



**FARKLI İKLİM KOŞULLARI VE ARAZİ
KULLANIMLARINDA, ORGANİK KARBON VE
FRAKSİYONLARINDAKİ DEĞİŞİMİN CENTURY
MODELİ KULLANILARAK MODELLENMESİ**

AHMET TURAN BOZPOLAT

**DOKTORA TEZİ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI
Prof. Dr. RASİM KOÇYİĞİT
Ocak-2020
Her hakkı saklıdır.**

T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

FARKLI İKLİM KOŞULLARI VE ARAZİ KULLANIMLARINDA,
ORGANİK KARBON VE FRAKSİYONLARINDAKİ DEĞİŞİMİN
CENTURY MODELİ KULLANILARAK MODELLENMESİ

Ahmet Turan BOZPOLAT

TOKAT
Ocak- 2020

Her hakkı saklıdır

Prof.Dr. Rasim KOÇYİĞİT danışmanlığında, Ahmet Turan BOZPOLAT tarafından hazırlanan bu çalışma 06/01/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

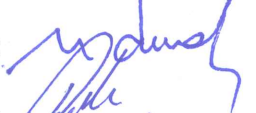
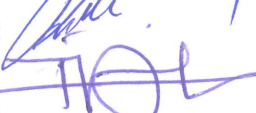



Başkan :Prof. Dr. Alper DURAK

Üye: Prof.Dr. Rasim KOÇYİĞİT

Üye: Prof. Dr. İrfan OĞUZ

Üye: Prof. Dr. Kadir SALTALI

Üye: Prof. Dr. Kadri YÜREKLİ

imza: 
imza: 
imza: 
imza: 
imza: 

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum



Enstitü Müdürü

06.01.2020

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 içerdiği 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.

Ahmet Turan BOZPOLAT

Ocak 2020



ÖZET

DOKTORA TEZİ

FARKLI İKLİM KOŞULLARI VE ARAZİ KULLANIMLARINDA, ORGANİK KARBON VE FRAKSİYONLARINDAKİ DEĞİŞİMİN CENTURY MODELİ KULLANILARAK MODELLENMESİ

AHMET TURAN BOZPOLAT

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. RASİM KOÇYİĞİT)

Son yüzyılda atmosferdeki CO₂ miktarındaki hızlı artış ve buna paralel olarak küresel ısınma ve iklim değişikliği karasal ekosistemde C yönetimini önemli kılmıştır. Bu çalışmanın amacı humid, yarıkurak ve kurak iklim koşullarında mera ve tarımsal kullanım altında organik C miktarındaki değişim iki yıllık arazi ölçümleri ve uzun süreli modellerle tahmin edilmesidir. Ayrıca, mera kullanımında sıcaklıktaki %10 artış, yağış miktarında %10 azalma, farklı tekstür ve pH guruplarının organik C üzerine olan etkisi üç iklim koşulunda bağımsız olarak test edilmiştir. Çalışma humid, yarıkurak ve kurak iklim koşullarını temsilen Samsun, Tokat ve Sivas illerinde yürütülmüştür. Her bir ilde mera ve tarımsal kullanımı temsilen aynı lokasyonda iki kullanım, her bir kullanımın içinde de rasgele dört farklı örnekleme lokasyonu belirlenmiş ve toprak örnekleri 0-20 cm derinlikten alınmıştır. Toprak örneklerinde tanecik dağılımı, hacim ağırlığı, solma noktası, tarla kapasitesi, pH, EC, kireç içeriği, organik madde, organik C, mineralize C, mikrobiyal C ve pasif C içerikleri belirlenmiştir. Çalışma alanının iklim, toprak ve bitki verileri kullanılarak organik C miktarındaki uzun süreli değişim Century 4.6 programı kullanılarak modellenmiştir. İki yıllık arazi ölçüm değerleriyle modelin tahmin değerlerinin birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Genel olarak ölçülen ile tahmin edilen değerler arasında doğrusal bir ilişki olmuştur. Fakat Sivas ve Tokat tarla koşullarında ölçüm ve model tahimleri arasında ters bir ilişkinin olduğu görülmüştür. Üç farklı iklim koşulunda aylık yağış miktarındaki %10 azalma ve aylık maksimum ve minimum sıcaklıklardaki %10 artış tek başına organik C üzerinde önemli bir etki oluşturmamıştır. Bu da organik C üzerine yalnız yağış ve sıcaklıktaki değişimin önemli bir etki göstermemesinin nedeni olarak düşünülebilir. En yüksek organik C kil tekstür gurubunda belirlenmiştir. Toprak reaksiyonu asit koşullara doğru gittiğinde organik C miktarının arttığı, bazik reaksiyona doğru gidildiğinde ise azaldığı görülmüştür. Modeller farklı iklim koşulları ve kullanımlar altında yapılan tahminlerin gerçek arazi ölçümleriyle uyumlu olduğu belirlenmiştir. Mevcut iklim ve amenajmanda önemli bir değişim olmadığı sürece, bu üç farklı bölge ve kullanımlarda organik C içeriğinin belirli bir düzeyde dengede kalacağı düşünülmektedir.

2020, 108 SAYFA

ANAHTAR KELİMELER: Century modeli, Organik Karbon, Karbon fraksiyonu, Küresel ısınma, Karbon depolanması



ABSTRACT

DOCTORATE THESIS

DETERMINING SOIL ORGANIC CARBON AND FRACTIONS UNDER DIFFERENT CLIMATE AND MANAGEMENT CONDITIONS USING CENTURY MODEL

AHMET TURAN BOZPOLAT

TOKAT GAZIOSMANPASA UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION

(SUPERVISOR:) PROF. DR. RASİM KOÇYİĞİT

In the last century, the rapid increase in atmospheric CO₂ concentration, global warming, and climate change have made important C management in the terrestrial ecosystem. The aim of this study was to estimate the changes in soil organic C under pasture and agricultural use in humid, semi-arid and arid climates with two years field measurements and long-term model use. In addition, the effects of 10% increase in temperature, 10% decrease in precipitation, different textures and pH groups on soil organic C content were tested independently in the three climatic conditions. The study was conducted in Samsun, Tokat, and Sivas to represent humid, semi-arid, and arid climate conditions. In each site, two land uses representing pasture and agricultural use and four randomly selected sampling locations were identified and samples were taken from 0-20 cm depth. Particle distribution, bulk density, wilting point, field capacity, pH, EC, lime content, organic matter, organic C, mineralized C, microbial C and passive C contents were determined in soil samples. The long-term changes in the amount of organic C in the study area by using climate, soil and plant data were modeled with the Century 4.6 program. It was observed that the two years land measurements and the estimated values of the model were close to each other. In general, there is a linear relationship between measured and estimated values. However, it was seen that there is an inverse relationship between Sivas and Tokat agricultural use and estimated values. The 10% reduction in monthly rainfall and the 10% increase in monthly maximum and minimum temperatures in the three climatic conditions had no significant effects on organic C content alone. This can be considered as the reason of the insignificant effect of the changes of precipitation and temperature on organic C. The highest organic C was determined in clay texture. The amount of soil organic C increased when the soil reaction went towards acid condition and decreased when the soil reaction towards basic reaction. It was determined that the estimation of soil organic C under different climate and uses were consistent with the actual land measurements. Unless there is a

significant change in the current climate and management, the soil organic C content will remain at a certain level of equilibrium in the three study sites.

2020, 108 PAGE

KEYWORDS: Century model, organic carbon, Carbon fractions, Global warming, Carbon storage



ÖNSÖZ

Bu çalışmamda her türlü desteğini esirgemeyen saygı değer hocalarım Prof. Dr Rasim KOÇYİĞİT, Prof. Dr. Kadir SALTALI, Prof. Dr. İrfan OĞUZ ve üzerimde emeği olan rahmetli Prof. Dr. Abdulreşid BROHİ hocama çok teşekkür ederim.

