir doğrulukta tahmin ettiğini bildirmiştir.

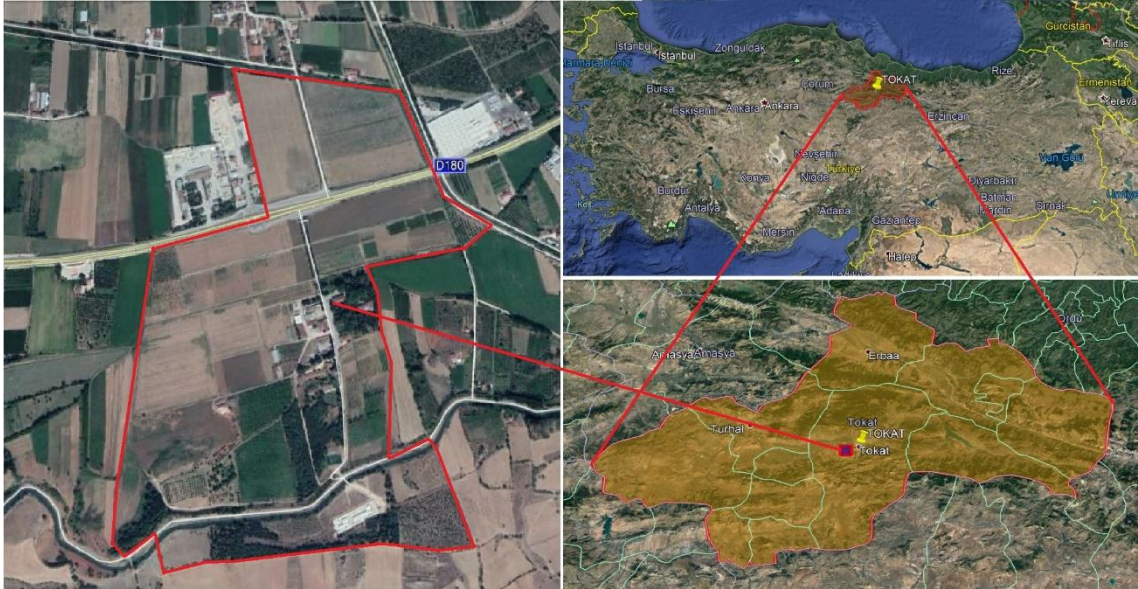
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma yeri

Çalışma Orta Karadeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü işletme arazisinde yürütülmüştür. Enstitü, Karadeniz ve İç Anadolu bölgeleri arasında geçit bölgede ve Yukarı Yeşilırmak Havzasında bulunmakta olup, Tokat-Amasya karayolunun 10. km'sinde, Kazova'da, 40.326°enlem ve 36.452° doğu boylamında yer almakta olup, rakımı 585 m'dir (Şekil 3.1).

Tokat ili kuzeyde Samsun, batıda Amasya, kuzeydoğuda Ordu, doğuda Sivas ve güneyde Yozgat illeriyle çevrilidir.



Şekil 3.1. Araştırma yeri yer buldur haritası

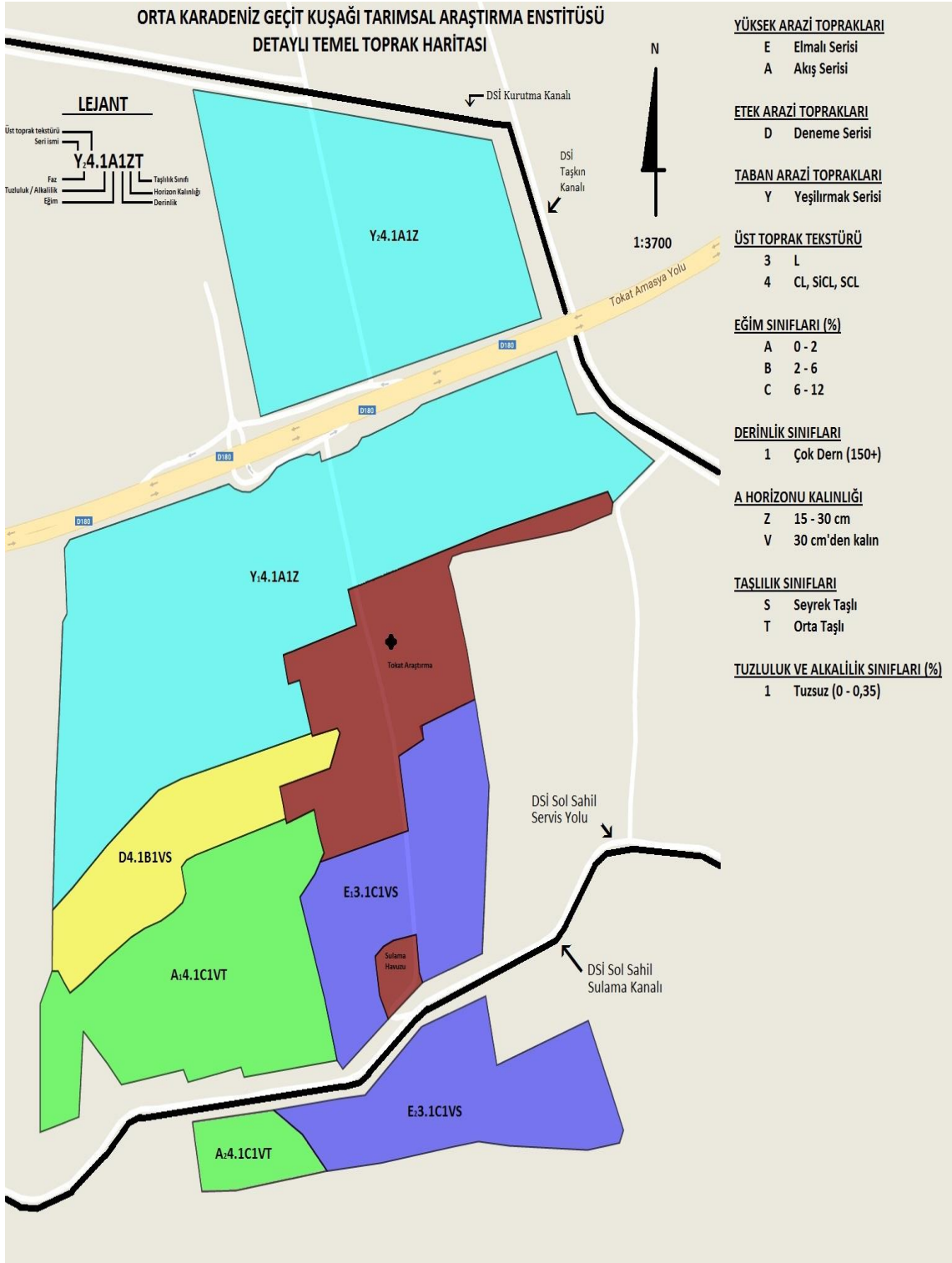
3.1.2. Toprak özellikleri

Araştırma yeri Kazova'nın güneyini oluşturan dağ silsilesinin kuzey yamaçlarında yer alan yamaç arazi, Yeşilırmak'ın taşıdığı alüvyonlarla oluşmuş taban arazi ile yamaç ve taban arazi arasında yer alan etek arazi konumunda farklı üç fizyografik üniteden oluşmuştur (Oğuz, 1993).

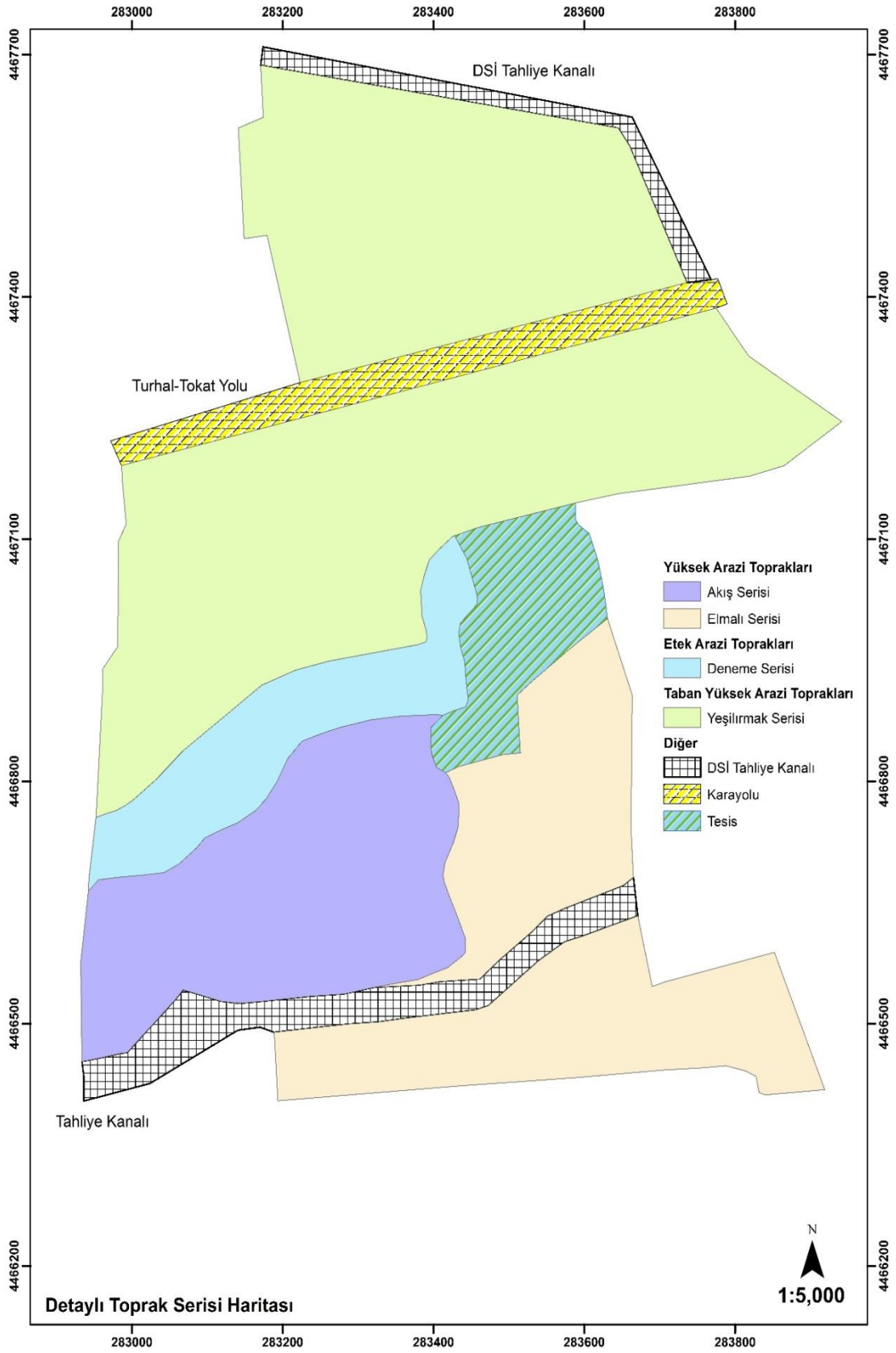
Enstitü arazisi topraklarının temel toprak haritası Şekil 3.2'de verilmiştir. Çalışma yerinde dik eğimli araziler üzerinde Elmalı serisi yer almakta olup ortalama eğimi % 6-12 arasında değişmektedir. Orta ve hafif eğimli etek araziler üzerinde Deneme ve Akış serileri yer alırken, arazi eğimi %2-6 arasında değişmektedir. Düz ve düze yakın araziler

üzerinde Yeşilirmak serisi bulunmakta ve arazi eğimi % 0-2 arasında değişmektedir (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4). İşletme arazisinin tamamı çok derin topraklardan oluşmakta olup toprak derinlikleri 150 cm'den daha fazladır. Toprak bünyesi dik eğimli arazilerde tınlı, diğer arazilerde bünye killi tın, siltli killi tın ve kumlu killi tındır (Şekil 3.5).

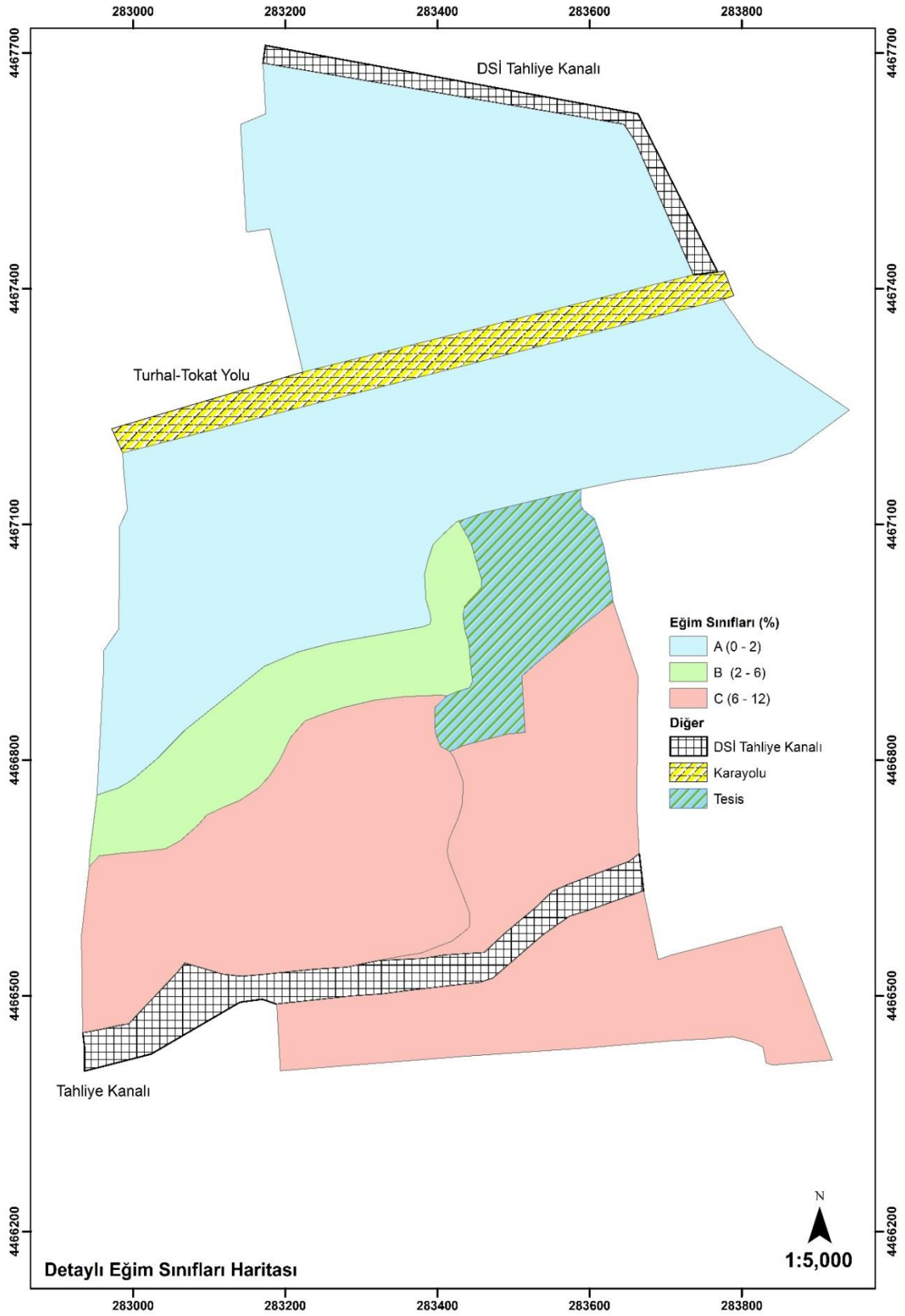
Orta Karadeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsüne ait işletme arazisinde Yeşilirmak, Deneme, Akış ve Elmalı toprak serileri yayılım göstermektedir (Şekil 3.4). Bu seriler toprak taksonomisi sınıflandırma esasına göre Entisol ordosunda yer almaktadır. Çalışma alanında II, III ve IV sınıf araziler yer almaktadır. Toprakların başlıca sorunları ağır bünye, hafif ve orta taşlılık, yüksek kireç içeriği ile hafif ve orta eğim olarak belirlenmiştir (Oğuz, 1993).



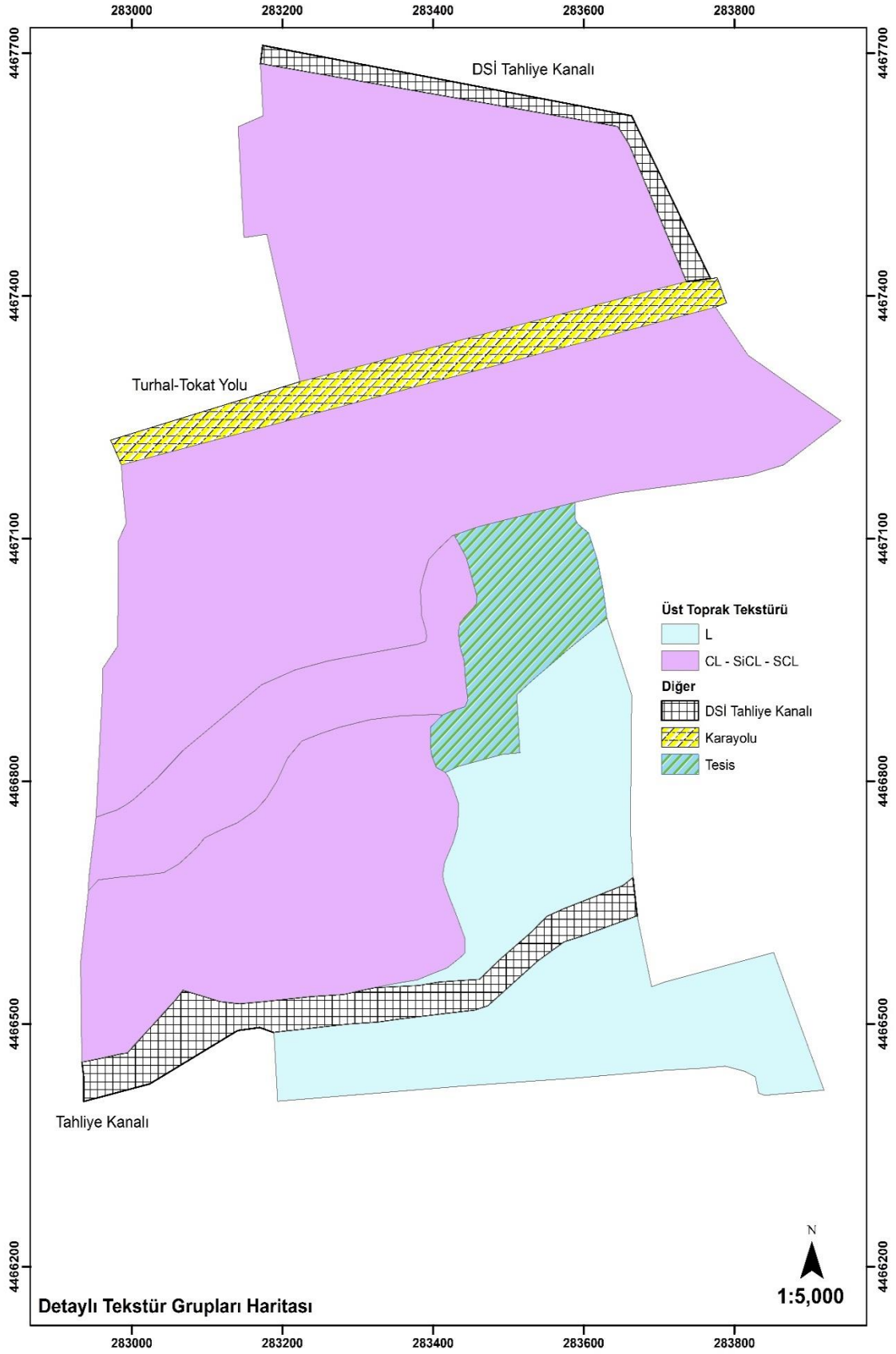
Şekil 3.2. Çalışma alanı toprak haritası



Şekil 3.3. Çalışma alanı toprak serileri dağılımı



Şekil 3.4. Çalışma alanı eğim sınıfları haritası



Şekil 3.5. Çalışma alanı tekstür grupları haritası

3.1.3. İklim Özellikleri

Tokat ili bulunduğu konum nedeniyle; Karadeniz ve İç Anadolu iklimlerinin özelliklerini taşımaktadır. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlıdır. Tokat Meteoroloji İstasyonundan alınan 1967-2016 yılları arasındaki yağış verilerine göre yıllık ortalama yağış miktarı 385 mm ve en yağışlı ay ise 61.4 mm ile mayıs ayıdır (Çizelge 3.1). Bir yılın yaklaşık 250 günü yağışlı geçmektedir. En fazla yağışlar nisan ve mayıs aylarında görülmektedir. Bu değerler dikkate alındığında toprak sıcaklık rejimi Mesic ve nem rejimi de Ustic olarak sınıflandırılmıştır (Oğuz, 1993). 1967-2016 yılları arasındaki verilere göre en düşük sıcaklık -31.6°C ile 1983 yılı şubat ayında, en yüksek sıcaklık ise 45.0 °C ile 1998 yılı temmuz ayında görülmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık 12.5°C'dir. Yıllık buharlaşma miktarı 940 mm olup; genellikle en yüksek buharlaşma havanın çok sıcak ve kurak olduğu yaz aylarında görülmektedir. Ortalama nispi nem (1967-2016) %61'dir. En yüksek değer %80 ile aralık ayında iken en düşük ise %37 ile temmuz ayındadır.

Çizelge 3.1. Araştırma yeri uzun yıllar bazı iklim verileri (1967-2016)

VERİLER	AYLAR												Genel Ortalama
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Yağış, mm	40,7	34,3	40,3	57,6	60,7	38,4	9,7	2,1	14,1	40,1	42,2	40,8	35,1
En Yüksek Yağış, mm	27,5	27,5	34,7	45,2	49,2	39,4	33,6	21,8	38,9	38,7	38,3	56,4	37,6
En Düşük Yağış, mm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Ort. Sıcaklık, °C	1,7	3,5	7,7	12,7	16,3	19,7	22,1	22,4	18,9	13,9	7,8	3,5	12,5
En Yük. Sıcaklık, °C	20,0	23,1	31,1	35,1	36,4	39,8	45,0	40,8	38,5	35,3	28,0	25,0	33,2
En Düşük Sıcaklık, °C	-26,5	-31,6	-27,1	-6,0	-2,9	0,5	4,5	3,3	-3,3	-6,8	-10,2	-24,5	-10,9
Donlu Gün Say.	923	737	418	51	0	0	0	0	0	15	306	748	266,5
Nispi Nem, %	68,19	62,96	58,22	56,62	59,38	57,52	54,73	55,04	57,21	64,48	68,15	69,66	61,01
Solar Radyasyon	138,97	208,09	282,19	375,53	464,98	512,20	494,62	465,02	384,76	247,44	162,33	112,84	320,75
Rüzgar Hızı, m s ⁻¹	3,8	4,3	4,8	4,6	4,1	4,1	4,2	4,3	3,9	3,4	3,3	3,5	4,0

3.1.4. Jeoloji

Tokat bölgesi jeolojisini filişler (şeyl. marn), kristalin kütleler ile üçüncü zaman öncesi tortullar ve lokal sahalarda rastlanan alüvyonlar oluşturmaktadır.

Filişler genellikle çok yumuşak, dağılıbilir veya sıkı, değişik kalınlıkta, iyi tabakalanmış kumtaşı, şeyl, marn ve konglemeradır. Kretase ve üçüncü zaman öncesi devirlere ait oluşları da içine almaktadır.

Kristalin kütleler değişik Şekil ve grupları içine almaktadır. Metamorfik kütlelerden Őist ve gnays, plütonik kütlelerden granit ve diyorit, yeşil sahreflerden serpantin ve peridotiti, volkanik kütlelerden andezit, bazalt ve diyabazdan oluşmaktadır.

Üçüncü zaman öncesi tortullar genellikle kalkerlerden oluşmakla birlikte konglomera, marn, kumtaşı, şeyl ve sleksleri de içermektedir. Genellikle sert yapıdadır. Bazen açık çatlaklar ve geniş boşluklar da gözlenmektedir.

Çalışma alanında rastlanılan alüvyonlar nehir ve kollarının getirmiş olduğu genç, genellikle pekişmemiş kum, çakıl, silt ve kilden oluşmuş bir örtüdür. Bu alanlar tarıma son derece uygun olup ova ve vadi tabanlarını meydana getirmektedir.

Orta Karadeniz Geçit Kuşaağı Tarımsal Araştırma İstasyonu Müdürlüğü arazisi. paleozoyik yaşı metamorfik seriler, kretase yaşı kalkerler, alçak tepelerde oligosen yaşı kızıl, gri ve marnlı seriler ile gençte yaşıta alüvyonlardan oluşmaktadır (Oğuz, 1993).

3.1.5. Arazi Kullanma ve Bitki Örtüsü Durumu

Orta Karadeniz Geçit Kuşaağı Tarımsal Araştırma İstasyonu Müdürlüğü'nün düz ve düze yakın arazilerde sebze ve tarla bitkileri tarımı yapılırken, daha eğimli arazilerde meyvelikler bulunmaktadır. Teraslarda tarla tarımı yapılmaktadır. Azaltılmış toprak işleme denemelerinin de yürütüldüğü arazide genel olarak sebze ve tarla tarımı yapılan arazilerde toprak hazırlığı kulaklı pulluk ve kültüvatör kullanılırken, meyveliklerde yabancı ot mücadelesi için çapa motoru ile işlenmektedir. Eğime dik yönde yapılan toprak işlemleri de su erozyonunu azaltıcı yönde etki yapmaktadır. Münavebe sisteminde nadas yer almaması toprak kayıplarını minimize etmektedir. Toprak serilerinde yer alan buğday, ayçiçeği, Şeker pancarı, yonca, meyvelik ve orman bitki örtüsü gerek sıklık, gerek yaprak kaplama alanı ve gerekse kök ekosisteminin kuvvetli olması ile öne çıkmaktadır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Erozyon Modelleri

Birkaç sebepten dolayı tarım arazilerinden oluşabilecek sediment miktarını makul bir doğrulukta tahmin etmek zordur. Birinci ve en önemli gerekçe, yamaç arazilerin üst kısımlarında arazi ve su yönetim uygulamalarının çok çeşitli olmasıdır. Bu durum, bir araziden oluşabilecek toplam sediment miktarının gerçek değerinin altında ya da üzerinde tahminine yol açmaktadır. Ancak; çoğu zaman planlayıcılar gerçek sediment miktarının tahmininden ziyade, arazide yapılacak bir uygulamanın fayda/maliyet etkisine odaklanırlar. Modeller, uygulamacılara yapacakları iyileştirmelerin olası olumlu etkileri ve bu etkiyi sağlamak üzere göze alınacak maliyetlerin karşılaştırılması ile en uygun kararı vermek için eşsiz katkılar sağlar.

Bir havza ya da yamaç arazisinde meydana gelen toprak kayıplarını tahmin etmek için kullanılan herhangi bir model bitki örtüsü, amenajman, toprak, topoğrafya ve iklim gibi birçok parametreyi içermektedir. Bir modelin performansı, yüzey akış ve toprak kayıplarını hesaplamak için gerekli parametrelerin hassas bir şekilde elde edilmiş olması ve doğru bir şekilde modele girilmesine bağlıdır.

Erozyonu tahmin etmek için, sürece dayalı, sayısal ve mantıksal modeller kullanılmaktadır.

Sayısal Modeller

En basit ve en eski erozyon modelleridir. Gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki ilişkiyi istatistiksel olarak değerlendirmektedir. Sayısal modellerin kullanımı ve yorumlanması çok kolaydır. Ancak, çalışma alanlarında veri eksikliği her zaman olmaktadır. Bundan dolayı uygulanması oldukça kısıtlıdır.

Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği (USLE) ve Gözden geçirilmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği (RUSLE) sayısal kara kutu modelleri olup, erozyon tahmin eden modellerin en basitlerindedir. Bu modeller, uzun yıllar ortalaması toprak kayıplarını, gerçeğe oldukça yakın tahmin etmektedir. Birim alandaki toprak kayıplarını aşağıda verilen parametrelere bağlı olarak hesaplamaktadır. Bunlar;

- Yağış-Yüzey akış erosivitesi,
- Toprak erodibilitesi,
- Topoğrafya,
- Bitki örtüsü ve arazi kullanımı,
- Amenajman uygulamalarıdır.

Bir bölgedeki erozyon dağılımını USLE/RUSLE ile belirlemek için harita ve interpolasyon tekniklerini kullanmak gerekmektedir. Toprak erozyon simülasyon çalışmalarında uygun veri tabanına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu veri tabanının oluşturulduğu veri giriş dosyası mümkün olduğu kadar homojen dağılım gösteren verilerden oluşmalıdır. Bu durumda, model gerçeğe daha yakın simülasyon yapabilmektedir.

Günümüzde USLE/RUSLE, Coğrafi Bilgi Sistemi ile birlikte yaygın olarak kullanılmaktadır. De Roo ve Jetten (1999) çalışmalarında GIS kullanmalarının nedeni olarak, erozyon süreçlerinin alana bağlı olarak değişmesi olduğunu ve bundan dolayı grid hücrelerinin mutlaka kullanılması gerektiğini ve böylece alansal değişim miktarının hesaplanabileceği olarak ifade etmiştir.

Bazı araştırmacılara göre ise, alanın özelliklerinin gerçeğe yakın bir şekilde belirlenebilmesi için çok sayıda hücrelere ayırmak gerektiğini ve bunun için daha fazla veriye ihtiyaç olduğunu ifade etmişlerdir. Bu verilerin elle girilmesinin mümkün olmadığı, GIS verileri toplama ve geliştirilmesinde kullanıldığını belirtmişlerdir.

Sürece Dayalı Erozyon Modelleri

Bu erozyon modelleri pek çok araştırmacı tarafından tercih edilmektedir. Matematiksel ve fiziksel süreçlere dayalı bir yöntemdir. Bu modelleri kompleks arazilere uygulanması kolaydır. Ancak bu tip modeller genellikle çok karmaşık olup, çok fazla parametre gerektirmektedir. Bu modeller ya çalışılan alanın ortalamasını alır ya da alansal dağılımı gösterir.

Alanın ortalamasını kullanan modeller, bir homojen alan içindeki bileşenlerin toplamını alır. Bu modeli kullanmak kolaydır ve kompleks olmayan arazilerde erozyon ile ilgili

süreçleri simüle etmekte oldukça başarılıdır. Ancak, arazi kompleks ise etkisi azalmaktadır.

Buna karşılık alansal dağılım gösteren modellerde, havza bileşenlerinin alansal değişikliğini dikkate almaktadır. Bu modeller toprak, şev ve bitki örtüsü parametrelerinin oldukça kompleks olduğu arazilerde kullanılmaktadır.

Avrupa Toprak Erozyon Modeli (EUROSEM), dinamik bir modeldir. Yamaç arazisinde ya da küçük havzaların her ikisinde de bireysel yağışlara bağlı olarak meydana gelen rill ve interrill süreçleri boyunca oluşan erozyon, birikim ve sediment taşınımını simüle etmektedir. Model çıktısında ise toplam yüzey akış ve toprak kayıpları miktarı, yağış-hidrografi ve yağış-sediment grafiği görülmektedir. Diğer modeller ile karşılaştırıldığında EUROSEM rill ve interrill erozyonu simüle etmede oldukça başarılıdır. Tutulma ve yağış enerjisi üzerine bitki örtüsünün etkisi, infiltrasyon üzerine kaya parçacıklarının etkisi, akış şiddeti ve sıçrama erozyonu; erozyon ve birikimin bir sonucu olarak rill kanallarının büyüklüğü ve şekli gibi süreçleri simüle etmedeki performansı oldukça fazladır. Ölçülmüş 500 adet yüzey akış gözlemlerine göre yüzey akış taşıma kapasitesi modellenmiştir.

WEPP model, birkaç fiziksel sürece dayalı modelin birleştirilmesi ile geliştirilmiş bir erozyon modelidir. İklim, bitki büyümesi ve atık ayrışması, toprak işleme, infiltrasyon, su dengesi, yüzey akış, toprak kayıpları, birikim ve sediment oluşumu gibi süreçlerden oluşmaktadır.

Limburg Toprak Erozyon Modeli (LISEM), Coğrafik Bilgi Sisteminde yazılmış fiziksel sürece dayalı bir modeldir. Bir havzada bireysel olay sırasında ve hemen takiben hidroloji ve sediment taşınımını simüle edebilen bir modeldir. De Roo ve Jetten (1999)'a göre LISEM yağışlar, mikro gözeneklerde suyun depolanması, infiltrasyon, toprak içinde suyun düşey hareket etmesi, yüzey ve kanal akışları ve kar yağışı ile yüzey akışa bağlı olarak meydana gelen ayrışma, yüzey akışın taşıma kapasitesi gibi süreçleri bir araya getirmek suretiyle simülasyon yaptığını ifade etmiştir. Ayrıca makinaların ve traktörlerin tekerlek izlerinin uyguladığı kuvvete bağlı olarak meydana gelen hidrolojik ve toprak erozyon süreçlerini de simüle etmektedir. Modelin dezavantajının ise sadece küçük havzalarda kullanılabildiğini belirtmişlerdir.

SWAT(The Soil & Water Assessment Tool) sürekli simülasyon yapan fiziksel sürece dayalı bir modeldir. Arnold ve ark., 1998). Bir havzada su, sediment ve tarım ilaçları üzerine amenajman etkisini simüle etmek için geliştirilmiş bir modeldir. Havza, hidroloji, toprak sıcaklığı ve özellikleri, bitki büyümesi, besin elementleri, pestisitler, bakteri ve arazi amenajmanı modelin ana bileşenleridir.

Mantıksal Modeller

Bu modeller, sayısal ve fiziksel sürece dayalı modellerin bir karışımıdır. Genellikle çok fazla detaylı bilgi gerektirmeyen havzalarda kullanılmaktadır. Havzada meydana gelen süreçleri sayısal ve mantıksal olarak değerlendirmektedir.

3.2.2. Karık Sulamanın Erozyona Etkisi ve Modellenmesi

Karık ile sulama suyu erozyonu, pek çok faktör tarafından etkilenen dinamik bir süreçtir ve karmaşık bir etkiye sahiptir. Karıklara su girdiği andan itibaren sulama suyu erozyonu başlamaktadır. Toprağın ıslanması ve toprak partiküllerinin aşırı kohesiv güçler ile birlikte tutulması erozyona neden olmaktadır. Toprak kuru ise, agregatların yüzeyinde oksijen (O₂) ve azot (N₂) tutulmaktadır. Kuru toprak aniden ıslatıldığında su molekülleri ile O₂ ve N₂ hızlı bir şekilde yer değiştirmektedir.

Soğuk bir geceden sonra sabahın erken saatlerinde toprak ıslatıldığında meydana gelen erozyon, kuru öğleden sonra ya da sıcak bir günde ıslatıldığında meydana gelen erozyondan daha azdır. Soğuk gece boyunca nemlilik düzeyi %50'nin üzerinde olduğu için toprağın gözeneklerinde hava ile yer değiştiren su, kuvvetli bir şekilde birarada tutulmaktadır.

Sulama suyu erozyonunu meydana getiren diğer bir faktör ise, suyun hareketi sırasında ortaya çıkan kayma gerilmesidir. Kayma gerilmesi kohesiv gücü aştığında, toprakta erozyon meydana gelmektedir. Buna karşılık, kohesiv güç kayma gerilmesini aştığında ise topraklar stabildir.

Kohesiv Faktör: Primer toprak partikülleri ile toprak agregatları bir arada tutulmaktadır. Bu bağların dayanma gücü toprağın kohezyon ya da stabilitesi olarak ifade edilir. Kil içeriği ve tipi, organik madde içeriği, sıkışma, adsorbe edilmiş Fe, son bozulmadan sonra

geçen zaman ve su içeriği, doygunluk derecesi, sulamada kullanılan suyun kimyasal bileşimi, toprak bağlarının oluşumu ve bozulma süreçleri henüz yeterince anlaşılmamıştır. Ancak, son zamanlarda yapılan araştırmalarda bağ ya da kohesiv güçleri kontrol eden kuvvetler hakkında önemli bilgiler elde edilmiştir. Kemper ve Rosenau (1984), en son bozulmadan sonra geçen zaman aralığında, toprağın kohezyonunun arttığını ifade etmişlerdir. Toprak işleme ve sulama arasında birkaç gün zaman olan topraklarda oluşan erozyon, toprak işlendiğinde hemen sulanan topraklarda oluşan erozyona göre daha azdır.