Yaşamımın her devresinde olduğu gibi, bu çalışmamda da sürekli yanımda olan sevgili annem Emine BOZPOLAT eşim Dilek BOZPOLAT ve 1990 yılında kanamasından hakkın rahmetine kavuşmuş olan öldükten sonra bile her an yanımda olduğunu bana hissettiren değerli babam Sabahattin BOZPOLAT'a yürekten teşekkür ederim

Ahmet Turan BOZPOLAT
Ocak 2020

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Karbon ve Toprak İlişkisi	19
1.2. Toprak ve Atmosfer İlişkisi	19
1.3. Karasal Ekosistemde Karbon Yönetimi ve Önemi.....	20
1.4. Karasal Ekosistemde Organik Karbon Miktarını Artırmak İçin Yapılması Gerekenler	22
1.5. Toprakların Organik Karbon Miktarını Etkileyen Faktörler	23
1.5.1. İklim	23
1.5.2. Toprak tekstürü	24
1.5.3. Arazi kullanımı	24
1.5.4. Gübreleme	24
1.5.5. pH	24
1.5.6. Toprak işleme	25
1.5.7. Ekim nöbeti	26
1.6. Tarım Topraklarının Karbon Depolama Potansiyeli.....	26
1.6.1. Kompotatif potansiyel	26
1.6.2. Ekonomik potansiyel	26
1.6.3. Teknik potansiyel.....	27
1.7. Organik Karbon Fraksiyonları	27
1.7.1. Biyolojik karbon fraksiyonu	27
1.7.2. Fiziksel karbon fraksiyonları.....	29
1.8. Organik Karbonun Verimliliğe Olan Etkisi.....	30
1.9. Küresel Isınmaya Karbonun Etkisi.....	30

2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	33
3. MATERYAL ve YÖNTEM	44
3.1. Çalışma Yapılan Yerlerin Genel Özellikleri	44
3.2. Çalışma Alanının Belirlenmesi ve Toprak Örneklerinin Alınması.....	45
3.3. Toprak Tekstürü.....	45
3.4. Hacim Ağırlığı.....	46
3.5. Kireç.....	46
3.6. Organik Madde	46
3.7. Elektriki İletkenlik (EC)	46
3.8. pH.....	46
3.9. Tarla Kapasitesi ve Solma Noktası.....	46
3.10. Toprak Organik Karbon Miktarının Belirlenmesi.....	46
3.10.1. Toprağa ilave olan organik karbon miktarı.....	46
3.10.2. Toplam C ve N.....	47
3.10.3. Organik karbonun fraksiyonlarına ayrılması.....	47
3.11. CENTURY Modeliyle C Modellemesi	48
3.12. Modelin Test Edilmesi ve İstatistiksel Analiz.....	50
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	52
4.1. Meteorolojik Veriler	52
4.2. Toprak Verileri	55
4.3. Bitki Verileri.....	61
4.4. Century Modeliyle Organik Karbon Tahmini.....	64
4.4.1. Samsun mera organik karbon tahmini.....	64
4.4.2. Samsun tarla organik karbon tahmini.....	67
4.4.3. Sivas mera organik karbon tahmini.....	70
4.4.4. Sivas tarla organik karbon tahmini	73
4.4.5. Tokat mera organik karbon tahmini	76
4.4.6. Tokat tarla organik karbon tahmini.....	79
4.4.7. Samsun, Tokat ve Sivas mera arazilerinde ortalama sıcaklıkların +1 °C artırılması ve ortalama yağışların %10 azaltılmasının organik karbon üzerine etkisi	82

4.4.8. Samsun, Tokat ve Sivas mera koşullarında 2015-2016 yılları iklimsel veriler kullanılarak farklı tekstür guruplarında organik karbon miktarındaki değişim ..	84
4.4.9. Samsun, Tokat ve Sivas mera koşullarında 2015-2016 yılları toprak ve iklim verileri kullanılarak farklı ph'da toprak organik karbon miktarındaki Değişim..	93
5. SONUÇ	97
6.KAYNAKLAR	100
7.ÖZGEÇMİŞ	108



SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

C°	Santigrad derece
mm	Milimetre
gr /cm ³	Gram / santimetreküp
kg C /m ²	Kilogram karbon / metrekare
gr C/ m ²	Gram karbon / metrekare

Açıklama

Kısaltmalar

BMİDÇS	Kyoto Protokolü Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
COP	Taraflar Konferansı
UNFCCC	Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda "İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü, ya da İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change Uluslar ve Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
İDÇS	İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.7. Biyolojik Karbon Fraksiyonları.....	28
Şekil 4.4. Samsun mera 2015 yılı verilerine göre organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim	65
Şekil 4.5. Samsun mera 2016 yılı verilerine göre organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim	65
Şekil 4.6. Samsun mera 2015-2016 yılları ölçülen değerler ile tahmin edilenler arasındaki ilişki	67
Şekil 4.7. Samsun tarla 2015 yılı verilerine göre organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim	68
Şekil 4.8. Samsun tarla 2016 yılı verilerine göre organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim	68
Şekil 4.9. Samsun tarla 2015-2016 yılı ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki ilişki	70
Şekil 4.10. Sivas mera 2015 yılı verilerine göre organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim	71
Şekil 4.11. Sivas mera 2016 yılı verilerine göre organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim	71
Şekil 4.12. Sivas mera 2015-2016 yılı ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki ilişki	73
Şekil 4.13. Sivas tarla 2015 yılı verilerine göre organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim	74
Şekil 4.14. Sivas tarla 2016 yılı verilerine göre organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim	74
Şekil 4.15. Sivas tarla 2015-2016 yılı ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki ilişki	76
Şekil 4.16. Tokat mera 2015 yılı verilerine göre organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim	77
Şekil 4.17. Tokat mera 2016 yılı verilerine göre organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim	77
Şekil 4.18. Tokat mera 2015-2016 yılı ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki ilişki	79
Şekil 4.19. Tokat tarla 2015 yılı verilerine göre organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim	80
Şekil 4.20. Tokat tarla 2016 yılı verilerine göre organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim	80
Şekil 4.21. Tokat tarla 2015-2016 yılı ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki ilişki	82
Şekil 4.22. Samsun, Tokat ve Sivas mera koşullarında ortalama maksimum ve minimum sıcaklıkların +1 °C artmasının organik karbon üzerine etkisi.	83
Şekil 4.23. Samsun, Tokat ve Sivas mera koşullarında 2015 ve 2016 yılları iklimsel verilerin ortalaması alınarak yağış miktarlarının %10 azalmasının organik karbon üzerine etkisi.	84
Şekil 4.24. Killi tekstüre sahip toprakta organik karbon miktarının değişimi.....	85
Şekil 4.25. Kumlu tekstüre sahip toprakta organik karbon miktarının değişimi	86

Şekil 4.26. Killi tın toprakta organik karbon miktarındaki değişim	87
Şekil 4.27. Kumlu kil toprakta organik karbon miktarındaki değişim	87
Şekil 4.28. Kumlu killi tın toprakta organik karbon miktarındaki değişim	88
Şekil 4.29. Kumlu tın toprakta organik karbon miktarındaki değişim	89
Şekil 4.30. Silt toprakta organik karbon miktarındaki değişim	89
Şekil 4.31. Siltli kil toprakta organik karbon miktarındaki değişim	90
Şekil 4.32. Siltli killi tın toprakta organik karbon miktarındaki değişim	91
Şekil 4.33. Siltli tın toprakta organik karbon miktarındaki değişim	91
Şekil 4.34. Tın toprakta organik karbon miktarındaki değişim	92
Şekil 4.35. Tınlı kum toprakta organik karbon miktarındaki değişim	93
Şekil 4.36. Aşırı alkali olduğunda ($pH > 8.5$) organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim	94
Şekil 4.37. Hafif alkali olduğunda ($pH = 8$) organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim	94
Şekil 4.38. Hafif asit olduğunda ($pH = 6$) organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim	95
Şekil 4.39. Kuvvetli asit ($pH = 5$) olduğunda organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim	95
Şekil 4.40. Nötr olduğunda ($pH = 7$) organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim	96

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.2. Çalışma alanlarının koordinatları	45
Çizelge 3.11. CENTURY modeli için gerekli olan parametreler ve belirleme yöntemi.	49
Çizelge 4.1. Kurak bölge olan Sivas ili 2015-2016 yıllarına ait aylık maksimum sıcaklıklar (C°).....	53
Çizelge 4.2. Kurak bölge olan Sivas ili 2015-2016 yıllarına ait aylık minimum sıcaklıklar (C°).....	53
Çizelge 4.3. Kurak bölge olan Sivas ili 2015-2016 yıllarına ait aylık ortalama yağışlar (mm).....	53
Çizelge 4.4.. Humid bölge olan Samsun ili 2015-2016 yıllarına ait aylık maksimum sıcaklıklar (C°).....	54
Çizelge 4.5. Humid bölge olan Samsun ili 2015-2016 yıllarına ait aylık minimum sıcaklıklar (C°).....	54
Çizelge 4.6. Humid bölge olan Samsun ili 2015-2016 yıllarına ait aylık ortalama yağışlar (mm)	54
Çizelge 4.7. Yarı kurak bölge olan Tokat ili 2015-2016 yıllarına ait aylık maksimum sıcaklıklar C°).....	54
Çizelge 4.8. Yarı kurak bölge olan Tokat ili 2015-2016 yıllarına ait aylık minimum sıcaklıklar (C°).....	54
Çizelge 4.9. Yarı kurak bölge olan Tokat ili 2015-2016 yıllarına ait aylık ortalama yağışlar (mm)	54
Çizelge4.10. Sivas, Tokat ve Samsun örnekleri 2015-2016 yıllarına ait kum, kil ve silt dağılımı.....	55
Çizelge 4.11. Sivas, Tokat, Samsun illeri 2015-2016 yıllarına ait toprak hacim ağırlığı (g cm ⁻³)	56
Çizelge 4.12. Sivas, Tokat ve Samsun illeri 2015-2016 yıllarına ait toprak pH değerleri	57
Çizelge 4.13. Sivas, Tokat ve Samsun illeri 2015-2016 yıllarına ait toprak solma noktası değerleri.....	58
Çizelge 4.14. Sivas, Tokat ve Samsun illeri 2015-2016 yıllarına ait tarla kapasitesi değerleri.....	59
Çizelge 4.15. Sivas, Tokat, Samsun illeri 2015-2016 yıllarına ait organik madde ve organik karbon değerleri	60
Çizelge 4.16. Sivas, Tokat ve Samsun illeri 2015-2016 yıllarına ait mikrobiyal karbon değerleri.....	61
Çizelge 4.17. Sivas, Tokat ve Samsun illeri 2015-2016 yıllarına ait bitki biyokütle ve biyokütle karbon değerleri	62
Çizelge 4.18. Sivas, Tokat ve Samsun illeri 2015-2016 yıllarına ait mineralize ve pasif organik karbon.....	63
Çizelge 4.19. Samsun mera 2015-2016 yılları ölçümleri ile Century modeli tahminleri	66
Çizelge 4.20. Samsun tarla 2015-2016 yılları ölçümleri ile Century modeli tahminleri.	69
Çizelge 4.21. Sivas mera 2015-2016 yılları ölçümleri ile Century modeli tahminleri...	72
Çizelge 4.22. Sivas tarla 2015-2016 yılları ölçümleri ile Century modeli tahminleri...	75
Çizelge 4.23. Tokat mera 2015-2016 yılları ölçümleri ile Century modeli tahminleri ..	78
Çizelge 4.24. Tokat tarla 2015-2016 yılları ölçümleri ile Century modeli tahminleri ...	81

1. GİRİŞ

Günümüzün en önemli sorunlarından birisi küresel ısınma ve iklim değişikliğidir. Bu sorun yaşadığımız dünyadaki canlı, cansız bütün varlıkları olumsuz yönde etkileyecek bir geleceğe işaret etmektedir. Birleşmiş Milletler verilerine göre kuraklık ve çölleşme dünyadaki 5 milyar hektardan fazla alanı, 110 ülkede yaşayan yaklaşık 1.200 milyon insanın hayatını tehdit etmektedir (Anonim, 2015). Fosil yakıtların kullanımı, enerjiye olan talebin artması, hızla sanayileşme ve orman alanlarının tahrip edilmesi sonucunda açığa çıkan sera gazlarının olumsuz etkileri, küresel ısınmayı artırarak iklim değişikliklerine neden olmaktadır (Anonim, 2009). Bu küresel tehdidi önlemek amacıyla, iklim değişikliğine yol açan nedenlerin (fosil yakıtlar ve sera gazının) azaltılması, hem global hem de bireysel seviyede bir çabayı gerektirmektedir. Yerkürenin ısınması olarak tanımlanan küresel ısınmaya neden olan temel etkeninde, atmosferde giderek oranı artan sera gazları olduğunu bildirmektedir (Anonim, 2018c). Karbondioksit, azotoksit, metan, su buharı ve kloroflorokarbonlar gibi bilinen sera gazları, güneş ışınlarının soğurulmasını sağlayarak yerkürenin ısınmasına neden olmaktadır (Anonim, 2016). Bu gazlar içinde CO₂ gazının %80 oranında paya sahip olduğu bilinmektedir. Küresel ısınmayı tetikleyen ana faktör atmosferdeki karbondioksit miktarının hızlı artışıdır. Teknolojik gelişmeler günü kurtarmayı hedeflerken ülkeler bazındaki teknoloji çılgınlığı da artmıştır. Global çaptaki bu gelişmelerle aynı doğrultuda, çevre kirliliğinin yeryüzünde yaşayan tüm canlıları olumsuz yönde etkilemesi, çevre bilincinin armansını sağlamıştır. Global çaptaki bu gidişat, mücadele etme gayretini de beraberinde getirmiştir. Birleşmiş Milletler çerçevesinde gerçekleştirilen uluslararası istişareler ve akabinde Rio Zirvesi (1992) bu amaç için atılan adımlardan biridir. Rio De Janerio’da düzenlenen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı’nda “İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi” (UNFCCC) imzaya açılmış, 1994 yılında, Rio Sözleşmesi’ni imzalayan ülkelere sera gazı emisyonlarının azaltılması için yükümlülük veren sözleşme yürürlüğe girmiştir. Buna ek olarak, görüşmelerde sözleşmenin amaçlarını gözetmek ve denetimini sağlamak amacıyla her yıl tüm ülkelerin katılım göstereceği “Taraflar Konferansı” (COP)’nın düzenlenmesi kararlaştırılmıştır. Bu görüşmelerden üçüncüsü olan ve Kyoto Protokolü (1997) olarak adlandırılan konferansta, önceki görüşmelerle karşılaştırıldığında daha detaylı bir biçimde, sera gazı salınımının azaltılmasına yönelik uygulamalar, yükümlülükler ve

yöntemler tartışılmıştır. Enerji üretimi, ısınma, ulaşım gibi insan faaliyetleri atmosferde CO₂ ve diğer sera gazlarının birikimine bunlar da yeryüzü sıcaklığının giderek artmasına yol açmıştır. Bu durum kutuplar ve yüksek bölgelerdeki buzulların erimesine, deniz seviyelerinin yükselmesine, ani ısı değişimleri sonucu kasırga, seller veya aşırı kuraklığa, bitki, hayvan ve bakteri türlerinin yok olmasına ve toprakta depo edilen karbon miktarının parçalanarak CO₂ halinde atmosfere salınmasına neden olmuştur. 1992 yılında Rio Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda imzaya açılan bir diğer sözleşme, "İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi" (İDÇS) dir. Sözleşmenin amacı, sera gazlarının atmosferdeki konsantrasyonunun iklim sistemi üzerindeki tehlikeli etkisini önleyecek bir seviyede sabit tutulmasını sağlamaktır. Ancak insanoğlu farklı iklimlere uyum sağlamaya oldukça yatkın bir yapıya sahipken, insanların geleneklerinin ve doğal ekosistemlerin iklimin değişmesine adaptasyonu daha yavaş gerçekleşmektedir. Sözleşmede ekosistemlerin iklim değişikliğine doğal uyumuna izin verecek, gıda üretiminin tehdit altına girmemesi, ekonomik kalkınmanın sürdürülebilir şekilde devam etmesini sağlayacak bir zaman sürecinde ulaşılmasını özellikle vurgulamaktadır. Sözleşme 50 ülkenin onaylamasını müteakip 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Sözleşme 184 ülke tarafından onay görmüş, sözleşmenin "yükümlülükler" kısmının 4. maddesinin 1. paragrafında ülkelerin ortak fakat farklı sorumlulukları, ulusal ve bölgesel kalkınma öncelikleri, amaçları ve özel koşulları göz önünde bulundurularak sera gazı emisyonlarının azaltılması için gerekli zorunluluk verilmiştir. Bu zorunluluklar üç kategoride irdelenmiş; 1.Sözleşmeye taraf olan tüm ülkelerin yerine getirmesi gereken genel yükümlülükler; Bütün ülkeler, ulusal sera gazı envanterini hazırlamakla ve bildirimini yapmakla, iklim değişikliğinin azaltılmasını ve iklim değişikliğine uyumu kolaylaştırıcı tedbirleri içeren programları geliştirmek ve bildirimini yapmakla, ilgili teknolojilerin, çalışmaların ve uygulamaların hayata geçirilmesinde ve yaygınlaştırılmasında işbirliğini sağlamakla ve ilgili sosyal, ekonomik ve çevresel politikalarda ve eylemlerde iklim değişikliğini göz önüne almakla yükümlüdürler. Sözleşmenin iki eki bulunmaktadır. Ek.I'de pazar ekonomisine geçiş sürecinde bulunan eski sosyalist ülkeler ile gelişmiş (OECD) ülkeler, Ek.II'de ise yalnızca gelişmiş ülkeler yer almaktadır. Türkiye, OECD ülkesi olması nedeniyle her iki listede de bulunmaktadır.

2. Ek.I'de yer alan ülkelerin yerine getireceği yükümlülükler; Bu ülkeler, iklim değişikliğini azaltmak amacıyla, sera gazlarının insan kaynaklı emisyonlarını sınırlandırmak yönünde ve sera gazı yutaklarını ve rezervuarlarını arttırmak yönünde tedbirler almak ve politikalar benimsemekle, iklim değişikliğini önlemek için aldıkları tedbirlerin ve izledikleri politikaların neler olduğunu bildirmekle, ayrıca mevcut sera gazı emisyonları ve gösterilen emisyonlarla ilgili elde edilen bilgiyi yetkililerle paylaşılmasını konu almaktadır.