Yüksek kil içeriğine sahip kuru topraklar, siltli topraklardan daha büyük kohezyona sahiptir. Bitki atıklarının ayrışmasından meydana gelen kauçuk ve reçineler, toprağın stabilitesini artıran organik bağ oluşumunu desteklemektedir.

Donmuş toprakların bulunduğu alanlarda, ilkbahar ve yaz aylarında agregat stabilitesi artmaktadır (Bullock ve ark., 1988). Buna karşılık, kış ve ilkbahar mevsiminin başlarında günlük sıcaklık 0 °C'nin altına düştüğünde; toprağın kohezyonu, yüksek su içeriğinde donma ve çözülmeye neden olan sıkışma ve kayma güçlerinden dolayı azalmaktadır. Sonuç olarak, sulama ile meydana gelen toprak kayıpları ilk ve ikinci sulama uygulaması yapıldığı ilkbahar mevsiminde fazla, yaz ve sonbahar mevsiminde ise daha azdır. İlkbaharda toprak işleme, partiküller arasındaki bağı kopararak toprak erozyonunu artırmaktadır.

Suyun akış hızı ve eğimi, kayma gerilmesine neden olan suyun şiddetini etkileyen faktörlerdir. Suyun akış hızı düşük olduğunda, toprak partikülleri ayrılmaz. Şiddet arttığında erozyon başlamaktadır. Kayma gerilmesi artıp, kritik kayma gerilmesini aştığında erozyon etkisini artırmaktadır.

3.2.3. Sulama Erozyonunu Etkileyen Faktörler

Sulama erozyonunu etkileyen birkaç faktör bulunmaktadır. Bunlardan bazıları 50 yıldan daha fazla bir süredir bilinirken; bazıları ise yeni belirlenmiştir. Bunların çoğunun arasındaki ilişki oldukça kompleks olmasından dolayı sayısal olarak değerlendirmek oldukça zordur.

Yamacın Eğimi

1930 yıllardan günümüze kadar yapılan çalışmalarda karık sulama ile oluşan erozyon üzerine en önemli faktörlerden birisi olarak ifade edilmiştir. Bu çalışmalar eğim ve erozyon arasındaki ilişkiyi inceleyen araştırmalara ışık tutmuştur.

Sulama erozyonu ve eğim arasındaki ilişkinin sonuçları yanlış değerlendirilebilmektedir. Çünkü elde edilen bu değer yüzey akışın en düşük ve en yüksek olduğu noktaların ortalamasıdır. Yanlış kavramaya neden olan faktörler ise şöyle sıralanabilir:

1. Birkaç arazi tamamen sulama boyunca üniform bir eğime sahiptir. Ortalamadan daha dik eğime sahip olan yamaçlarda, erozyon fazla olmaktadır.
2. Diğer bir faktör ise sulama suyunun şiddeti, giriş noktasından drene edildiği noktaya varıncaya kadar azalmaktadır. Bu durum yamacın eğimi ile birleştiğinde toprak partiküllerini taşıyacak kadar yeterli şiddette yüzey akış meydana gelmez ve sonuçta sediment birikimi görülmeye başlar.
3. Yanlış kavramaya neden olan diğer bir faktör ise çok fazla karık ile sulama yapılan dış bükey arazilerin uç kısımlarında toprak birikiminin olmasıdır. Çünkü çiftçiler suyu drene etmek için arazinin en düşük noktasına yerleştirdikleri karıkların uç kısmından daha derin hendekler açmaktadır. Sonuç olarak aşınma, drenaj hendeklerinde biter ve eğimin artmasından dolayı suyun enerjisinin artmasına bağlı olarak yüzey akış ile birlikte taşınır. Bu sürekli kendini devam ettiren süreç, zaman içerisinde daha şiddetli olmaya başlar. Pek çok arazinin bu bölgesinde sediment kayıpları çok fazla olmaktadır.
4. Brown (1985b), tek bir sulama süresince özel bir sulama bölümü boyunca erozyon meydana geldiğini ifade etmiştir. Birikme ise, diğer sulamalar sırasında aynı bölümde oluşmaktadır. Bu aynı yüzey akış şiddetine karşılık gelmektedir. Sulama olayları mevsimsel olarak toplu olarak ifade edildiğinden bu tek sulamanın etkisi göz ardı edilmektedir.

Kemper ve ark. (1985b), karık ile sulamanın yapıldığı arazilerde meydana gelen toprak kayıpları karıkların eğiminin yaklaşık iki ya da üç katı olduğunu ifade etmiştir. Farklı eğime sahip yamaçlarda karıkların sonunda ölçtüğü toprak kaybı değerlerinden bu sonuca

ulaşmıştır. Ayrıca, bulunan bu değer yamacın uzunluğunun tanımlanmasında kullanılmaktadır.

Yüzey Akışın Şiddeti

Yüzey akışın şiddeti ya da miktarı önemli bir erozyon faktörüdür. Karık boyunca suyun şiddeti azaldığından, aşınma enerjisi ve sediment taşınması azalmaktadır.

Mümkün olduğu kadar ürünlere eşit miktarda su sağlayabilmek için tüm karık uzunluklarına yetecek miktarda suyu sağlamak gerekir. Bu şartı sağlayabilmek için su uygulama şiddetinin fazla olması gerekmektedir. Bundan dolayı genellikle karıklara infiltrasyon oranını aşan yoğunlukta su uygulanır ve bu durum karık erozyon riskini artırır. Su uygulama yoğunluğu ve sulama miktarı, yamaç arazi üzerinde erozyonun kontrol edilmesini zorlaştırmaktadır. Sulama suyunun tamamı yaklaşık 2 ila 4 saat içerisinde en düşük noktaya ulaşmaktadır. Pek çok yamaç arazisinde, yamacın tepe noktasında bulunan suyun erosiv şiddete sahip olduğu ifade edilmektedir. Bu bölgelerde erozyon, sediment kaybı ve yüzey akış olması gereken miktardan fazladır.

Sulama sırasında infiltrasyonda meydana gelen değişimler birçok problemi de beraberinde getirmektedir. Eğer en düşük noktada oluşan yüzey akış miktarı düşük ise, sulama suyunun şiddeti düşük ve infiltrasyon hızı ise yüksektir. Bundan dolayı çiftçiler, benzer olaylara karşı korunmak için büyük seddeler kullanmaktadır.

Atıklar

Sulama karıkları içerisinde az miktarda bulunan saman ya da ürün atıkları toprak erozyonunu azaltmakta ve infiltrasyonu artırmaktadır. Aarstad ve Miller (1981), 60 kg/ha ağırlığında bir saman kümesinin, %3 eğime sahip bir yamaç arazisi boyunca karık ile sulamaya bağlı olarak meydana gelen toprak kayıplarını azalttığını ifade etmiştir.

Yüzey Pürüzlülüğü

Sulanan toprak yüzeyi, pürüzlü olduğunda suyun akışı genellikle yavaşlar ve su derinliği artar. Yavaş akış şiddeti ile birlikte erozyon azalır. Derinliği fazla olan yüzey akışın olduğu alanlarda infiltrasyon miktarı fazladır. Su içeriği yüksek olan toprakların

işlenmesi sırasında kesekler meydana gelmektedir. Bu duruma bağlı olarak toprak yüzeyi pürüzlü görünmektedir.

Etkili pürüzlülük ya da pürüzlülük katsayısı, ürün atıkları ve yetiştirilen ürünler ya da tohum gelişimi ile artmaktadır. Şekerpancarı, patates ve yonca büyüme evresinde sürekli sulandığı için vejetatif gelişimi fazla olup pürüzlülük katsayısı yüksek ve meydana gelen erozyon ise düşüktür. Bitki kökleri de yüzey pürüzlülüğünü artırmaktadır. Çünkü bu kökler kayma gerilmesine karşı toprağı tutmaktadır.

Toprak İşleme

Sulanan toprak agregatlarının büyüklüğü ve sulanan toprak yüzeyinin pürüzlülük derinliği, toprak işlemenin miktarını ve çeşidini belirlemektedir. Aşırı toprak işlemenin yapıldığı topraklarda, toprak partiküllerini birbirine bağlayan bağlar kopmakta ve toprağın erodibilitesi artmaktadır.

Toprak erozyonunu azaltmak için dikkat edilmesi gerekli en önemli hususlardan birisi, aşırı toprak işleme sırasında toprağın ezilmesinden kaçınılmasıdır. Bundan dolayı, karık ile sulama yapılan arazilerde azaltılmış toprak işleme önerilmektedir. Bu yöntem, günümüzde çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca toprak işleme, ürün atıkları üzerine çok etkili olan yüzey pürüzlülüğünü etkilemektedir. Tüm atıkların yandığı pulluk ile toprak işlemenin yapıldığı alanlarda meydana gelen erozyon, karık sulamanın yapıldığı alanlara göre daha fazladır. Çünkü sulamanın yapıldığı alanlarda yapılan toprak işleme uygulamaları, toprak yüzeyinde atıklar bırakmaktadır. Bu atıklar, kayma gerilmesini azaltmakta ve suyun akışına karşı toprak yüzeyinin dayanımını artırmaktadır. Günümüzde uygulanan toprak işleme yöntemi ile 50 yıl önceki yöntemler birbirinden oldukça farklıdır. Çizel, döner başlıklar, listerler gibi birçok toprak ve atık şartlarına uygun aletler geliştirilmiştir. Eskiden çok büyük maliyetler altında toprak işleme yapılırken, günümüzde daha küçük maliyetler altında topraklar işlenebilmektedir. Toprak işleme için kullanılan aletler toprakları çok ezmekte ya da kesek halinde bırakabilmektedir. 30 cm ya da daha derin toprak işleme operasyonları toprağın bozulmasına neden olmaktadır. Sulama erozyonu, toprağın partikülleri arasındaki bağların kırılma durumu ve toprak yüzeyinde kalan atık miktarına bağlıdır.

Ürün Sırası

Bir tarım arazisinde meydana gelen erozyon ve sediment kayıpları en son yetiştirilen ürün çeşidi ile yakından ilişkilidir. Sulamada çok fazla ürün atığının olduğu alanlarda meydana gelen erozyon miktarı az olmaktadır. Farklı eğim ve kanal büyüklüğüne sahip arazilerde, değişik ürün çeşidine bağlı olarak meydana gelen erozyonu belirlemek için çalışmalar yapılmaktadır. Kuru fasulye-kuru fasulye sıralı ekim yapılan bir tarım arazisinde meydana gelen erozyon; kuru fasulye-tahıl ekimi yapılan arazide meydana gelen erozyondan daha fazladır. Sıralı ekim yapılan tarım arazilerinde daha fazla erozyon meydana gelmektedir. Ancak, tahıl bitkisi tarımının yapıldığı arazilerde sulama suyunun şiddeti yavaştır ve bir önceki ürünün kalıntılarının üzerini örtüğü için, erozyonun etkisi azalmaktadır.

3.2.4. Toprak Örneklerinin Alınması ve Yapılan Analizler

Bu çalışmada, Orta Karadeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma İstasyonunda Akış, Elmalı, Yeşilirmak ve Deneme Serileri topraklarından bozulmuş ve bozulmamış (0-20cm) toprak örnekleri alınmıştır. Oda sıcaklığında kurutulan örnekler 2 mm'lik elekten elenip analize hazır hale getirilmiştir. Tekstür, organik madde içeriği, hidrolik iletkenlik ve çok ince kum yüzdesi verileri kullanılmıştır.

Tekstür: Toprağın kum, silt ve kil fraksiyonları Bouyocous hidrometre yöntemi ile belirlenmiştir (Bouyocous, 1951).

Organik madde: Organik madde tayini için modifiye edilmiş Walkey-Black metodu ile yapılmıştır (Nelson ve Sommers, 1982).

Hidrolik iletkenlik: Toprağın hidrolik iletkenliği sabit seviyeli permeametre yöntemi ile bozulmamış toprak örneklerinde yapılmıştır (Richards, 1954).

Çok ince kum: Aşınma duyarlılığı belirlemek amacıyla, eleme ile belirlenmiştir.

Katyon Değişim Kapasitesi (KDK): 1.0 N amonyum asetat (pH = 7.0) yöntemine göre belirlenmiştir.

3.2.5. WEPP Model

WEPP model, yamaç arazisinde meydana gelen toprak kayıpları ve yüzey akışı 9 toprak bileşenini kullanarak tahmin etmektedir. Bunlar iklim, kış süreçleri, sulama, hidroloji, toprak, bitki gelişimi, atıkların ayrışması, yüzey akış hidrolojisi ve erozyondur.

WEPP modelde iklim verilerinin simülasyonu CLIGEN iklim modeli kullanılarak yapılmaktadır. Bu iklim modeli WEPP modelden bağımsız olarak çalışmaktadır. Günlük yağış miktarı ve süresi, intensite, pik şiddeti, maksimum ve minimum sıcaklık, solar radyasyon, rüzgar hızı ve yönü ile çığ düşme noktasını kullanarak simülasyon yapmaktadır.

WEPP modelin diğer bileşeni ise kış süreçleridir. Toprağın donma-çözülmesi, kar yağışı ve erimesi kış süreçlerini oluşturmaktadır. Bu süreçte, toprağın dışında ve içerisinde olan sıcaklık çok önemli bir değerdir. Bu değer ise solar radyasyon, atıklar, bitki ve kar örtüsü verilerine göre tahmin edilmektedir. Bir sonraki aşamada, toprağın donma ve çözülme derinliği belirlenmektedir.

WEPP modelin sulama bileşeni ise hem sabit hem de hareketli sulama sistemlerinin simülasyonunu yapabilmektedir. Model sulama sistemlerini hareketli ve sabit yağmurlama ve karık sulama sistemleri olarak dikkate alabilmektedir. Model, sabit sulamanın yapıldığı alanlarda suyun derinliği ve miktarını dikkate almamaktadır ve tek bir olayı simüle etmektedir. Araştırma yerinde hareketli sulama sistemleri bulunmadığı için simülasyonlar sabit sulama sistemlerine göre gerçekleştirilmiştir.

İnfiltrasyon, yüzey akış, toprak evapotransprasyonu, bitki terlemesi, toprak-su perkolasyonu, bitki atıklarının yağışları engelleme miktarı, gerilim depoları ve yüzey altı toprak işlemeye bağlı olarak suyun toprak profilinden uzaklaştırılması gibi bileşenler modelin hidrolik bileşenleridir. İnfiltrasyon, modifiye edilmiş Green - Ampt infiltrasyon denklemi ile hesaplanmaktadır. Yüzey akışın tahmin edilmesinde ise kinematik dalga denklemi kullanılmaktadır.

Toprak özellikleri ve model parametreleri üzerine toprak işlemenin etkisi, modelin toprak dosyası içerisinde tahmin edilmektedir. Simülasyon sürecinde, toprak işleme yapılırken toprağın hacim ağırlığı azalmakta, toprak gözenekliliği artmakta, toprak pürüzlülüğü ve sırtların yüksekliği değişmekte, riller bozulmakta, infiltrasyon parametreleri artmakta ve erodibilite parametreleri değişmektedir. Model, toprak işlemeden sonra yağış ve zamana

bağlı olarak meydana gelen sıkışmayı dikkate alarak toprak parametrelerini simüle etmektedir.

Modelde tarım arazileri için bitki gelişim evreleri, yıllık ve çok yıllık bitkilerin her ikisi için olmak üzere yüzeydeki biomass miktarını gerçek değer in altında veya üzerinde hesaplamaktadır. WEPP model, bitki gelişim evrelerini EPIC modelde verilen prensiplere göre simüle etmektedir.

Bitkilerin ayrışması sürecinde ise ayrışma için gerekli nem ve sıcaklık koşullarını model kendisi belirlemektedir.

WEPP Model Dosyaları

İklim Dosyası

CLIGEN, tek bir meteoroloji istasyonuna ait uzun yıllar günlük yağış, sıcaklık, çığ düşme noktası, rüzgar ve solar radyasyon gibi yağış karakteristiklerini dikkate alarak tahmini hava şartları oluşturan bir modeldir. Model simülasyon yaparken, bu verilerin ortalama, standart sapma, çarpıklık gibi istatistiksel değerlerini göz önünde tutmaktadır. Diğer iklim modellerinden farklı olarak, bireysel yağışların pik zamanı, pik şiddeti ve yağış süresi gibi yağış özelliklerini de tahmin etmektedir. Bu özellikler WEPP ve WEPS erozyon modellerinin çalışması için girilmesi gereken yağış karakteristikleridir. ABD’de binlerce meteorolojik istasyondan uzun yıllara ait veriler alınmış ve bir veri bankası oluşturulmuştur.

Günlük simülasyon modellerinden olan CLIGEN, algoritmasında bulunan parametrelerin birbirleriyle olan ilişkilerinden çok yakından etkilenmektedir. Bireysel parametreler, aylık yağışların ortalama, standart sapma ve çarpıklığına göre simüle edilmektedir. Modelin performansının değerlendirildiği bölgede model, bir ya da daha fazla parametreye karşı duyarlı ise modelin performansı pek yüksek olmamaktadır. Gün içerisindeki solar radyasyon, maksimum ve minimum sıcaklık ile yağış arasındaki ilişki çok önemlidir.

CLIGEN, Oklahoma’da Durant eyaletinde Tarımsal Araştırma Servisinde çalışan Arlin Nicks ve Gene Gander tarafından geliştirilmiş bir iklim modelidir. CLIGEN’in en önemli özelliği girilen rakamsal karakterler arasındaki boşlukları çok fazla dikkate almasıdır. Ayrıca, veri giriş dosyasına girilen parametreler birbirleriyle çok yakından ilişkilidir. Günlük yağış miktarı çok önemli iken, minimum sıcaklık maksimum sıcaklığa göre daha

az etkili bir parametredir. Solar radyasyon değeri mutlaka verilmesi gereken bir yağış karakteristiği olup, bazı durumlarda ölçülememektedir. CLIGEN’de, Markov zincirine göre aylık yağışların ıslak-kuru gün olma ihtimalleri belirlenmektedir.

CLIGEN iklim modeli, 9 parametreyi kullanmaktadır. Bunlar yağış, maksimum ve minimum sıcaklık, çığ düşme noktası, yağış olma ihtimali, yağış miktarı, pik zamanı, solar radyasyon, rüzgarın şiddeti ve yönüdür. Bu parametrelerin her biri, tahmini rastgele değişkenlerin oluşturulmasında kullanılmaktadır. Rastgele değişken 0-1 arasında değişen ve üniform dağılım gösteren sayılardır. Bu değerler, çalışma alanının özelliklerine göre değişiklik göstermektedir.

Maksimum ve minimum sıcaklık ile çığ düşme noktası bağımsız olarak değerlendirilmektedir. Minimum sıcaklığın standart sapması, maksimum sıcaklıktan fazladır. Çünkü günlük minimum sıcaklık değerleri, söz konusu ayın standart sapmasına göre belirlenmektedir. Buna göre bu değerler pozitif ya da negatif olabilmektedir.

Yağışlarda ise durum oldukça karışıktır. Gün içerisinde yağışın oluşma ya da oluşmama ihtimalini dikkate alarak tahminde bulunmaktadır. CLIGEN, bir ıslak günü izleyen kuru gün ve bir ıslak günü izleyen ıslak gün olma ihtimalini kullanmaktadır. Bu random değişkenleri, bir evvelki günün yağışlı ya da kuru olma durumu ile karşılaştırarak yağış tahmininde bulunmaktadır. Yağışın oluşma ihtimali varsa, Pearson Type-III denklemini ve aylık çarpıklık değerlerini kullanmak suretiyle yağış tahmininde bulunmaktadır. Yağışları normal dağılıma göre değerlendirmektedir.

Solar radyasyon ise, aylık maksimum ve minimum sıcaklığın standart sapması ve random standart sapma değerine göre belirlenmektedir.

Rüzgarın hızı, 16 farklı rüzgar yönü ve bunların gelme zamanlarının yüzdesi ile tahmin edilmektedir.

Toprak Dosyası

WEPP modele 1.8m maksimum derinliğe kadar toprak özellikleri girilerek toprak dosyası oluşturulmaktadır. 8 farklı özellikte, toprak özelliği girilebilmektedir. Toprak dosyasında, yamaç arazisi üzerindeki “overland flow element” (OFE) ve havzadaki kanallara ait toprak özellikleri mutlaka ayrı ayrı girilmek zorundadır. Bu dosyadaki veriler, toprağın fiziksel ve hidrolojik parametrelerinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi için çok önemlidir. Modele girilen toprak parametreleri şunlardır:

- Çalışma alanının adı
- Toprak tekstürü
- Tabaka sayısı
- Çıplak kuru toprak yüzeyinin albedosu
- Başlangıçtaki toprak profil gözenekliliğinin doygunluk derecesi
- Gözlenen interrill erodibilite parametresi
- Gözlenen rill erodibilite parametresi
- Gözlenen kayma gerilmesi
- Etkin hidrolik iletkenlik
- Toprak derinliği
- % Kum içeriği
- % Kil içeriği
- % Organik madde içeriği
- Katyon değişim kapasitesi
- % Kaya parçacıkları

WEPP model, toprak parametrelerinin hesaplanmasında çok sayıda matematiksel eşitlik kullanmaktadır. Hidrolik iletkenlik, Green - Ampt denklemi ile hesaplanmaktadır. İnfiltrasyon, WEPP model için anahtar bir parametredir. Bu parametre, toprağın doygunluk derecesi ile ilişkilidir. Toprağın özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Green - Ampt denklemindeki önemli diğer bir toprak parametresi potansiyel matrikstir. Toprak tipi, toprağın nem içeriği ve hacim ağırlığına göre WEPP model bu parametreyi tahmin etmektedir.

Hidrolik iletkenlik, en önemli toprak erodibilite değeridir. Toprağın hidrolik iletkenliğinin bilinmediği durumlarda, model zamana bağlı meydana gelen değişikliklere göre, aşağıda verilen denklemleri kullanarak hidrolik iletkenliği tahmin etmektedir.

Toprağın kil içeriği < 40 ise;

$$K_b = -0.265 + 0.0086 * \text{Kum İçeriği}^{1.8} + 11.46 * \text{Katyon Değişim Kapasitesi}^{-0.75} \quad (1)$$

Toprağın kil içeriği > %40 ise;

$$K_b = 0.0066 \exp(244/\text{Kil}) \quad (2)$$

Toprak dosyasına girilen diğer parametreler ise rill, interrill ve kayma gerilmesidir. WEPP erozyon modeli, bu parametrelere karşı çok duyarlıdır. Tarım arazilerinde bu erodibilite değerleri, yeni işlenmiş bir toprağı ya da üzerinde bitki bulunmayan çıplak bir toprağın değerleri olarak kabul edilmektedir. Mera arazisinde ise; tamamen sıkışmış toprak değerleridir. WEPP model, simülasyonun başlangıcında sıkışma, atıkların toprağına karışmasını göz önünde bulundurarak bu erodibilite değerlerinin ayarlamasını yapmaktadır. Aşağıda verilen denklemlere göre toprak erodibilite değerleri hesaplanmaktadır:

Toprak albedosu, güneş ışığının yansımaları olan solar radyasyonun bir parçasıdır. Bu parametre, toprak yüzeyindeki net radyasyon miktarını ve bir sonraki aşama olarak WEPP modelin su dengesi içerisindeki buharlaşmayı hesaplamak için kullanılmaktadır. Model, albedo değerini toprağın nem içeriğı, bitki örtüsü, atık miktarı ve kar örtüsünü dikkate almaktadır.

Toprağın albedosu:

$$\text{SALB} = 0.6 / \exp(0.4 * \text{Organik Madde}) \quad (3)$$

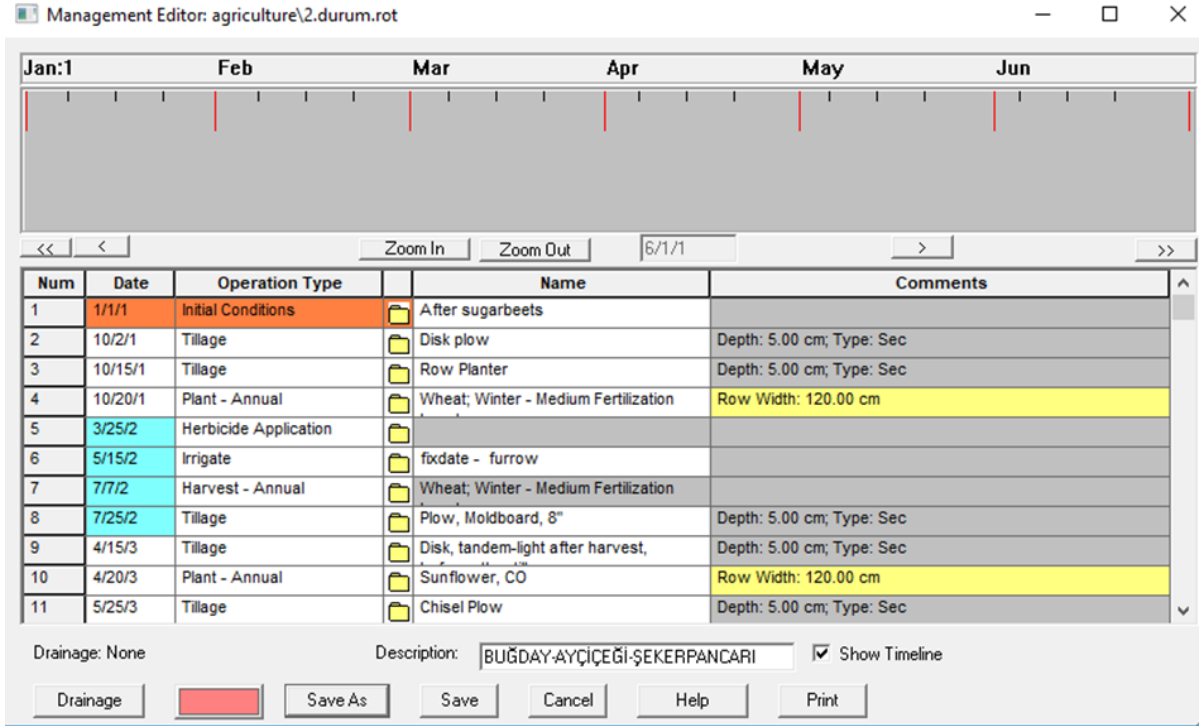
Saturasyon miktarı ise, simülasyonun başlangıcındaki gözeneklerde bulunan su miktarıdır. WEPP model, başlangıç tarihi olarak 1 Ocak tarihini almaktadır. Model, her bir derinliğe ait toplam su içeriğı ve yarayışlı su içeriğini hesaplamaktadır. Yüzey toprağının su içeriğı, profil içerisinde aşağılara doğru yağış, sulama, kar erimesi, evapotranspirasyon ve perkolasyon ile değişmektedir.

Çizelge 3.2. Toprak özellikleri veri giriş dosyası

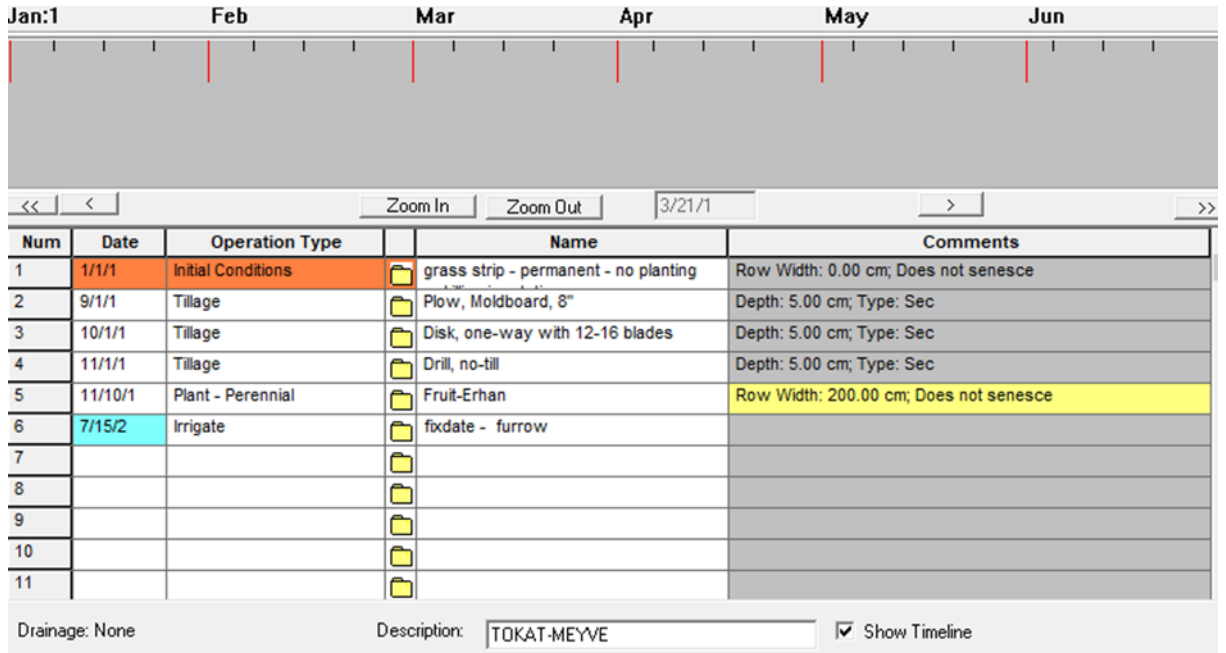
Seri Adı	Derinlik	Kum	Kil	Organik Madde	KDK	İskelet Yüzdesi	Hidrolik İletkenlik	Kayma Gerilmesi
	mm	%	%	%	meq l ⁻¹	%	mm h ⁻¹	Pa
Akış	200	35.6	33.7	1.96	14.96	10.9	1.8	3.5
Deneme	300	37.7	30.9	3.71	20.5	9.1	1.8	3.5
	700	37.7	30.9	1.57	17.3			
	750	55.9	14.8	0.58	13.5			
Elmalı	280	42.6	24.8	4.18	20.5	21.8	1.8	3.5
	540	44.6	28.1	1.57	17.3			
	810	37.7	39.3	1.39	17.3			
	850	29.4	43.4	0.52	11.3			
Yeşilirmak	250	29.9	36.8	2.49	17.7	2.8	1.8	3.5
	1300	25.9	42.8	0.87	21.2			
	1400	37.3	42.8	0.70	20.2			

Amenajman Dosyası

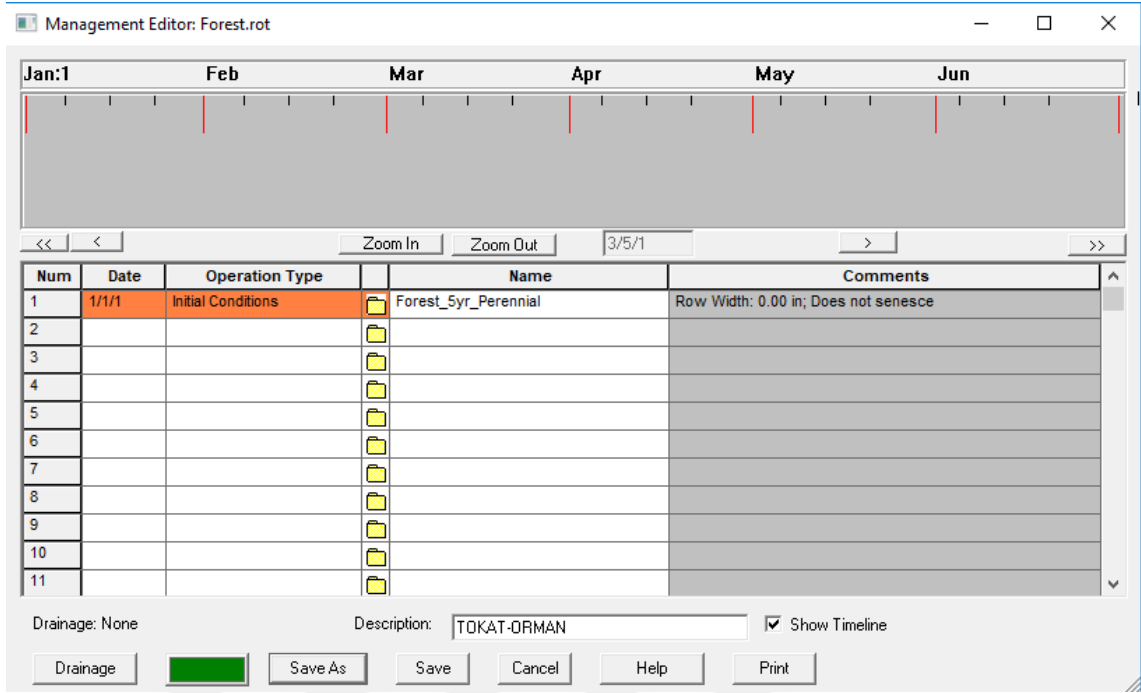
WEPP modele girilen amenajman dosyası toprak işleme ve kullanılan ekipmanlar, bitki ve atık yönetimi, başlangıç şartları, kontur sürüm olup olmadığı, yüzeyaltı drenaj ve ürün rotasyonu gibi bitki ve amenajman özelliklerinin girildiği dosyadır. Çeşitli toprak yönetimi uygulamalarına ait veri giriş dosyaları Şekil 3.6, Şekil 3.7 ve 3.8’de verilmiştir.



Şekil 3.6. Buğday-ayçiçeği-şekerpancari amenajman veri giriş dosyası



Şekil 3.7. Meyve arazi kullanımı amenajman veri giriş dosyası



Şekil 3.8. Orman arazi kullanımı amenajman veri giriş dosyası

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. CLIGEN İklim Modeli Sonuçlarının Değerlendirilmesi

4.1.1. Yıllık Toplam Yağışların Değerlendirilmesi

Çalışma alanına ait 1967-2016 yılları arasındaki yıllık gözlenen ve CLIGEN ile simüle edilen toplam yağışlar Çizelge 4.1’de verilmiştir. Aralarındaki ilişki ise Şekil 4.2 ve 4.3’de gösterilmiştir. WEPP Hillslope gibi iklim modelleri, ıslak ve kuru günleri belirlemek için eşik değer kullanmaktadır. Bu eşik değer çok yüksek yağışlar için %75 ve düşük yağışlar için ise %25’dir. Model bu değerlere göre yağış/yıl olarak simülasyon yapmaktadır (Demir, 2016). Buna göre 1967-2016 yılları arasında gözlenen yıllık ortalama yağış 431.68 mm/50 yıl ve CLIGEN ile 385.93 mm/50 yıl olarak belirlenmiştir. Model 50 yıllık süreçte, gözlenen verilerin altında yıllık toplam yağış tahmini yapmıştır (Çizelge 4.2). En fazla yağış 2009 yılında 577.8 mm ve en düşük ise 1982 yılında 289.4 mm olarak gözlenmiştir. CLIGEN iklim modelinde ise maksimum yağışlar tıpkı gözlenen verilerde olduğu gibi 2009 yılında 531 mm ve minimum yağışlar ise 256,9 mm olarak 1974 yılında gözlenmiştir (Çizelge 4.1).

50 yıllık zaman aralığında yağışların sınıflandırılması yapılmış ve ıslak, kuru, normal yıllar belirlenmiştir. Islak yıllar; Ortalama+Standart Sapma, Normal yıllar; Ortalama+Standart Sapma ve Ortalama-Standart Sapma arasında; Kuru yıllar; Ortalama-Standart Sapma değerine göre belirlenmiştir. Gözlenen ve simüle edilen yağışların sınıflandırılması Çizelge 4.2’ de verilmiştir. Gözlenen ve simüle edilen yağışların sınıflandırılması hemen hemen birbirine yakındır. Ancak birkaç yıl için farklılık göstermektedir. 1969, 1975 ve 1976 yılları gözlenen veri setinde normal yıl iken; CLIGEN’de kurak olarak sınıflandırılmıştır. 2001, 2013 yılları ise kurak olmasına rağmen, simülasyon sonucunda normal yıl olarak sınıflandırılmıştır. Yine 1983, 1985, 1991 yılları ise ıslak yıl olup; CLIGEN’de normal yıl olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.2).

Yağışların artma ve azalma eğilimleri incelendiğinde ise, çok fazla değişim göstermediği ve normale yakın olarak seyrettiği görülmektedir. Şekil 4.1 incelendiğinde, CLIGEN iklim modeli ile oluşturulan veri setinde de benzer bir eğilimin olduğu görülmektedir.