Geçmişten bugüne kadar, insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının geçmiş yüzyıldaki seviyesine geri çekmek ve bunu gerçekleştirmek için gerekli önlemlerin alınması amaçlanmıştır. Bu durum Ek-I ülkeleri tarafından üretilen sera gazı miktarının 2000 yılında 1990 yılı seviyesinde sabitlemek olarak yorumlanmaktadır.

3.Ek.II ülkeleri de emisyonlarını 2000 yılına kadar 1990 yılı seviyesine çekmek yükümlülüğüne ilaveten, gelişmekte olan ülkelere, ulusal bildirimlerin hazırlamaları için maddi yardım sağlama, iklim değişikliğini önlemek için alınacak tedbirlerin ve izlenecek politikanın uygulama maliyetini karşılayabilmeleri için gerekli maddi kaynağı sağlama ve gerekirse bu ülkelere teknoloji transferi yapma yükümlülüğü altına girmişlerdir. Türkiye eğer sözleşmeyi imzalamış olsaydı, her iki ek listede de yer aldığı için, sözleşmenin gereği olan yükümlülükleri yerine getirmeyi taahhüt etmiş olacaktı. Türkiye sözleşme metnindeki yükümlülükleri kabul etmiş olsa da sözleşmeyi imzalamamıştır. Sözleşmenin gelişim sürecinde; Her ne kadar bilim insanları ve bilimsel çalışmalar karar vermede etkili olmuşlar da iklim değişikliğinde riskin ne kadar büyük olduğunu kabullenmek politik bir karardır. Zira, “tehlikelilik” anlayışı kişiler ve toplumlar arasında farklılıklar gösterdiği gibi iklim değişikliğinin sonuçlarından bazı ülkeler ve toplumlar diğerlerine göre daha fazla olumsuz etkileneceklerdir. Çevresel sorunların ülkeleri ne denli etkileyeceğinin tartışılmasına imkan veren Taraflar Konferansı yapılmasına karar verilmiştir. Bu konferans yılda bir defa yapılacak ve tüm ülkelere söz hakkı verilecektir. Taraflar Konferansı sözleşmenin en üst organıdır. Altıncısı Lahey'de yapılan Taraflar Konferanslarında ülkemiz “Gözlemci Ülke” statüsüyle katılmıştır. Taraflar Konferansı ilk 1995 yılında Berlin'de yapılmıştır. Konferansın en önemli kararı “Berlin Yaptırımı” olarak bilinen ve Ek-I Listesinde yer alan ülkelerin yükümlüklerini yerine getirmede yetersiz kalmaları sebebi ile olumsuz bulan bir karardır. İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, gerçekleştirilecek

eylemlerin sınırlarını belirlemede, 2000 yılında sera gazı salınımlılarının 1990 yılı seviyesine çekmek için politika ve programların benimsenmesini içermektedir. Fakat sözleşme, taraf ülkelere “yasal bağlayıcı emisyon hedefleri” koymamaktadır. Berlin Yaptırımını 2000 yılından sonraki yıllar için belirli zaman dilimleri içerisinde sayısal veri olarak sera gazı emisyon miktarının azaltılması ve sınırlandırılması konusunda önlemleri detaylandırmak amacı ile süreci başlatmıştır. 1996 yılında Cenevre’de yapılan 2. Taraflar Konferansında “Cenevre Deklarasyonu” olarak bilinen toplantıda Ek-I listesindeki ülkeler yasal zorunluluğu olan taahhütleri üstlenmek niyetinde olduklarını bildirmişlerdir. Berlin’de başlayan bu süreç, 1997 yılında Japonya’nın Kyoto kentinde yapılan 3. Taraflar Konferansında, ortak hareketlerin genel sınırlarını çizen protokolün (Kyoto Protokolü) kabul edilmesi ile sonuçlanmıştır.

Kyoto Protokolü 1997 yılında Kyoto’da kabul edilerek 16 Mart 1998 tarihinde New York’ta imzaya açılmıştır. Kyoto Protokolü sanayide gelişmiş ülkelerin sera gazı emisyon oranlarını azaltma taahhütlerini daha radikal hale getirmekte ve bu azalmanın bir süre dahilinde gerçekleşmesini öngörmektedir. Protokolün belirlediği bu zaman dilimi 2008-2012 yılları arasını kapsayan dönemdir. Ana Sözleşme gibi Kyoto protokolünde Ek-A ve Ek-B olmak üzere iki liste bulunmaktadır. Protokolün Ek-A listesinde emisyon oranları azaltılması gereken 6 temel sera gazı ve kaynaklandığı sektörler yer alırken, Ek-B listesinde Sözleşmenin Ek-I listesinde yer alan ülkeler ve sayısal sera gazı emisyon indirim hedefleri yer almaktadır. Türkiye Sözleşmenin Ek-I listesinde yer aldığı halde, taraf olmadığı için Protokolün Ek-B listesinde yer almamış ve herhangi bir sayısal sera gazı indirimi taahhüt etmemiştir. Protokol ile belirlenen 2008-2012 yıllarını kapsayan dönemde Sözleşmenin Ek-I listesinde yer alan ülkeler, direkt sera etkisi yaratan karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), azot oksitler (N₂O), hidroflorokarbonlar (HFCs), per floro karbonlar (PFCs) ve kükürt hekza florid (SF₆) gazlarının toplam emisyon oranlarını, 1990 yılındaki seviyesinin en az %5 altına indireceklerdir. Hidro floro karbonlar (HFCs), per floro karbonlar (PFCs) ve kükürt hekza florid (SF₆) toplam emisyonlardaki payı çok yüksek olduğu için, ülkeler baz yıl olarak sadece bu üç gaz için 1995 yılı seviyesine çekeceklerdir. Önemli bir grup sera gazı olan kloro floro karbonlar (CFCs), ozon katmanını incelten maddelerle Montreal Protokolü ile denetim altına alındığından Kyoto Protokolünün kapsamı içerisine dahil edilmemiştir. Protokolde emisyon oranlarına sınırlama getirilen bir diğer önemli sera gazı CO₂ dir. Sanayide

gelişmiş ülkelerin toplam sera gazı emisyon oranlarının büyük bir bölümünü CO₂ oluşturmaktadır. CO₂ salınımının en önemli kaynağı fosil yakıtlardır.

Karbondioksit için yutak alan olarak bilinen, ormanların yok edilmesi, yani ormansızlaşma da diğer bir CO₂ emisyon kaynağıdır. Ormansızlaşma yolu ile atmosfere salınan CO₂ miktarını hesaplamak güç bir konu olduğu için bu konu ile alakalı çalışmalar sürmektedir. Fosil yakıtların sebep olduğu CO₂ emisyonu ise hesaplanabilmektedir. Diğer önemli bir sera gazı da metandır. Bu gazın atmosferdeki oranının artması nedeni pirinç tarlaları, hayvancılık, çöp sahaları ve insan atıklarıdır. Metan emisyon oranları gelişmiş sanayiye sahip ülkelerde giderek azaltılmakta ve CO₂ kadar önem arz etmemektedir. Azot oksit salınımı en fazla gübre kullanımından ortaya çıkmakta ve metan salınımı gibi gelişmiş ülkelerde giderek azalmaktadır. Ancak bu iki gazın salınım miktarları CO₂ salınımına göre daha zor hesaplanmaktadır. Kloro floro karbonlar gibi sanayide özel amaçlar için üretilen bir diğer sera gazı olan hidro floro karbonlar (HFCs) ve per floro karbonlar (PFCs), ozon katmanının incelmesine neden olmaktadır. Dolayısıyla küresel ısınmaya neden olan bu gazlar Kyoto Protokolü kapsamına alınmıştır. Kükürt hegzaför (SF₆) de diğer bir antropolojik sera gazıdır ve yalıtımda, ısı transferinde ve soğutucu sistemlerde kullanılmaktadır. Kyoto protokolüne imza atan ülkeler bu gazların kullanımının azaltılmasına dair önemli bir ilerleme kaydetmiştir. Diğer yandan, ülkelerin sera gazı salınım hedeflerini yerine getirebilmesi için Protokolde “Emisyon Ticareti, Ortak Uygulama ve Temiz Kalkınma Mekanizması” başlıkları vasıtasıyla esneklik mekanizmaları geliştirmişlerdir. 13-25 Kasım 2000 tarihlerinde Lahey’de düzenlenen COP 6’nın açılış günü konuşmacılarından “Intergovernmental Panel on Climate Change” (IPCC) Başkanı Watson, sera gazlarının çevreye olan zararı hakkında bilimsel çalışmalar ve bulgular yardımı ile bilgi vermiştir. Bu bilimsel çalışmalara göre, küresel ısınma arttıkça Batı Avrupa’da büyük iklimsel değişiklikler, Güney Doğu Avrupa ve Orta Doğu’da kuraklık tehlikesiyle karşı karşıya kalacaktır. Başta CO₂ olmak üzere, sera gazlarının salınımının 1997 Kyoto protokolünün öngördüğü doğrultuda, 1990 yılı salınım oranlarının en az %5 altına düşürülmesiydi. Bu durumun nasıl gerçekleştirilebileceği konusunda ABD ve AB ülkeleri arasında görüş farklılıkları çıkmıştır. ABD dünya nüfusunun %4’nü barındırmasına karşın sera gazı salınımlarının %25’inden sorumludur. ABD’nin sahip olduğu ve kullandığı ileri teknoloji nedeniyle, enerji üretim maliyetlerinin yüksek