Gözlenen ve CLIGEN ile simüle edilen yağışlar arasındaki ilişki Şekil 4.3’de gösterilmiştir. Aralarındaki ilişkiyi gösteren regresyon katsayısı R^2 : 0.80 olup oldukça

yüksektir. Veriler, eğilim çizgisinin altında ve üstünde homojen bir şekilde dağılım göstermektedir. 50 yıllık ortalama yağışlar incelendiğinde modelin ortalama ve altındaki yağışları tahmin etmedeki performansının yüksek; üzerindeki yağışları tahmin etmede ise daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 4.2). Demir (2016), aynı çalışma alanında 21 yıllık zaman aralığını dikkate alarak yapmış olduğu doktora tez çalışmasında 1975-1995 yılları arasındaki yağış verilerini CLIGEN iklim modeli ile simüle etmiştir. Gözlenen ve simüle edilen yıllık ortalama yağışlar sırasıyla 374.36 mm ve 375.88 mm olarak belirlemiştir. İklim modellerinde, çalışılan veri aralığı genişledikçe ortalama ve standart sapma değeri artmaktadır. Bu durum modelin performansının düşmesine neden olmaktadır. Nitekim söz konusu çalışmada araştırmacı 21 yıllık yağışları dikkate aldığı anda modelin performansını daha yüksek ($R^2:0.94$) olarak bildirmiştir. Bulunan bu sonuç, CLIGEN ile yapılacak yağış modellemesinin Tokat iklim koşullarına uygun olduğunu söylenebilir.

Gerçekleşen ve tahmin edilen yıllık yağış değerleri Çizelge 4.3'de istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Maksimum ve minimum gözlenen ve simüle edilen yağışlar birbirine oldukça yakın olmuştur. Gözlenen maksimum ve minimum yağışlar 575.8 ve 289.4 mm; simüle edilen maksimum ve minimum yağışlar ise 531 ve 256,9 mm'dir (Çizelge 4.1). Standart sapma ve değişim katsayısı, simüle edilen yağış verilerinde gözlenen değerin altında bulunmuştur. Bu değer, modelin performansının yüksek olduğunu ve değişimin fazla olmadığını ifade etmektedir. Wilks (1999), iklim modellerinin gözlenen ekstrem yağışları simüle etmede çok başarılı olmadığını ve bundan dolayı gözlenen verilerin altında tahmin ettiğini belirtmiştir. Ayrıca, çok düşük şiddetteki yağış verilerinin gözlenen verilerin toplamını artırdığını ve iklim modellerinin de bu verileri simüle edemediğini ifade etmiştir. Araştırma alanında CLIGEN ile simüle edilen günlük veriler gözlenen değerlere oldukça yakındır.

Gözlenen ve CLIGEN ile hesaplanan yağışlara ait değişim katsayısı sırasıyla 16.49 ve 17.04 mm olarak belirlenmiştir. (Çizelge 4.3). Bulunan bu değerlerin küçük olması, model ile simüle edilen yağışlar arasındaki değişimin çok fazla olmadığını ifade etmektedir. Ancak, model çok küçük değerleri simüle edememiştir.

Gözlenen ve CLIGEN ile tahmin edilen yıllık toplam yağış değerleri arasındaki uyum, Nash-Sutcliffe Modeli Verim Katsayısı (E_{NS}) ile tahmin edilmiştir. $E_{NS} = 1$ mükemmel uyum, $E_{NS} = 0$ gözlenen ortalama yağış doğruluğu kadar iyi ya da kötü uyum ve $E_{NS} < 0$

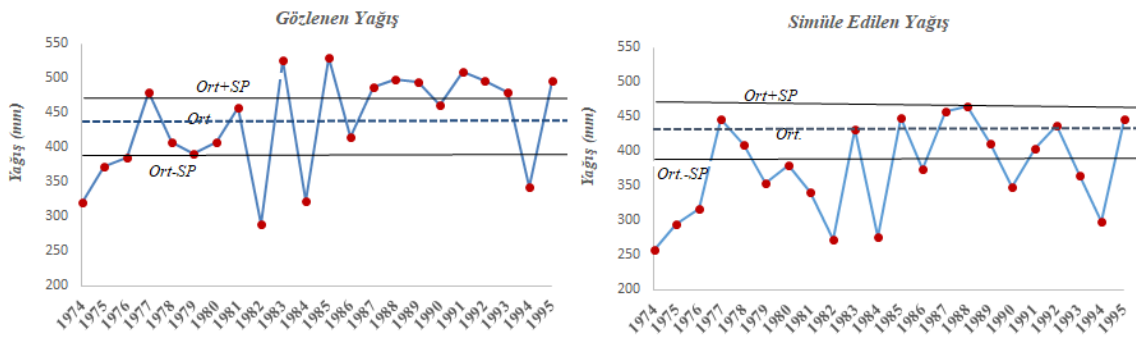
ise çok kötü uyum anlamına gelmektedir. E_{NS} değerine göre CLIGEN tahmin başarısı düşük bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Ortalama karekök hatası (RMSE) yıllık gözlenen ve simüle edilen toplam yağış miktarlarının birbirine farkının kareleri toplamının toplam yıl sayısına bölümünün karekökü ile elde edilmiştir. Araştırma yeri yağışları ile CLIGEN simülasyon değerleri arasında bulunan RMSE değeri 55.78 olmuştur. İdeal RMSE değeri=0 olup bu değerlendirmeye göre ideal değere göre CLIGEN tahmin başarısı yeterli bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.1. Gözlenen ve CLIGEN ile simüle edilen yıllık toplam yağış miktarı

YILLAR	Gözlenen	Cligen
1967	498.5	449.70
1968	474.9	422.30
1969	374.0	312.40
1970	417.7	365.60
1971	359.6	314.10
1972	359.6	314.10
1973	292.6	280.30
1974	321.3	256.90
1975	372.3	294.50
1976	386.3	316.60
1977	480.5	447.30
1978	407.3	409.30
1979	390.5	354.10
1980	407.7	380.80
1981	457.6	341.50
1982	289.4	273.20
1983	526.8	432.90
1984	323.0	275.80
1985	530.3	448.10
1986	415.9	374.50
1987	486.9	457.20
1988	498.9	465.70
1989	495.8	412.00
1990	461.4	347.90
1991	510.5	403.50

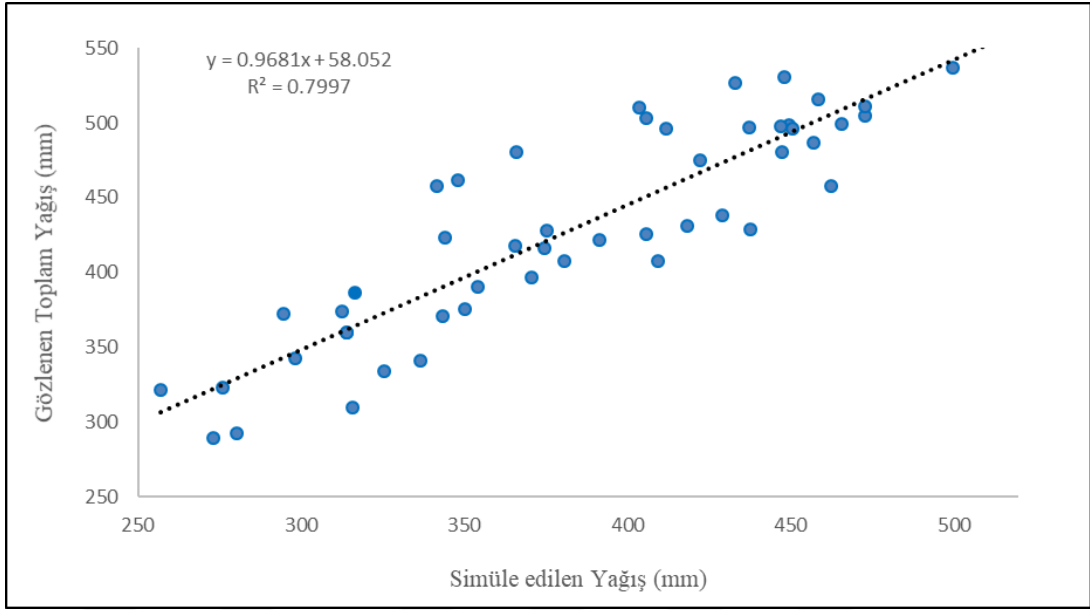
YILLAR	Gözlenen	Cligen
1992	496.9	437.40
1993	480.5	365.80
1994	342.7	298.30
1995	497.6	447.00
1996	503.2	405.90
1997	496.3	450.70
1998	429.0	437.60
1999	396.8	370.70
2000	423.3	344.20
2001	341.2	336.60
2002	421.4	391.50
2003	430.8	418.50
2004	428.4	375.40
2005	516.0	458.40
2006	370.8	343.30
2007	425.4	405.80
2008	457.9	462.40
2009	575.8	531.00
2010	504.5	472.70
2011	438.4	429.00
2012	536.8	499.70
2013	334.4	325.60
2014	510.9	472.70
2015	310.0	315.90
2016	375.9	350.20



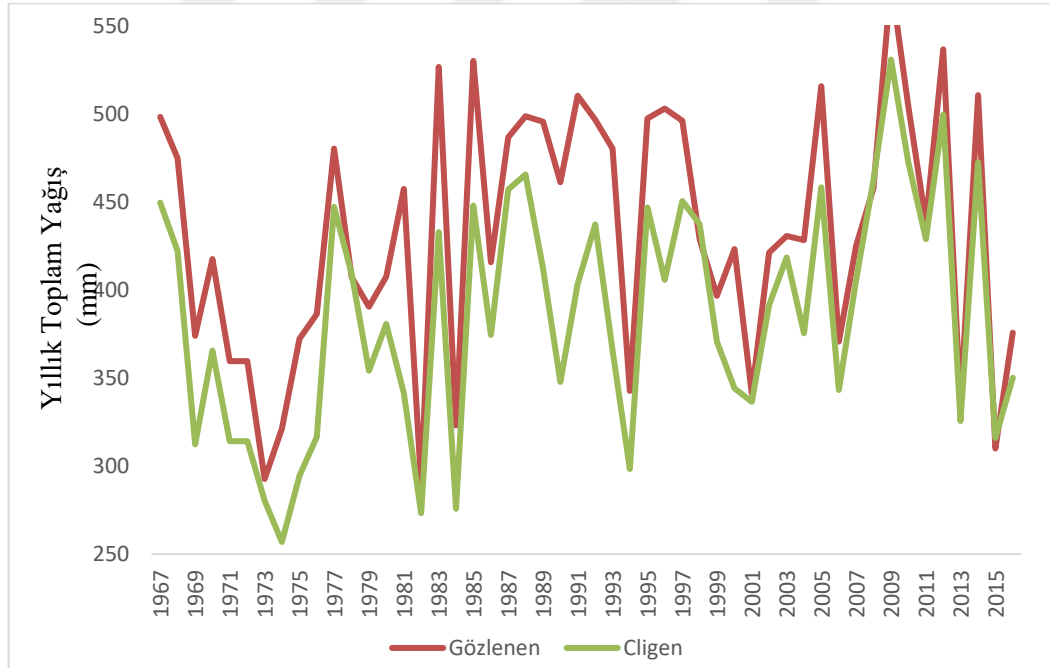
Şekil 4.1. Araştırma süresince gözlenen ve simüle edilen yıllık yağışlar

Çizelge 4.2. Gözlenen ve CLIGEN ile simüle edilen yıllık toplam yağış miktarı

Yıl	Gözlenen		Simüle Edilen	
	Toplam Yağış mm	Sınıfı	Toplam Yağış mm	Sınıfı
1967	498.5	NORMAL	449.7	NORMAL
1968	474.9	NORMAL	422.3	NORMAL
1969	374	NORMAL	312.4	KURU
1970	417.7	NORMAL	365.6	NORMAL
1971	359.6	KURU	314.1	KURU
1972	359.6	KURU	314.1	KURU
1973	292.6	KURU	280.3	KURU
1974	321.3	KURU	256.9	KURU
1975	372.3	NORMAL	294.5	KURU
1976	386.3	NORMAL	316.6	KURU
1977	480.5	NORMAL	447.3	NORMAL
1978	407.3	NORMAL	409.3	NORMAL
1979	390.5	NORMAL	354.1	NORMAL
1980	407.7	NORMAL	380.8	NORMAL
1981	457.6	NORMAL	341.5	NORMAL
1982	289.4	KURU	273.2	KURU
1983	526.8	ISLAK	432.9	NORMAL
1984	323	KURU	275.8	KURU
1985	530.3	ISLAK	448.1	NORMAL
1986	415.9	NORMAL	374.5	NORMAL
1987	486.9	NORMAL	457.2	ISLAK
1988	498.9	NORMAL	465.7	ISLAK
1989	495.8	NORMAL	412	NORMAL
1990	461.4	NORMAL	347.9	NORMAL
1991	510.5	ISLAK	403.5	NORMAL
1992	496.9	NORMAL	437.4	NORMAL
1993	480.5	NORMAL	365.8	NORMAL
1994	342.7	KURU	298.3	KURU
1995	497.6	NORMAL	447	NORMAL
1996	503.2	NORMAL	405.9	NORMAL
1997	496.3	NORMAL	450.7	NORMAL
1998	429	NORMAL	437.6	NORMAL
1999	396.8	NORMAL	370.7	NORMAL
2000	423.3	NORMAL	344.2	NORMAL
2001	341.2	KURU	336.6	NORMAL
2002	421.4	NORMAL	391.5	NORMAL
2003	430.8	NORMAL	418.5	NORMAL
2004	428.4	NORMAL	375.4	NORMAL
2005	516	ISLAK	458.4	ISLAK
2006	370.8	NORMAL	343.3	NORMAL
2007	425.4	NORMAL	405.8	NORMAL
2008	457.9	NORMAL	462.4	ISLAK
2009	575.8	ISLAK	531	ISLAK
2010	504.5	ISLAK	472.7	ISLAK
2011	438.4	NORMAL	429	NORMAL
2012	536.8	ISLAK	499.7	ISLAK
2013	334.4	KURU	325.6	NORMAL
2014	510.9	ISLAK	472.7	ISLAK
2015	310	KURU	315.9	KURU
2016	375.9	NORMAL	350.2	NORMAL
Ortalama	432		386	
Ort+SS	504		452	
Ort-SS	360		320	



Şekil 4.2. Gözlenen ve tahmin edilen yıllık toplam yağışların karşılaştırılması



Şekil 4.3. Gözlenen ve CLIGEN ile simüle edilen yıllık toplam yağış arasındaki ilişki

Çizelge 4.3. Yıllık gözlenen ve CLIGEN ile tahmin edilen yağışların bazı istatistiksel değerlendirilmesi

İstatistiksel Özellikler	Gözlenen	CLIGEN
Minimum	289.4	256.9
Maksimum	575.8	531.0
Ortalama	431.68	385.93
Standart Sapma	71.17	65.74
Değişim Katsayısı	16.49	17.04
Nash-sutcliffe Etkinlik Katsayısı		0.385
RMSE		55.78
R ²		0.799

4.1.2. Aylık Toplam Yağışların Değerlendirilmesi

Türkiye, kurak ve yarı kurak bir iklime sahiptir. Sıcaklık ve yağış ülkenin tüm bölgesinde birbirinden oldukça farklılıklar göstermektedir. Bir bölgede, ıslak günlerin belirlenmesinde yağışın miktarı ve yağışlı mevsimler çok önemlidir (Zhang, 2011). ıslak gün belirlenirken kullanılan eşik değeri, ortalama ile çok yakından ilişkilidir. Standart sapma ve ortalama arttıkça ıslak gün artarken, kuru gün azalmaktadır. Kasım ve Mayıs ayları en yüksek aylık yağış ortalamasına sahip olup, en fazla ıslak gün ortalaması da bu aylarda görülmüştür (Çizelge 4.4). Tokat ilinde, yoğun yağışlar Nisan ayının başında başlamakta ve Haziran ayının sonlarına kadar devam etmektedir. Ağustos ve Eylül ayları kurak aylardır. Çizelge 4.4 incelendiğinde, Nisan ve Mayıs ayının en fazla ıslak gün ortalamasına sahip olduğu görülmektedir. En düşük ıslak gün ortalaması ise Eylül ve Ağustos aylarında görülmüştür.

Gözlenen ve tahmin edilen aylık yağışların tanımlayıcı istatistiksel özellikleri ile P(W/W) ve P(D/W) değerleri Çizelge 4.4’de verilmiştir. CLIGEN yıllık toplam yağışları tahmin etmedeki başarısını aylık yağışları tahmin etmede de göstermiştir (Çizelge 4.4). Ocak, Nisan ve Aralık aylarındaki tahmin edilen ortalama yağış, gözlenen değerlere yakın bulunmuştur. Ocak ve Aralık aylarında hesaplanan standart sapma değerleri oldukça düşük çıkmıştır. Bu aylara ait yağış verileri çok değişkenlik göstermeyip normale yakın bir dağılım göstermektedir. Bu durum çarpıklık katsayısında da görülmektedir. Her iki ay içinde çarpıklık katsayısı 0 ile 0.5 arasında dağılmaktadır (Çizelge 4.4). Evans ve Olson (2002), çarpıklık katsayısı ≥ 1 olduğunda dağılımın oldukça çarpık, 0-0.5 arasında normale yakın ve ≤ 0.5 ise normal dağılım gösterdiğini ifade etmiştir. CLIGEN Şubat,

Mayıs ve Ekim aylarında yağışları, gözlenen değerin hafif altında tahmin etmiştir. Özellikle, Mayıs ayında yağış verileri oldukça azalan ve artan şeklinde değişiklik göstermektedir. Bunun sonucu olarak, ortalama ve standart sapma değerleri artmıştır. Çarpıklık katsayısının >1 değerler almakta ve bu aylardaki veriler ortalamadan uzak dağılım göstermektedir. Model, Haziran ve Kasım aylarındaki yağış değerlerini, çok hafif ortalamanın üzerinde tahmin etmiştir. Haziran ayı oldukça kurak bir aydır ve standart sapma değerleri oldukça yüksektir.



Çizelge 4.4. Aylık gözlenen ve simüle edilen yağışların tanıtıcı istatistikleri

YILLAR	AYLAR	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	YAĞIŞ (mm)	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen
1967	ORT.	6.44	5.81	4.66	4.99	9.39	8.93	5.76	7.10	4.25	5.16	7.85	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.63	6.87	12.80	4.17	7.92	6.88	5.34	6.47
	SS.	5.40	0.00	3.39	0.01	5.90	0.00	3.58	0.02	3.02	0.00	6.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.92	0.00	12.49	0.00	6.82	0.00	3.94	0.01
	Ç	2.05	1.28	2.16	-0.23	0.94	0.25	1.18	-0.59	1.18	-0.58	1.47	1.34	0.00	0.00	0.00	0.00	2.44	1.67	2.41	1.72	2.19	1.46	1.02	-0.30
	P(W/W)		0.27		0.17		0.17		0.12		0.27		0.15		0.00		0.00		0.07		0.07		0.24		0.22
	P(D/W)		0.52		0.42		0.42		0.37		0.52		0.40		0.00		0.00		0.32		0.32		0.49		0.47
1968	ORT.	7.46	5.95	7.52	8.50	7.74	8.13	5.46	5.74	11.68	8.80	10.25	9.20	0.00	0.00	0.00	0.00	3.40	4.42	4.58	4.02	5.36	5.55	7.96	5.13
	SS.	7.16	0.01	5.02	0.01	6.07	0.02	3.65	0.01	8.62	0.00	5.57	0.00	0.14	0.00	1.78	0.00	2.40	0.01	3.99	0.01	3.45	0.00	8.64	0.01
	Ç	2.16	0.95	0.76	-0.69	1.53	0.07	2.26	-0.08	1.50	2.23	0.67	0.00	0.00	0.00	1.67	0.00	1.20	-0.66	2.81	1.64	1.13	0.70	3.27	1.43
	P(W/W)		0.27		0.15		0.19		0.12		0.15		0.10		0.00		0.00		0.12		0.12		0.19		0.17
	P(D/W)		0.52		0.40		0.44		0.37		0.40		0.35		0.00		0.00		0.37		0.37		0.44		0.42
1969	ORT.	4.84	4.26	8.09	7.53	4.09	4.08	9.02	8.27	11.00	10.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.43	6.03	0.00	0.00	9.32	8.10	9.22	6.23
	SS.	4.97	0.00	5.96	0.01	2.10	0.00	5.97	0.01	7.53	0.00	3.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.82	0.03	0.75	0.00	5.66	0.00	7.42	0.01
	Ç	2.96	0.72	1.38	0.29	1.14	0.02	1.69	0.24	0.83	0.48	2.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.79	0.98	0.98	0.00	0.94	2.24	2.73	1.32
	P(W/W)		0.22		0.17		0.19		0.15		0.10		0.00		0.00		0.00		0.07		0.00		0.12		0.15
	P(D/W)		0.47		0.42		0.44		0.40		0.35		0.00		0.00		0.00		0.32		0.00		0.37		0.40
1970	ORT.	0.00	0.00	8.52	6.91	4.07	4.79	4.20	4.66	7.65	7.60	7.35	6.30	0.00	0.00	0.00	0.00	5.80	7.40	7.00	5.84	5.29	5.16	5.44	4.99
	SS.	7.23	0.00	6.86	0.00	2.43	0.00	3.23	0.01	5.49	0.01	4.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.69	0.02	3.40	0.00	3.12	0.00	5.75	0.00
	Ç	2.43	0.00	1.33	1.16	0.68	-0.32	1.98	0.12	1.24	-0.02	0.70	1.99	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	-1.43	0.88	0.22	0.04	0.24	2.13	0.70
	P(W/W)		0.00		0.27		0.22		0.12		0.15		0.10		0.00		0.00		0.07		0.12		0.17		0.31
	P(D/W)		0.00		0.52		0.47		0.37		0.40		0.35		0.00		0.00		0.32		0.37		0.42		0.56
1971	ORT.	7.03	7.30	2.94	3.20	0.00	0.00	7.39	7.03	5.91	6.16	8.30	5.45	3.38	3.95	0.00	0.00	2.83	3.87	6.70	6.36	6.80	6.40	4.10	2.90
	SS.	3.09	0.02	1.61	0.00	3.41	0.00	5.39	0.00	4.47	0.01	8.34	0.00	2.03	0.01	0.00	0.00	1.83	0.01	4.22	0.01	3.43	0.00	1.13	0.00
	Ç	1.69	-1.45	1.42	-0.96	1.92	0.00	1.01	0.31	1.49	0.22	3.12	3.33	1.47	-0.31	0.00	0.00	1.37	-1.51	1.33	0.38	-0.12	0.00	1.76	0.00
	P(W/W)		0.07		0.12		0.00		0.27		0.19		0.29		0.10		0.00		0.07		0.12		0.07		0.05
	P(D/W)		0.32		0.37		0.00		0.52		0.44		0.54		0.35		0.00		0.32		0.37		0.32		0.30

Çizelge 4.4 (Devam) Aylık gözlenen ve simüle edilen yağışların tanıtıcı istatistikleri

YILLAR	AYLAR	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	YAĞIŞ (mm)	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen
1972	ORT.	7.03	7.30	2.94	3.20	0.00	0.00	7.39	7.03	5.91	6.16	8.30	5.45	3.38	3.95	0.00	0.00	2.83	3.87	6.70	6.36	6.80	6.40	4.10	2.90
	SS.	3.09	0.02	1.61	0.00	3.41	0.00	5.39	0.00	4.47	0.01	8.34	0.00	2.03	0.01	0.00	0.00	1.83	0.01	4.22	0.01	3.43	0.00	1.13	0.00
	Ç	1.69	-1.45	1.42	-0.96	1.92	0.00	1.01	0.31	1.49	0.22	3.12	3.33	1.47	-0.31	0.00	0.00	1.37	-1.51	1.33	0.38	-0.12	0.00	1.76	0.00
	P(W/W)		0.07		0.12		0.00		0.27		0.19		0.29		0.10		0.00		0.07		0.12		0.07		0.05
	P(D/W)		0.32		0.37		0.00		0.52		0.44		0.54		0.35		0.00		0.32		0.37		0.32		0.30
1973	ORT.	0.00	0.00	3.60	4.08	4.49	3.67	5.44	5.88	6.43	5.36	4.05	4.85	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	2.23	0.00	0.00	4.74	5.47	6.78	5.38
	SS.	1.64	0.00	1.76	0.01	2.73	0.00	4.25	0.01	4.18	0.00	3.13	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00	3.50	0.01	3.66	0.00
	Ç	2.28	0.00	1.20	-0.40	1.47	2.57	1.33	0.10	1.40	2.27	1.50	-0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.94	-1.73	0.00	0.00	1.58	-0.29	1.49	0.58
	P(W/W)		0.00		0.10		0.22		0.31		0.24		0.15		0.00		0.00		0.07		0.00		0.17		0.12
	P(D/W)		0.00		0.35		0.47		0.56		0.49		0.40		0.00		0.00		0.32		0.00		0.42		0.37
1974	ORT.	4.47	5.20	2.77	3.07	6.12	6.74	6.26	5.65	6.31	5.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.77	6.10	0.00	0.00	6.25	5.90	8.16	3.81
	SS.	3.51	0.01	1.28	0.00	3.87	0.01	3.46	0.00	4.07	0.00	1.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.43	0.00	1.84	0.00	2.55	0.00	12.58	0.00
	Ç	2.15	-0.41	0.92	-1.30	1.08	-0.25	0.61	1.42	0.56	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	1.70	0.00	0.00	-1.01	0.00	4.17	2.37
	P(W/W)		0.15		0.07		0.12		0.24		0.17		0.00		0.00		0.00		0.07		0.00		0.10		0.29
	P(D/W)		0.40		0.32		0.37		0.49		0.42		0.00		0.00		0.00		0.32		0.00		0.35		0.54
1975	ORT.	2.72	2.86	5.66	3.99	7.68	6.20	11.77	6.94	4.93	5.30	9.93	8.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.30	2.80	4.55	5.83	7.95	5.42
	SS.	0.98	0.00	5.97	0.01	4.08	0.00	11.44	0.00	3.72	0.01	5.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.29	0.00	2.90	0.02	6.63	0.00
	Ç	1.39	0.96	3.36	1.78	1.15	0.68	2.08	2.02	2.40	-0.30	0.28	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.18	2.45	1.46	-0.75	2.47	1.97
	P(W/W)		0.12		0.17		0.12		0.22		0.19		0.15		0.00		0.00		0.00		0.07		0.10		0.15
	P(D/W)		0.37		0.42		0.37		0.47		0.44		0.40		0.00		0.00		0.00		0.32		0.35		0.40
1976	ORT.	7.03	6.13	3.48	4.42	5.37	4.43	6.09	5.83	5.23	4.54	11.74	9.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.85	6.35	4.90	4.70	9.48	7.75
	SS.	5.08	0.00	2.31	0.01	2.48	0.00	4.36	0.01	3.16	0.00	7.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.25	0.00	3.97	0.02	7.11	0.01
	Ç	1.10	0.60	1.54	-0.52	1.33	1.42	1.50	0.80	1.07	2.07	0.94	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.07	2.43	1.87	1.73	0.92	0.12
	P(W/W)		0.24		0.12		0.07		0.17		0.27		0.12		0.00		0.00		0.00		0.15		0.07		0.10
	P(D/W)		0.49		0.37		0.32		0.42		0.52		0.37		0.00		0.00		0.00		0.40		0.32		0.35

Çizelge 4.4 (Devam) Aylık gözlenen ve simüle edilen yağışların tanıtıcı istatistikleri

YILLAR	AYLAR	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	YAĞIŞ (mm)	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen
1977	ORT.	4.83	5.28	3.42	4.16	5.83	5.83	5.64	5.98	6.83	6.36	9.57	7.68	0.00	0.00	0.00	0.00	5.44	6.52	8.80	8.30	4.86	5.30	4.30	3.47
	SS.	2.22	0.00	2.03	0.01	4.33	0.00	5.20	0.01	6.07	0.00	7.49	0.01	8.62	0.00	0.00	0.00	3.08	0.01	5.10	0.00	4.16	0.01	2.22	0.00
	Ç	1.11	-1.88	0.98	-0.64	1.44	0.30	1.45	0.29	1.23	0.50	1.73	0.85	2.44	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.09	0.32	1.92	2.21	0.06	1.22	2.54
	P(W/W)		0.10		0.12		0.29		0.34		0.34		0.15		0.00		0.00		0.12		0.10		0.12		0.17
	P(D/W)		0.35		0.37		0.54		0.59		0.59		0.40		0.00		0.00		0.37		0.35		0.37		0.42
1978	ORT.	6.88	5.66	6.36	6.16	6.03	7.04	5.47	5.45	3.23	4.05	10.60	10.20	0.00	0.00	0.00	0.00	6.93	7.18	7.18	7.64	0.00	0.00	4.21	4.73
	SS.	5.57	0.00	4.66	0.01	4.22	0.01	4.59	0.00	1.95	0.00	5.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.83	0.01	5.44	0.01	0.74	0.00	3.05	0.01
	Ç	1.71	1.13	0.83	0.22	0.68	-0.33	1.94	0.31	0.59	-0.82	-0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.04	-0.17	0.77	0.04	1.41	0.00	2.03	-0.33
	P(W/W)		0.27		0.19		0.19		0.36		0.15		0.07		0.00		0.00		0.10		0.12		0.00		0.19
	P(D/W)		0.52		0.44		0.44		0.61		0.40		0.32		0.00		0.00		0.35		0.37		0.00		0.44
1979	ORT.	10.37	8.46	4.81	5.02	2.97	2.27	4.36	4.80	4.91	4.72	0.00	0.00	17.08	14.90	0.00	0.00	0.00	0.00	8.30	6.97	15.13	13.60	4.64	5.38
	SS.	9.58	0.01	3.16	0.00	0.88	0.00	2.96	0.01	4.45	0.01	2.82	0.00	10.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.03	0.01	9.15	0.00	2.66	0.01
	Ç	1.28	0.36	0.74	0.53	0.48	-0.72	1.65	-0.17	2.59	0.44	2.23	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.28	0.91	1.09	2.00	0.75	-0.69
	P(W/W)		0.17		0.24		0.07		0.17		0.22		0.00		0.10		0.00		0.00		0.07		0.10		0.12
	P(D/W)		0.42		0.49		0.32		0.42		0.47		0.00		0.35		0.00		0.00		0.32		0.35		0.37
1980	ORT.	11.48	9.50	5.45	4.98	4.90	4.86	4.23	4.58	8.49	6.28	3.18	3.40	0.00	0.00	0.00	0.00	5.30	5.97	6.90	5.85	6.27	5.99	3.86	4.53
	SS.	7.39	0.00	4.33	0.02	4.88	0.00	3.53	0.00	7.29	0.00	1.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.75	0.01	3.64	0.00	4.13	0.00	3.33	0.01
	Ç	1.36	1.15	2.20	1.25	2.87	0.07	1.93	0.24	1.92	1.09	1.00	-0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	-1.25	1.36	0.91	1.24	1.03	1.80	0.01
	P(W/W)		0.15		0.10		0.29		0.29		0.19		0.10		0.00		0.00		0.07		0.10		0.22		0.17
	P(D/W)		0.40		0.35		0.54		0.54		0.44		0.35		0.00		0.00		0.32		0.35		0.47		0.42
1981	ORT.	8.66	5.58	7.15	7.23	7.46	5.73	4.91	5.20	3.60	3.66	6.33	5.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.71	5.34	5.29	5.96
	SS.	7.75	0.00	5.32	0.02	7.65	0.00	4.72	0.01	2.49	0.00	5.90	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	21.13	0.00	18.10	0.00	4.04	0.00	3.68	0.01
	Ç	2.35	1.98	2.21	0.36	2.67	1.40	1.60	0.29	2.38	0.08	2.31	1.44	0.00	0.00	0.00	0.00	1.65	0.00	1.73	0.00	1.01	0.47	2.05	-0.47
	P(W/W)		0.12		0.10		0.34		0.22		0.31		0.10		0.00		0.00		0.00		0.00		0.22		0.17
	P(D/W)		0.37		0.35		0.59		0.47		0.56		0.35		0.00		0.00		0.00		0.00		0.47		0.42

Çizelge 4.4 (Devam) Aylık gözlenen ve simüle edilen yağışların tanıtıcı istatistikleri

YILLAR	AYLAR	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
		YAĞIŞ (mm)	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen
1982	ORT.	5.35	5.53	5.52	5.66	4.74	5.13	7.92	7.68	4.45	4.84	5.70	6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.95	7.75
	SS.	4.43	0.01	4.99	0.02	3.56	0.01	5.25	0.01	2.88	0.00	3.05	0.02	2.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.17	0.00	1.01	0.00	5.28	0.02
	Ç	1.56	0.48	2.41	0.41	1.46	0.33	1.17	-0.06	1.11	0.16	1.91	-0.18	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.27	0.00	0.94	0.00	1.12	-0.18
	P(W/W)		0.19		0.12		0.17		0.22		0.19		0.10		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.10
	P(D/W)		0.44		0.37		0.42		0.47		0.44		0.35		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.35
1983	ORT.	3.49	4.21	7.66	7.06	3.26	4.16	4.06	4.94	10.53	7.93	8.80	4.55	3.90	3.24	0.00	0.00	0.00	0.00	11.57	10.60	7.59	6.07	4.23	3.90
	SS.	2.49	0.01	5.85	0.01	2.64	0.01	3.40	0.01	7.95	0.00	9.39	0.01	1.85	0.00	2.94	0.00	5.40	0.00	6.82	0.00	5.28	0.00	1.38	0.00
	Ç	1.71	-0.63	1.30	0.68	1.67	-0.89	1.26	0.26	1.38	1.65	2.32	1.84	0.76	1.81	0.79	0.00	1.99	0.00	-0.01	1.39	0.95	1.50	0.32	-1.71
	P(W/W)		0.19		0.17		0.12		0.12		0.29		0.10		0.12		0.00		0.00		0.17		0.34		0.10
	P(D/W)		0.44		0.42		0.37		0.37		0.54		0.35		0.37		0.00		0.00		0.42		0.59		0.35
1984	ORT.	3.30	4.18	4.90	5.80	4.23	4.55	9.01	6.32	6.04	5.77	0.00	0.00	0.00	0.00	3.10	3.60	0.00	0.00	0.00	0.00	4.97	4.93	8.22	6.92
	SS.	2.02	0.01	3.40	0.01	2.44	0.00	7.49	0.00	5.34	0.01	5.20	0.00	0.00	0.00	1.92	0.01	0.00	0.00	1.04	0.00	2.08	0.01	7.40	0.01
	Ç	0.17	-0.59	1.00	-0.30	1.25	-0.06	2.52	1.90	1.76	0.56	1.71	0.00	0.00	0.00	1.60	1.46	0.00	0.00	-1.29	0.00	1.56	-1.10	1.51	1.10
	P(W/W)		0.10		0.15		0.19		0.29		0.22		0.00		0.00		0.07		0.00		0.00		0.07		0.12
	P(D/W)		0.35		0.40		0.44		0.54		0.47		0.00		0.00		0.32		0.00		0.00		0.32		0.37
1985	ORT.	8.58	7.01	5.88	4.99	3.61	4.11	4.33	4.19	9.76	6.94	3.77	4.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.74	7.53	9.60	7.10	5.29	5.96
	SS.	7.18	0.01	6.78	0.00	3.33	0.00	3.11	0.00	8.86	0.00	1.82	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.83	0.00	6.81	0.00	3.68	0.01
	Ç	2.05	1.01	2.01	1.04	2.37	-0.19	2.29	0.70	1.53	0.96	2.57	-0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.73	1.03	1.80	1.45	0.82	-0.13
	P(W/W)		0.19		0.34		0.24		0.24		0.19		0.07		0.00		0.00		0.00		0.29		0.07		0.24
	P(D/W)		0.44		0.59		0.49		0.49		0.44		0.32		0.00		0.00		0.00		0.54		0.32		0.49
1986	ORT.	8.10	5.21	3.93	4.60	0.00	0.00	8.05	8.93	6.22	4.83	5.54	5.97	0.00	0.00	0.00	0.00	5.10	6.00	0.00	0.00	5.63	5.92	7.23	6.25
	SS.	6.82	0.00	3.13	0.01	0.00	0.00	5.12	0.02	6.47	0.00	3.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.49	0.02	3.84	0.00	3.94	0.00	7.62	0.01
	Ç	2.45	2.15	1.70	-0.33	0.00	0.00	1.57	-0.50	3.22	1.54	0.60	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	1.12	0.04	1.60	0.00	0.61	0.19	1.84	0.84
	P(W/W)		0.19		0.22		0.00		0.10		0.31		0.24		0.00		0.00		0.10		0.00		0.24		0.19
	P(D/W)		0.44		0.47		0.00		0.35		0.56		0.49		0.00		0.00		0.35		0.00		0.49		0.44

Çizelge 4.4 (Devam) Aylık gözlenen ve simüle edilen yağışların tanıtıcı istatistikleri

YILLAR	AYLAR	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	YAĞIŞ (mm)	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen
1987	ORT.	8.54	7.65	4.36	4.24	5.59	6.19	4.78	5.18	3.49	4.19	9.26	7.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.87	6.78	7.56	6.41	6.61	5.87
	SS.	7.19	0.01	2.78	0.00	4.16	0.01	3.04	0.00	1.89	0.00	6.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.75	0.02	6.11	0.00	7.98	0.01
	Ç	1.05	0.31	1.10	0.98	1.69	0.06	1.04	0.24	0.61	-0.84	0.56	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.33	0.53	1.29	1.14	3.12	0.39
	P(W/W)		0.24		0.17		0.19		0.24		0.17		0.12		0.00		0.00		0.00		0.15		0.22		0.34
	P(D/W)		0.49		0.42		0.44		0.49		0.42		0.37		0.00		0.00		0.00		0.40		0.47		0.59
1988	ORT.	4.99	5.61	12.63	13.68	4.64	5.49	6.68	5.34	5.58	5.53	0.00	0.00	5.35	4.10	0.00	0.00	0.00	0.00	9.25	8.39	8.63	6.52	3.76	3.76
	SS.	3.46	0.01	7.49	0.01	3.61	0.01	4.02	0.00	4.23	0.00	0.00	0.00	3.16	0.00	0.00	0.00	1.86	0.00	6.35	0.00	7.99	0.00	2.37	0.00
	Ç	1.81	-0.26	0.95	-1.80	1.26	-0.26	1.37	1.94	1.39	0.42	0.00	0.00	1.31	1.97	0.00	0.00	1.64	0.00	0.90	0.46	1.85	1.17	1.69	1.02
	P(W/W)		0.19		0.10		0.27		0.19		0.24		0.00		0.10		0.00		0.00		0.27		0.24		0.22
	P(D/W)		0.44		0.35		0.52		0.44		0.49		0.00		0.35		0.00		0.00		0.52		0.49		0.47
1989	ORT.	3.50	4.00	3.20	3.68	4.67	5.73	0.00	0.00	9.43	6.98	18.98	16.70	0.00	0.00	0.00	0.00	3.06	3.70	6.83	5.33	8.39	6.47	6.74	7.62
	SS.	2.77	0.01	1.75	0.00	3.05	0.01	7.96	0.00	7.88	0.01	13.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.76	0.01	6.26	0.01	8.31	0.00	4.61	0.02
	Ç	2.16	-1.22	0.78	-0.09	0.79	-0.30	0.63	0.00	1.63	0.64	1.34	1.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	-1.07	2.22	1.33	1.76	1.21	1.99	-0.38
	P(W/W)		0.12		0.15		0.15		0.00		0.19		0.12		0.00		0.00		0.12		0.19		0.36		0.12
	P(D/W)		0.37		0.40		0.40		0.00		0.44		0.37		0.00		0.00		0.37		0.44		0.61		0.37
1990	ORT.	5.73	4.67	0.00	0.00	2.90	2.90	10.37	7.22	8.72	7.03	5.26	6.09	0.00	0.00	0.00	0.00	10.95	7.83	6.23	5.97	9.25	7.08	3.85	4.42
	SS.	3.82	0.01	7.93	0.00	1.34	0.00	8.86	0.00	7.42	0.00	4.55	0.01	5.59	0.00	0.00	0.00	9.10	0.02	3.33	0.01	7.66	0.01	2.41	0.00
	Ç	2.05	1.70	1.08	0.00	-0.09	0.41	2.15	1.51	1.08	0.62	1.42	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	1.05	0.06	1.03	-0.07	0.60	0.08	0.62	0.01
	P(W/W)		0.07		0.00		0.07		0.24		0.29		0.17		0.00		0.00		0.10		0.07		0.10		0.27
	P(D/W)		0.32		0.00		0.32		0.49		0.54		0.42		0.00		0.00		0.35		0.32		0.35		0.52
1991	ORT.	4.90	4.23	5.48	6.23	4.93	4.21	9.15	5.91	10.73	8.85	4.83	4.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.37	7.65	6.33	6.30	6.39	5.34
	SS.	3.83	0.01	3.22	0.01	3.78	0.01	10.17	0.00	9.36	0.01	3.18	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	9.46	0.00	6.02	0.01	2.83	0.00	4.43	0.00
	Ç	1.63	1.81	0.87	-0.40	3.22	0.52	2.05	1.27	0.97	0.18	0.93	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.00	1.12	0.07	-0.92	1.96	0.95	0.95
	P(W/W)		0.10		0.15		0.17		0.34		0.24		0.15		0.00		0.00		0.00		0.15		0.15		0.17
	P(D/W)		0.35		0.40		0.42		0.59		0.49		0.40		0.00		0.00		0.00		0.40		0.40		0.42

Çizelge 4.4 (Devam) Aylık gözlenen ve simüle edilen yağışların tanıtıcı istatistikleri

YILLAR	AYLAR	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	YAĞIŞ (mm)	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen
1992	ORT.	3.30	3.40	4.03	4.44	2.84	3.33	7.30	6.43	6.44	6.73	5.17	5.51	6.72	5.62	3.45	4.15	0.00	0.00	10.04	6.60	8.89	5.63	6.30	5.86
	SS.	1.32	0.00	2.69	0.00	1.54	0.00	5.09	0.00	4.35	0.00	3.84	0.00	5.21	0.00	1.72	0.00	1.78	0.00	8.64	0.00	9.87	0.00	4.70	0.00
	Ç	1.12	-0.91	1.65	0.00	1.34	-1.20	1.14	0.95	0.80	0.34	1.33	0.20	1.02	1.03	-0.61	-1.67	0.31	0.00	0.96	0.66	2.74	1.60	1.79	0.89
	P(W/W)		0.12		0.22		0.17		0.15		0.19		0.27		0.12		0.10		0.00		0.12		0.27		0.27
	P(D/W)		0.37		0.47		0.42		0.40		0.44		0.52		0.37		0.35		0.00		0.37		0.52		0.52
1993	ORT.	6.99	4.56	6.42	6.00	7.83	7.37	7.73	6.13	5.43	4.55	10.17	7.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.63	6.91	6.33	5.07
	SS.	7.47	0.00	4.65	0.01	4.95	0.00	4.62	0.00	3.91	0.00	8.61	0.00	5.46	0.00	0.00	0.00	3.20	0.00	0.00	0.00	5.82	0.00	6.32	0.01
	Ç	2.82	2.03	1.73	0.57	0.29	0.82	1.54	2.22	1.46	1.61	1.14	0.79	0.75	0.00	0.00	0.00	-0.28	0.00	0.00	0.00	1.31	1.01	2.27	1.21
	P(W/W)		0.22		0.12		0.15		0.17		0.39		0.17		0.00		0.00		0.00		0.00		0.17		0.17
	P(D/W)		0.47		0.37		0.40		0.42		0.64		0.42		0.00		0.00		0.00		0.00		0.42		0.42
1994	ORT.	4.88	3.91	5.42	5.06	8.80	9.10	8.75	7.70	8.98	7.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.32	4.93	6.48	5.97	5.12	4.40
	SS.	6.19	0.01	2.62	0.00	4.22	0.00	5.66	0.02	7.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.54	0.00	3.57	0.00	6.07	0.00
	Ç	2.83	1.32	0.37	-0.59	-0.89	1.22	2.36	0.43	1.33	1.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.49	1.58	0.24	0.97	3.26	0.61
	P(W/W)		0.19		0.12		0.10		0.10		0.15		0.00		0.00		0.00		0.00		0.15		0.22		0.27
	P(D/W)		0.44		0.37		0.35		0.35		0.40		0.00		0.00		0.00		0.00		0.40		0.47		0.52
1995	ORT.	4.65	4.53	5.77	4.13	4.30	4.96	8.24	7.11	8.43	9.28	6.41	6.03	6.68	7.58	0.00	0.00	4.64	5.86	13.10	10.70	15.94	11.24	4.93	3.77
	SS.	2.34	0.00	2.77	0.00	2.37	0.00	8.57	0.01	5.27	0.01	4.08	0.00	4.51	0.03	0.00	0.00	3.29	0.01	7.28	0.00	12.77	0.00	2.22	0.01
	Ç	0.15	0.09	1.59	1.71	0.09	-0.71	1.59	0.64	0.88	-1.19	0.32	0.26	1.76	0.03	0.00	0.00	1.09	-0.43	1.21	-2.45	0.82	0.07	1.67	1.72
	P(W/W)		0.15		0.07		0.17		0.34		0.10		0.22		0.10		0.00		0.12		0.07		0.17		0.07
	P(D/W)		0.40		0.32		0.42		0.59		0.35		0.47		0.35		0.00		0.37		0.32		0.42		0.32
1996	ORT.	5.83	5.78	2.80	3.50	7.06	6.58	11.10	6.23	11.99	7.31	7.04	4.80	0.00	0.00	4.23	4.97	6.51	6.53	7.08	6.50	0.00	0.00	3.15	3.73
	SS.	5.44	0.02	1.26	0.00	7.43	0.01	13.32	0.01	11.82	0.00	7.47	0.02	0.00	0.00	1.82	0.01	3.90	0.00	3.44	0.00	0.00	0.00	1.56	0.00
	Ç	2.09	0.75	-0.36	-1.88	2.05	0.35	2.02	1.18	1.66	1.12	2.82	1.58	0.00	0.00	-1.27	-1.39	0.53	1.08	0.93	1.12	0.00	0.00	0.40	-1.17
	P(W/W)		0.10		0.12		0.39		0.27		0.17		0.12		0.00		0.07		0.17		0.10		0.00		0.19
	P(D/W)		0.35		0.37		0.64		0.52		0.42		0.37		0.00		0.32		0.42		0.35		0.00		0.44

Çizelge 4.4 (Devam) Aylık gözlenen ve simüle edilen yağışların tanıtıcı istatistikleri

YILLAR	AYLAR	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	YAĞIŞ (mm)	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen
1997	ORT.	5.13	4.50	3.27	3.87	4.15	4.30	4.68	4.89	6.66	6.96	9.86	8.82	0.00	0.00	0.00	0.00	2.28	2.78	13.16	9.70	7.80	5.23	6.71	5.93
	SS.	2.15	0.01	2.13	0.00	2.86	0.01	3.08	0.00	4.55	0.01	7.21	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	1.19	0.00	10.36	0.00	4.70	0.00	4.72	0.00
	Ç	1.66	0.42	1.12	-0.38	2.68	-0.56	1.05	0.35	0.98	0.15	1.23	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	-1.12	1.15	0.36	2.01	1.71	1.25	0.61
	P(W/W)		0.10		0.24		0.15		0.27		0.19		0.22		0.00		0.00		0.10		0.22		0.07		0.27
	P(D/W)		0.35		0.49		0.40		0.52		0.44		0.47		0.00		0.00		0.35		0.47		0.32		0.52
1998	ORT.	5.18	6.14	9.00	8.65	3.10	3.36	5.27	5.33	6.54	7.03	5.30	5.17	0.00	0.00	0.00	0.00	5.97	6.77	18.30	15.90	6.80	5.52	5.19	5.59
	SS.	3.12	0.00	4.71	0.02	1.95	0.00	3.37	0.00	4.68	0.00	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.56	0.01	12.70	0.00	4.50	0.00	4.76	0.01
	Ç	0.23	-0.83	2.05	-0.16	2.01	-0.10	0.86	0.60	0.71	-0.05	0.82	-0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	-1.34	1.42	1.43	1.01	1.48	1.65	0.20
	P(W/W)		0.22		0.10		0.19		0.17		0.36		0.07		0.00		0.00		0.07		0.07		0.15		0.27
	P(D/W)		0.47		0.35		0.44		0.42		0.61		0.32		0.00		0.00		0.32		0.32		0.40		0.52
1999	ORT.	4.80	4.60	5.30	5.73	5.80	5.12	6.17	4.97	5.90	5.55	8.70	6.78	0.00	0.00	5.65	7.48	8.50	7.93	5.74	6.10	2.71	3.37	10.67	5.33
	SS.	2.87	0.01	3.88	0.01	3.18	0.00	3.86	0.00	3.59	0.00	5.70	0.01	0.00	0.00	4.04	0.02	6.06	0.00	4.48	0.01	1.72	0.00	8.85	0.01
	Ç	1.15	1.04	1.27	0.09	0.99	0.27	1.22	2.01	0.81	0.27	2.10	0.91	0.00	0.00	0.73	-1.24	0.53	1.08	1.13	0.43	1.13	-0.79	2.52	1.63
	P(W/W)		0.07		0.24		0.15		0.27		0.19		0.10		0.00		0.10		0.07		0.17		0.22		0.07
	P(D/W)		0.32		0.49		0.40		0.52		0.44		0.35		0.00		0.35		0.32		0.42		0.47		0.32
2000	ORT.	5.60	4.68	5.65	5.79	7.40	5.90	6.54	5.86	9.88	4.62	2.90	3.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.70	4.90	0.00	0.00	4.96	5.23
	SS.	4.87	0.00	5.17	0.01	4.84	0.00	6.67	0.00	12.24	0.00	1.59	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.75	0.01	0.00	0.00	3.78	0.01
	Ç	2.09	1.41	1.91	0.26	1.28	2.23	2.86	1.15	3.59	2.70	0.72	-1.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.27	1.72	0.00	0.00	1.92	0.50
	P(W/W)		0.24		0.27		0.12		0.34		0.22		0.12		0.00		0.00		0.00		0.12		0.00		0.17
	P(D/W)		0.49		0.52		0.37		0.59		0.47		0.37		0.00		0.00		0.00		0.37		0.00		0.42
2001	ORT.	0.00	0.00	3.27	4.23	5.90	5.70	4.12	4.74	5.82	5.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.30	3.70	7.73	6.48	6.24	6.38
	SS.	1.57	0.00	1.90	0.00	2.78	0.00	2.77	0.00	4.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.67	0.00	6.10	0.00	4.11	0.01
	Ç	1.73	0.00	0.03	-0.95	0.60	0.00	1.03	-0.12	1.11	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	-0.89	1.27	0.80	1.42	0.05
	P(W/W)		0.00		0.17		0.10		0.27		0.41		0.00		0.00		0.00		0.00		0.10		0.22		0.24
	P(D/W)		0.00		0.42		0.35		0.52		0.66		0.00		0.00		0.00		0.00		0.35		0.47		0.49

Çizelge 4.4 (Devam) Aylık gözlenen ve simüle edilen yağışların tanıtıcı istatistikleri

YILLAR	AYLAR	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	YAĞIŞ (mm)	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen
2002	ORT.	7.48	7.34	6.87	8.20	6.55	5.32	4.59	4.80	0.00	0.00	6.88	6.72	10.95	6.30	0.00	0.00	2.88	3.20	7.08	5.72	8.14	7.30	4.56	5.36
	SS.	5.20	0.00	4.24	0.02	4.11	0.01	3.49	0.00	1.34	0.00	4.44	0.00	11.33	0.00	0.00	0.00	1.35	0.00	4.69	0.00	6.48	0.01	2.72	0.01
	Ç	0.84	0.39	0.99	-1.58	2.30	1.60	1.31	0.46	2.11	0.00	0.64	0.21	1.96	2.00	0.00	0.00	0.96	-1.06	0.87	1.38	1.11	0.17	0.38	-0.43
	P(W/W)		0.19		0.07		0.15		0.36		0.00		0.22		0.10		0.00		0.12		0.12		0.12		0.17
	P(D/W)		0.44		0.32		0.40		0.61		0.00		0.47		0.35		0.00		0.37		0.37		0.37		0.42
2003	ORT.	2.71	3.27	6.12	6.38	2.04	2.16	6.70	7.20	13.10	9.84	6.40	6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	8.04	5.28	7.86	8.00	7.17	7.60	6.74	6.81
	SS.	1.34	0.00	3.79	0.01	0.74	0.00	4.23	0.00	11.32	0.00	6.24	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	6.45	0.00	6.67	0.01	3.21	0.01	5.12	0.01
	Ç	0.55	-1.12	1.24	-0.22	0.73	-1.72	0.33	-0.51	1.17	1.35	1.29	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	2.44	2.05	0.52	0.02	1.66	-1.73	1.28	0.11
	P(W/W)		0.27		0.15		0.22		0.27		0.12		0.07		0.00		0.00		0.12		0.24		0.07		0.17
	P(D/W)		0.52		0.40		0.47		0.52		0.37		0.32		0.00		0.00		0.37		0.49		0.32		0.42
2004	ORT.	7.85	5.67	4.46	5.71	8.24	5.14	4.92	5.32	4.68	4.94	6.47	5.93	0.00	0.00	7.50	3.65	0.00	0.00	6.30	7.83	11.30	9.05	3.33	3.59
	SS.	5.04	0.01	2.78	0.01	9.72	0.01	3.42	0.01	4.10	0.01	3.98	0.00	0.00	0.00	9.56	0.00	0.00	0.00	4.69	0.02	8.32	0.00	1.80	0.00
	Ç	2.45	1.22	0.95	-0.64	3.10	1.59	2.06	-0.18	3.07	-0.21	0.71	1.87	0.00	0.00	1.97	1.96	0.00	0.00	0.36	-1.26	0.54	0.63	0.95	-0.18
	P(W/W)		0.15		0.17		0.17		0.15		0.22		0.22		0.00		0.10		0.00		0.07		0.19		0.17
	P(D/W)		0.40		0.42		0.42		0.40		0.47		0.47		0.00		0.35		0.00		0.32		0.44		0.42
2005	ORT.	7.68	7.12	12.73	10.53	9.06	7.45	8.43	7.00	7.79	7.48	4.03	4.60	0.00	0.00	0.00	0.00	3.95	4.50	4.95	5.40	4.88	5.41	5.22	4.52
	SS.	7.33	0.03	7.57	0.00	7.66	0.01	5.98	0.01	4.78	0.00	2.11	0.02	9.40	0.00	0.00	0.00	1.95	0.01	3.88	0.00	3.37	0.01	3.71	0.01
	Ç	1.97	0.65	1.89	0.72	1.41	0.52	2.22	0.82	0.47	0.06	1.76	-1.02	1.84	0.00	0.00	0.00	0.74	-1.40	0.98	0.41	1.37	0.06	2.14	1.33
	P(W/W)		0.12		0.07		0.29		0.15		0.31		0.07		0.00		0.00		0.10		0.27		0.22		0.12
	P(D/W)		0.37		0.32		0.54		0.40		0.56		0.32		0.00		0.00		0.35		0.52		0.47		0.37
2006	ORT.	8.60	5.55	3.60	4.17	5.76	4.33	6.93	5.27	7.62	7.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.95	5.25	5.44	5.86	5.06	5.99	0.00	0.00
	SS.	4.92	0.00	1.89	0.00	4.72	0.00	5.37	0.01	6.16	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.35	0.01	5.02	0.01	3.32	0.01	2.75	0.00
	Ç	2.28	1.99	1.17	-0.86	2.68	2.29	1.96	1.20	0.96	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	-1.86	1.49	0.25	0.56	-0.16	3.21	0.00
	P(W/W)		0.10		0.17		0.19		0.17		0.29		0.00		0.00		0.00		0.10		0.27		0.17		0.00
	P(D/W)		0.35		0.42		0.44		0.42		0.54		0.00		0.00		0.00		0.35		0.52		0.42		0.00

Çizelge 4.4 (Devam) Aylık gözlenen ve simüle edilen yağışların tanıtıcı istatistikleri

YILLAR	AYLAR	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
		YAĞIŞ (mm)	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen
2007	ORT.	8.43	9.73	5.10	4.40	6.58	6.83	4.32	4.81	5.28	6.03	5.63	5.08	0.00	0.00	0.00	0.00	12.83	4.40	7.46	7.14	9.99	8.82	5.27	6.27
	SS.	6.02	0.02	2.32	0.00	4.01	0.01	2.78	0.00	2.99	0.01	4.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.39	0.00	5.98	0.02	7.24	0.00	3.92	0.01
	Ç	1.07	-0.83	0.39	1.56	1.21	0.04	1.05	0.10	1.10	-0.78	1.59	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00	1.73	1.73	1.67	0.33	0.93	0.10	1.16	-0.23
	P(W/W)		0.10		0.10		0.15		0.24		0.15		0.15		0.00		0.00		0.07		0.12		0.24		0.22
	P(D/W)		0.35		0.35		0.40		0.49		0.40		0.40		0.00		0.00		0.32		0.37		0.49		0.47
2008	ORT.	3.64	4.36	6.47	8.03	4.83	4.96	4.69	5.38	3.80	3.97	8.95	8.50	0.00	0.00	0.00	0.00	10.54	9.12	5.10	5.75	5.06	4.70	7.59	5.78
	SS.	2.36	0.00	4.39	0.01	4.06	0.01	3.76	0.01	4.19	0.00	4.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.51	0.00	4.68	0.01	3.88	0.00	7.56	0.01
	Ç	0.96	-0.29	0.41	-0.89	1.52	0.51	1.40	-0.03	2.63	0.05	0.07	1.27	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	1.12	0.92	0.39	1.75	1.13	2.57	1.17
	P(W/W)		0.24		0.15		0.22		0.27		0.22		0.15		0.00		0.00		0.12		0.19		0.22		0.19
	P(D/W)		0.49		0.40		0.47		0.52		0.47		0.40		0.00		0.00		0.37		0.44		0.47		0.44
2009	ORT.	5.25	5.20	7.56	6.55	6.34	5.68	5.06	5.66	5.01	5.60	6.67	6.20	14.78	8.50	0.00	0.00	5.84	5.48	0.00	0.00	7.52	6.75	5.43	6.20
	SS.	5.43	0.00	7.99	0.01	4.20	0.00	3.45	0.01	4.14	0.01	3.16	0.00	14.20	0.01	0.00	0.00	3.68	0.01	0.00	0.00	6.37	0.01	3.77	0.01
	Ç	1.91	0.55	1.86	0.59	0.99	2.09	0.57	0.00	1.38	0.13	0.36	0.00	1.14	0.36	0.00	0.00	1.41	0.53	0.00	0.00	1.41	0.56	1.53	-0.08
	P(W/W)		0.31		0.27		0.31		0.22		0.29		0.07		0.12		0.00		0.12		0.12		0.24		0.17
	P(D/W)		0.56		0.52		0.56		0.47		0.54		0.32		0.37		0.00		0.37		0.00		0.49		0.42
2010	ORT.	5.50	4.93	7.73	6.86	6.53	5.69	9.23	8.90	5.66	6.09	5.44	5.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.12	8.67	0.00	0.00	8.88	7.80
	SS.	3.64	0.00	6.93	0.01	4.18	0.00	5.27	0.00	3.13	0.00	3.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.12	0.00	0.00	0.00	5.36	0.00
	Ç	1.14	0.99	2.05	0.52	0.85	0.48	0.12	0.58	0.52	0.28	0.89	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	-0.16	0.00	0.00	0.43	0.24
	P(W/W)		0.34		0.17		0.22		0.17		0.19		0.27		0.00		0.00		0.00		0.29		0.00		0.10
	P(D/W)		0.59		0.42		0.47		0.42		0.44		0.52		0.00		0.00		0.00		0.54		0.00		0.35
2011	ORT.	4.64	5.08	3.73	4.15	7.72	6.48	5.65	5.79	4.55	5.08	7.64	6.25	12.63	12.07	0.00	0.00	0.00	0.00	5.98	6.60	5.82	6.64	5.85	5.18
	SS.	3.38	0.01	2.28	0.01	7.82	0.01	3.92	0.00	2.99	0.00	6.46	0.00	8.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.47	0.02	4.20	0.02	4.18	0.01
	Ç	2.31	0.12	0.70	0.12	1.62	0.78	1.23	0.25	0.88	0.04	1.15	0.95	0.67	-1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	1.34	0.11	0.90	-0.22	1.34	0.92
	P(W/W)		0.12		0.15		0.22		0.31		0.31		0.24		0.07		0.00		0.00		0.10		0.12		0.10
	P(D/W)		0.37		0.40		0.47		0.56		0.56		0.49		0.32		0.00		0.00		0.35		0.37		0.35

Çizelge 4.4 (Devam) Aylık gözlenen ve simüle edilen yağışların tanıtıcı istatistikleri

YILLAR	AYLAR	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		
		YAĞIŞ (mm)	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen	Gözlenen	Cligen
2012	ORT.	6.76	5.49	4.63	4.82	4.41	4.29	3.60	4.10	7.60	6.86	7.24	7.00	6.10	5.68	0.00	0.00	0.00	0.00	10.03	10.57	10.78	7.78	5.92	6.60	
	SS.	5.32	0.00	4.05	0.00	2.48	0.00	1.92	0.01	5.32	0.00	1.34	0.00	6.53	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	6.38	0.02	8.87	0.00	4.35	0.00	
	Ç	1.26	1.21	1.61	0.62	1.74	0.71	1.58	-0.05	1.29	1.18	0.90	0.00	1.91	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02	-1.57	1.49	1.73	0.93	-0.15	
	P(W/W)		0.17		0.24		0.24		0.10		0.36		0.12		0.12		0.00		0.00		0.07		0.22		0.31	
	P(D/W)		0.42		0.49		0.49		0.35		0.61		0.37		0.37		0.00		0.00		0.32		0.47		0.56	
2013	ORT.	4.75	4.97	6.72	6.08	4.23	4.50	5.74	5.76	4.54	4.66	6.02	6.02	0.00	0.00	0.00	0.00	4.03	4.37	8.92	7.84	4.60	4.40	8.06	6.90	
	SS.	2.97	0.00	3.58	0.00	3.46	0.01	4.66	0.01	5.28	0.01	4.20	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	2.60	0.02	6.44	0.00	1.80	0.00	6.51	0.01	
	Ç	0.89	0.34	1.24	1.27	2.03	0.49	1.45	0.46	2.17	0.32	0.37	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	2.07	0.66	0.13	0.11	-1.42	0.00	0.80	0.32	
	P(W/W)		0.27		0.12		0.17		0.17		0.17		0.15		0.00		0.00		0.07		0.12		0.07		0.12	
	P(D/W)		0.52		0.37		0.42		0.42		0.42		0.40		0.00		0.00		0.32		0.37		0.32		0.37	
2014	ORT.	5.50	4.93	7.73	6.86	6.53	5.69	9.23	8.90	5.66	6.09	5.44	5.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.12	8.67	0.00	0.00	8.88	7.80	
	SS.	3.64	0.00	6.93	0.01	4.18	0.00	5.27	0.00	3.13	0.00	3.32	0.00	2.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.12	0.00	0.00	0.00	5.36	0.00	
	Ç	1.14	0.99	2.05	0.52	0.85	0.48	0.12	0.58	0.52	0.28	0.89	0.46	1.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	-0.16	0.00	0.00	0.43	0.24	
	P(W/W)		0.34		0.17		0.22		0.17		0.19		0.27		0.00		0.00		0.00		0.29		0.00		0.10	
	P(D/W)		0.59		0.42		0.47		0.42		0.44		0.52		0.00		0.00		0.00		0.54		0.00		0.35	
2015	ORT.	9.45	9.25	4.17	5.13	4.67	3.98	4.72	5.53	3.82	4.17	5.87	6.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.17	8.30	5.13	4.63	8.85	10.38	
	SS.	5.82	0.00	2.42	0.02	2.57	0.00	3.02	0.01	2.79	0.00	4.27	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.78	0.00	2.46	0.00	5.65	0.01	
	Ç	-0.01	0.93	1.73	-1.45	0.94	1.73	0.93	-0.47	1.59	0.46	1.39	-0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83	2.36	0.10	1.50	-0.65	-1.28	
	P(W/W)		0.10		0.07		0.29		0.15		0.22		0.15		0.00		0.00		0.00		0.15		0.07		0.10	
	P(D/W)		0.35		0.32		0.54		0.40		0.47		0.40		0.00		0.00		0.00		0.40		0.32		0.35	
2016	ORT.	9.51	8.83	6.09	4.87	8.23	6.48	3.90	4.80	5.97	6.37	5.52	4.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.76	5.34	
	SS.	6.95	0.01	6.81	0.01	5.67	0.00	2.04	0.01	4.39	0.00	4.76	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.63	0.00	3.82	0.01
	Ç	1.10	-0.13	2.74	1.30	1.05	1.11	0.41	-1.19	1.08	0.06	2.23	1.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.12	0.63	
	P(W/W)		0.27		0.17		0.15		0.15		0.36		0.15		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.12	
	P(D/W)		0.52		0.42		0.40		0.40		0.61		0.40		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.37	

4.2. Araştırma Yeri Toprak Serileri Yüzey Akış Ve Toprak Kayıpları

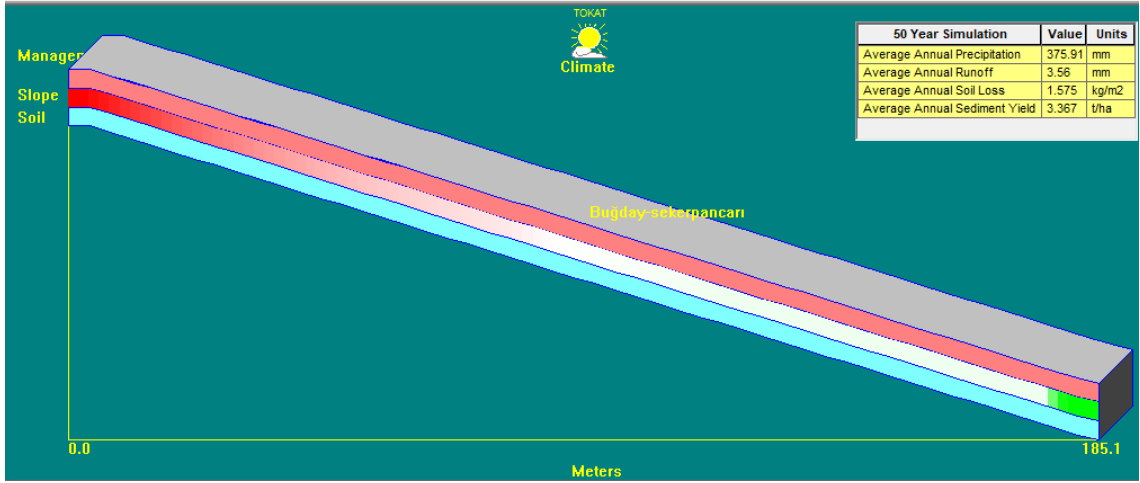
Orta Karadeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü arazisinde yayılım gösteren Elmalı, Deneme, Akış ve Yeşilirmek toprak serilerinin toprak ve yüzey akış kayıpları WEPP model ile 50 yıllık dönem için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu toprak serilerinden Elmalı yukarı arazi, Deneme ve Akış toprak serileri yamaç arazi ve Yeşilirmek Toprak Serisi taban arazi fizyografik ünitelerinde oluşlarıyla Kazova'nın tipik fizyografik ünitelerini temsil niteliğindedir.

4.2.1. Elmalı Serisi toprakları yüzey akış ve toprak kayıpları

Enstitü arazisinde yer alan ve yukarı arazi fizyografik ünitesinde yayılım gösteren Elmalı serisi topraklarının eğimli oluşları nedeniyle erozyon riski taşımaktadır. Elmalı serisi topraklarında 50 yıllık süreçte tarım (genellikle buğday-ayçiçeği ikili ekim nöbeti), meyve bahçesi ve orman arazi kullanım türleri bulunmaktadır. Bu nedenle, çalışmada her bir arazi kullanım türü için ayrı ayrı simülasyonlar yapılmıştır.

Buğday-Ayçiçeği ikili ekim nöbeti uygulanan tarım arazileri yüzey akış ve toprak kayıpları

Elmalı serisi topraklarında yer alan tarım alanları için buğday-ayçiçeği ekim nöbeti dikkate alınmış olup, model bilgi ekranı çıktısı Şekil 4.4'te ve rakamsal sonuçları ise Çizelge 4.5'de verilmiştir. Araştırma süresinde oluşan 3179 adet bireysel yağış olayı sonucunda toplam 18795.30 mm yağış simüle edilmiştir. WEPP model tarafından Elmalı Serisi topraklarında 50 yıllık zaman aralığında ortalama yıllık yüzey akış 3.56 mm, ortalama toprak kaybı 1.575 kg m⁻² ve ortalama sediment verimi ise 3.367 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Elmalı Serisi tarım alanları (Buğday-Ayçiçeği) için Model bilgi ekranı

WEPP model erozyon çıktı sonuçlarının verildiği Çizelge 4.5 incelendiğinde; 1967-2016 yılları arasında yüzey akış ve toprak kayıplarının 9 yıl için sulama ve 14 yıl için sulama ve yağış ve 2 yıl için yağışlara bağlı olarak meydana geldiği görülmektedir. Çoğunlukla oluşan toprak kayıplarının erozyon sonucu değil, sulama kaynaklı olduğu görülmektedir (Çizelge 4.5). Yöre yağışlarının çoklukla orta-düşük şiddette oluşu ve seri topraklarının erozyona dirençli oluşları sonucunda düşük kinetik enerjili erosiv yağışlar yüzey akış ve toprak kayıplarının tolerans değerleri içerisinde kalmasına neden olmuştur.

En yüksek toprak kaybı 2011 ve en düşük toprak kaybı 2016 yılında meydana gelmiştir (Çizelge 4.5). 2011 yılının mayıs ve haziran aylarında iki sulama olayı sonucunda oluşan 2.7 ve 3.6 mm yüzey akışlar toprak kaybına yol açmıştır (Çizelge 4.6). 59 bireysel yağış olayına bağlı olarak 325.60 mm yağış simüle edilmiştir. Toplam 13.10 mm uygulanan sulama suyu arazi üzerinde 6.01mm yüzey akış meydana getirmiştir. Bunun sonucunda ortalama 16.37 kg m⁻² toprak kaybı tahmin edilmiştir (Çizelge 4.7). Deneme alanında sulamaya bağlı olarak yamaç arazisinde maksimum toprak kayıpları 1.85 m'de meydana gelmiştir. Maksimum toprak kaybı 16.37 kg m⁻² ve minimum toprak kaybı ise 81.44 m'de 0.188 kg m⁻² olarak belirlenmiştir. 2011 yılı hesaplanan ortalama sediment verimi 8.36 ton ha⁻¹'dir (Çizelge 4.7).

Kemper ve ark. (1985 a,b), yapmış olduğu çalışmada, sulama suyu hızı ve şiddetinin erozyon üzerinde yağış olaylarından daha yüksek etkide olduğunu ifade etmiştir. Yağışlar ile kuru toprak yüzeyinin hafif bir şekilde ıslandığını, sulamada ise yüzeyde su birikiminin fazla olduğunu ve toprağın doymun hale geldiğini ifade etmiştir. Yamaç

erozyonunda yağışın şiddeti, süresi, pik akış oranı ve kayma gerilemesi toprak kayıplarını kontrol eden bileşenlerdir. Ayrıca, WEPP modelde yüzey akış kinematik dalga denkleminde göre hesaplanmaktadır. Bu denklemde şevin eğimi ve uzunluğu, yüzey pürüzlülük katsayısı, toprak tekstür sınıfı ve yağış dağılımı kullanılmaktadır. Elmalı serisi %8 eğime sahip olup, toprak tekstürü killi tınlı ve organik madde içeriği düşüktür (Çizelge 3.2).

En düşük toprak kaybının görüldüğü 2016 yılında, mayıs ayında yapılan sulamaya bağlı olarak 3.86 mm yüzey akış ve bunun sonucunda ise ortalama 0.772 kg m^{-2} toprak kaybı simüle edilmiştir (Çizelge). Eğim uzunluğunun 3.70 m'de 1.899 kg m^{-2} maksimum toprak kaybı ve 175.85 m'de ise 0.051 kg m^{-2} minimum toprak kayıpları görülmüştür. Sediment verimi ise $4.035 \text{ ton ha}^{-1}$ 'dir (Çizelge 4.5).