olduğu, bunun yerine CO₂ emisyon oranlarının azaltılmasının daha ucuz olacağını ileri sürerek, Kyoto Protokolü'nün öngördüğü esneklik mekanizmalarının "Karbon ticareti, Temiz Kalkınma Mekanizması ve Ortak Uygulama"nın sınırsız kullanımını savunmaktadır. Bu olgular çerçevesinde Kyoto protokolünü kabul ettiğini beyan etmiştir. AB ise ABD'nin bu kapsamda Kyoto protokolü hedeflerine ulaşabilmesi için sera gazı emisyonlarının %35 oranında düşürmesi gerektiği savını öne sürmüştür. AB Kyoto hedeflerinin tutturulamaması durumunda ülkelere gerekli cezai yaptırımların uygulanmasına karşı olup, o ülkenin hedeflediği sera gazı indirimlerinin tutturulamaması durumunda, ülkelerin protokol kapsamında sera gazı indirim oranlarının daha fazla artırılması cezasının verilmesi gerektiği fikrini savunmaktadır. Protokole göre, AB CO₂ emisyonlarının 1990 yılı seviyesinin %8; ABD %7, Japonya ise %6 altına indirmeyi taahhüt etmişlerdir. 24 Kasım 2000'de 186 ülkenin katıldığı toplantıda küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının azaltmasına yönelik çalışmalarda bir anlaşmaya varılamamıştır. ABD, Çin ve Hindista'nı öne sürerek Kyoto sürecinden çekildiğini açıklamıştır. Küresel ısınmanın insan kaynaklı olduğuna bir kez daha dikkat çekilmiştir. IPCC'nin yeni yayınlanan 3. Değerlendirme Raporunda bilimsel verilere göre son 140 yılın sıcaklık ölçümlerine göre son 20 yılın en sıcak yıllar olduğu, yağışların artış gösterdiği yerlerde sellerin arttığı, yağış oranların azaldığı bölgelerde kuraklığın arttığı bir kez daha vurgulanmış göçmen hayvanların giderek kutuplara doğru göç ettiği ifade edilmiştir. Okyanusların ısınmasının büyük felaketselere sebep olacağının altı önemle çizilmiştir. Bu toplantıda aynı zamanda küresel ısınmanın olası yararları da tartışılmış bu kapsamda kutup iklimi görülen Sibiryaya gibi yerlerde tarımsal faaliyetlerin yapılabilineceği ifade edilirken bunun fayda mı yoksa zarar mı getireceği konusu tartışımalara neden olmuştur. AB üyesi ve aday ülkeler Kyoto protokolünü imzalayarak sera gazı emisyonları için gerekli yükümlölükleri kabul etmişlerdir. AB üyesi 15 ülkenin 1990-1999 yılları arasında CO₂ emisyonları toplamını %4 oranında düşürüldüğü de belirtilmiştir. ABD hariç diğer 177 ülke Kyoto Protokolü'nün uygulama usul ve esasları konusun da anlaşmaya varmışlardır. Protokolün ağır yaptırımlarına bazı ülkeler (Japonya, Kanada ve Avustralya vb.) itiraz etmiş olsa da protokolün uygulanmasına yönelik şartları kabul etmişlerdir. Sonuç olarak Kyoto Protokolünün ilk hali biraz yumuşatılarak taraf olmak istemeyen ülkeler ikna edilerek protokole imza atmaları sağlanmış ve protokol yürürlüğe girmiştir. Protokolde 1990 yılı emisyonlarının %5.2

altına inilmesi hedeflenmişti fakat bu değerin uygulanabilirliği gerçeği olmadığı düşünülerek %2'ye düşürülmesi kararlaştırılmıştır. Sera gazı salınımı ticaretine imkân verilerek yutak (orman, yeşil alanlar) oluşturulmasına yönelik kredi miktarları arttırılmıştır.

Kyoto Protokolünün yürürlüğe girmesiyle 2007 yılında protokole taraf olan ülkeler arasında İklim Değişikliği Paneli yayınlanmıştır. Bu panel sonucu yayınlanan raporda iklim değişikliği ile ilgili gerekli farkındalık oluşturulmuştur. 2009 yılında müzakerelere yön verecek olan Kopenhag Uzlaşması çalışmaları sürdürülmüş, taraf ülkeler emisyon azaltımı konusunda hedeflerini sunmuşlardır. Kyoto Protokolünün ikinci taahhüt antlaşması 2012 yılında Daho'da düzenlenen konferansta taraf olan ülkeler arasında kabul edilmiş. 2013 yılında Varşova da düzenlenen 19. Taraflar konferansında Paris konferansı öncesi protokole taraf olan ülkeler konferansa ulusal olarak katkılarını sunmayı kabul etmişlerdir.

21. Taraflar konferansı Paris'te düzenlenmiş 187 ülke iklim değişikliği ile ilgili mücadeleye yönelik çalışmalarda katkıda bulunma amacı ile iyi niyetlerini dünya kamuoyuna duyurmuşlardır. Paris'te düzenlenen konferansta küresel emisyonun %99.76'nı oluşturan 195 ülke antlaşmayı imzalamıştır. Daha sonra 2016 yılında Türkiye protokole taraf olmuştur. Paris antlaşması iklim değişikliği ve küresel ısınma anlamında 195 ülkenin taraf ve hemfikir olduğu ilk antlaşma olarak tarihe geçmiştir. Bu durum dünya kamuoyunda bir dönüm noktası olarak görülmektedir. Paris antlaşması emisyon azaltımı, uyum, finans, kayıp ve zarar, teknoloji geliştirme ve transferi, kapasite geliştirme, şeffaflık ve küresel envanter gibi hususlara ilişkin konuları içermektedir. Bu kapsamda:

- Küresel anlamda sıcaklık artışının 1.5°C ile sınırlandırılması amacı ile çalışmaların devam ettirilmesi
- Taraf olan ülkelerin 2020 yılı itibariyle her 5 yılda bir protokole olan ulusal katkılarını genel sekretaryaya iletmeli her mevcut katkıyı güncelleyerek gerekli gayretin gösterilmesi
- Taraf olan ülkelerin uzun vadeli sera gazı emisyonlu büyüme stratejilerini sekretaryaya iletmeleri

- “Yeşil İklim Fonunun” az gelişmiş ülkeler ve gelişmiş ülkeler arasında ulusal uyum planları doğrultusunda dağıtımının hızlandırılarak ülkelerin belirlemiş oldukları politikalar ve projelerin desteklenmesi
- İklim değişikliği kapsamında çok gelişmiş ülkeler ile az gelişmiş ülkeler arasında finans, teknoloji ve kapasite geliştirme gibi konularda bilgi ve tecrübe paylaşımlarının artırılması
- Gelişmiş ülkelerin emisyon azaltımlarının izlenmesi az gelişmiş ülkelerin emisyon azaltım çabalarının güçlendirilmesi yönünde desteklenmesi
- İklim değişikliğinin dünya yüzeyinde oluşturabileceği zararlar ve olumsuzlukların az gelişmiş ülkeler üzerindeki etkilerin daha fazla olacağı bu kapsamda ciddi kapasite kısıtları olan ülkelerin öncelik ve gereksinimlerinin dikkate alınması gerekliliği
- Gelişmiş ülkelerin gelişmekte olan ülkeler ve az gelişmiş ülkelere iklim değişikliği konusunda destek olmaları gibi konular üzerinde gerekli mutabakata varılmıştır.

Sonuç olarak İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi günümüzde çevrenin korunmasına yönelik bir antlaşma olmaktan çok küresel bir eyleme dönüşmüştür. Küresel ısınmanın çevreye olan büyük etkileri, iklim verilerindeki değişikliklere karşı Kyoto Protokolünün önemini artırmıştır. Aslında Kyoto Protokolü Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) kapsamında imzalanmış bir sözleşmedir. Sözleşmede ana içeriği, atmosferdeki miktarı giderek artış gösteren sera gazları salınımının, küresel ısınmaya neden olmayacak seviyede dengede tutulması amaçlanmaktadır. Zira Hükümetler Arası İklim Değişikliği Panelinde, bilim adamları 1990 ile 2100 yılları arasında yeryüzü sıcaklığının 1.4-5.8 °C arasında artacağı öngörülmektedir. Kyoto Protokolünde yer alan ülkelerin yükümlülüklerini yerine getirmesi durumunda, 1990 ile 2100 yılları arasında, sıcaklık artışının 0.02-0.28 °C civarında seyredeceği ön görülmektedir. Taraf olan ülkeler sera gazı salınımlarını toplamda %60 oranında azaltacaklarını taahhüt etmişlerdir.