Elmalı serisinde erosiv yağış kaynaklı toprak kayıpları 2003 ve 2006 yıllarında meydana gelmiştir. Yağışlara bağlı olarak en fazla toprak kaybının görüldüğü 2003 yılında; toplam 458.40 mm yağış ve buna bağlı olarak 71 adet bireysel yağış olayı meydana gelmiştir. Ocak, şubat, mart, nisan ve mayıs aylarında olmak üzere toplam 16 bireysel yağış sonucunda 4.36 mm yüzey akış simüle edilmiştir (Çizelge 4.7). 2003 yılı ortalama toprak kaybı 0.013 kg m^{-2} 'dir. Maksimum toprak kaybı 175.85 m'de 0.098 kg m^{-2} ve minimum toprak kaybı ise 92.55 m de 0.001 kg m^{-2} 'dir. 2003 yılı hesaplanan sediment verimi $0.125 \text{ ton ha}^{-1}$ 'dir.

Yağışlara bağlı olarak oluşan en düşük toprak kaybı 2006 yılında meydana gelmiştir (Çizelge 4.7). 81 bireysel yağış olayına bağlı olarak toplam 462.40 mm yağış simüle edilmiştir. Mart, eylül ve aralık ayında görülen yağışlar toprak işlemeye bağlı olarak toprak kaybına yol açmıştır. Ortalama toprak kaybı 0.005 kg m^{-2} 'dir. Maksimum toprak kaybı 2006 yılında 0.108 kg m^{-2} ve minimum toprak kaybı ise 94.40 m'de 0.001 kg m^{-2} 'dir. Sediment verimi ise $0.048 \text{ ton ha}^{-1}$ 'dir.

Elmalı serisi buğday-ayçiçeği deneme alanında 44 yıl için hem sulama hem de yağışa bağlı olarak toprak kayıpları simüle edilmiştir (Çizelge 4.7). En yüksek toprak kaybı 1972 yılında meydana gelmiştir (Çizelge 4.7). En yüksek toprak kayıplarının meydana geldiği 1972 yılında 50 bireysel yağış olayı ve buna bağlı olarak toplam 256.9 mm yağış simüle edilmiştir (Çizelge 4.7). Mayıs ve haziran aylarında yapılan sulama ile kasım ayının

sonlarında görülen yağışlar sonucunda toprak kayıpları meydana gelmiştir. Ortalama toprak kaybı 5.795 kg m^{-2} 'dir. Maksimum toprak kayıpları 1.85 m'de 16.622 kg m^{-2} ve minimum toprak kaybı ise 79.59 m'de 0.076 kg m^{-2} 'dir. 1972 yılında hesaplanan sediment verimi 6.89 ton ha^{-1} 'dir (Çizelge 4.5).

En düşük toprak kaybı ise 2013 yılında meydana gelmiştir. 53 bireysel yağışa bağlı olarak toplam 315.9 mm yağış simüle edilmiştir (Çizelge 4.7). 4.44 mm yüzey akış sonucunda ortalama 0.599 kg m^{-2} toprak kaybı görülmüştür. Meydana gelen toprak kayıpları, %93.1 sulamaya bağlıdır. Maksimum toprak kaybı 3.7 m'de 1.468 kg m^{-2} ve minimum toprak kaybı ise 77.70 m'de 0.029 kg m^{-2} 'dir. 2013 yılı hesaplanan sediment verimi $3.456 \text{ ton ha}^{-1}$ 'dir.

Elmalı serisini oluşturan 2.083 ha'lık bir alandan $0.734 \text{ ton ha}^{-1}$ toprak profilden yıkanarak uzaklaşmıştır.

Çizelge 4.5. Buğday- Ayçiçeği-Şeker Pancarı ekim nöbetinde Elmalı Serisi için WEPP model yıllık tahmini yüzey akış ve toprak kayıpları

Yıl	Toplam Yağış	Toplam Sulama	Yüzey Akış			Toplam Ayırışma	İnterril Ayırışma	Toplam Birikme	Sediment Verimi
			Yağış	Kar	Sulama				
			(mm)						
1967	312.40	0.00	1.10	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.003
1968	365.60	0.00	0.04	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1969	314.10	6.55	0.00	0.00	2.33	2.687	0.000	-1.540	3.201
1970	314.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.001
1971	280.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1972	256.90	13.10	0.00	0.00	5.00	5.795	0.000	-3.164	6.890
1973	294.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1974	316.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.001
1975	447.30	6.55	0.00	0.00	4.04	2.448	0.000	-2.302	5.714
1976	409.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1977	354.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.009	0.002	0.000	0.094
1978	380.80	13.10	2.19	0.00	4.71	5.415	0.000	-3.100	6.470
1979	341.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1980	273.20	6.55	0.07	0.00	4.30	0.831	0.000	-6.861	4.471
1981	432.90	13.10	0.03	0.00	6.24	5.520	0.000	-3.253	8.707
1982	275.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1983	448.10	0.00	0.01	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.001
1984	374.50	6.55	0.00	0.00	4.23	2.485	0.000	-2.349	5.999
1985	457.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.004
1986	465.70	6.55	8.70	0.00	4.21	0.980	0.005	-5.565	7.186
1987	412.00	6.55	12.88	0.00	4.36	2.807	0.021	-10.731	21.316
1988	347.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1989	403.50	6.55	3.83	0.00	4.35	0.925	0.001	-7.537	5.020
1990	437.40	13.10	0.00	0.00	6.98	5.755	0.000	-3.431	9.786
1991	365.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1992	298.30	6.55	0.12	0.00	4.36	0.853	0.000	-8.725	4.705
1993	447.00	6.55	3.56	0.00	2.30	2.684	0.001	-1.545	3.156
1994	405.90	0.00	0.03	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1995	450.70	6.55	0.50	0.00	4.38	1.031	0.000	-8.603	5.492
1996	437.60	6.55	7.41	0.00	3.11	2.273	0.002	-1.411	6.521
1997	370.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1998	344.20	6.55	0.08	0.00	4.47	1.160	0.000	-9.804	6.118
1999	336.60	13.10	0.00	0.00	5.35	5.278	0.000	-3.125	7.405
2000	391.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2001	418.50	6.55	0.13	0.00	4.17	0.737	0.000	-7.513	4.071
2002	375.40	13.10	0.12	0.00	6.15	5.938	0.000	-3.136	8.570
2003	458.40	0.00	0.09	0.00	0.00	0.013	0.001	0.000	0.125
2004	343.30	0.00	0.01	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.001
2005	405.80	13.10	0.02	0.00	6.05	5.394	0.000	-3.196	8.418
2006	462.40	0.00	0.02	0.00	0.00	0.005	0.000	0.000	0.048
2007	531.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.002
2008	472.70	13.10	0.00	0.00	5.27	5.219	0.000	-3.100	7.274
2009	429.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.023	0.001	0.000	0.232
2010	499.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2011	325.60	13.10	0.00	0.00	6.01	6.047	0.000	-3.259	8.362
2012	472.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.001
2013	315.90	6.55	0.30	0.00	4.11	0.599	0.000	-5.735	3.456
2014	350.20	6.55	0.17	0.00	3.95	2.415	0.000	-2.228	5.580
2015	370.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2016	375.90	6.55	0.00	0.00	3.86	0.772	0.000	-6.606	4.036
Ortalama	375.91	4.46	1.28	0.00	2.29	1.575	0.001	-0.806	3.369

Çizelge 4.6. Buğday- Ayçiçeği-Şeker Pancarı ekim nöbetinde Elmalı serisi tarım alanları için Bireysel Olay Model Sonuçları

Gün	Ay	Yıl	Yağış	Yüzey Akış	Toprak Kayıpları
			mm		kg m ⁻²
1	4	1967	0.1	0.0	0.00
3	5	1967	0.7	0.2	0.00
11	5	1967	0.9	0.2	0.00
14	5	1967	0.8	0.2	0.00
15	5	1967	0.8	0.5	0.00
13	2	1968	8.2	0.0	0.00
30	5	1969	0.0	2.3	2.69
24	4	1970	8.5	0.0	0.00
30	4	1970	8.7	0.1	0.00
2	5	1970	8.3	0.1	0.00
3	5	1970	7.2	0.0	0.00
5	5	1970	7.4	0.0	0.00
2	4	1971	8.0	0.0	0.00
19	4	1971	7.9	0.0	0.00
25	4	1971	8.0	0.0	0.00
30	5	1972	0.0	2.5	2.92
20	6	1972	0.0	2.5	2.87
10	6	1973	8.7	0.0	0.00
12	6	1973	8.7	0.0	0.00
13	6	1973	8.7	0.0	0.00
25	6	1973	8.7	0.0	0.00
26	6	1973	8.7	0.0	0.00
27	6	1973	8.7	0.0	0.00
2	6	1974	9.2	0.0	0.00
8	6	1974	9.2	0.0	0.00
9	6	1974	9.2	0.0	0.00
10	6	1974	9.2	0.1	0.00
18	6	1974	9.2	0.0	0.00
20	6	1975	0.0	4.0	2.45
16	6	1976	0.2	0.0	0.00
23	6	1976	0.2	0.0	0.00
30	6	1976	0.2	0.0	0.00
3	1	1977	1.4	0.7	0.00
6	7	1977	4.9	1.4	0.00
16	7	1977	4.9	2.9	0.01
18	1	1978	9.5	2.2	0.00
29	5	1978	0.0	2.3	2.70
19	6	1978	0.0	2.4	2.72
12	4	1980	9.7	0.1	0.00
26	4	1980	8.8	0.0	0.00
15	5	1980	0.0	4.3	0.83
30	5	1981	0.0	3.0	2.89
20	6	1981	0.0	3.3	2.22
31	0	1981	0.6	0.0	0.00
11	1	1983	9.2	0.0	0.00
21	1	1983	7.2	0.0	0.00
22	1	1983	7.5	0.1	0.00
7	3	1983	0.0	1.5	0.00
6	5	1983	8.5	0.0	0.00
20	6	1984	0.0	4.2	2.48

Çizelge 4.6.(Devam) Buğday- Ayçiçeği-Şeker Pancarı ekim nöbetinde Elmalı serisi tarım alanları için Bireysel Olay Model Sonuçları

Gün	Ay	Yıl	Yağış	Yüzey Akış	Toprak Kayıpları
			mm		kg m ⁻²
2	1	1985	9.6	0.0	0.00
6	1	1985	8.9	0.0	0.00
10	1	1985	0.0	0.1	0.00
29	1	1985	0.3	0.0	0.00
6	1	1985	7.8	0.0	0.00
11	2	1985	9.5	0.3	0.00
18	2	1985	8.3	0.0	0.00
1	2	1986	4.6	4.1	0.26
2	2	1986	1.9	2.6	0.07
22	2	1986	4.1	1.0	0.00
29	2	1986	4.1	1.0	0.00
14	5	1986	0.0	4.2	0.65
4	6	1987	6.7	0.2	0.00
5	6	1987	6.7	3.0	0.38
8	6	1987	6.7	3.3	0.50
16	6	1987	6.7	3.2	0.45
20	6	1987	0.0	4.4	2.49
23	6	1987	6.7	1.7	0.19
30	1	1987	9.0	0.0	0.00
9	2	1987	9.8	0.0	0.00
10	2	1987	8.8	0.0	0.00
11	2	1987	0.7	1.6	0.00
20	2	1989	7.6	0.0	0.00
16	4	1989	8.9	0.0	0.00
21	4	1989	9.0	0.0	0.00
2	5	1989	1.3	0.8	0.00
7	5	1989	9.2	0.0	0.00
15	5	1989	0.0	4.4	0.92
16	5	1989	2.0	1.1	0.00
21	5	1989	1.5	0.7	0.00
22	5	1989	1.5	1.1	0.00
29	5	1990	0.0	3.1	2.90
19	6	1990	0.0	3.9	2.42
27	1	1991	6.9	0.4	0.00
26	4	1992	0.3	0.1	0.00
15	5	1992	0.0	4.4	0.85
30	5	1993	0.0	2.3	2.75
3	1	1993	0.7	0.0	0.00
7	1	1993	1.4	0.1	0.00
19	1	1993	1.9	0.2	0.00
20	1	1993	1.7	0.5	0.00
21	1	1993	0.8	0.3	0.00
22	1	1993	1.4	1.4	0.00
23	1	1993	0.8	1.1	0.00
6	3	1994	9.7	0.0	0.00
7	3	1994	8.4	0.0	0.00
11	3	1994	0.3	0.0	0.00
18	4	1994	9.3	0.0	0.00
15	5	1995	0.0	4.4	1.03
5	6	1995	9.6	0.1	0.00

Çizelge 4.6.(Devam) Buğday- Ayçiçeği-Şeker Pancarı ekim nöbetinde Elmalı serisi tarım alanları için Bireysel Olay Model Sonuçları

Gün	Ay	Yıl	Yağış	Yüzey Akış	Toprak Kayıpları
			mm		kg m ⁻²
13	6	1995	9.3	0.1	0.00
15	6	1995	8.3	0.0	0.00
17	6	1995	0.4	0.2	0.00
22	6	1995	8.5	0.0	0.00
27	6	1995	0.5	0.1	0.00
14	2	1996	0.8	0.1	0.00
18	2	1996	0.7	0.3	0.00
20	6	1996	0.0	3.1	2.26
1	0	1996	5.9	0.6	0.00
28	0	1996	5.9	2.7	0.05
29	0	1996	5.9	3.9	0.17
23	2	1998	8.5	0.0	0.00
30	4	1998	8.8	0.1	0.00
14	5	1998	0.0	4.5	1.16
30	5	1999	0.0	2.7	2.86
20	6	1999	0.0	2.6	2.15
15	5	2001	0.0	4.2	0.74
17	5	2001	9.8	0.0	0.00
22	5	2001	9.8	0.0	0.00
27	5	2001	9.9	0.0	0.00
30	5	2001	9.8	0.0	0.00
31	5	2001	9.9	0.1	0.00
29	5	2002	0.0	2.4	2.79
19	6	2002	0.0	3.8	2.58
21	1	2002	9.1	0.0	0.00
22	1	2002	9.2	0.0	0.00
23	1	2002	9.0	0.1	0.00
26	1	2002	9.1	0.0	0.00
27	1	2002	9.0	0.0	0.00
24	1	2003	0.6	0.3	0.00
31	1	2003	1.6	0.9	0.01
2	2	2003	0.4	0.7	0.00
19	2	2003	0.7	0.2	0.00
20	2	2003	0.5	0.5	0.00
1	3	2003	9.6	0.2	0.00
3	3	2003	0.4	0.7	0.00
4	3	2003	9.5	0.4	0.00
9	3	2003	9.5	0.3	0.00
24	4	2003	9.6	0.1	0.00
28	4	2003	8.7	0.0	0.00
2	5	2003	7.9	0.0	0.00
4	5	2003	8.2	0.0	0.00
8	5	2003	7.7	0.0	0.00
14	5	2003	7.7	0.0	0.00
26	5	2003	8.0	0.0	0.00
3	5	2004	9.3	0.0	0.00
8	5	2004	0.3	0.1	0.00
17	5	2004	0.2	0.1	0.00
28	5	2004	0.0	0.1	0.00
30	5	2005	0.0	2.8	2.82

Çizelge 4.6.(Devam) Buğday- Ayçiçeği-Şeker Pancarı ekim nöbetinde Elmalı serisi tarım alanları için Bireysel Olay Model Sonuçları

Gün	Ay	Yıl	Yağış	Yüzey Akış	Toprak Kayıpları
			mm		kg m ⁻²
20	6	2005	0.0	3.2	2.15
14	1	2005	9.8	0.0	0.00
28	1	2005	0.3	0.0	0.00
1	3	2006	0.0	5.1	0.05
24	9	2006	9.1	0.0	0.00
28	9	2006	9.1	0.0	0.00
30	9	2006	9.2	0.0	0.00
25	2	2006	8.8	0.0	0.00
6	1	2007	7.7	0.1	0.00
7	1	2007	7.8	0.1	0.00
1	2	2007	9.3	0.1	0.00
10	2	2007	0.2	0.1	0.00
30	5	2008	0.0	2.6	2.75
20	6	2008	0.0	2.7	2.18
14	7	2009	1.9	0.7	0.00
17	7	2009	2.1	1.0	0.00
19	7	2009	2.2	2.2	0.02
6	5	2010	8.2	0.0	0.00
9	7	2010	8.9	0.0	0.00
30	5	2011	0.0	2.4	2.83
20	6	2011	0.0	3.6	2.91
4	2	2012	0.5	0.0	0.00
23	4	2012	8.9	0.0	0.00
29	0	2012	9.9	0.0	0.00
30	0	2012	8.4	0.0	0.00
4	1	2013	9.2	0.1	0.00
6	1	2013	9.2	0.1	0.00
7	1	2013	9.3	0.2	0.00
15	5	2013	0.0	4.1	0.60
23	1	2014	0.0	0.2	0.00
19	6	2014	0.0	4.0	2.41
15	5	2016	0.0	3.9	0.77

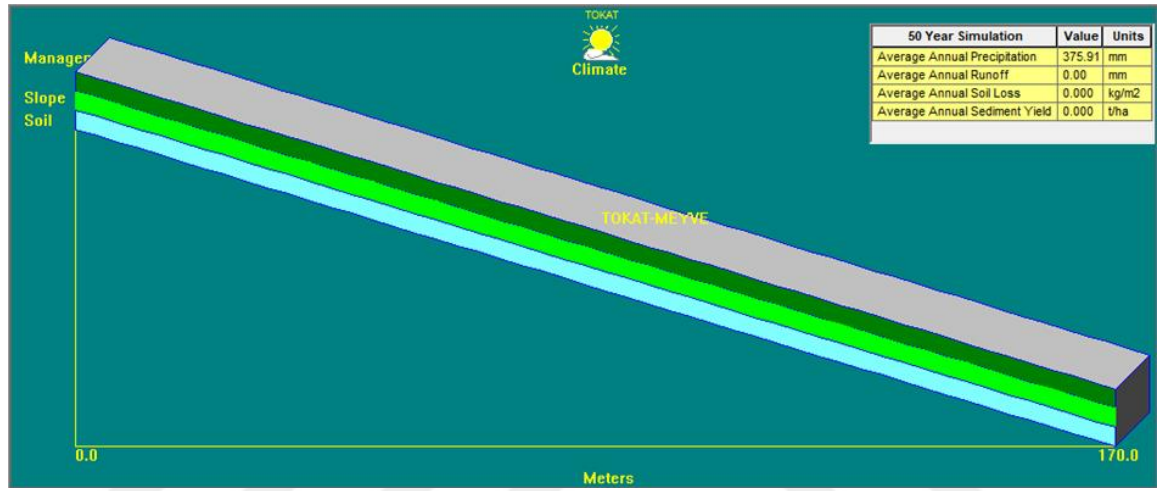
Çizelge 4.7. Elmalı serisi toprakları Buğday-Ayçiçeği ekim nöbetinde yıllık olay sayısı, yüzey akış ve toprak kayıpları

Yıl	Yağış		Sulama		Yüzey akış		Toprak Kayıpları				
	Olay	Miktar	Olay	Miktar	Olay	Miktar	Ortalama	Maksimum		Minimum	
								Miktar	Uzunluk	Miktar	Uzunluk
mm							kg m ⁻²	kg m ⁻²	m	kg m ⁻²	m
1967	48	312.40	5	1.10	0	0.00	0.000	0.003	1.85	0.000	94.40
1968	63	365.60	1	0.04	0	0.00	0.000	0.000	1.85	0.000	94.40
1969	56	314.10	1	6.55	1	2.33	2.687	7.493	1.85	0.064	81.44
1970	56	314.10	5	0.20	0	0.00	0.000	0.001	1.85	0.000	92.55
1971	57	280.30	3	0.07	0	0.00	0.000	0.000	1.85	0.000	90.70
1972	50	256.90	2	13.10	2	5.00	5.795	16.622	1.85	0.076	79.59
1973	53	294.50	6	0.10	0	0.00	0.000	0.000	1.85	0.000	94.40
1974	54	316.60	5	0.30	0	0.00	0.000	0.001	1.85	0.000	94.40
1975	76	447.30	1	6.55	1	4.04	2.448	6.900	3.70	0.049	11.06
1976	68	409.30	3	0.09	0	0.00	0.000	0.000	1.85	0.000	92.55
1977	52	354.10	3	5.03	0	0.00	0.009	0.122	175.85	0.002	94.40
1978	69	380.80	2	13.10	3	6.90	5.415	15.211	1.85	0.104	81.44
1980	45	273.20	1	6.55	3	4.37	0.831	2.013	3.70	0.073	75.85
1981	71	432.90	2	13.10	3	6.27	5.520	14.371	3.70	0.479	87.00
1983	78	448.10	5	1.60	0	0.00	0.000	0.000	1.85	0.000	92.55
1984	66	374.50	1	6.55	1	4.23	2.485	7.076	3.70	0.035	12.91
1985	76	457.20	7	0.52	0	0.00	0.000	0.001	1.85	0.000	94.40
1986	75	465.70	1	6.55	5	12.91	0.980	1.607	3.70	0.597	87.00
1987	63	412.00	1	6.55	10	17.24	2.807	7.192	3.70	0.934	81.44
1989	66	403.50	1	6.55	9	8.18	0.925	2.190	3.70	0.193	59.19
1990	82	437.40	2	13.10	2	6.98	5.755	15.109	3.70	0.331	88.85
1991	64	365.80	1	0.41	0	0.00	-----	-----	-----	-----	-----
1992	53	298.30	1	6.55	2	4.48	0.853	2.049	3.70	0.040	77.70
1993	65	447.00	1	6.55	8	5.86	2.684	7.649	1.85	0.001	81.44
1994	70	405.90	4	0.05	0	0.00	0.000	0.000	1.85	0.000	94.40
1995	75	450.70	1	6.55	7	4.88	1.031	2.454	3.70	0.095	75.85
1996	69	437.60	1	6.55	6	10.52	2.273	6.318	3.70	0.133	03.66
1998	66	344.20	1	6.55	3	4.55	1.160	2.767	3.70	0.101	75.85
1999	62	336.60	2	13.10	2	5.35	5.278	14.042	3.70	0.021	85.15
2001	70	418.50	1	6.55	6	4.30	0.737	1.794	3.70	0.031	77.70
2002	66	375.40	2	13.10	7	6.27	5.938	15.168	3.70	0.615	81.44
2003	71	458.40	16	4.36	0	0.00	0.013	0.098	175.85	0.001	92.55
2004	60	343.30	4	0.27	0	0.00	0.000	0.001	1.85	0.000	94.40
2005	63	405.80	2	13.10	4	6.07	5.394	14.010	3.70	0.304	87.00
2006	81	462.40	5	5.21	0	0.00	0.005	0.108	175.85	0.000	94.40
2007	88	531.00	4	0.41	0	0.00	0.000	0.001	1.85	0.000	94.40
2008	72	472.70	2	13.10	2	5.27	5.219	13.791	3.70	0.032	85.15
2009	72	429.00	3	3.88	0	0.00	0.023	0.203	175.85	0.001	68.49
2010	81	499.70	2	0.02	0	0.00	0.000	0.000	1.85	0.000	94.40
2011	59	325.60	2	13.10	2	6.01	6.047	16.370	1.85	0.188	81.44
2012	72	472.70	4	0.07	0	0.00	0.000	0.000	1.85	0.000	92.55
2013	53	315.90	1	6.55	4	4.41	0.599	1.468	3.70	0.029	77.70
2014	56	350.20	1	6.55	2	4.13	2.415	6.830	3.70	0.037	11.06
2016	60	375.90	1	6.55	1	3.86	0.772	1.899	3.70	0.051	75.85

Elmalı Serisi Meyve Bahçesi Simülasyon Sonuçları

Elmalı serisinde yer alan arazinin bir kısmında meyvecilik yapılmaktadır. Meyve bahçesi yüzey akış ve toprak kayıplarını belirlemek amacıyla yapılan model simülasyon sonuçlarına göre bu arazi kullanım türü altında seri topraklarından yüzey akış ve toprak kayıpları oluşmadığı tahmin edilmiştir (Şekil 4.5.).

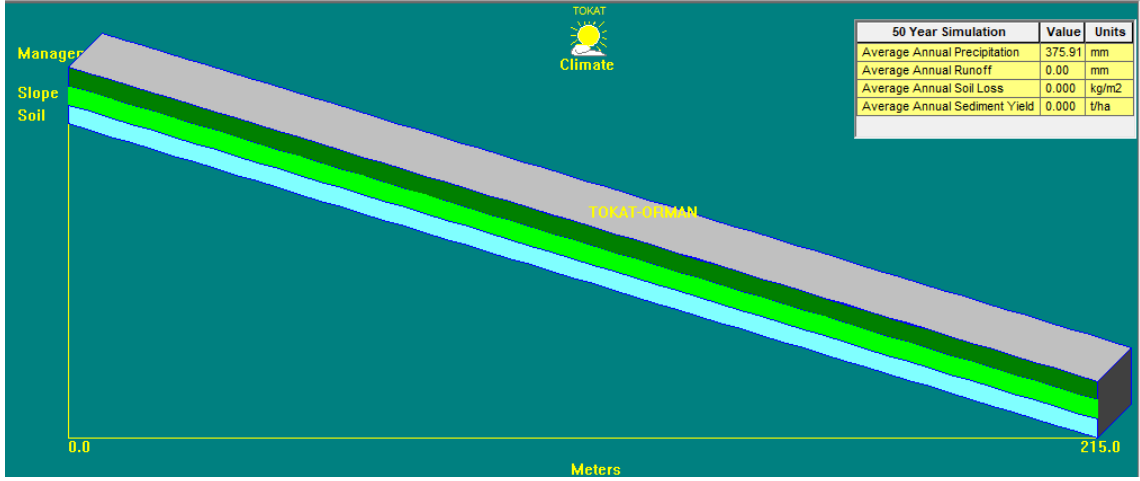
Çalışma alanında model ile toprak kayıpları ve yüzey akış tahmin edilmemiştir.



Şekil 4.5. Elmalı Serisi Meyve Bahçesi için Model bilgi ekranı

Elmalı Serisi Orman Arazisi Simülasyon Sonuçları

Elmalı serisinde yer alan orman arazisinde olası yüzey akış ve toprak kayıpları WEPP model yardımıyla 50 yıllık süreçte araştırılmıştır. Yapılan simülasyon sonucuna göre orman vejetasyonu altında yüzey akış ve toprak kayıplarının oluşmadığı tahmin edilmiştir (Şekil 4.6.).



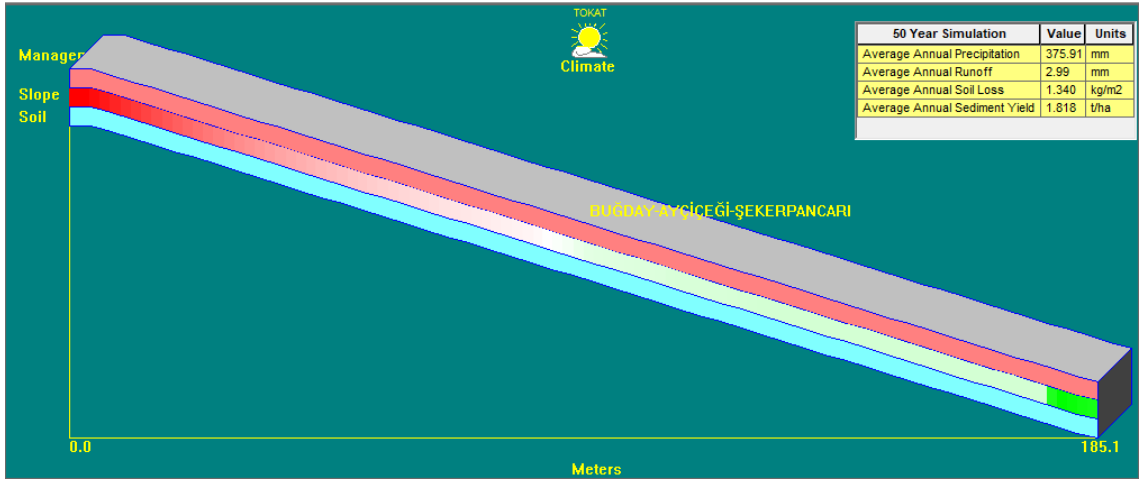
Şekil 4.6. Elmalı Serisi Orman Arazi Kullanım Türü İçin Model bilgi ekranı

4.2.2. Deneme Serisi toprakları yüzey akış ve toprak kayıpları

Enstitü arazisinde yer alan Deneme toprak serisinde tarım (Buğday-Ayçiçeği-Şekerpancarı ekim nöbeti) ve meyve bahçesi arazi kullanım türleri bulunmaktadır. Her iki kullanım türleri için 50 yıllık süreçte olası yüzey akış ve toprak kayıpları WEPP model yardımıyla ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Deneme serisi Buğday-Ayçiçeği-Şekerpancarı üçlü ekim nöbeti uygulanan tarım arazileri yüzey akış ve toprak kayıpları

Deneme serisi tarım alanları için (Buğday-Ayçiçeği-Şekerpancarı) WEPP Model çıktısı Şekil 4.7’de gösterilmiş ve model çıktılarına ait sonuçlar ise Çizelge 4.8.’de verilmiştir. Ortalama yıllık yağış 375.91 mm, yüzey akış 2.99 mm, toprak kayıpları 1.340 kg m⁻², sediment verimi ise 1.819 ton ha⁻¹ olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.8.).



Şekil 4.7. Deneme Serisi Tarım (Buğday-Ayçiçeği-Şeker Pancarı) Arazi Kullanım Türü İçin Model bilgi ekranı

Toplam 3179 adet bireysel yağış olayı sonucunda 18795.30 mm'lik toplam yağış meydana gelmiştir. Bu yağışların yıllık miktarları Çizelge 4.9.'da verilmiştir. En fazla yağış 531.00 mm ile 2007 yılında görülmüştür. Bu yılın Şubat ayında 10 mm'nin üzerinde yağışlar meydana gelmiştir. Karların erimeye başlayıp ilkbahar yağmurlarının şiddetini artırdığı mart-nisan ve mayıs ayları ise oldukça yağışlı geçmiştir. 2007 yılında ekstrem yağışlar görülmediğinden bu yılda toprak kayıpları meydana gelmemiştir. En düşük yağış ortalaması ise 256.9 mm ile 1972 yılında simüle edilmiştir (Çizelge 4.8.). 1967-2016 zaman aralığında görülen ortalama yüzey akış 2.99 mm'dir (Şekil 4.7.). Deneme serisi Buğday-Ayçiçeği-Şekerpancarı ekim alanında 4-5-6-7 ve 8. aylarda olmak üzere toplam 5 kez sulama yapılmıştır. Model 50 yıllık zaman aralığında toplam 64 sulama olayına karşılık 419.32 mm sulama suyu uygulandığını tahmin etmiştir. Yağmur ve sulama suyuna bağlı olarak 97 olay sonunda toplam 149.66 mm yüzey akış meydana gelmiştir (Çizelge 4.10). En yüksek yüzey akışın meydana geldiği 1990 yılında 437.40 mm yağış meydana gelmiştir. Söz konusu yıl 26.21 mm toplam yüzey akış sulamadan ve 7.67 mm yüzey akış yağışa bağlı olarak meydana gelmiştir (Çizelge 4.10). 1990 yılında özellikle nisan ayında peş peşe yağışların görülmesi modelin su bütçesini artırmakta ve daha fazla yüzey akış oluşmasına neden olmaktadır. Görülen bu yüzey akış, buğdayın sulanmaya başladığı mayıs ayından itibaren başlayıp ağustos ayına kadar süregelen sulamadan kaynaklanmaktadır.

Karık ile sulama yöntemi, tarla bitkileri için uygun bir sulama yöntemidir. Arazide iyi bir drenaj sağlamak ve toprak yüzeyinin kabuk bağlamasına izin vermemekte ve eğimli

arazilerin yaklaşık 1/3 ıslak olarak kalmaktadır. Kurak ve yarı kurak bölgelerde yüzey akış oluşumu, şiddetli yağış ya da sulamaya bağlı olarak meydana gelmektedir. İnce tekstürlü toprak üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda, görülen yıllık yağışların %8 ila 49'nun yüzey akışa geçtiği ifade edilmiştir (Botha ve ark., 2003). Ancak, Kurak bölgelerin derin topraklara sahip yamaç arazilerinde hızlı bir şekilde infiltrasyon gerçekleşmekte ve yüzey akış oluşmasına izin vermemektedir. Bu sonuçlar, Deneme serisi Buğday-Ayçiçeği-Şeker Pancarı alanında bulunan sonuçları desteklemektedir.

Deneme serisinin 1967-2016 zaman aralığında 37 adet olay esaslı toprak kayıpları tahmin edilmiş ve bulunan sonuçlar Çizelge 4.10'da verilmiştir. Söz konusu toprak kayıpları sulamanın yapıldığı aylarda meydana gelmiştir. 2002 yılında 66 bireysel olay sonucunda 375.4 mm toplam yağış meydana gelmiştir. Bu yıl içerisinde 26.21 mm'lik sulamaya bağlı oluşan 7.63 mm yüzey akış sonucunda, 1.85 m'de yani arazinin en tepe noktasında 14.559 kg m⁻² maksimum ve 83.3 m'de ise 0.202 kg m⁻² minimum toprak kayıpları meydana gelmiştir. 50 yıllık zaman aralığında 5.209 kg m⁻² ile en yüksek ortalama toprak kayıpları 2002 yılında tahmin edilmiştir. En düşük toprak kayıpları ise, 64 bireysel yağış olayı sonucunda 391.5 mm toplam yağışın meydana geldiği 2000 yılıdır. Bu yılda ortalama toprak kaybı 2.895 kg m⁻²'dir. 2000 yılında profilde 1.85 m'de 9.968 kg m⁻² maksimum ve 42.57 m'de ise 0.075 kg m⁻² minimum toprak kayıpları meydana gelmiştir. 1970 ve 1972 yılında görülen toprak kayıplarının miktarının yüksek olmasına karşılık, bu yıl içerisindeki toplam yağışların miktarı düşüktür. Çünkü yıl içerisinde özellikle bahar aylarında görülen yağışların şiddeti oldukça yüksek olmuş ve sonuçta, bu aylarda daha fazla toprak kayıpları meydana gelmiştir.

Erozyon üzerine sulamanın etkisi üniform değildir. Karıklar boyunca su infiltre olduğu için, yüzey akışın şiddeti azalmakta ve bunun sonucunda ayrışma ve taşıma kapasitesi azalmaktadır. Bundan dolayı, yamacın üst kısmında aşınmış toprak daha aşağılarda birikmektedir (Çizelge 4.10). Araştırma alanında maksimum toprak kaybı yamacın üst kısımlarında meydana gelmiştir ve aşağılarda yüzey akışın etkisinin azalmasıyla birlikte toprak kayıpları azalmıştır.

55 m genişliğindeki profil boyunca 1850.404 kg toprak birikmiştir. 1.018 ha'lık bir alanda ise 1.818 ton ha⁻¹ sediment verimi meydana gelmiştir (Çizelge 4.8.).