Kyoto Protokolünün yürürlüğe girmesi ile ülkelerde emisyon ticaret sistemi uygulanmaya girmiştir. Buna göre, ülkelerin vergilendirme ve kredilendirme

sistemlerinde değişikliğe gidilmiş karbon emisyon oranları yüksek olan şirketler ya karbon kredisi almak zorunda ya da yüksek vergi ödemek durumunda kalacaktır. Kyoto Protokolüne göre sera gazı emisyonu yüksek olan ülkeler sera gazı emisyonu düşük olan ülkelere salınım azalması satın almak durumundadır. Diğer bir ifadeyle, karbon salınım oranı yüksek olan ülke, kuruluş ve şirketler, karbon salınımı düşük olan ülkelere karbon kredisi alabilecek.

Çevre sorunlarının ilk kez geniş çaplı ele alındığı Stockholm’de düzenlenen “İnsan ve Çevre Konferansı’nda günümüz çevre konuları farklı boyutlarda ele alınmıştır. Geçmişte atıkların yok edilmesi, canlı türlerinin korunması gibi birkaç sorunun çözümüne yönelik politik çözümler geliştirirken. Günümüzde çevresel sorunlar sektörlerle yani sosyal, ekonomik, sağlık, teknik, politik, kültürel konularla doğrudan ilgili duruma geçmiştir. Bu nedenle çevre kirliliği insan sağlığı, mutluluğu ve refahı gibi konularda paradoksal ilişkiler, daha geniş perspektifte global olarak düşünülmesi gereken bir durumun ortaya çıkmasına neden olmuştur. Ayrıca 1970 ve 1980’li yıllarda politika yapıcılar çevresel sorunlarının çözümüne yönelik çalışmaları bölgesel boyutlarda değerlendirmişler ve genelde yerel kirleticiler üzerine odaklanmışlardır. Daha sonra bu yerel kirlilik kaynaklarının sorun olduğu çevresel bozulmaların küresel sorunlara neden olduğu anlaşılmıştır. Örneğin doğal sermayenin tükenmesi, ozon tabakasının delinmesi, çölleşme, iklim değişikliği ve kuraklık gibi çevresel sorunların önemi 1980’li yıllarda anlaşılmıştır. Anlaşılacağı üzere çevre sorunları artık bölgesel değil küresel bir problem olmuş, kendisini küresel ölçekte hissettirmeye başlamıştır. İnsanların yaşamını sürdürdüğü çevresi insanlar ile etkileşim halindedir. İnsanoğlunun ruhsal, fiziksel ve sosyal refahı üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Çevre kirliliği, sıcaklığın artması, iklimsel değişiklikler, küresel ısınma, insan kaynaklı atmosferin kirlenmesi, ozon tabakasının incilmesi gibi çevresel olaylar insanoğlunun yaşam kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle günümüzde çevre, ekonomi ve sosyal politikalar arasındaki ilişkiler iyi bir şekilde irdelenmeli, bütün sistemler çevrenin sürdürülebilirliği üzerine kurgulanmalıdır. Çevre politikaları, sürdürülebilir bir çevre ve yeniliklerin toplumun kaynaklarını verimli bir şekilde kullanmasına imkan verecek şekilde yeniden kurgulanmalıdır. Bunu kurgularken insanların sosyal refahı göz önüne alınmalı, gelişen sanayide enerji ihtiyacı yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla kullanımı ve daha az emisyon değerlerinin oluşturulduğu sürdürülebilir çevreci

ekonomik modele geçiş yapılmalıdır. Bu doğrultuda ülkemizde 1985-1989 yıllarını kapsayan evre konusu 5 yıllık kalkınma planlarında ele alınmış ve gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Hazırlanan kalkınma planlarında evre ve tarım sektörlerinde biyolojik çeşitlilik, biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilirliği, korunması ve geliştirilmesine yönelik politikalar hazırlanmış ve çevresel konularda gerekli önlemler belirlenmiştir. Benzer şekilde evre konusu, diğer birçok sektör (ulaşım, enerji, tarım, turizm) ile entegre edilmiştir. Türkiye evre kirliliğinin kontrol edilmesi amacı ile atık yönetimi, endüstriyel kirlilik kontrolü, gürültü kontrolü ve risk yönetimi, ormansızlaştırılmanın önüne geçilmesi, erozyonun önlenmesi ve kontrolü, su ve hava kalitesinin artırılması gibi konularda önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Bununla birlikte, doğanın korunması, su kirliliğinin önlenmesi, endüstriyel kimyasalların kullanımının yönetimi ve iklim değişikliği konularında ek yasal düzenlemeler getirerek gerekli çevresel önlemleri zorunlu hale getirmiştir. Türkiye'nin evre politikalarının AB evre müktesebatına uyumlu hale gelmesi, kurumsal kapasitenin geliştirilmesi amacı ile çevresel izleme, denetim ve raporlama gibi faaliyetlerin bir an önce hayata geçirilmesi gerekmektedir. Türkiye ekonomik kalkınma, büyüme ve gelişme politikalarının içerisinde evre koruma ve tarımsal sürdürülebilirlik konularını ele almış daha yaşanabilir bir çevreyi hedeflemektedir. Türkiye "Onuncu Kalkınma Planında (2014-2018)" kalkınma, gelişme ve büyüme çabalarının merkezine sürdürülebilirliği koymuştur. Bu kalkınma planı, üretimde, hizmet sektöründe temiz teknolojileri teşvik etmektedir. Türkiye yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması ile enerji türlerini çeşitlendirmektedir. Türkiye, evre problemlerinin önlenmesi amacı ile yerel, ulusal ve küresel önlemler olarak bütün önemli uluslararası evre anlaşmalarına taraf olmuştur. Türkiye iklim değişikliği için uyum ve azaltım, biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir kullanımı, erozyon kontrolü ve ölleşme ile mücadele, yeniden ağaçlandırma gibi birçok alanda eylem planları hazırlamış ve uygulamaya geçilmiştir. Bu kapsamda Türkiye evresel kirlenmenin önlenmesi, doğal sermayenin korunması, muhafaza edilmesi ve geliştirilmesi için kaynak verimliliği yüksek düşük karbonlu ekonominin ülkede yaygınlaşmasının sağlanması konularını öncelikleri arasına almıştır. "Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (BM-AEK) Uzun Menzilli Sınır Açan Hava Kirliliği Sözleşmesi (CLRTAP)" ile Avrupa'da hava kirleticilerinin uzun menzilli taşınımının izlenmesi ve değerlendirilmesi için işbirliği programının uzun

dönemli (EMEP) finansmanı protokolü kapsamındaki çalışmalar Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yürütülmektedir. Emisyon oranlarının hesaplaması bütün uluslararası ülkelerin kabul ettiği rehber dokümanlarda yayınlanan emisyon faktörlerine göre hesap edilmektedir. Sözleşmeyi kabul eden 51 ülke bulunmaktadır. Bu protokolün ana amacı ülkelerin hava kirletici emisyon miktarlarının belirlenmesi, oluşturulan veriler ile model sonuçlarını karşılaştırılarak doğru sonuçların elde edilmesidir. Raporlamada esas kirletici olarak adlandırılan gazlar; SO₂ (kükürtdioksit), NMVOC (metan olmayan uçucu organik bileşikler, NO_x (azotoksitler), PM₁₀ (partikül madde), CO (karbonmonoksit), NH₃ (amonyak) olarak belirlenmiştir. 2016 yılında yayınlanan emisyon envanteri raporunda 1990-2014 yılları arasında salınan sera gazı emisyon değerleri incelenmiş; özellikle yanma sonucu oluşan kirleticilerde son yıllarda ciddi bir azalma olduğu saptanmıştır. Bu durum enerji üretiminde yakıt tüketim miktarlarının azalması ve yeni teknolojik gelişmelerin enerji üretiminde kullanılması şeklinde izah edilmektedir. 2014 yılı emisyon değerleri incelendiğinde 1990 yılına göre NO_x (%87), NH₃ (%113), SO₂ (%23), NMVOC (%16), PM₁₀ (%12), CO (%22) emisyonlarında artış olduğu tespit edilmiştir. Türkiye’de özellikle kış aylarında şehir merkezlerinde aşırı soğuk iklime sahip bölgelerde sıcaklıklara da bağlı olarak hava kirliliği görülmektedir. Kış aylarında oluşan hava kirliliğinin nedeni ısınmadan kaynaklanmaktadır. Hava kirliliğini tetikleyen diğer unsurlar düşük kalorili yakıtların herhangi bir iyileştirilme işlemine alınmadan kullanılması, yakma tekniklerinin uygunsuzluğu ve yakma tesislerinin bakımının yapılmaması şeklinde sıralanabilir. Isınma sistemlerinde teknik bakımların idare tarafından kontrol edilmesi, ısınmada doğal gaz kullanımının yaygınlaşması, ceza ve teşvik sistemlerinin yerel yönetimler tarafından özenle uygulanması istenmektedir. Şehirlerde hava kirliliğinin 2014 yılı verileri incelendiğinde 1990’lı yıllara nazaran azaldığı gözlemlenmiştir. Kirletici oranı yüksek tesisler olarak adlandırılan enerji üretim tesisleri için çıkarılan düzenlemeler ile emisyon oranlarında sınırlamalar getirilmiştir. Enerji üretim tesislerinin kurulması ve işletilmesi yönünden yeni düzenlemeler yapılmış, tesislerden salınan gazların emisyon değerleri ve etkilediği alanlar için gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Katı, sıvı ve gaz yakıtların oluşturmuş olduğu emisyon değerleri, tesisin etkileşim alanında oluşturmuş olduğu hava kirliliği sınır değerleri düzenli aralıklarla kontrol edilmektedir. Özellikle bu tesislerden çevreye salınan toz, kükürtdioksit (SO₂) ve azotoksit (NO_x) emisyonlarının azaltılması

konusunda gerekli teknik düzenlemeler, yaptırımlar mevzuat usul ve esasları çerçevesinde kontrol edilmektedir. Söz konusu azaltım teknikleri yardımı ile son yıllarda enerji üretim sistemlerinin emisyon yükleri önemli ölçüde azaltılmıştır. Hava kirlilik oranları ve havanın kalite parametreleri AB sınır değerleri ve Dünya Sağlık Örgütü sınır değerleriyle mukayese edilmektedir. Çevre Şehircilik Bakanlığı AB Mevzuatına uyum süreci kapsamında hava kalitesi sınır değerlerini giderek azaltmakta olup, partikül madde ve kükürtdioksit oranları için AB sınır değerlerine 2019 yılında ulaşması hedeflemektedir. Çevre Şehircilik Bakanlığı atmosfere salınan sera gazı miktarının azaltılması amacı ile tarım arazilerinin kullanımına yönelik düzenlemelerde de bulunmaktadır. Tarım arazilerinin kullanımı ve korunması amacı ile bakanlık “Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanununu” yürürlüğe koymuştur. Arazi kullanımı ve korunumu hem ulusal hem de uluslararası konjonktürde her geçen gün önemi giderek artan bir konudur. Kanun ile toprak koruma ve arazi kullanımı, sürdürülebilir tarım konularında yerel düzeyde karşılaşılan sorunlara yönelik çözümler üretilmektedir. Kanun kapsamında yanlış uygulamalar sonucu çölleşme tehlikesi olan erozyon riski yüksek araziler bozulma tehlikesine karşı Bakanlar Kurulu Kararı ile koruma alanı ilan edilerek koruma altına alınmaktadır. Böylece Tarım ve Orman Bakanlığı bozulmaya yüz tutmuş arazileri kamu yararı gözeterek gerekli planlama ve ıslah çalışmaları yapmaya başlamıştır.

Tarımda çiftçi toprağı, yer altı ve yüzey suları, biyo çeşitlilik ve yüksek doğal değere sahip tarım arazilerinin korunmasına dönük çevre dostu ve sürdürülebilir uygulamalar desteklenecektir. Tarım-çevre konularında AB destek fonlarının ana amacı daha sürdürülebilir çevre ve tarım sektörünün desteklenmesidir. Bu kapsamda sürdürülebilir tarım uygulamaları yardımı ile kırsalda, toplumun artan çevre talebini karşılamaktır.

Geçmişte arazi kullanımı konusunda herhangi bir planının olamaması, tarım arazilerinin imara açılması gibi amaç dışı kullanımı, orman ve sulak arazilerde yapılan tahribatlar ve sahil kesiminde doğal niteliğı yüksek olan arazilerin imara açılması ve tahrip edilmesi gibi kötü sonuçları ortaya çıkmıştır. 19 Temmuz 2005 tarihinde “Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu’nun” çıkarılarak nitelikli arazilerin korunmasına yönelik önemli adımlar atılmıştır. Kanun en başta tarım arazilerinin korunmasını ve bununla birlikte arazi kullanım planlarının oluşturulmasını sağlamıştır. Tarım arazileri insanoğlunun gıda ihtiyacının karşılandığı, birçok canlının barındığı ve hayatını

sürdüğü insan yaşamı için çok önemli bir yeri teşkil etmektedir. Tarımsal alanların kullanımına yönelik planlamaların yapılması, günümüzde yaşanan birçok sorunun çözüme kavuşmasını sağlayacaktır. Tarımsal alanların imara açılarak bu alanlarda konut, yol ve fabrika gibi tesislerin yapılmasına müsaade edilmesi günümüzün sosyo-ekonomik anlamda en büyük sorunlarından birisidir. Bu hususta “Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu” bu büyük sorunun çözümüne yönelik atılmış en önemli adımdır. Bu kanunun uygulamaya geçmesiyle paralel olarak eş zamanlı ülkenin bütününde arazi kullanımına yönelik planlama çalışmaları yürütülmeye başlanmış bu kapsamda 2014 yılında “Toprak Veri Tabanının İyileştirilmesi ve Tarımsal Arazi Kullanım Planları Altlıklarının Oluşturulması” hususunda çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar 2015 yılında tamamlanmıştır. “Ülke Tarımsal Arazi Kullanım Planlaması” çalışmaları başlatılmış. Bu çalışma ile tarım arazilerin sınıflandırılması yapılmıştır. Bu sınıflandırma işleminde tarım arazileri, tarıma elverişli olmayan araziler ve mera arazileri tasnif edilmiştir. Bu kapsamda 2015 yılından 2019 yılına kadar toplam 7 milyon hektar 258 ova tarımsal sit alanı olarak ilan edilmiş ve verimli ovalar koruma altına alınmıştır. Bu bahse mevzu olan 258 ovanın 2023 yılında 300 çıkarılacağı ön görülmüştür. Tarımsal amaçlı kullanılması planlanan enerji üretim alanları tespit edilmiş, bu hususta havzalarda kullanılan enerji miktarı kadar enerji üretiminde kullanılacak alanların planlaması yapılmıştır. Bu planlama ile var olan enerji açığının giderilmesine yönelik çalışmalarda başlatılmıştır. Tarımda 2023 hedefleri kapsamında “Tarımsal Arazi Kullanım Planlarının” oluşturulması: tarımsal üretimde planlama, üretim için belirlenen hedeflerin tutturulması, çevrenin gerçek anlamda korunması gibi hedefler gözetilmektedir.

Çayır mera alanlarının amaç dışı kullanımı bir diğer önemli çevresel sorunu oluşturmaktadır. Çayır mera alanları önemli karbon yutakları olup bu alanların amaç dışı kullanımı atmosfere salınan sera gazı miktarını artırırken küresel ısınmanın hızını da artırmaktadır. Ayrıca atmosferden bitkiler yardımı ile bağlanan karbondioksit miktarının azalmasına neden olmaktadır. Ülkemizin çayır mera alanlarının şu anki durumu sosyal ve ekonomik durumumuzu yansıtmaktadır. Ülkemizde meraların bir kısmı kaynakların yetersizliği ve denetim eksikliği nedeni ile tarım arazisi olarak kullanılmakta bir kısımda aşırı otlatma ile mera vasfını veya sürdürülebilirliğini yitirmiş durumdadır. 2018 yılı verilerine göre şu an 12.3 milyon hektar mera alanı tespit