Çizelge 4.8. Buğday-Ayçiçeği-Şeker Pancarı ekim nöbetinde Deneme Serisi için WEPP model yıllık tahmini yüzey akış ve toprak kayıpları

Yıl	Toplam Yağış	Toplam Sulama	Yüzey Akış			Toplam Ayırışma	İnterril Ayırışma	Toplam Birikme	Sediment Verimi
			Yağış	Kar	Sulama				
			(mm)						
1967	312.40	0.00	0.16	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1968	365.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1969	314.10	6.55	0.00	0.00	1.73	1.216	0.000	-0.799	1.281
1970	314.10	13.10	0.00	0.00	3.72	2.531	0.000	-1.646	2.760
1971	280.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1972	256.90	6.55	0.00	0.00	4.40	0.388	0.000	-1.065	3.448
1973	294.50	6.55	0.00	0.00	3.28	1.102	0.000	-1.253	2.543
1974	316.60	19.66	0.00	0.00	4.32	3.115	0.000	-2.173	3.126
1975	447.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1976	409.30	6.55	0.00	0.00	4.01	0.210	0.000	0.000	1.916
1977	354.10	13.10	0.00	0.00	3.47	2.592	0.000	-1.577	2.570
1978	380.80	26.21	0.00	0.00	6.18	4.148	0.000	-2.968	4.481
1979	341.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1980	273.20	6.55	0.00	0.00	3.99	0.199	0.000	0.000	1.653
1981	432.90	13.10	0.00	0.00	5.31	2.578	0.000	-1.767	4.055
1982	275.80	19.66	0.00	0.00	4.44	2.871	0.000	-2.143	3.140
1983	448.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1984	374.50	6.55	0.01	0.00	3.90	0.131	0.000	0.000	1.312
1985	457.20	6.55	0.00	0.00	2.20	1.342	0.000	-0.896	1.653
1986	465.70	19.66	1.83	0.00	4.51	3.100	0.000	-2.230	3.284
1987	412.00	0.00	3.49	0.00	0.00	0.017	0.006	0.000	0.169
1988	347.90	6.55	0.00	0.00	4.21	0.292	0.000	-0.012	2.798
1989	403.50	13.10	0.00	0.00	4.58	2.680	0.000	-1.644	3.455
1990	437.40	26.21	0.00	0.00	7.67	4.389	0.000	-3.106	5.667
1991	365.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1992	298.30	6.55	0.00	0.00	4.00	0.191	0.000	0.000	1.568
1993	447.00	6.55	0.00	0.00	1.70	1.276	0.000	-0.780	1.250
1994	405.90	26.21	0.00	0.00	6.78	4.318	0.000	-3.037	4.937
1995	450.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.004
1996	437.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.003
1997	370.70	13.10	0.00	0.00	5.39	2.571	0.000	-1.748	4.119
1998	344.20	13.10	0.00	0.00	2.61	2.142	0.000	-1.411	1.881
1999	336.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2000	391.50	6.55	0.00	0.00	3.80	0.157	0.000	0.000	1.115
2001	418.50	6.55	0.00	0.00	3.18	1.048	0.000	-1.244	2.459
2002	375.40	26.21	0.00	0.00	7.63	5.209	0.000	-3.229	5.683
2003	458.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.002
2004	343.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2005	405.80	13.10	0.00	0.00	5.12	2.560	0.000	-1.696	3.894
2006	462.40	26.21	0.00	0.00	5.92	3.986	0.000	-2.988	4.296
2007	531.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2008	472.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2009	429.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2010	499.70	19.66	0.00	0.00	3.93	3.006	0.000	-2.130	2.838
2011	325.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2012	472.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2013	315.90	13.10	0.00	0.00	4.27	2.632	0.000	-1.570	3.210
2014	350.20	19.66	0.00	0.00	4.36	3.081	0.000	-2.234	3.172
2015	370.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2016	375.90	6.55	0.00	0.00	3.44	0.160	0.000	0.000	1.187
Ortalama	375.91	8.39	0.31	0.00	2.68	1.340	0.000	-0.845	1.819

Çizelge 4.9. Buğday-Ayçiçeği-Şeker Pancarı Deneme serisi tarım alanları için Bireysel Olay Model Sonuçları

Gün	Ay	Yıl	Yağış	Yüzey Akış	Toprak Kayıpları
			mm		kg m ⁻²
3	5	1967	0.7	0.0	0.00
11	5	1967	0.9	0.0	0.00
14	5	1967	0.8	0.0	0.00
15	5	1967	0.8	0.1	0.00
30	5	1969	0.0	1.7	1.22
29	5	1970	0.0	1.7	1.25
29	6	1970	0.0	2.0	1.31
15	5	1972	0.0	4.4	0.39
20	6	1973	0.0	3.3	1.10
29	4	1974	0.0	1.7	1.17
29	6	1974	0.0	1.3	0.93
31	7	1974	0.0	1.3	0.97
15	5	1976	0.0	4.0	0.21
30	5	1977	0.0	1.8	1.30
20	6	1977	0.0	1.6	1.27
29	4	1978	0.0	2.3	1.18
29	5	1978	0.0	1.3	0.92
29	6	1978	0.0	1.3	0.97
31	7	1978	0.0	1.3	1.00
15	5	1980	0.0	4.0	0.20
30	5	1981	0.0	2.5	1.36
20	6	1981	0.0	2.8	0.99
29	5	1982	0.0	1.8	0.92
29	6	1982	0.0	1.3	0.92
31	7	1982	0.0	1.3	0.94
27	0	1983	8.5	0.0	0.00
22	4	1984	1.1	0.0	0.00
15	5	1984	0.0	3.9	0.17
30	5	1985	0.0	2.2	1.34
1	2	1986	4.6	1.3	0.00
2	2	1986	1.9	0.1	0.00
22	2	1986	4.1	0.4	0.00
29	4	1986	0.0	1.9	1.21
29	6	1986	0.0	1.3	0.92
31	7	1986	0.0	1.3	0.94
4	6	1987	6.7	1.5	0.00
5	6	1987	6.7	2.1	0.00
8	6	1987	6.7	1.8	0.00
16	6	1987	6.7	1.8	0.00
23	6	1987	6.7	1.9	0.00
30	1	1987	9.0	0.1	0.00
9	2	1987	9.8	0.1	0.00
10	2	1987	8.8	0.1	0.00
11	2	1987	0.7	2.8	0.01
15	5	1988	0.0	4.2	0.29
30	5	1989	0.0	2.0	1.33
20	6	1989	0.0	2.6	1.11
29	4	1990	0.0	2.0	1.22
29	5	1990	0.0	2.3	1.00
29	6	1990	0.0	2.1	0.95

Çizelge 4.9. (Devam)Buğday-Ayçiçeği-Şeker Pancarı Deneme serisi tarım alanları için Bireysel Olay Model Sonuçları

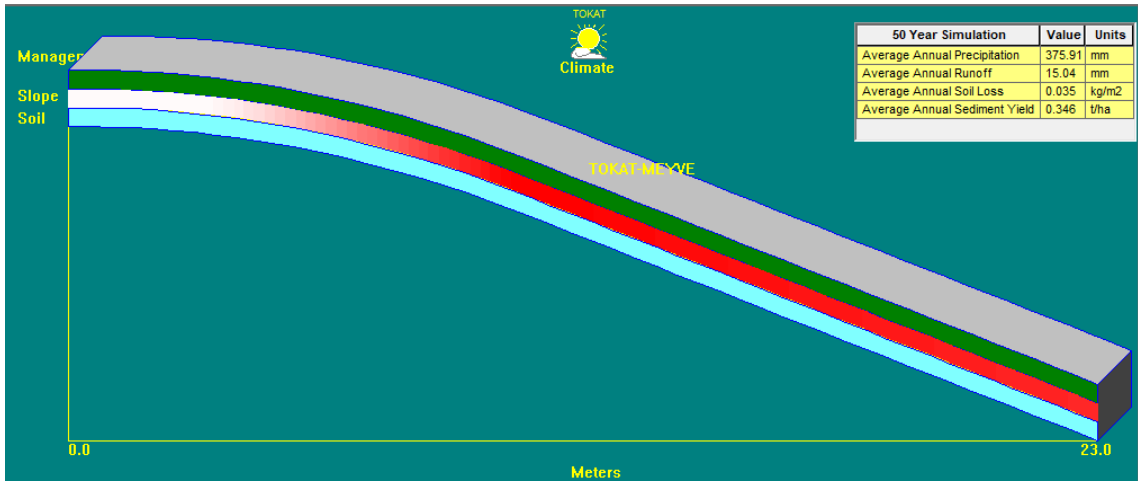
Gün	Ay	Yıl	Yağış	Yüzey Akış	Toprak Kayıpları
			mm		kg m ⁻²
31	7	1990	0.0	1.3	0.91
15	5	1992	0.0	4.0	0.19
30	5	1993	0.0	1.7	1.28
29	4	1994	0.0	1.9	1.20
29	5	1994	0.0	2.3	0.99
29	6	1994	0.0	1.3	0.97
31	7	1994	0.0	1.3	1.00
27	6	1995	0.5	0.0	0.00
26	0	1995	0.1	0.0	0.00
27	0	1995	0.0	0.1	0.00
28	0	1995	9.1	0.1	0.00
14	2	1996	0.8	0.2	0.00
18	2	1996	0.7	0.5	0.00
30	5	1997	0.0	2.4	1.32
20	6	1997	0.0	2.9	0.99
29	6	1998	0.0	1.3	1.07
31	7	1998	0.0	1.3	1.07
15	5	2000	0.0	3.8	0.16
20	6	2001	0.0	3.2	1.05
29	4	2002	0.0	2.2	1.23
29	5	2002	0.0	1.8	1.26
29	6	2002	0.0	2.0	1.31
31	7	2002	0.0	1.7	1.25
24	1	2003	0.6	0.0	0.00
31	1	2003	1.6	0.2	0.00
2	2	2003	0.4	0.1	0.00
19	2	2003	0.7	0.0	0.00
20	2	2003	0.5	0.1	0.00
1	3	2003	9.6	0.0	0.00
3	3	2003	0.4	0.1	0.00
4	3	2003	9.5	0.0	0.00
9	3	2003	9.5	0.0	0.00
30	5	2005	0.0	2.3	1.35
20	6	2005	0.0	2.8	0.96
29	4	2006	0.0	2.0	1.12
29	5	2006	0.0	1.3	0.93
29	6	2006	0.0	1.3	0.94
31	7	2006	0.0	1.3	0.97
29	4	2010	0.0	1.3	1.02
29	6	2010	0.0	1.3	0.97
31	7	2010	0.0	1.3	0.98
30	5	2013	0.0	1.8	1.29
20	6	2013	0.0	2.5	1.08
29	4	2014	0.0	1.8	1.15
29	6	2014	0.0	1.3	0.96
31	7	2014	0.0	1.3	0.97
15	5	2016	0.0	3.4	0.16

Çizelge 4.10. Deneme serisi toprakları Buğday-Ayçiçeği-Şeker Pancarı ekim nöbetinde yıllık olay sayısı, yüzey akış ve toprak kayıpları

Yıl	Yağış		Sulama		Yüzey akış		Toprak Kayıpları				
	Olay	Miktar	Olay	Miktar	Olay	Miktar	Ortalama	Maksimum		Minimum	
								Miktar	Uzunluk	Miktar	Uzunluk
mm							kg m ⁻²	kg m ⁻²	m	kg m ⁻²	m
1967	48	312.40	4	0.16	0	0.00	0.000	0.000	1.85	0.000	94.40
1969	56	314.10	1	6.55	1	1.73	1.216	3.490	1.85	0.018	85.15
1970	56	314.10	2	13.10	2	3.72	2.531	7.328	1.85	0.015	85.15
1972	50	256.90	1	6.55	1	4.40	0.388	0.800	3.70	0.014	79.55
1973	53	294.50	1	6.55	1	3.28	1.102	3.247	3.70	0.009	18.46
1974	54	316.60	3	19.66	3	4.32	3.115	8.562	3.70	0.104	87.00
1976	68	409.30	1	6.55	1	4.01	0.210	0.464	3.70	0.000	68.44
1977	52	354.10	2	13.10	2	3.47	2.592	7.393	1.85	0.059	81.44
1978	69	380.80	4	26.21	4	6.18	4.148	11.468	3.70	0.074	88.85
1980	45	273.20	1	6.55	1	3.99	0.199	0.435	3.70	0.000	53.63
1981	71	432.90	2	13.10	2	5.31	2.578	6.853	3.70	0.124	92.55
1982	50	275.80	3	19.66	3	4.44	2.871	7.791	3.70	0.118	90.70
1983	78	448.10	1	0.02	0	0.00	0.000	0.000	94.40	0.000	1.85
1984	66	374.50	1	6.55	2	3.91	0.131	0.361	3.70	0.000	61.04
1985	76	457.20	1	6.55	1	2.20	1.342	3.854	1.85	0.030	87.00
1986	75	465.70	3	19.66	6	6.35	3.100	8.597	3.70	0.084	88.85
1987	63	412.00	9	12.07	0	0.00	0.017	0.186	175.85	0.006	94.40
1988	57	347.90	1	6.55	1	4.21	0.292	0.624	3.70	0.012	77.70
1989	66	403.50	2	13.10	2	4.58	2.680	7.066	3.70	0.239	85.15
1990	82	437.40	4	26.21	4	7.67	4.389	11.562	3.70	0.275	90.70
1992	53	298.30	1	6.55	1	4.00	0.191	0.413	3.70	0.001	51.78
1993	65	447.00	1	6.55	1	1.70	1.276	3.643	1.85	0.028	81.44
1994	70	405.90	4	26.21	4	6.78	4.318	11.830	3.70	0.136	88.85
1995	75	450.70	4	0.24	0	0.00	0.000	0.001	1.85	0.000	92.55
1996	69	437.60	2	0.70	0	0.00	0.000	0.001	1.85	0.000	92.55
1997	68	370.70	2	13.10	2	5.39	2.571	6.705	3.70	0.265	92.55
1998	66	344.20	2	13.10	2	2.61	2.142	5.972	1.85	0.044	83.30
2000	67	391.50	1	6.55	1	3.80	0.157	0.329	3.70	0.002	31.42
2001	70	418.50	1	6.55	1	3.18	1.048	3.042	3.70	0.014	20.32
2002	66	375.40	4	26.21	4	7.63	5.209	14.559	1.85	0.202	83.30
2003	71	458.40	9	0.57	0	0.00	0.000	0.001	1.85	0.000	94.40
2005	63	405.80	2	13.10	2	5.12	2.560	6.674	3.70	0.256	90.70
2006	81	462.40	4	26.21	4	5.92	3.986	11.100	3.70	0.050	90.70
2010	81	499.70	3	19.66	3	3.93	3.006	8.307	3.70	0.070	87.00
2013	53	315.90	2	13.10	2	4.27	2.632	6.831	3.70	0.261	83.30
2014	56	350.20	3	19.66	3	4.36	3.081	8.613	3.70	0.057	88.85
2016	60	375.90	1	6.55	1	3.44	0.160	0.341	3.70	0.001	36.97

Deneme Serisi Meyve Bahçesi Simülasyon Sonuçları

Deneme serisi meyve bahçesine ait model çıktısı Şekil 4.8.'de ve yıllık rakamsal değerleri Çizelge 4.11'de verilmiştir. 3179 bireysel yağış olayı sonucunda ortalama 375.91mm yağış meydana gelmiştir. Yağış ve 86 sulama olayına bağlı olarak meydana gelen yüzey akış ortalaması 15.04 mm ve toprak kayıpları ise 0.035 kg m⁻² olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.8.). 23 m uzunluğundaki deneme alanında maksimum toprak kayıpları 10.35m'de meydana gelmiş olup, 0.051 kg m⁻²'dir.



Şekil 4.8. Deneme Serisi Meyve Bahçesi için Model bilgi ekranı

Meyve bahçelerinin verimliliğinin devam ettirilebilmesi için uygun sulama çok önemlidir. Ayrıca, meyve bahçeleri düzenli olarak sulama ihtiyacı duymaktadır. Meyve bahçelerinin sulanmasında en yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisi de karık ile sulama yöntemidir. Çoğunlukla sıralı bitkiler ve meyve bahçelerinin sulamasında kullanılmaktadır (Holzapfel ve Arumi, 2010; Holzapfel ve ark., 2010). Model çıktıları incelendiğinde, sulamanın yapıldığı 7. aydan itibaren yüzey akış ve toprak kayıplarının meydana geldiği görülmektedir (Çizelge 4.12.).

Deneme serisi meyve bahçesi yayılım alanında araştırma sürecinde toplam 14 yılda toprak kayıpları meydana gelmiştir. Ortalama 24.48 mm yüzey akış sulamadan ve 22.28 mm yüzey akışa yağışlara bağlı olarak meydana gelmiştir. En fazla toprak kayıpları, temmuz ayında yapılan sulamaya bağlı olarak ortalama 0.674 kg m⁻² ile 2002 yılında tahmin edilmiştir (Çizelge 4.13). 66 bireysel yağış sonucunda 375.4 mm toplam yağış meydana gelmiştir. Deneme alanında maksimum toprak kayıpları 10.35 m'de

oluşmaktadır. 0.855 kg m^{-2} ve 2.99 m^2 'de 0.004 kg m^{-2} minimum toprak kayıpları meydana gelmiştir.

En düşük toprak kayıpları 1968 yılında tahmin edilmiştir (Çizelge 4.12). 2002 yılında olduğu gibi tek bir sulamaya bağlı olarak toprak kayıpları meydana gelmiştir (Çizelge 4.13). 63 bireysel yağış olayı sonucunda toplam 365.30 mm yağış simüle edilmiştir. Ortalama toprak kaybı 0.341 kg m^{-2} 'dir. Maksimum toprak kaybı 10.35 m^2 'de 0.431 kg m^{-2} ve minimum toprak kaybı ise 4.83 m^2 'de 0.007 kg m^{-2} olarak tahmin edilmiştir.

1986 yılında ise, hem sulama hem de yağışa bağlı olarak çok düşük miktarda toprak kaybı tahmin edilmiştir. 1986 yılının şubat ayında beş bireysel yağış olayı sonucunda, $0.6 - 28.5 \text{ mm}$ arasında değişen yüzey akış meydana gelmiştir (Çizelge 4.12.). 75 bireysel yağış olayı sonucunda toplam 465.7 mm toplam yağış tahmin edilmiştir (Çizelge 4.13.). Bu yılda meydana gelen toprak kayıpları hem yağış hem de sulamaya bağlı olarak meydana gelmiş olup maksimum toprak kayıplarının olduğu uzunluk 11.73 m de 0.003 kg m^{-2} 'dir. 1977, 1987 ve 1993 yıllarında ise yağışa bağlı olarak toprak kayıpları simüle edilmiştir (Çizelge 4.13.).

Deneme Serisi meyve bahçesi 0.344 ha alan kaplamakta olup, ortalama sediment verimi, $0.714 \text{ ton ha}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.11. Meyve Bahçesi Arazi Kullanım Türünde Deneme Serisi için WEPP model yıllık tahmini yüzey akış ve toprak kayıpları

Yıl	Toplam Yağış	Toplam Sulama	Yüzey Akış			Toplam Ayrışma	İnterril Ayrışma	Toplam Birikme	Sediment Verimi
			Yağış	Kar	Sulama				
			(mm)						
1967	312.40	0.00	0.82	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.002
1968	365.60	31.64	0.00	0.00	29.05	0.341	0.000	0.000	2.731
1969	314.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1970	314.10	31.64	0.00	0.00	29.14	0.546	0.000	0.000	4.639
1971	280.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1972	256.90	31.64	0.00	0.00	29.05	0.449	0.000	0.000	3.725
1973	294.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1974	316.60	31.64	0.00	0.00	28.50	0.000	0.000	0.000	0.000
1975	447.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1976	409.30	31.64	0.00	0.00	28.49	0.000	0.000	0.000	0.000
1977	354.10	0.00	1.38	0.00	0.00	0.002	0.002	0.000	0.021
1978	380.80	31.64	0.00	0.00	28.50	0.000	0.000	0.000	0.000
1979	341.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1980	273.20	31.64	0.00	0.00	28.50	0.000	0.000	0.000	0.000
1981	432.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1982	275.80	31.64	0.00	0.00	28.48	0.000	0.000	0.000	0.000
1983	448.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1984	374.50	31.64	0.00	0.00	28.48	0.000	0.000	0.000	0.000
1985	457.20	0.00	1.56	0.00	0.00	0.002	0.002	0.000	0.016
1986	465.70	31.64	3.98	0.00	28.49	0.003	0.003	0.000	0.033
1987	412.00	0.00	0.53	0.00	0.00	0.004	0.004	0.000	0.043
1988	347.90	31.64	0.00	0.00	28.50	0.000	0.000	0.000	0.000
1989	403.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1990	437.40	31.64	0.00	0.00	28.50	0.000	0.000	0.000	0.000
1991	365.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1992	298.30	31.64	0.00	0.00	28.52	0.000	0.000	0.000	0.000
1993	447.00	0.00	6.30	0.00	0.00	0.007	0.007	0.000	0.071
1994	405.90	31.64	0.00	0.00	28.49	0.000	0.000	0.000	0.000
1995	450.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1996	437.60	31.64	0.00	0.00	28.53	0.000	0.000	0.000	0.000
1997	370.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1998	344.20	31.64	0.00	0.00	28.52	0.000	0.000	0.000	0.000
1999	336.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2000	391.50	31.64	0.00	0.00	28.53	0.000	0.000	0.000	0.000
2001	418.50	0.00	0.17	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.002
2002	375.40	31.64	0.00	0.00	29.11	0.674	0.000	0.000	5.932
2003	458.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.005	0.005	0.000	0.049
2004	343.30	31.64	0.00	0.00	28.50	0.000	0.000	0.000	0.000
2005	405.80	0.00	3.22	0.00	0.00	0.004	0.004	0.000	0.043
2006	462.40	31.64	4.04	0.00	28.49	0.000	0.000	0.000	0.000
2007	531.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2008	472.70	31.64	0.00	0.00	28.48	0.000	0.000	0.000	0.000
2009	429.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2010	499.70	31.64	0.00	0.00	28.54	0.000	0.000	0.000	0.000
2011	325.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2012	472.70	31.64	0.00	0.00	28.49	0.000	0.000	0.000	0.000
2013	315.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2014	350.20	31.64	0.02	0.00	28.49	0.000	0.000	0.000	0.000
2015	370.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2016	375.90	31.64	0.00	0.00	28.43	0.000	0.000	0.000	0.000
Ortalama	375.91	15.82	0.75	0.00	14.30	0.035	0.001	0.000	0.346

Çizelge 4.12. Deneme serisi Meyve Bahçesi alanları için Bireysel Olay Model Sonuçları

Gün	Ay	Yıl	Yağış	Yüzey Akış	Toprak Kayıpları
			mm		kg m ⁻²
3	5	1967	0.7	0.0	0.00
11	5	1967	0.9	0.1	0.00
14	5	1967	0.8	0.1	0.00
15	5	1967	0.8	0.6	0.00
15	7	1968	0.0	29.1	0.34
14	7	1970	0.0	29.1	0.55
15	7	1972	0.0	29.1	0.45
14	7	1974	0.0	28.5	0.00
15	7	1976	0.0	28.5	0.00
29	1	1977	3.6	1.4	0.00
14	7	1978	0.0	28.5	0.00
15	7	1980	0.0	28.5	0.00
14	7	1982	0.0	28.5	0.00
15	7	1984	0.0	28.5	0.00
6	2	1985	7.9	0.0	0.00
11	2	1985	9.5	1.0	0.00
13	2	1985	7.5	0.0	0.00
18	2	1985	8.3	0.5	0.00
1	2	1986	4.6	1.8	0.00
2	2	1986	1.9	0.9	0.00
22	2	1986	4.1	0.7	0.00
29	2	1986	4.1	0.6	0.00
14	7	1986	0.0	28.5	0.00
30	1	1987	9.0	0.8	0.00
9	2	1987	9.8	0.6	0.00
10	2	1987	8.8	0.5	0.00
11	2	1987	0.7	2.5	0.00
15	7	1988	0.0	28.5	0.00
14	7	1990	0.0	28.5	0.00
15	7	1992	0.0	28.5	0.00
20	1	1993	1.7	0.9	0.00
21	1	1993	0.8	1.0	0.00
22	1	1993	1.4	2.3	0.00
23	1	1993	0.8	2.1	0.00
14	7	1994	0.0	28.5	0.00

Çizelge 4.12. (Devam) Deneme serisi Meyve Bahçesi alanları için Bireysel Olay Model Sonuçları

Gün	Ay	Yıl	Yağış	Yüzey Akış	Toprak Kayıpları
			mm		kg m ⁻²
15	7	1996	0.0	28.5	0.00
14	7	1998	0.0	28.5	0.00
15	7	2000	0.0	28.5	0.00
9	2	2001	9.4	0.2	0.00
14	7	2002	0.0	29.1	0.67
24	1	2003	0.6	1.2	0.00
31	1	2003	1.6	1.6	0.00
2	2	2003	0.4	1.3	0.00
19	2	2003	0.7	1.1	0.00
20	2	2003	0.5	1.4	0.00
1	3	2003	9.6	0.8	0.00
3	3	2003	0.4	1.2	0.00
4	3	2003	9.5	1.0	0.00
9	3	2003	9.5	1.0	0.00
24	4	2003	9.6	0.6	0.00
4	5	2003	8.2	0.4	0.00
8	5	2003	7.7	0.0	0.00
26	5	2003	8.0	0.1	0.00
15	7	2004	0.0	28.5	0.00
14	1	2005	9.8	0.9	0.00
21	1	2005	9.0	0.5	0.00
22	1	2005	8.1	0.2	0.00
28	1	2005	0.3	0.9	0.00
14	2	2005	8.3	0.2	0.00
18	2	2005	8.1	0.4	0.00
1	3	2006	0.0	4.0	0.00
14	7	2006	0.0	28.5	0.00
15	7	2008	0.0	28.5	0.00
14	7	2010	0.0	28.5	0.00
15	7	2012	0.0	28.5	0.00
23	1	2014	0.0	0.0	0.00
14	7	2014	0.0	28.5	0.00
15	7	2016	0.0	28.4	0.00

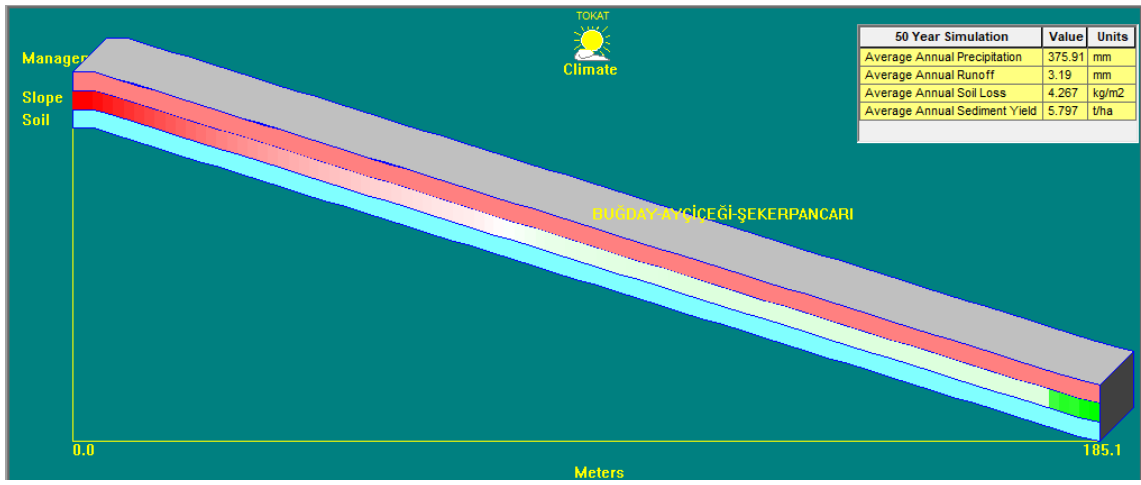
Çizelge 4.13. Deneme serisi toprakları Meyve Bahçesi Arazi Kullanım Türünde yıllık olay sayısı, yüzey akış ve toprak kayıpları

Yıl	Yağış		Sulama		Yüzey akış		Toprak Kayıpları				
	Olay	Miktar	Olay	Miktar	Olay	Miktar	Ortalama	Maksimum		Minimum	
								Miktar	Uzunluk	Miktar	Uzunluk
	mm						kg m ⁻²	kg m ⁻²	m	kg m ⁻²	m
1967	48	312.40	4	0.82	0	0.00	0.000	0.000	11.50	0.000	0.23
1968	63	365.60	1	31.64	1	29.05	0.341	0.431	10.35	0.007	4.83
1970	56	314.10	1	31.64	1	29.14	0.546	0.688	10.35	0.015	3.68
1972	50	256.90	1	31.64	1	29.05	0.449	0.569	10.35	0.002	4.14
1974	54	316.60	1	31.64	1	28.50	-----	-----	-----	-----	-----
1976	68	409.30	2	31.64	1	28.49	-----	-----	-----	-----	-----
1977	52	354.10	2	0.00	1	1.38	0.002	0.002	11.73	0.002	0.23
1978	69	380.80	1	31.64	1	28.50	-----	-----	-----	-----	-----
1980	45	273.20	2	31.64	1	28.50	-----	-----	-----	-----	-----
1982	50	275.80	3	31.64	1	28.48	-----	-----	-----	-----	-----
1984	66	374.50	4	31.64	1	28.48	-----	-----	-----	-----	-----
1985	76	457.20	4	0.00	4	1.56	0.002	0.002	11.73	0.002	0.23
1986	75	465.70	1	31.64	5	32.47	0.003	0.003	11.73	0.003	0.23
1987	63	412.00	4	4.32	0	0.00	0.004	0.004	11.27	0.004	0.23
1988	57	347.90	1	31.64	1	28.50	-----	-----	-----	-----	-----
1990	82	437.40	2	31.64	1	28.50	-----	-----	-----	-----	-----
1992	53	298.30	3	31.64	1	28.52	-----	-----	-----	-----	-----
1993	65	447.00	3	0.00	4	6.30	0.007	0.007	11.73	0.007	0.23
1994	70	405.90	1	31.64	1	28.49	-----	-----	-----	-----	-----
1996	69	437.60	2	31.64	1	28.53	-----	-----	-----	-----	-----
1998	66	344.20	3	31.64	1	28.52	-----	-----	-----	-----	-----
2000	67	391.50	4	31.64	1	28.53	-----	-----	-----	-----	-----
2001	70	418.50	4	0.00	1	0.17	0.000	0.000	11.73	0.000	0.23
2002	66	375.40	1	31.64	1	29.11	0.674	0.855	10.35	0.004	2.99
2003	71	458.40	13	11.70	0	0.00	0.005	0.005	11.73	0.005	0.23
2004	60	343.30	1	31.64	1	28.50	-----	-----	-----	-----	-----
2005	63	405.80	1	0.00	6	3.22	0.004	0.004	11.50	0.004	0.23
2006	81	462.40	1	31.64	2	32.53	-----	-----	-----	-----	-----
2008	72	472.70	2	31.64	1	28.48	-----	-----	-----	-----	-----
2010	81	499.70	3	31.64	1	28.54	-----	-----	-----	-----	-----
2012	72	472.70	4	31.64	1	28.49	-----	-----	-----	-----	-----
2014	56	350.20	5	31.64	2	28.50	0.000	0.000	11.73	0.000	0.23
2016	60	375.90	1	31.64	1	28.43	-----	-----	-----	-----	-----

4.2.3. Akış Serisi Toprakları Yüzey Akış ve Toprak Kayıpları

Buğday-Ayçiçeği-Şekerpancarı üçlü ekim nöbeti uygulanan tarım arazileri yüzey akış ve toprak kayıpları

Akış serisi tarım alanlarına ait model bilgi ekranı Şekil 4.9.'da ve çıktı sonuçları ise Çizelge 4.14'de verilmiştir. Ortalama yıllık yağış 375.91 mm, ortalama yüzey akış 3.19 mm ve ortalama toprak kayıpları 4.267 kg m⁻², sediment verimi ise 5.800 ton ha⁻¹ olarak tahmin edilmiştir (Çizelge 4.14.).



Şekil 4.9. Akış Serisi tarım alanları (buğday-ayçiçeği-Şekerpancarı) için Model bilgi ekranı

Akış serisi tarım alanının modele girilen amenajman dosyası incelendiğinde, ekim-hasat tarihleri arasında tarla 4 kez karık yöntemi ile sulanmıştır. Haziran ayının başından eylül ayının sonuna kadar sulama yapılmıştır. Deneme alanında 1967-2016 yılları arasında 31 yıl sulama, 2 yıl yağış ve 10 yıl ise hem sulama hem de yağışa bağlı olarak toplam 43 yıl için toprak kaybı tahmin edilmiştir.

Sulamaya bağlı olarak meydana gelen toprak kayıpları incelendiğinde; en fazla toprak kaybı 1990 ve en düşük toprak kaybı ise 2016 yılında meydana gelmiştir (Çizelge 4.15.). Özellikle mayıs ayında yapılan sulama, toprak kaybına neden olmuştur. İlkbahar aylarında yağışlar ile suya doymun olan toprak, ayçiçeği ekimi sırasında toprak işlemeye bağlı olarak daha hızlı bir şekilde aşınmaya hassas hale gelmiştir. 1990 yılının nisan, mayıs, haziran ve temmuz aylarında yapılan sulama sonucunda ortalama 6.98 mm yüzey akış ve ortalama 14.722 kg m⁻² toprak kaybı tahmin edilmiştir (Çizelge 4.16.). 82 bireysel

yağış olayı sonucunda 437.4 mm toplam yağış meydana gelmiştir (Çizelge 4.16). Akış serisi tarım alanında sulamaya bağlı olarak maksimum toprak kayıpları 3.7 m'de görülmektedir. 36.513 kg m⁻² maksimum ve 79.59 m'de ise 0.051 kg m⁻² minimum toprak kaybı simüle edilmiştir. Deneme alanında ölçülen sediment verimi ise 15.64 ton ha⁻¹'dir (Çizelge 4.14.).

En düşük toprak kayıplarının görüldüğü 2016 yılında, 60 bireysel yağış olayı sonucunda 375.9 mm toplam yağış meydana gelmiştir (Çizelge 4.16.). Ortalama toprak kaybı 1.112 kg m⁻²'dir. Maksimum toprak kaybı 3.7 m'de 2.089 kg m⁻² ve minimum toprak kaybı ise 79.55 m'de 0.149 kg m⁻²'dir. Sediment verimi ise 7.87 ton ha⁻¹ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.16.).

1967 ve 1987 yılında ise yağışa bağlı olarak toprak kayıpları meydana gelmiştir (Çizelge 4.16.). En düşük toprak kaybı 1967 yılında meydana gelmiştir. 48 bireysel yağış olayına bağlı olarak toplam 312.4 mm yağış görülmüştür. 8 sulama olayı sonucunda toplam 1.47 mm yüzey akış ve buna bağlı olarak 0.008 kg m⁻² ortalama toprak kaybı meydana gelmiştir (Çizelge 4.16). Toprak kaybına yol açan yağışlar, mayıs ayında görülen ilkbahar yağışlarıdır. Maksimum toprak kaybı 175.85 m'de 0.043 kg m⁻² ve minimum toprak kaybı ise 94.4 m'de 0.001 kg m⁻²'dir. Sediment verimi 0.033 ton ha⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

1987 yılında ise; 63 bireysel yağış olayına bağlı olarak 412 mm toplam yağış meydana gelmiştir. 1987 yılının ocak ve şubat aylarında görülen kış yağışlarına bağlı olarak 1.455 kg m⁻² ortalama toprak kaybı meydana gelmiştir. Yağışlara bağlı olarak meydana gelen maksimum toprak kaybı, tarım alanının 175.85 m'sinde meydana gelmiştir. Maksimum ve minimum toprak kayıpları sırasıyla 3.823 ve 0.014 kg m⁻²'dir. Sediment verimi ise 14.555 ton ha⁻¹'dir (Çizelge 4.14).

En fazla toprak kaybının görüldüğü 2002 yılında, 66 bireysel yağış olayı sonucunda toplam 375.4 mm yağış meydana gelmiştir. 26.21 mm'lik uygulanan sulama suyunun 6.52 mm'si yüzey akışa geçmiştir. Toprak kayıpları % 99.8 sulamaya bağlı olarak meydana gelmiştir. Temmuz ayında yapılan sulama sonucunda ortalama 17.223 kg m⁻² toprak kaybı meydana gelmiştir (Çizelge 4.16). Maksimum toprak kaybı 1.85 m'de 45.696 kg m⁻² ve minimum toprak kaybı ise 72.19 m'de 0.782 kg m⁻²'dir. 2.738 ha'lık bir alanda 14.53 ton ha⁻¹ sediment verimi hesaplanmıştır (Çizelge 4.14.).

Hem yağış hem de sulamaya bağlı olarak meydana gelen en düşük toprak kaybı 1984 yılında görülmüştür. 66 bireysel yağış olayına bağlı olarak 374.5 mm toplam yağış meydana gelmiştir. Toprak kayıplarının %97.3'si sulamaya bağlı olarak meydana geldiği model çıktısından görülmektedir. Maksimum toprak kaybı 3.7 m'de 1.658 kg m⁻² ve minimum toprak kaybı ise 81.4 m'de 0.043 kg m⁻² olarak tahmin edilmiştir. Ortalama toprak kaybı 0.868 kg m⁻² ve sediment verimi ise 6.42 ton ha⁻¹ olarak tahmin edilmiştir (Çizelge 4.14.).

Yıllık ortalamalara göre meydana gelen toprak kayıpları yamacın konumu, bitki örtüsü ve toprak özellikleri ile yakından ilişkilidir. Bu parametreler toprağın erosiv davranışına yön vermektedir (Morgan, 2005; Blanco ve Lal, 2008). Bu özellikler oldukça karmaşıktır ve birbirini yakından etkilemektedir. WEPP Hillslope model toprak kayıplarını tahmin ederken gözlenen verileri dikkate almaktadır. Söz konusu bu faktörlerde zaman içerisinde meydana gelen değişikliklerden oldukça etkilenmektedir (Sharma ve ark., 2011). Toprak kayıpları arasında yüksek değişkenlik hem gözlem sırasında hem de model tahmin ederken meydana gelmektedir (Boix-Fayos ve ark., 2006).

Yağış karakteristiklerinden olan yağış intensitesi, çok önemli bir faktördür. Yüksek şiddetteki yağmur damlalarının çarpması sonucu toprak partikülleri ayrılmaktadır (Maalim ve ark.,2013). Bu yağışlar sonucu yüzey akışı miktarı infiltrasyon oranını aşar ve süspansiyon halinde taşınan sediment yükü artar (Rose, 1993). Aynı yağış şiddetine sahip yağışların toprak yüzeyindeki etkisi farklı olmaktadır. Çünkü bu söz konusu yağışlar yamacın topoğrafik özelliklerine bağlı olarak alana üniform dağılmazlar (Parsons ve Stone, 2006). Parsons ve Stone (2006), üç farklı özellikte arazide yağışın etkisini değerlendirdikleri çalışma sonucunda, yağışların %75'ine bağlı olarak meydana gelen toprak kayıplarının oldukça değişkenlik gösterdiğini bulmuşlardır.

Toprak işleme ve ürün rotasyonu toprak kayıpları üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir. Geleneksel toprak işleme, şevin üst bölgelerinden aşağılara doğru toprak materyalinin taşınmasında ve toprak özelliklerinin değişmesinde önemli rol oynamaktadır (Leh ve ark., 2011). Bu özellikler toprak strüktürü, porozite, gözenek-büyükölçü dağılımı, su tutma kapasitesi ve permeabilite, partikül büyüklük dağılımı gibi toprağın fiziksel özellikleri ile yakından ilişkilidir (Shirazi et al., 1984). Geleneksel toprak işleme, yamaç arazisinin en üst bölgesinde yer alan toprağın ezilmesine ve ufalanmasına neden olmaktadır. Bunun

sonucunda toprak kalınlığı azalmakta ve geriye sadece ekili yüzey tabaka kalmaktadır. Bu durum toprak erozyonunu hızlandırmaktadır (Filho ve ark., 2010). Bu tabakalarda sadece küçük yağışlar tutulmaktadır. Maalim ve ark. (2013), tarım, orman ve mera arazisinde geleneksel toprak işleme ve işlemez iki sürüm sonucu meydana gelen toprak kayıplarını WEPP model kullanarak değerlendirmişlerdir. Yıllık ortalama toprak kayıpları 2.72 ton ha⁻¹ olarak geleneksel toprak işleme ile ürün yetiştirilen tarım arazisinde tahmin edilmiştir. Moulborad pulluk ile toprak işleme en fazla toprak kayıplarına neden olan yöntemdir. Bu dezavantajına rağmen tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır (Verburg ve ark., 2004). Singh ve ark. (2011), pulluk ile çeltik arazilerinin hazırlanması sırasında meydana gelen toprak kayıplarını WEPP model kullanarak tahmin etmişlerdir.

Kurak ve yarı kurak bölgelerde kış mevsimi için kışlık buğday tercih edilmektedir. Kışlık buğday, yamaç arazisinde depolanan su miktarına bağlı olarak yetişen bir bitki çeşididir. Topraktaki su içeriğini oldukça azaltmaktadır. Bundan dolayı kışlık buğdayın sürüm ve büyüme süreci toprak erozyonunu hızlandırmaktadır.

Akış serisi buğday-ayçiçeği-şekerpancarı tarım alanı 2.266 ha olup ortalama sediment miktarı 3.092 ton ha⁻¹yıl⁻¹ olarak tahmin edilmiştir.

Çizelge 4.14. Buğday-Ayçiçeği-Şeker Pancarı ekim nöbetinde Akış Serisi için WEPP model yıllık tahmini yüzey akış ve toprak kayıpları

Yıl	Toplam Yağış	Toplam Sulama	Yüzey Akış			Toplam Ayrışma	İnterril Ayrışma	Toplam Birikme	Sediment Verimi
			Yağış	Kar	Sulama				
			(mm)						
1967	312.40	0.00	1.47	0.00	0.00	0.008	0.001	0.000	0.081
1968	365.60	0.00	0.01	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1969	314.10	6.55	0.00	0.00	1.37	3.802	0.000	-2.029	3.034
1970	314.10	13.10	0.00	0.00	3.08	8.199	0.000	-4.324	6.854
1971	280.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1972	256.90	6.55	0.00	0.00	4.24	1.391	0.000	-17.331	10.175
1973	294.50	6.55	0.00	0.00	3.32	4.001	0.000	-3.308	7.852
1974	316.60	19.66	0.00	0.00	3.30	9.012	0.000	-5.041	7.212
1975	447.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1976	409.30	6.55	0.09	0.00	3.88	0.965	0.000	-11.083	7.242
1977	354.10	13.10	0.08	0.00	2.73	7.815	0.000	-4.008	6.032
1978	380.80	26.21	0.00	0.00	5.08	11.729	0.000	-7.220	11.182
1979	341.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1980	273.20	6.55	0.02	0.00	3.86	0.949	0.000	-8.539	6.645
1981	432.90	13.10	0.00	0.00	5.18	9.042	0.000	-4.962	12.006
1982	275.80	19.66	0.00	0.00	3.71	8.381	0.000	-5.403	8.005
1983	448.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.009	0.001	0.000	0.091
1984	374.50	6.55	0.11	0.00	3.80	0.868	0.000	-10.445	6.424
1985	457.20	6.55	0.00	0.00	2.03	4.519	0.000	-2.478	4.610
1986	465.70	19.66	7.10	0.00	3.57	9.356	0.004	-4.020	15.985
1987	412.00	0.00	13.89	0.00	0.00	1.455	0.014	0.000	14.555
1988	347.90	6.55	0.02	0.00	4.03	1.154	0.000	-13.932	8.528
1989	403.50	13.10	0.60	0.00	4.22	8.986	0.001	-4.589	9.774
1990	437.40	26.21	0.00	0.00	6.98	14.722	0.000	-8.363	15.646
1991	365.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1992	298.30	6.55	0.20	0.00	4.07	1.215	0.000	-14.878	8.932
1993	447.00	6.55	0.00	0.00	1.32	3.832	0.000	-1.972	2.915
1994	405.90	26.21	0.00	0.00	5.82	13.822	0.000	-7.782	12.924
1995	450.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.230	0.004	0.000	2.306
1996	437.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001	0.001	0.000	0.006
1997	370.70	13.10	0.00	0.00	5.27	8.833	0.000	-5.008	12.212
1998	344.20	13.10	0.00	0.00	1.99	5.641	0.000	-3.185	4.340
1999	336.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2000	391.50	6.55	0.00	0.00	3.82	0.952	0.000	-12.089	6.917
2001	418.50	6.55	0.00	0.00	3.35	3.838	0.000	-3.415	7.922
2002	375.40	26.21	0.01	0.00	6.50	17.223	0.000	-8.631	14.530
2003	458.40	0.00	0.01	0.00	0.00	0.191	0.003	0.000	1.908
2004	343.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2005	405.80	13.10	0.00	0.00	5.12	9.115	0.000	-4.797	11.860
2006	462.40	26.21	0.00	0.00	4.92	12.131	0.000	-7.248	10.860
2007	531.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2008	472.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2009	429.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2010	499.70	19.66	0.00	0.00	2.98	8.184	0.000	-4.804	6.515
2011	325.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2012	472.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.001
2013	315.90	13.10	0.00	0.00	3.85	8.730	0.000	-4.366	8.726
2014	350.20	19.66	0.32	0.00	3.33	8.504	0.000	-5.136	7.298
2015	370.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2016	375.90	6.55	0.00	0.00	3.65	1.112	0.000	-14.555	7.879
Ortalama	375.91	8.39	0.78	0.00	2.41	4.267	0.001	-2.090	5.800

Çizelge 4.15. Buğday-Ayçiçeği-Şeker Pancarı ekim nöbetinde Akış serisi tarım alanları için Bireysel Olay Model Sonuçları

Gün	Ay	Yıl	Yağış	Yüzey Akış	Toprak Kayıpları
			mm		kg m ⁻²
19	2	1967	9.1	0.0	0.00
1	4	1967	0.1	0.1	0.00
11	4	1967	9.0	0.0	0.00
17	4	1967	9.1	0.0	0.00
3	5	1967	0.7	0.3	0.00
11	5	1967	0.9	0.2	0.00
14	5	1967	0.8	0.3	0.00
15	5	1967	0.8	0.6	0.01
13	2	1968	8.2	0.0	0.00
30	5	1969	0.0	1.4	3.80
29	5	1970	0.0	1.4	3.79
29	6	1970	0.0	1.7	4.41
25	4	1971	8.0	0.0	0.00
15	5	1972	0.0	4.2	1.39
20	6	1973	0.0	3.3	4.00
29	4	1974	0.0	1.3	3.56
29	6	1974	0.0	1.0	2.54
31	7	1974	0.0	1.0	2.61
27	3	1976	8.8	0.0	0.00
15	5	1976	0.0	3.9	0.96
16	6	1976	0.2	0.0	0.00
23	6	1976	0.2	0.0	0.00
30	6	1976	0.2	0.0	0.00
30	5	1977	0.0	1.5	4.23
20	6	1977	0.0	1.2	3.58
31	7	1977	4.9	0.1	0.00
29	4	1978	0.0	2.1	4.14
29	5	1978	0.0	1.0	2.44
29	6	1978	0.0	1.0	2.52
31	7	1978	0.0	1.0	2.54
12	4	1980	9.7	0.0	0.00
15	5	1980	0.0	3.9	0.95
30	5	1981	0.0	2.4	4.74
20	6	1981	0.0	2.8	3.57
29	5	1982	0.0	1.7	3.33
29	6	1982	0.0	1.0	2.45
31	7	1982	0.0	1.0	2.47
19	0	1983	8.2	0.0	0.00
20	0	1983	7.7	0.0	0.00
26	0	1983	7.4	0.0	0.00
27	0	1983	8.5	0.3	0.01
22	4	1984	1.1	0.1	0.00
15	5	1984	0.0	3.8	0.87
29	1	1985	0.3	0.0	0.00
30	5	1985	0.0	2.0	4.52
1	2	1986	4.6	3.5	0.48
2	2	1986	1.9	0.9	0.05
22	2	1986	4.1	2.7	0.28
29	4	1986	0.0	1.6	4.08
29	6	1986	0.0	1.0	2.53

Çizelge 4.15. (Devam) Buğday-Ayçiçeği-Şeker Pancarı ekim nöbetinde Akış serisi tarım alanları için Bireysel Olay Model Sonuçları

Gün	Ay	Yıl	Yağış	Yüzey Akış	Toprak Kayıpları
			mm		kg m ⁻²
31	7	1986	0.0	1.0	2.55
4	6	1987	6.7	3.4	0.17
5	6	1987	6.7	3.8	0.20
8	6	1987	6.7	3.5	0.18
16	6	1987	6.7	3.5	0.19
23	6	1987	6.7	3.6	0.21
27	1	1987	8.5	0.0	0.00
28	1	1987	7.6	0.0	0.00
30	1	1987	9.0	0.2	0.01
9	2	1987	9.8	0.3	0.02
10	2	1987	8.8	0.2	0.00
11	2	1987	0.7	2.1	0.49
1	5	1988	9.0	0.0	0.00
11	5	1988	8.5	0.0	0.00
15	5	1988	0.0	4.0	1.15
16	5	1989	2.0	0.2	0.00
21	5	1989	1.5	0.1	0.00
22	5	1989	1.5	0.3	0.01
30	5	1989	0.0	1.8	4.47
20	6	1989	0.0	2.5	3.80
29	4	1990	0.0	1.7	4.24
29	5	1990	0.0	2.2	3.56
29	6	1990	0.0	2.1	3.47
31	7	1990	0.0	1.0	2.45
28	3	1992	9.1	0.0	0.00
26	4	1992	0.3	0.2	0.00
15	5	1992	0.0	4.1	1.21
30	5	1993	0.0	1.3	3.83
29	4	1994	0.0	1.6	4.04
29	5	1994	0.0	2.3	3.89
29	6	1994	0.0	1.0	2.74
31	7	1994	0.0	1.0	2.74
5	6	1995	9.6	0.0	0.00
13	6	1995	9.3	0.0	0.00
17	6	1995	0.4	0.2	0.00
27	6	1995	0.5	0.2	0.00
19	0	1995	0.7	0.1	0.00
22	0	1995	9.2	0.0	0.00
26	0	1995	0.1	0.3	0.03
27	0	1995	0.0	0.7	0.14
28	0	1995	9.1	0.5	0.06
14	2	1996	0.8	0.4	0.00
18	2	1996	0.7	0.3	0.00
22	5	1996	9.0	0.0	0.00
30	5	1997	0.0	2.3	4.57
20	6	1997	0.0	2.9	3.50
29	6	1998	0.0	1.0	2.82
31	7	1998	0.0	1.0	2.82
26	2	1999	8.3	0.0	0.00
29	2	1999	8.2	0.0	0.00

Çizelge 4.15. (Devam) Buğday-Ayçiçeği-Şeker Pancarı ekim nöbetinde Akış serisi tarım alanları için Bireysel Olay Model Sonuçları

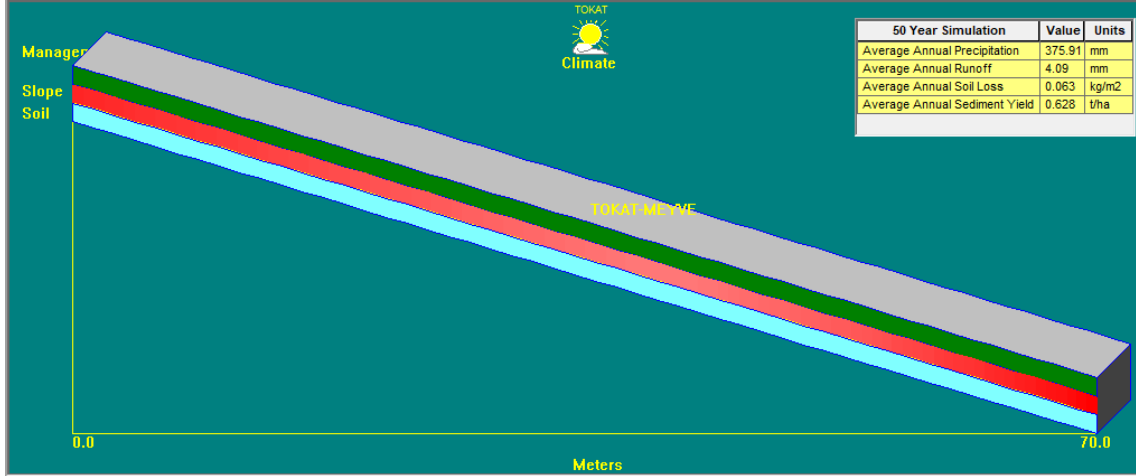
Gün	Ay	Yıl	Yağış	Yüzey Akış	Toprak Kayıpları
			mm		kg m ⁻²
15	5	2000	0.0	3.8	0.95
20	6	2001	0.0	3.3	3.84
29	4	2002	0.0	2.0	4.36
29	5	2002	0.0	1.4	3.97
29	6	2002	0.0	1.7	4.43
31	7	2002	0.0	1.4	3.93
23	1	2002	9.0	0.0	0.00
27	1	2002	9.0	0.0	0.00
24	1	2003	0.6	0.4	0.00
31	1	2003	1.6	1.5	0.10
2	2	2003	0.4	0.7	0.03
19	2	2003	0.7	0.4	0.00
20	2	2003	0.5	0.8	0.04
1	3	2003	9.6	0.1	0.00
3	3	2003	0.4	0.5	0.02
4	3	2003	9.5	0.2	0.00
9	3	2003	9.5	0.2	0.00
24	4	2003	9.6	0.1	0.00
28	4	2003	8.7	0.0	0.00
2	5	2003	7.9	0.0	0.00
4	5	2003	8.2	0.0	0.00
26	5	2003	8.0	0.0	0.00
3	5	2004	9.3	0.0	0.00
8	5	2004	0.3	0.0	0.00
17	5	2004	0.2	0.0	0.00
28	5	2004	0.0	0.0	0.00
30	5	2005	0.0	2.2	4.68
20	6	2005	0.0	2.9	3.50
29	4	2006	0.0	1.8	3.88
29	5	2006	0.0	1.1	2.79
29	6	2006	0.0	1.0	2.64
31	7	2006	0.0	1.0	2.64
10	2	2007	0.2	0.0	0.00
1	7	2007	9.2	0.0	0.00
15	7	2007	9.4	0.0	0.00
16	7	2007	8.3	0.0	0.00
29	4	2010	0.0	1.0	2.74
29	6	2010	0.0	1.0	2.72
31	7	2010	0.0	1.0	2.72
4	2	2012	0.5	0.1	0.00
30	5	2013	0.0	1.5	4.21
20	6	2013	0.0	2.4	3.80
9	1	2014	1.0	0.0	0.00
14	1	2014	1.3	0.0	0.00
23	1	2014	0.0	0.3	0.00
29	4	2014	0.0	1.3	3.44
29	6	2014	0.0	1.0	2.46
31	7	2014	0.0	1.0	2.47
15	5	2016	0.0	3.6	1.11

Çizelge 4.16. Akış serisi toprakları Buğday-Ayçiçeği-Şeker Pancarı ekim nöbetinde yıllık olay sayısı, yüzey akış ve toprak kayıpları

Yıl	Yağış		Sulama		Yüzey akış		Toprak Kayıpları				
	Olay	Miktar	Olay	Miktar	Olay	Miktar	Ortalama	Maksimum		Minimum	
								Miktar	Uzunluk	Miktar	Uzunluk
	mm						kg m ⁻²	kg m ⁻²	m	kg m ⁻²	m
1967	48	312.40	8	1.47	0	0.00	0.008	0.043	175.85	0.001	94.40
1968	63	365.60	1	0.01	0	0.00	0.000	0.000	1.85	0.000	94.40
1969	56	314.10	1	6.55	1	1.37	3.802	10.250	1.85	0.085	74.04
1970	56	314.10	2	13.10	2	3.08	8.199	22.326	1.85	0.162	74.04
1971	57	280.30	1	0.01	0	0.00	0.000	0.000	1.85	0.000	94.40
1972	50	256.90	1	6.55	1	4.24	1.391	2.585	3.70	0.077	81.40
1973	53	294.50	1	6.55	1	3.32	4.001	10.982	3.70	0.074	03.66
1974	54	316.60	3	19.66	3	3.30	9.012	23.126	3.70	0.463	75.89
1976	68	409.30	1	6.55	5	3.96	0.965	1.811	3.70	0.058	81.40
1977	52	354.10	2	13.10	3	2.80	7.815	21.285	1.85	0.156	72.19
1978	69	380.80	4	26.21	4	5.08	11.729	30.581	3.70	0.410	81.44
1980	45	273.20	1	6.55	2	3.88	0.949	1.828	3.70	0.111	79.55
1981	71	432.90	2	13.10	2	5.18	9.042	22.614	3.70	0.629	81.44
1982	50	275.80	3	19.66	3	3.71	8.381	21.612	3.70	0.312	83.30
1983	78	448.10	4	0.28	0	0.00	0.009	0.103	175.85	0.001	94.40
1984	66	374.50	1	6.55	2	3.91	0.868	1.658	3.70	0.043	81.40
1985	76	457.20	1	6.55	2	2.03	4.519	12.555	1.85	0.052	77.74
1986	75	465.70	3	19.66	6	10.68	9.356	24.343	1.85	0.547	77.74
1987	63	412.00	11	20.88	0	0.00	1.455	3.823	175.85	0.014	31.47
1988	57	347.90	1	6.55	3	4.05	1.154	2.155	3.70	0.066	81.40
1989	66	403.50	2	13.10	5	4.82	8.986	22.558	3.70	0.344	75.89
1990	82	437.40	4	26.21	4	6.98	14.722	36.513	3.70	0.051	79.59
1992	53	298.30	1	6.55	3	4.27	1.215	2.267	3.70	0.068	81.40
1993	65	447.00	1	6.55	1	1.32	3.832	10.502	1.85	0.056	72.19
1994	70	405.90	4	26.21	4	5.82	13.822	35.865	3.70	0.592	77.74
1995	75	450.70	9	2.12	0	0.00	0.230	0.936	175.85	0.004	48.13
1996	69	437.60	3	0.70	0	0.00	0.001	0.003	1.85	0.001	92.55
1997	68	370.70	2	13.10	2	5.27	8.833	22.116	3.70	0.084	83.30
1998	66	344.20	2	13.10	2	1.99	5.641	14.903	1.85	0.146	75.89
1999	62	336.60	2	0.01	0	0.00	0.000	0.000	1.85	0.000	90.70
2000	67	391.50	1	6.55	1	3.82	0.952	1.820	3.70	0.042	81.40
2001	70	418.50	1	6.55	1	3.35	3.838	10.571	3.70	0.044	07.36
2002	66	375.40	4	26.21	6	6.52	17.223	45.696	1.85	0.782	72.19
2003	71	458.40	14	4.93	0	0.00	0.191	0.743	175.85	0.003	44.42
2004	60	343.30	4	0.09	0	0.00	0.000	0.000	1.85	0.000	94.40
2005	63	405.80	2	13.10	2	5.12	9.115	22.198	3.70	1.165	79.59
2006	81	462.40	4	26.21	4	4.92	12.131	31.858	3.70	0.358	79.59
2007	88	531.00	4	0.03	0	0.00	0.000	0.000	1.85	0.000	92.55
2010	81	499.70	3	19.66	3	2.98	8.184	21.564	3.70	0.193	77.74
2012	72	472.70	1	0.10	0	0.00	0.000	0.000	1.85	0.000	92.55
2013	53	315.90	2	13.10	2	3.85	8.730	21.541	3.70	0.618	74.04
2014	56	350.20	3	19.66	6	3.65	8.504	22.019	3.70	0.132	79.59
2016	60	375.90	1	6.55	1	3.65	1.112	2.089	3.70	0.149	79.55

Akış Serisi Meyve Bahçesi Simülasyon Sonuçları

Akış serisi meyve bahçesine ait simülasyon sonucunu gösterir model bilgi ekranı Şekil 4.10 ve yıllık simülasyon sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir. Meyve bahçesi için 50 yıllık süreçte ortalama yüzey akış 4.09 mm, toprak kaybı 0.063 kg m⁻² ve sediment verimi ise 0.628 ton ha⁻¹ olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.10.).



Şekil 4.10. Akış Serisi Meyve Bahçesi için Model bilgi ekranı

Akış serisi meyve bahçesi deneme alanında WEPP Hillslope model, 1967-2016 yılları arasında 8 yıl sulama, 8 yıl yağış ve 2 yıl hem sulama ve hem de yağışa bağlı olarak toplam 18 yıl için toprak kayıpları tahmin etmiştir (Çizelge 4.19.). Sulamaya bağlı olarak meydana gelen toprak kayıpları incelendiğinde; en yüksek ve en düşük toprak kayıpları sırasıyla 2002 ve 2016 yıllarına aittir (Çizelge 4.19.). 2002 yılında oluşan toprak kaybı, temmuz ayında yapılan sulamaya bağlı olarak meydana gelmiştir (Çizelge 4.18.). 66 bireysel yağış olayı sonucunda 375.40 mm toplam yağış simüle edilmiştir. 7.44 mm yüzey akış, ortalama 0.819 kg m⁻² toprak kaybına neden olmuştur. Sulamaya bağlı olarak meydana gelen maksimum toprak kayıpları yamacın 0.70 m’inde görülmektedir. Maksimum toprak kaybı 1.160 kg m⁻² ve 70 m’de ise 0.500 kg m⁻² minimum toprak kaybı simüle edilmiştir (Çizelge 4.19.). Akış Serisi ortalama sediment verimi 8.190 ton ha⁻¹’dir (Çizelge 4.17.).

En düşük toprak kayıplarının tahmin edildiği 2016 yılında, 60 bireysel yağış olayı sonucunda 375.9 mm toplam yağış meydana gelmiştir. 10.40 mm toplam sulama suyunun 6.85 mm yüzey akışa geçmiştir. Bunun sonucunda ortalama 0.122 kg m⁻² toprak kaybı

meydana gelmiştir. Maksimum toprak kaybı 0.70 m'de 0.248 kg m⁻² ve minimum toprak kaybı ise 57.4 m'de 0.001 kg m⁻² olarak simüle edilmiştir (Çizelge 4.19.)

Akış serisi meyve bahçesinde 1967-2016 yılları arasında 8 yıl için yağışa bağlı olarak toprak kayıpları tahmin edilmiştir. En yüksek toprak kaybı 1993 ve en düşük toprak kaybı ise 1985 yıllarında görülmüştür (Çizelge 4.19.). 1993 yılının ocak ayında görülen bireysel yağış olayları sonucunda toprak kayıpları meydana gelmiştir (Çizelge 4.18.). 65 bireysel yağış olayı sonucunda 447 mm toplam yağış tahmin edilmiştir. 7.34 mm yüzey akışa bağlı olarak 0.331 kg m⁻² ortalama toprak kaybı meydana gelmiştir. Maksimum ve minimum toprak kayıpları sırasıyla 70.0 m'de 1.524 kg m⁻² ve 18.90. m'de 0.010 kg m⁻² olarak tahmin edilmiştir (Çizelge 4.19.). Yağışlara bağlı olarak meyve bahçesinde hesaplanan sediment verimi 3.305 ton ha⁻¹'dir (Çizelge 4.17.).

Yağışa bağlı olarak en düşük toprak kaybı 1985 yılında görülmüş olup, erosiv nitelikli yağışlar şubat ayında meydana gelmiştir (Çizelge 4.18.). Toplam 76 bireysel yağış olayı sonucunda 457.2 mm toplam yağış simüle edilmiştir. 1.14 mm yüzey akışa bağlı olarak 0.002 kg m⁻² toprak kaybı meydana gelmiştir. Maksimum toprak kaybı 70 m'de 0.02 kg m⁻² ve minimum toprak kaybı ise 33.6 m'de 0.001 kg m⁻²'dir (Çizelge 4.19.). Bu yıla ait sediment verimi 0.018 ton ha⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.17.).

Akış serisi meyve bahçesinde, 2 yıl olmak üzere hem sulama hem de yağışa bağlı olarak toprak kaybı meydana gelmiştir. En yüksek toprak kaybı 2006 ve en düşük toprak kaybı ise 1986 yılında meydana gelmiştir. 2006 yılının mart ve temmuz ayında yağış ve sulamaya bağlı olarak oluşan yüzey akışlar toprak kaybına yol açmıştır (Çizelge 4.18.). Araştırma süresince 81 bireysel yağış olayına bağlı olarak 462.4 mm toplam yağış simüle edilmiştir. 10.49 mm yüzey akış ortalama 0.046 kg m⁻² toprak kaybına neden olmuştur. 70. m'de 0.094 kg m⁻² maksimum ve 62.30. m'de ise 0.001 kg m⁻² minimum toprak kaybı simüle edilmiştir (Çizelge 4.19.). Söz konusu alanın ortalama sediment verimi 0.055 ton ha⁻¹'dir (Çizelge 4.17.)

Çizelge 4.17. Meyve Bahçesi Arazi kullanım türü için Akış Serisi için WEPP model yıllık tahmini yüzey akış ve toprak kayıpları

Yıl	Toplam Yağış	Toplam Sulama	Yüzey Akış			Toplam Ayırışma	İnterril Ayırışma	Toplam Birikme	Sediment Verimi
			Yağış	Kar	Sulama				
			mm						
1967	312.40	0.00	0.19	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.001
1968	365.60	10.39	0.00	0.00	7.33	0.401	0.000	0.000	4.012
1969	314.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1970	314.10	10.39	0.00	0.00	7.46	0.670	0.000	0.000	6.699
1971	280.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1972	256.90	10.39	0.00	0.00	7.35	0.536	0.000	0.000	5.359
1973	294.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1974	316.60	10.39	0.00	0.00	6.75	0.000	0.000	0.000	0.000
1975	447.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1976	409.30	10.39	0.00	0.00	6.76	0.000	0.000	0.000	0.000
1977	354.10	0.00	1.91	0.00	0.00	0.113	0.003	0.000	1.128
1978	380.80	10.39	0.00	0.00	6.77	0.000	0.000	0.000	0.000
1979	341.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1980	273.20	10.39	0.00	0.00	6.75	0.000	0.000	0.000	0.000
1981	432.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1982	275.80	10.39	0.00	0.00	6.73	0.000	0.000	0.000	0.000
1983	448.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1984	374.50	10.39	0.00	0.00	6.72	0.000	0.000	0.000	0.000
1985	457.20	0.00	1.14	0.00	0.00	0.002	0.001	0.000	0.018
1986	465.70	10.39	2.21	0.00	6.73	0.016	0.003	0.000	0.160
1987	412.00	0.00	1.23	0.00	0.00	0.094	0.006	0.000	0.943
1988	347.90	10.39	0.00	0.00	6.73	0.000	0.000	0.000	0.000
1989	403.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1990	437.40	10.39	0.00	0.00	6.75	0.000	0.000	0.000	0.000
1991	365.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1992	298.30	10.39	0.00	0.00	6.79	0.000	0.000	0.000	0.000
1993	447.00	0.00	7.34	0.00	0.00	0.331	0.010	0.000	3.305
1994	405.90	10.39	0.00	0.00	6.74	0.000	0.000	0.000	0.000
1995	450.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1996	437.60	10.39	0.00	0.00	6.82	0.000	0.000	0.000	0.000
1997	370.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
1998	344.20	10.39	0.00	0.00	6.80	0.000	0.000	0.000	0.000
1999	336.60	0.00	0.01	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2000	391.50	10.39	0.00	0.00	6.78	0.000	0.000	0.000	0.000
2001	418.50	0.00	0.16	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.002
2002	375.40	10.39	0.00	0.00	7.44	0.819	0.000	0.000	8.191
2003	458.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.007	0.005	0.000	0.073
2004	343.30	10.39	0.00	0.00	6.75	0.000	0.000	0.000	0.000
2005	405.80	0.00	3.78	0.00	0.00	0.044	0.006	0.000	0.442
2006	462.40	10.39	3.76	0.00	6.74	0.046	0.000	0.000	0.055
2007	531.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2008	472.70	10.39	0.00	0.00	6.70	0.000	0.000	0.000	0.000
2009	429.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2010	499.70	10.39	0.00	0.00	6.81	0.000	0.000	0.000	0.000
2011	325.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2012	472.70	10.39	0.00	0.00	6.73	0.000	0.000	0.000	0.000
2013	315.90	0.00	0.06	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.001
2014	350.20	10.39	0.24	0.00	6.74	0.000	0.000	0.000	0.002
2015	370.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2016	375.90	10.39	0.00	0.00	6.85	0.122	0.000	0.000	0.000
Ortalama	375.91	5.20	0.66	0.00	3.43	0.063	0.001	0.000	0.628

Çizelge 4.18. Akış serisi Meyve Bahçesi alanları için Bireysel Olay Model Sonuçları

Gün	Ay	Yıl	Yağış	Yüzey Akış	Toprak Kayıpları
			mm		kg m ⁻²
11	5	1967	0.9	0.0	0.00
14	5	1967	0.8	0.0	0.00
15	5	1967	0.8	0.2	0.00
15	7	1968	0.0	7.3	0.40
14	7	1970	0.0	7.5	0.67
15	7	1972	0.0	7.4	0.54
14	7	1974	0.0	6.8	0.00
15	7	1976	0.0	6.8	0.00
29	1	1977	3.6	1.9	0.11
14	7	1978	0.0	6.8	0.00
15	7	1980	0.0	6.8	0.00
14	7	1982	0.0	6.7	0.00
15	7	1984	0.0	6.7	0.00
6	2	1985	7.9	0.0	0.00
11	2	1985	9.5	1.0	0.00
13	2	1985	7.5	0.0	0.00
18	2	1985	8.3	0.1	0.00
1	2	1986	4.6	1.6	0.02
2	2	1986	1.9	0.3	0.00
22	2	1986	4.1	0.2	0.00
29	2	1986	4.1	0.2	0.00
14	7	1986	0.0	6.7	0.00
27	1	1987	8.5	0.1	0.00
28	1	1987	7.6	0.0	0.00
29	1	1987	7.1	0.0	0.00
30	1	1987	9.0	0.9	0.00
9	2	1987	9.8	1.0	0.00
10	2	1987	8.8	0.8	0.00
11	2	1987	0.7	2.2	0.09
15	7	1988	0.0	6.7	0.00
14	7	1990	0.0	6.7	0.00
15	7	1992	0.0	6.8	0.00
19	1	1993	1.9	0.0	0.00
20	1	1993	1.7	1.2	0.02
21	1	1993	0.8	1.2	0.02
22	1	1993	1.4	2.5	0.14
23	1	1993	0.8	2.4	0.15
14	7	1994	0.0	6.7	0.00
15	7	1996	0.0	6.8	0.00

Çizelge 4.18. (Devam) Akış serisi Meyve Bahçesi alanları için Bireysel Olay Model Sonuçları

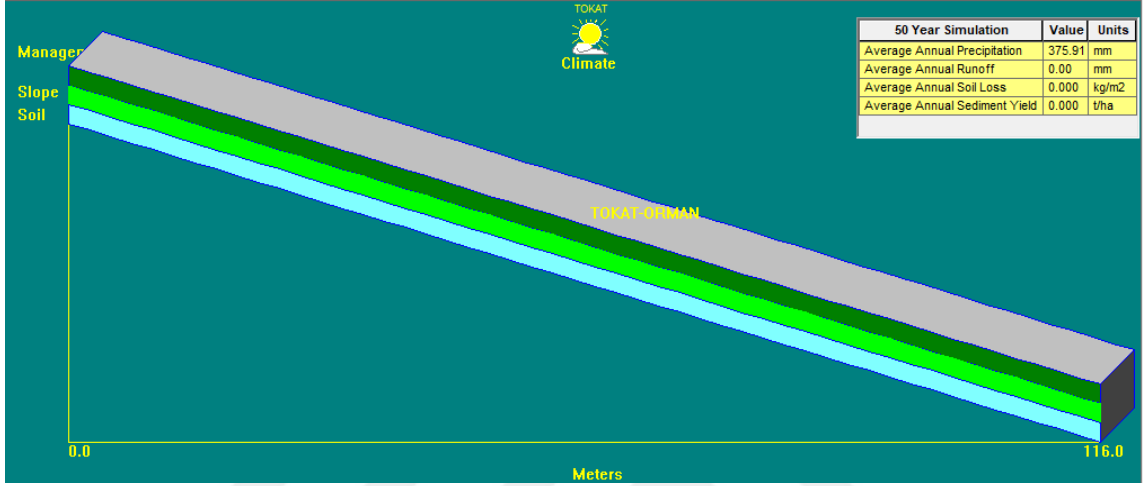
Gün	Ay	Yıl	Yağış	Yüzey Akış	Toprak Kayıpları
			mm		kg m ⁻²
14	7	1998	0.0	6.8	0.00
29	2	1999	8.2	0.0	0.00
15	7	2000	0.0	6.8	0.00
9	2	2001	9.4	0.1	0.00
18	2	2001	8.7	0.0	0.00
14	7	2002	0.0	7.4	0.82
24	1	2003	0.6	0.8	0.00
31	1	2003	1.6	1.5	0.00
2	2	2003	0.4	1.2	0.00
19	2	2003	0.7	0.8	0.00
20	2	2003	0.5	1.3	0.00
1	3	2003	9.6	0.2	0.00
3	3	2003	0.4	1.0	0.00
4	3	2003	9.5	0.3	0.00
9	3	2003	9.5	0.3	0.00
24	4	2003	9.6	0.1	0.00
28	4	2003	8.7	0.0	0.00
4	5	2003	8.2	0.0	0.00
15	7	2004	0.0	6.7	0.00
11	1	2005	8.7	0.1	0.00
14	1	2005	9.8	1.4	0.04
21	1	2005	9.0	0.2	0.00
22	1	2005	8.1	0.7	0.00
28	1	2005	0.3	1.2	0.00
2	2	2005	8.4	0.0	0.00
14	2	2005	8.3	0.1	0.00
18	2	2005	8.1	0.1	0.00
1	3	2006	0.0	3.8	0.05
14	7	2006	0.0	6.7	0.00
15	7	2008	0.0	6.7	0.00
14	7	2010	0.0	6.8	0.00
15	7	2012	0.0	6.7	0.00
3	2	2013	0.8	0.1	0.00
6	1	2014	0.6	0.0	0.00
9	1	2014	1.0	0.1	0.00
14	1	2014	1.3	0.0	0.00
23	1	2014	0.0	0.1	0.00
14	7	2014	0.0	6.7	0.00
15	7	2016	0.0	6.9	0.12

Çizelge 4.19. Akış Serisi toprakları Meyve Bahçesi Arazi Kullanım Türünde yıllık olay sayısı, yüzey akış ve toprak kayıpları

Yıl	Yağış		Sulama		Yüzey akış		Toprak Kayıpları				
	Olay	Miktar	Olay	Miktar	Olay	Miktar	Ortalama	Maksimum		Minimum	
								Miktar	Uzunluk	Miktar	Uzunluk
	mm						kg m ⁻²	kg m ⁻²	m	kg m ⁻²	m
1967	48	312.40	3	0.19	0	0.00	0.000	0.000	35.00	0.000	35.00
1968	63	365.60	1	10.40	1	7.33	0.401	0.623	0.70	0.195	70.00
1970	56	314.10	1	10.40	1	7.46	0.670	0.969	0.70	0.392	70.00
1972	50	256.90	1	10.40	1	7.35	0.536	0.804	0.70	0.288	70.00
1974	54	316.60	1	10.40	1	6.75	-----	-----	-----	-----	-----
1976	68	409.30	2	10.40	1	6.76	-----	-----	-----	-----	-----
1977	52	354.10	2	0.00	1	1.91	0.113	0.511	70.00	0.003	21.00
1978	69	380.80	1	10.40	1	6.77	-----	-----	-----	-----	-----
1980	45	273.20	2	10.40	1	6.75	-----	-----	-----	-----	-----
1982	50	275.80	3	10.40	1	6.73	-----	-----	-----	-----	-----
1984	66	374.50	4	10.40	1	6.72	-----	-----	-----	-----	-----
1985	76	457.20	4	0.00	4	1.14	0.002	0.020	70.00	0.001	33.60
1986	75	465.70	1	10.40	5	8.94	0.016	0.110	70.00	0.003	25.90
1987	63	412.00	7	4.95	0	0.00	0.094	0.471	70.00	0.006	21.00
1988	57	347.90	1	10.40	1	6.73	-----	-----	-----	-----	-----
1990	82	437.40	2	10.40	1	6.75	-----	-----	-----	-----	-----
1992	53	298.30	3	10.40	1	6.79	-----	-----	-----	-----	-----
1993	65	447.00	3	0.00	5	7.34	0.331	1.524	70.00	0.010	18.90
1994	70	405.90	1	10.40	1	6.74	-----	-----	-----	-----	-----
1996	69	437.60	2	10.40	1	6.82	-----	-----	-----	-----	-----
1998	66	344.20	3	10.40	1	6.80	-----	-----	-----	-----	-----
1999	62	336.60	3	0.00	1	0.01	0.000	0.000	34.30	0.000	35.00
2000	67	391.50	1	10.40	1	6.78	-----	-----	-----	-----	-----
2001	70	418.50	1	0.00	2	0.16	0.000	0.000	35.00	0.000	35.00
2002	66	375.40	1	10.40	1	7.44	0.819	1.160	0.70	0.500	70.00
2003	71	458.40	12	7.50	0	0.00	0.007	0.048	70.00	0.005	30.10
2004	60	343.30	1	10.40	1	6.75	-----	-----	-----	-----	-----
2005	63	405.80	1	0.00	8	3.78	0.044	0.332	70.00	0.006	26.60
2006	81	462.40	1	10.40	2	10.49	0.046	0.094	70.00	0.001	62.30
2008	72	472.70	1	10.40	1	6.70	-----	-----	-----	-----	-----
2010	81	499.70	2	10.40	1	6.81	-----	-----	-----	-----	-----
2012	72	472.70	3	10.40	1	6.73	-----	-----	-----	-----	-----
2013	53	315.90	3	0.00	1	0.06	0.000	0.000	35.00	0.000	35.00
2014	56	350.20	1	10.40	5	6.98	0.000	0.000	35.00	0.000	35.00
2016	60	375.90	1	10.40	1	6.85	0.122	0.248	0.70	0.001	57.40

Akış Serisi Orman Arazisi Simülasyon Sonuçları

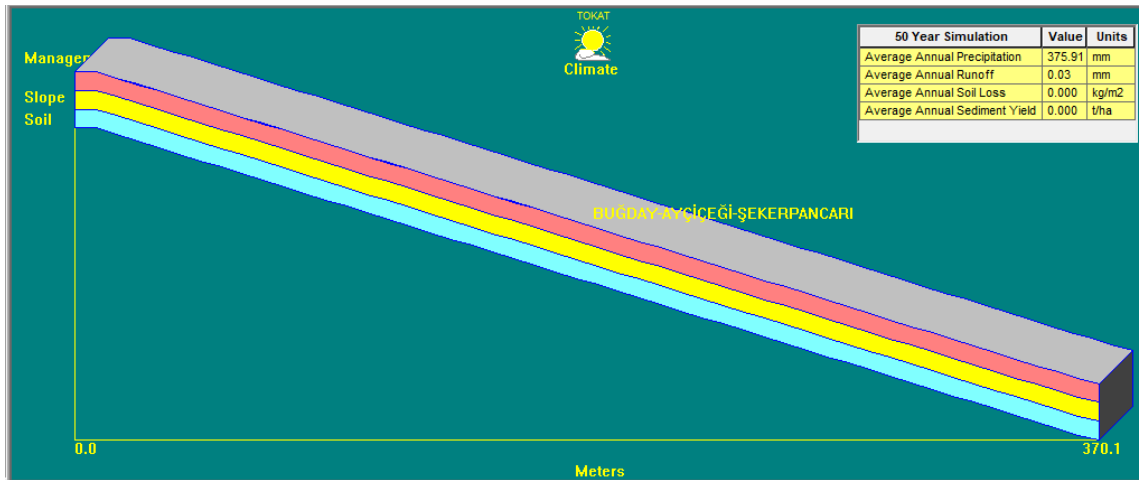
Akış serisinde bulunan ormanlık alanda yapılan 50 yıllık dönem için WEPP model simülasyon sonucuna göre yüzey akış ve toprak kayıpları meydana gelmemiştir. Uzun yıllar simülasyon sonucunu yansıtan model bilgi ekranı Şekil 4.11’de verilmiştir.



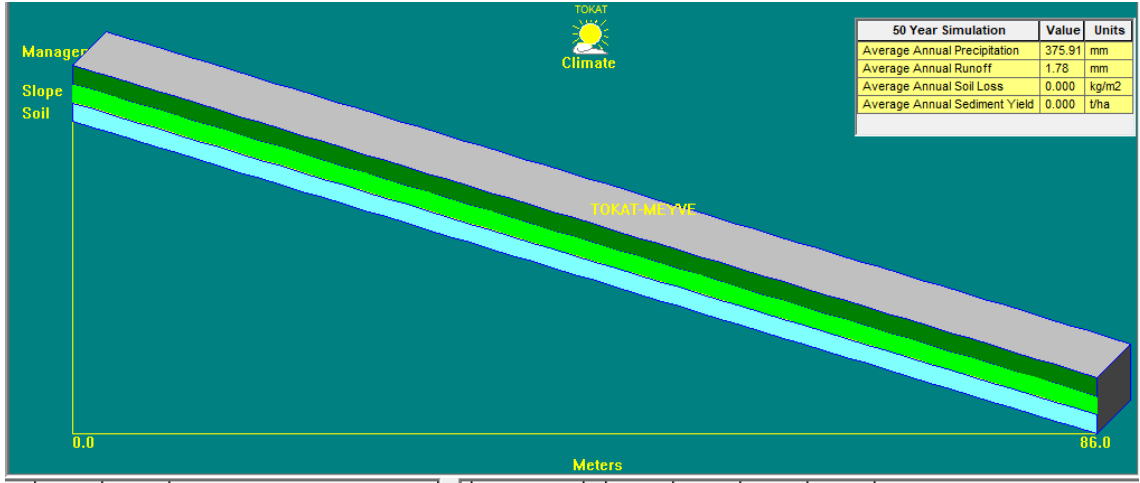
Şekil 4.11. Akış Serisi Orman Arazi Kullanım Türü İçin Model bilgi ekranı

4.2.4. Yeşilirmak Serisi toprakları yüzey akış ve toprak kayıpları

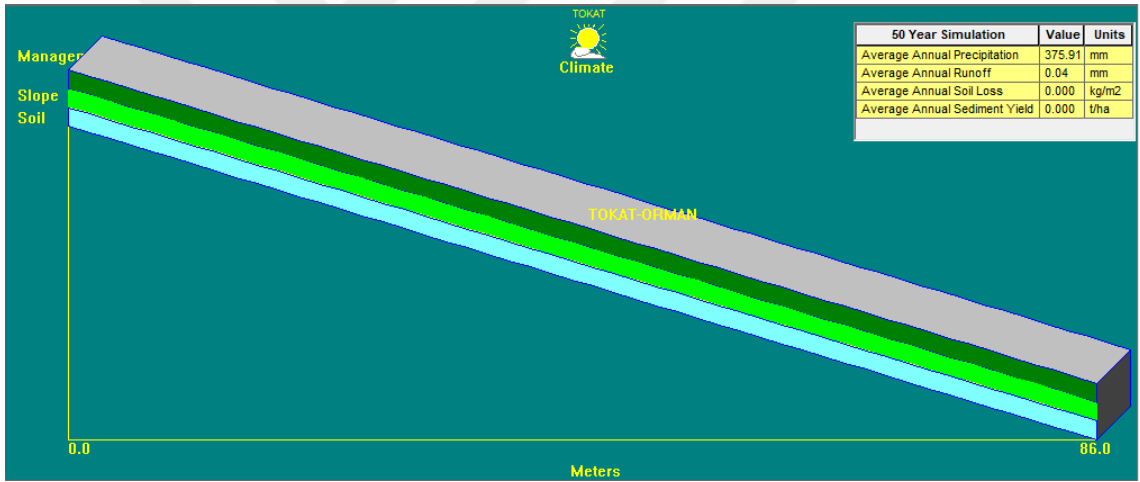
Yeşilirmak serisi tarım alanına ait model bilgi ekranı Şekil 4.12, Şekil 4.13 ve Şekil 4.14’de gösterilmiştir. Çok küçük miktarda yüzey akış tahmin edilmiş olup, toprak kayıpları ve sediment verimi tahmin edilmemiştir.



Şekil 4.12. Yeşilirmak Serisi tarım alanları (buğday-şekerpancarı) için Model bilgi ekranı



Şekil 4.13. Yeşilirmak Serisi tarım alanları (Meyve Bahçesi) için Model bilgi ekranı



Şekil 4.14. Yeşilirmak Serisi tarım alanları (Yonca) için Model bilgi ekranı

4.3. Orta Karadeniz Geçit Kuşağı Araştırma Enstitüsü Farklı Toprak Serilerinin Yüzey Akış ve Toprak Kayıplarının Karşılaştırılması

Orta Karadeniz Geçit Kuşağı Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü işletme arazisinde yayılım gösteren 4 adet toprak serisine ait WEPP model yardımıyla hesaplanan uzun yıllar ortalama toprak kaybı ve yüzey akış verileri karşılaştırmalı olarak Çizelge 4.20'de verilmiştir. İşletme arazisinde yukarı arazi konumunda bulunan Elmalı ve Akış toprak serileri yakın eğim ve benzer toprak derinliğine sahiptir. Etek arazi konumunda bulunan Deneme serisi eğimi %4-6 arasında değişmektedir. Taban arazi konumundaki Yeşilirmak

serisi ise oldukça düz eğimdedir. Enstitü arazisinin lokal ormanlık alanlar hariç tutulacak olursa tamamının derinliği 150 cm'den daha fazladır.

Enstitü arazisi eğimli koluvyal ve taban yapıda alüvyal arazi oluşları nedeniyle izin verilebilir toprak kayıpları sırasıyla 10 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ ve 12.5 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ arasındadır (Sönmez, 1994). Bu değerlendirmeye göre işletme arazisinde var olan toprak kayıpları her toprak serisi için ve farklı arazi kullanım türleri için kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte alınabilecek basit önlemlerle işletme arazisinin toprak derinliği devam edegelen toprak oluşum süreçleriyle geliştirilebilir ve gelecekte mevcut toprak derinliği daha da artırılabilir.

Derinlik ve eğim olarak benzerlik gösteren Elmalı ve Akış serileri sahip oldukları toprak özelliklerinin etkisiyle farklı yüzey akış ve toprak kayıpları değerlerine sahip olmuşlardır. Akış toprak serisi Elmalı toprak serisine göre çok daha fazla erozyona maruzdur. Bu durumun işletme planlamasında dikkate alınmalıdır.

Deneme serisi toprakları % 4-6 eğime sahip oluşları nedeniyle makul düzeyde ve tolere edilebilir toprak kayıpları göstermiştir.

Yeşilirmak serisi toprakları oldukça düz ve taban arazi fizyografik ünitesi nedeniyle güncel erozyon sorunu dikkate değer bulunmamıştır.

En fazla toprak kayıpları tarım arazilerinde görülürken meyve tarımı yapılan alanlarda genel olarak toprak kayıpları tarım alanlarına göre yaklaşık %11-19 arası azalmış olduğu görülmektedir. Erozyona daha dirençli olan Elmalı serisi topraklarında meyve tarımı yapılması durumunda toprak kayıpları oluşmamıştır.

Orman alanları bulunan Elmalı ve Akış toprak serileri orman vejetasyonun koruyucu etkisiyle toprak ve su korunumu sağlayan alanlar olmuşlardır.

Enstitü arazisi yarı kurak ve düşük enerjili yağışlara maruz bir alanda bulunmaktadır. Bu nedenle oluşan toprak kayıplarının önemli kısmı yağışlardan ziyade karık sulama kaynaklıdır. İşletme arazisinde karık sulamanın güncel durumda terkedilmiş olması ve damla sulamanın yaygınlaşmaya başlaması mevcut erozyon sorunlarını olumlu yönde azaltacaktır.

Çizelge 4.20 ve Şekil 4.15'te görüldüğü üzere, enstitü arazisinin 20 cm kalınlıktaki üst toprak katmanını yitirmesi için gerekli süre hesaplanmıştır. Buna göre Elmalı serisinde tarım yapılması durumunda 802 yıllık bir süreç gerekmektedir. Bu süre dahi sürdürülebilir bulunmuş olup toprak oluş süreçleri altında mevcut toprak kayıpları için izin verilebilecek sınırlar içerisindeydir. Bununla birlikte işlemeli tarımsal faaliyetlerde gerekli özenin gösterilmesi ile sonsuz fayda elde edilebilecektir. Meyve ve orman alanlarında sonsuz süre hesaplanmıştır

Akış toprak serisinde mevcut haliyle tarım yapılması durumunda 466 yıl içerisinde yüzey 20 cm toprağını kaybedeceği hesaplanmıştır. Akış serisi meyve bahçeleri için bu süre 4299 yıldır. Orman arazi kullanımında erozyon bakımından sonsuz kullanım imkanı bulunmaktadır.

Deneme serisi topraklarının mevcut tarımsal pratiklerle tarımsal amaçla kullanılması durumunda 1485 yıl, meyve yetiştiriciliği kullanımı durumunda ise 7803 yılda ilk 20 cm derinliğini kaybedecektir.

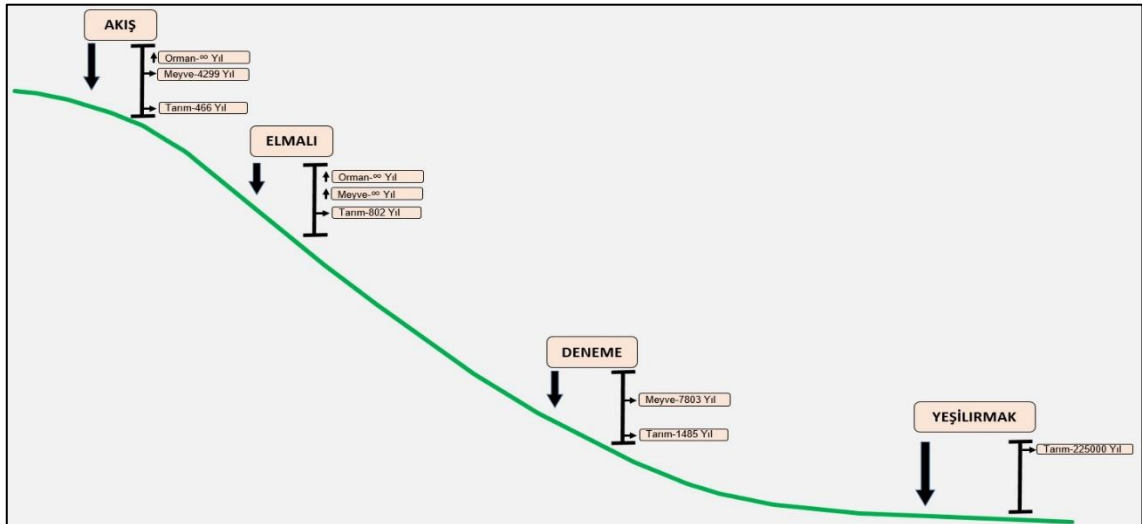
Yeşilirmak serisi topraklarının ilk 20 cm derinliğini kaybetmesi için 225000 yıl gerekmektedir.

Çizelge 4.20. Farklı toprak serilerinin yüzey akış, toprak kaybı ve 20 cm kalınlıkta toprağın yitirilmesi için gerekli zaman

Toprak Serisi	Eğim %	Toprak Kalınlığı cm	Arazi Kullanım Türü						Zaman (yıl)		
			Tarım		Meyve Bahçesi		Orman		Tarım	Meyve	Orman
			YA mm	TK ton ha ⁻¹	YA mm	TK ton ha ⁻¹	YA mm	TK ton ha ⁻¹			
Elmalı	10-12	+ 150	3.56	3.367	0.00	0.000	0.00	0.000	802	∞	∞
Akış	10-12		3.19	5.797	4.09	0.628	0.00	0.000	466	4299	∞
Deneme	4-6		2.99	1.818	15.04	0.346	-	-	1485	7803	-
Yeşilirmak	0-2		0.80	0.012	-	-	-	-	225000	-	-

* YA:Yüzey Akış, mm; TK: Toprak Kaybı, ton ha⁻¹

**Zaman: 20 cm derinliğinde toprak kaybının meydana gelmesi için gerekli süre,yıl



Şekil 4.15. Farklı fizyografyadaki serilerin üst 20 cm derinliğini kaybetmesi için hesaplanan süre

5. SONUÇ

Kurak ve yarı kurak iklime sahip Tokat ilinde yapılmış olan bu tez çalışması iki aşamada yürütülmüştür. İlk olarak, Tokat meteoroloji istasyonuna ait 50 yıllık günlük yağış verileri CLIGEN iklim modeli ile simüle edilmiş ve Tokat ili için bir yağış verisi oluşturulmuştur. İkinci aşamada ise; WEPP Hillslope model kullanarak sediment verimi üzerine farklı arazi kullanımının etkisi değerlendirilmiş ve bunun sonucunda meydana gelen toprak kayıpları belirlenmiştir.

CLIGEN iklim modeli ile simüle edilen yağışlar, gözlenen verilerin hafif altında tahmin edilmiştir. CLIGEN iklim modelinin hem yıllık ortalama hem de aylık ortalama değerleri gözlenen verilere yakındır. Kurak ve yarı kurak iklim şartlarında modelin yağışları tahmin etmedeki başarısı yüksektir. Bu durum iklim modelleri için çok önemlidir. Çünkü iklim modelleri, ekstrem yağışları simüle etmede çok başarılı değildir ve bunun sonucunda yağışlarda gözlenen değişkenliği artırmaktadır. Bu modeller, şiddeti küçük yağışları da tahmin etmede başarılı değildir. Yine bu duruma bağlı olarak yıllık yağış miktarını yüksek tahmin etmektedir. Demir (2016) aynı çalışma alanında benzer sonuçlar bulması, CLIGEN iklim modelinin Tokat ili için uygun bir model olduğunu ifade etmektedir. Her iki çalışmanın sonuçları, gelecekte kurak ve yarı kurak iklime sahip bölgelerde yapılacak çalışmalara referans olacak niteliktedir.

Dört farklı seriden üç farklı arazi kullanımını altındaki toprakların aşınma ve sediment birikimi WEPP Hillslope model ile tahmin edilmiştir. Çalışma alanında yayılım gösteren toprak serileri eğim, eğim uzunluğu, amenajman ve toprak özelliklerindeki farklılıklar nedeniyle toprak ve yüzey akış kayıplarından farklı düzeylerde etkilenmektedirler. Simülasyon sonuçları incelendiğinde; toprak kayıpları ve sediment verimi üzerine hem arazinin eğimi hem de karık sulamanın çok etkili olduğu görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlar, özellikle toprak su koruma açısından çok önemlidir. Çalışmada seçilen ürünler, ülkemizde en fazla yetiştirilen ürünlerdir. Ayrıca, işletme arazisinin geçmişinde karık ile sulamada çok yaygın bir şekilde kullanılmıştır.

WEPP Hillslope modelin toprak kayıplarını tahmin ederken kullandığı su bütçesi çok sayıda ve farklı parametrelerin bir araya gelmesinden oluşmaktadır. Özellikle kurak bölgelerde ıslak gün sayısı oldukça az olmaktadır. Bundan dolayı girilen sulama sayısı modelin su bütçesini çok yakından etkilemektedir. Yine, WEPP model gibi eğimli

arazilerde toprak kaybı simülasyonu yapan modellerde su girişi yamacın en tepesinden ve 1 Ekim tarihinde başlamaktadır. Bu bölgede suyun şiddeti çok yüksektir ve söz konusu tarihte sonbahar yağmurları ile toprak suya doygun hale gelmiştir. Bundan dolayı sulamanın etkisi daha da fazla olmaktadır. Yine karıkların büyüklüğü ve aralığı da toprak kayıplarını etkilemektedir.

Yağışlar ve sulamaya bağlı olarak meydana gelen toprak kayıpları incelendiğinde, sulamaya bağlı olarak toprak kayıplarının yamacın tepe noktasına yani sulamanın başladığı noktaya çok yakın olduğu görülmüştür. Bu durum, sulamanın başladığı yerde suyun şiddetinin fazla olduğunu ve bu nedenle toprağı daha kolay bir şekilde ayrıştırdığını ifade etmektedir. Yağışa bağlı toprak kaybı ise profilin taban noktalarına doğru olmaktadır. Yamaç aşağı suyun taşınmasına ve toprağın iyice suya doygun hale geldiği yerler yamacın aşağılarıdır. Bu sebepten dolayı bu bölgelerde yağışa bağlı toprak kayıpları fazla olmaktadır. Çalışmada elde edilen bu bilgiler modelin kalibrasyonunun daha güvenilir bir şekilde yapılması, modelin bölgenin iklim koşullarına daha uygun hale getirilmesine katkı sağlayarak gelecekte yapılacak erozyon modelleri ile ilgili çalışmalarda ışık tutacak niteliktedir.

Ülkemizde gelecekte farklı amenajman uygulamaları, ürün çeşidi ve toprak özelliklerine sahip arazilerde WEPP Hillslope model ile toprak kayıpları ve sediment verimini tahmin eden çalışmaların yaygın bir şekilde yapılması ve veri bankasının oluşturulması toprak ve su koruma planlamaları açısından çok önemlidir. Ülke topraklarının büyük bir kısmının kurak ve yarı kurak iklime sahip bölgelerde olduğu düşünülürse, projeksiyon çalışmalarının önemi daha da artmaktadır.

Tez çalışmasından elde edilen sonuçlar, özellikle çiftçilerimizi çok yakından ilgilendirmektedir. Çünkü çalışmada materyal olan toprak serileri Kazova Büyük Ova'sını temsil eder niteliktedir. Bu durum çalışmanın etkisini yaygınlaştıracığına inanılmaktadır.

Tarım ile uğraşan insanların bilinçlendirilmesi, küresel ısınmadan oldukça etkilenen ülke toprakları için önem arz etmektedir. Gerekli toprak ve su koruma önlemlerinin alınabilmesi için, bu çalışmaların havza içerisinde çok sayıda aynı ve farklı özelliklere sahip yamaç araziler üzerinde yapılması gerekmektedir. Bu şekilde modelin hangi parametreye karşı duyarlı olduğu daha doğru bir şekilde tahmin edilebilir.

6. KAYNAKLAR

- Aarstad, J.S., Miller, D.E. 1981. Effect of small amounts of residue on furrow erosion. *Soil sci. Soc. Am. J.* 45:116-118.
- Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S., Williams, J.R. 1998. Large area hydrologic modeling and assessment part I: model development 1, *J. Am. Water Resour. Assoc.*, 34: 1, 73-89.
- Baffaut, C. Et Al., 1997. The Wepp Watershed Model: Ii. Sensitivity Analysis And Discretization On Small Watersheds. *Transactions Of The Asae*, 40(4), Pp.935–943.
- Blanco, H. and Lal, R. 2008. Principles of soil conservation and management. New York: Springer science & Business Media B.V.
- Botha, J.J., van Rensburg, L.D., Anderson, J.J., Hensley, M., Macheli, M.S., van Staden, P.P., Kundhlande, G., Groenewald, D.G., Baiphethi, M.N., 2003. Water conservation techniques on small plots in semi-arid areas to enhance rainfall use efficiency, food security, and sustainable crop production. WRC Report No. 1176/1/03. Water Research Commission, South Africa.
- Bouyocous, G.J., 1951. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soil. *Argon. Jour*, 43:434-438
- CAMPBELL, 1999. Soil Quality: Effect of Tillage and Fallow Frequency. *Soil Organic Matter Quality as Influenced by Tillage and Fallow* 438
- Brown, M. J. 1985b. Within furrow erosion and deposition of sediment and phosphorous. p. 113-118. In S.A. El-Swaity et al. *Soil erosion and conservation*. Soil conserv. Soc. Am. Ankeny, IA.
- Bullock, M.S., Kemper, W.D and Nelson, S.D. 1988. Soil cohesion as affected by freezing, water content, time and tillage. *Soil sci. Soc. Am. J.* 52:770-776.
- Demir, S. 2016. WEPP Hillslope modeli ile yüzey akış ve toprak kayıplarının belirlenmesi. TOGU Üni. Fen bilimleri enstitüsü. Doktora tezi.
- De Roo, A. P.J., Jetten, V. G., Favis-Mortlock, D. 1999. Calibrating and validating the LISEM model for two data sets from the Netherlands and South Africa. *Catena*, 37(3-4), 477-493.
- Eduardo A. Holzapfel^{1*}, Carlos Leiva¹, Miguel A. Mariño², Jerónimo Paredes¹, José L. Arumí¹, and Max Billib³. 2010. Furrow Irrigation Management And Design Criteria Using Efficiency Parameters And Simulation Models. *Chilean Journal Of Agricultural Research* 70(2):287-296
- Ekwue, E.I., 1990. Organic-matter effects on soil strength properties. *Soil and Tillage Research* Volume 16, Issue 3, Pages 289-297.
- EL-Swaify S. A., 1994. State-of-the-art for assessing soil and water conservation needs. *Soil and Water Conservation Society*. 13-27.
- Evans, J. R., and D. L. Olson. 2002. *Introduction to Simulation and Risk Analysis*, 2nd ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.
- Filho, J.T., Melo, T.R., Machado W., Maciel, B.W. 2010. Structural changes and degradation of Red Latosols under different management systems for 20 years. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* vol.38 no.4. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000400025>
- Foster, G.R. (1988), Modeling soil erosion and sediment yield. In: Lal, R. (ed.), *Soil erosion research methods*, 97–117. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa.

- Ghidey, F. and Alberts, E.E. 1996. Comparison of measured and WEPP predicted runoff and soil loss for midwest claypan soil. *Trans. ASAE* 39(4):1395-1402.
- Gronsten, H.A., Lundekvam, H., 2006. Prediction of surface runoff and soil loss in southeastern Norway using the WEPP Hillslope Model. *Soil Till. Res.* 85 (1–2), 186–199.
- Holzapfel, E.A., y J.L. Arumi (eds.) 2010. *Tecnología de manejo de aguas para una agricultura intensiva sustentable*. 209 p. Editorial Universidad de Concepción, Concepción, Chile (In press).
- Houghton BF, Hackett WR (1984) Strombolian and phreatomagmatic deposits of Ohakune Craters, Ruapehu, New Zealand: A complex interaction between external water and rising basaltic magma. *J Volcanol Geotherm Res* 21:207–231
- Kemper, W.D., Rosenau, R.C. 1984. Soil cohesion as affected by time and water content. *Soil sci. Soc. Am. J.* 48:1001-1006.
- Kemper, W.D., Rosenau, R.C., Nelson, S. 1985a. Gas displacement and aggregate stability of soils. *Soil sci. Soc. Am. J.* 49:25-28.
- Kemper, W.D., Trout, T.J., Brown, M.J., Rosenau, R. C. 1985b. Furrow erosion and water and soil management. *Trans.asae* 28:1564-1572.
- Klik, A. & Eitzinger, J., 2010. Impact Of Climate Change On Soil Erosion And The Efficiency Of Soil Conservation Practices In Austria. *Journal Of Agricultural Science* (2010), 148, Pp.529–541.
- Lal, R.: 1990, 'Soil erosion and land degradation: The global risks', in R Lal and B.A. Stewart (eds.), *Soil Degradation*, New York, Springer-Verlag, pp. 129–172.
- Leh, M., Bajwa, S., Chaubey, I., 2011. Impact of land use change on erosion risk: An integrated remote sensing, geographic information system and modeling methodology. In *land degradation & development*. Doi:10.1002/ldr.1137.
- Liu, B.Y., Nearing, M.A., Baffaut, C., Ascough II, J.C., 1997. The WEPP watershed model: III. Comparisons to measured data from small watersheds. *Trans. ASAE* 40 (4), 945–951.
- Maalim, F.K., Melesse, A.M., Belmont, P., Gran, K.B., 2013. Modeling The Impact Of Land Use Changes On Runoff and Sediment yield in the Le Sueur watershed, Minnesota using GeoWEPP. *Catena* 107, 35-45. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2013.03.004>
- Mc Cullough, M.C, Eisenhauer, D.E and Dosskey, M.G. 2008. Modelling runoff and sediment yield from a terraced watershed using WEPP. In *Proceedings of ASABE mid-Central Meeting, Lincoln, Nebraska, April 4-5, 2008*. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Metternicht, G. I. 1996. Detecting and monitoring land degradation features and processes in the Cochabamba valleys, Bolivia: a synergistic approach. pp.415 pp. ISBN : 9061641187
- Morgan, R.P.C. 2005. *Soil erosion and conservation: Third edition*. Victoria: Blackwell Publishing.
- Nelson, D.W., Sommers, L.F., 1982. *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, Page, A.L., Miller, R.H. Keeney, D.R. (ed) 2nd edition. S.S.S. of America Inc. Publisher, Madison, Wisconsin.
- Oğuz, İ. 1993. *Köy Hizmetleri Tokat Araştırma Enstitüsü arazisinin toprak etüd, haritalanması ve sınıflandırılması (Yüksek Lisans Tezi)*. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat

- Pacheco, F.a.L., Varandas, S.G.P., Sanches Fernandes, L.F. and Valle, R.F. 2014. Soil losses in rural watersheds with enviromental land use conflicts. *The science of the total environment*, 485-486, 110-20. Doi:10.1016/j.scitontenv.2014.03.069.
- Pandey, A., Chowdary, V.M., Mal, B.C., 2007. Identification of critical erosion prone areas in the small agricultural watershed using USLE, GIS and Remote Sensing. *Water Resour Manage.* 21(4), 729–746
- Parsons, A.J and Stone, P.M. 2006. Effects of intra-storm variations in rainfall intensity on interill runoff and erosion. *Catena* 67 (1) : 68-78. DOI: 10.1016/j.catena.2006.03.002
- Reyes, M.R, Raczkowski, C.W, Gayle, G.A and Reddy, G.B. 2003. Comparing the soil loss predictions of GLEAMS, RUSLE, EPIC and WEPP. *Trans. ASAE* 47(2):489-493.
- Richards, L.A., 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils*, U.S.D.A. Handbook, No: 60.
- Rose, C.W.1993. *Erosion & Sedimentation in Hydrology and water management in the humid tropics*. Ed. By M Bonnel. MW Hufschmidt and JS Gladwell. Cambridge University Press.
- Romkans, M. JM., Roth, C.B. and W.D. Nelson, 1977. Erodibility of Selected Olay Subsoils. In *Relation to Physical and Chemical Properties*. *Soil Sci., Soc. Amer. J.*, 40, 805-806.
- Schosser, B., Helming, K. And Wiggering, H. 2010. Assessing land use change impacts a comparison of the SENSOR land use function approach with other frameworks. *Journal of land use science*, 5(2), 159-178. Doi:10/1007/s10661-010-1423-6.
- Sharma, V., Tiwari, K.N. and Bhadoria, P.B.S. 2011. Effect of land use land cover change on soil erosion potential in an agricultural watershed. *Environmental monitoring and assessment*, 173, 789-801. Doi:10.1007/s10661-010-1423-6.
- Singh, R.K., Panda, R.K., Satapathy, K.K., Ngachan, S.V., 2011. Simulation of runoff and sediment yield from a hilly watershed in the eastern Himalaya, India using the WEPP model. *J. Hydrol.* 405 (3), 261–276.
- Shirazi, M.A and Boersma, L. 1984. A unifying quantitative analysis of texture. *Soil science society of america journal*, 48, 142-147.
- Shen, Z. Et Al., 2010. Analysis And Modeling Of Soil Conservation Measures In The Three Gorges Reservoir Area In China. *Catena*, 81(2), Pp.104–112. Available At: [Http://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Catena.2010.01.009](http://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Catena.2010.01.009).
- Sönmez, K., 1994. *Toprak Koruma*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:169, Erzurum)
- Tiwari, A.K., Risse, L.M. & Nearing, M.A., 2000. Evaluation Of Wepp And Its Comparison With Usle And Rusle. *Transactions Of The Asae*, 43(5), Pp.1129–1135.
- Valentin, C., 2004. Overland flow, erosion and associated sediment and biogeochemical transports. In: Kabat, P., Claussen, M., Dirmeyer, P.A., Gash, J.H.C., Bravo de Guenni, L., Meybeck, M., Pielke Sr, R.A., Vo" ro" smarty, C.J., Hutjes, R.W.A., Lu"tkemeier, S. (Eds.), *Vegetation, Water, Humans and the Climate. A New Perspective on an Interactive System*. Springer Verlag, Berlin, pp. 317 – 322. *Global Change—The IGBP Series*.
- Verburg, P.H., Schot, P.P., Dijst, M.J., Veldkamp, A. 2004. Land use change modelling: current practice and researc priorities. *geoJournal* 61, 309-324.

- Wachal, D.J, Harmel, R.D, Banks, K.E, Hudak, P.F. 2008. Evaluation of WEPP for runoff and sediment yield prediction on natural gas well sites. *Trans. ASBE* 51(6):1977-1986.
- Walling, D.E. 2009. The impact of Global Change on erosion and sediment transport by rivers: Current progress and future challenges. The united nations world water assessment program.
- Wilks, D.S., 1999. Interannual variability and extreme-value characteristics of several stochastic daily precipitation models. *Agric. For. Meteorol.* 93, 153–169.
- Wischmeier, W.H., Mannering, J.V. 1969. Relation of Soil Properties to its Erodibility. *SOIL SCI. SOC. AMER. PROC.*, VOL. 33.
- Wischmeier, W. H. ; Smith, D. D. 1978. Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. Science and Education Administration. pp.62 pp. ref.67
- Zhang, Q.,Singh, V.P;Li, J,Chen, X. 2011. Analysis of the periods of maximum consecutive wet days in China. *Journal of Geophysical Research. Atmospheres; Washington* Vol. 116, Iss. 23
- Zhang, X.C. Et Al., 1996. Evaluation Of Wepp Runoff And Soil Loss Predictions Using Natural Runoff Plot Data. *Transactions Of The Asae*, 39(3), Pp.855–863.

7. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Erhan ÖZER
Doğum Tarihi ve Yeri : 30.08.1977 / Niksar
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
Telefon : 0505 7830888
e-posta : leguminosea@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Ön Lisans	Atatürk Üniversitesi Hınıs MYO. Gıda Teknolojisi	2003
Lisans	Tokat Gaziosmanpaşa Üni. Ziraat Fak. Gıda Müh.	2008
Yüksek Lisans	Tokat Gaziosmanpaşa Üni. Fen Bilimleri Enst. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme ABD.	2019

İş Deneyimi

Yılı	Yer	Görev
1996	Erzurum Hınıs İlçe Tarım Müd.	Teknisyen
2004	Yozgat İl Tarım Müd.	Tekniker
2006	Tokat Orta Karadeniz Geçit Kuşağı Tar. Arş Enst.	Mühendis