edilmiştir. Mera arazileri ve sınırlarının belirlenmesinin ardından mera arazilerinin durumları ile ilgili ıslah çalışmaları da başlatılmıştır. Çünkü bu meraların büyük bir bölümü yıllardır aşırı otlatma sebebi ile mera vasfını yitirmiş durumdadır. Bu durumun küresel ısınmaya iklim değişikliğine etkisi çok büyüktür. Mera arazileri en iyi karbon yutak alanlarıdır. Burada bulunan bitkisel çeşitliliğin yüksek olması karbondioksitin bitkiler tarafından fotosentez aracılığı ile organik karbon olarak toprağa bağlanması demektir. Atmosfere salınan karbondioksitin tutulması atmosferdeki oranın giderek azalması demektir. Anadolu coğrafyasında özellikle Orta ve Güneydoğu Anadolu bölgelerimizdeki meralar çölleşme riski ile karşı karşıya kalmış durumdadır. Bu meraların eski verimliliğine ulaşması ve sürdürülebilir hale gelmesi amacı ile gerekli çalışmalar yapılmaktadır. Bu kapsamda tarım il müdürlükleri bünyesinde çayır mera şube müdürlükleri kurulmuş gerekli ıslah çalışmaları için yıllık bütçeler oluşturulmuştur. Meralarda aşırı otlatma yapılması meraların ot varlığına ve çeşitliliğine olumsuz etki etmektedir. Bu durum bölgenin hayvan varlığı ile doğru orantılıdır. Ülkemizde son 10 yıl içerisinde koyun ve keçi sayısında önemli oranda düşüşler görülmüştür. Bu durum küçük baş hayvan varlığımız açısından ekonomik bir kayıp olarak görülse de bu azalış meraların düzelmesi ve ıslah edilmesi açısından değerlendirildiğinde bir fırsat olarak görülebilir. 1970 Köy Hizmetleri verileri 21.698.400 ha, 1991 yılı Tarım Sayımı 12.377.600 ha, 2001 TÜİK Sayımı 14.616.687 ha, 1998-2018 Türkiye Cumhuriyeti Tarım Bakanlığı verilerine göre 11.059.666 ha çayır mera alanımız vardır. Veriler değerlendirildiğinde 1970 yılından günümüze kadarki süreçte çayır mera alanlarında %50'ye yakın bir kayıp gözlenmiştir (Anonim, 2018a). Ayrıca mera arazilerimizin bitkisel çeşitliliği de önemli oranda düşüş göstermiştir (Karagöz ve ark., 2016). Böyle olunca meralarımız kendilerinden beklenen yararları (gen kaynağı, hayvanlara yem sağlama, yaban hayata yaşam alanı sağlama, erozyonu önleme v.s.) sağlamakta zorlanmaktadır.

İklim değişikliği ve küresel ısınmaya etki eden diğer bir alanda ormanlardır. Ülkemizde ormanların büyüklüğü ve değişimleri bakımından, bugüne kadar gerçekleştirilen orman envanter değerlendirme sonuçlarına göre genel ormanlık alanın büyüklüğü; ilk envanter dönemi olan 1963–1972 yıllarında 20.2 milyon hektar, 2012'de 21.7 milyon hektar ve son envanter yılı olan 2018 yılında 22.621.935 hektara ulaşmıştır (Anonim, 2018b). Bu envanter sonuçlarına göre ormanlık alanda son 40 yılda yaklaşık 1.5 milyon hektarlık

artış olduğu görülmektedir. Buna göre 1973 ile 2018 dönemi arasında ülke ormanlarının ağaç servetinde yaklaşık 560 milyon m³ artış olmuştur (Anonim, 2018b). Ağaç varlığımızda ki bu artış küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadelede bir başarı olarak görülebilir.

Karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik çalışmalarda karbondioksitin toprağa organik karbon olarak bağlanmasına yönelik çalışmalar en ekonomik ve efektif yöntem olarak bilinmektedir. Sera gazı emisyon değerleri yüksek olan ülkelerin ek vergi vermelerinin yerine atmosfere salınan karbondioksit miktarı kadar toprağa organik karbon bağlayıcı yöntemleri tercih etmeleri daha ekonomik ve efektif olacaktır. Bu şekilde bu ülkelerde karbon emisyon oranlarının azaltılmasına yönelik ekonomik modeller geliştirilebilir. Karbon emisyon azaltılmasına yönelik yeni yöntemler geliştirilmeli ve buna yönelik eylem planları oluşturulmalıdır. Daha çevreci ve ekonomik modeller ile küresel ısınma ve iklim değişikliğinin önlenmesi çalışmalarına başlanarak dünya geleceği garanti altına alınmalıdır. Bu önlemler uygulanırken ekonomik kayıplar göz önüne alınarak sosyal refah anlayışı çerçevesinde çevreci önlemlerle küresel ısınma ve iklim değişikliğiyle mücadele teşvik edilmelidir.

Bitkiler tarafından atmosfere salınan karbondioksitin fotosentez aracılığıyla tutularak organik karbona dönüştürülmesi çok önemli bir döngüyü oluşturmakta ve toprakta depo edilen organik karbon toprağın verimliliğini artırırken toprakların su ve rüzgar erozyonuna karşı direncini de artırmaktadır. Toprakta var olan organik karbonun ana kaynağı toprak içerisinde var olan bitkisel ve hayvansal kalıntılardır. Mikroorganizmalar besin ihtiyacını karşılamak amacı ile organik karbondan yararlanırlar. Topraktaki organik madde hetotrofik canlılar tarafından özümleir ve bitki solunumu ile atmosfere karbondioksit halinde salınır. Karbondioksit karbonun okside olmuş gaz halidir. Bu gazın atmosferdeki konsantrasyonun artması küresel ısınmayı artırmaktadır. Küresel ısınmanın hızını yavaşlatarak iklimsel değişikliklerin önüne geçmek amacı ile toprakta var olan karbonun depolanması yönünde çalışmalara ağırlık verilmelidir. Toprak organik karbonu son derece dinamik bir yapıya sahip olup sıcaklık, su ve hava gibi dış etkenlerden çok çabuk etkilenmektedir. Aynı zamanda küresel karbon bütçesinin de önemli bir kısmını oluşturmaktadır (1300 ile 1500 PGC). Topraklar yapılan uygulamalara bağlı olarak atmosferdeki CO₂ için bir yutak alanı veya bir kaynak görevi görebilir. Atmosferdeki CO₂ miktarındaki artışın en büyük nedeni

fosil yakıtların aşırı kullanımınıdır. Ayrıca arazi kullanımındaki değişimler (mera ve orman alanlarının tarım alanına dönüştürülmesi, aşırı toprak işleme ve aşırı sulama vb.) bu artışın bir diğer sebebidir. Topraklardan salınan toplam CO₂ miktarı fosil yakıtlarla atmosfere salınan CO₂ miktarının 10 katından daha fazladır (Lal, 2008). Fakat topraktan salınan CO₂ gazının büyük bir kısmı bitkiler tarafından atmosferden asimile edilerek organik yapıya bağlanan diğer kısmı ise tekrardan kök solunumu olarak atmosfere salınmıştır. Topraklardan salınan CO₂ gazı miktarındaki küçük bir artış, bu havuzun büyüklüğünden dolayı atmosfer CO₂ miktarına büyük bir etkiye sahip olacaktır. Tarımsal faaliyetler sonucu açığa çıkan CO₂'nin atmosferdeki CO₂ konsantrasyonuna olan etkisini azaltmak, toprakta var olan organik C'nin korunması ve iyi bir şekilde muhafaza edilmesini gerektirir. Toprak organik karbonunun toprak için önemi çok büyüktür. Toprakta organik karbonun muhafaza edilerek korunması ve miktarının giderek artırılması hayati önem arz etmektedir. Bunun için toprak yönetim planlaması iyi yapılmalı, toprak amenajman yöntemleri belirlenirken organik C miktarını muhafaza ve artırılmasına yönelik yöntemler tercih edilmelidir. Bu yönetim sistemlerinde, sürekli yüksek bitkisel üretim ve minimum toprak işleme teknikleri tercih edilmelidir. Özellikle orman alanlarının tarımsal kullanıma açılması atmosfere salınan CO₂ miktarının artmasına sebep olmaktadır. Orman arazilerinin tarımsal alana dönüştürülmesi toprakta depo edilen karbonun azalmasına, toprağın fiziksel ve kimyasal yapısının bozulmasına, toprakların su ve rüzgâr erozyonuna karşı duyarlılığının azalması ve verimliliğinin giderek azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle sürdürülebilir tarım teknikleri ile tarımsal üretim tekrardan gözden geçirilmelidir.

Son yıllarda yapılan çalışmalar, toprak C stoklarındaki hızlı oksidasyonun çevrede özellikle atmosferin kimyasında önemli değişmelere neden olduğunu ortaya koymuştur (Lugo ve Brown, 1993; Lal ve Logan, 1995; Lal, 2008). Atmosferdeki sera gazlarından özellikle CO₂'nin miktarındaki artış iklimi, bitkilerin fizyolojisini, toprağın mikrobiyal aktivitesini, organik maddenin oluşumunu ve parçalanmasını önemli ölçüde etkilemektedir (Peterson ve ark., 1998; Balesdent ve ark., 2000). Bir ekosistemde toprakta depolanan veya topraktan atmosfere salınan C miktarı, net ekosistem üretim ile ekosistemden atmosfere salınan toplam heterotrofik solunuma bağlıdır. Arazi kullanımına bağlı olarak yoğun toprak işleme, topraktaki organik C'in hızla oksidasyonuna neden olarak toprakların atmosferdeki CO₂ için bir kaynak olmasına neden olur (Paustian ve

ark., 1997; Six ve Jastrow, 2002; Kong ve ark., 2005; Bayer ve ark., 2006; Tristram ve Six, 2007). Toprakların yıllardır yapılan geleneksel toprak işleme sonucu başlangıç karbonunun yaklaşık %50'si kaybolmuş bulunmaktadır. Minimum ve sıfır sürüm tarım teknikleri organik C'in oksidasyonunu azaltarak net C kazanımı sağlar. Böylece çeşitli yollarla atmosfere salınmış olan C'nin yeniden toprakta depolanması sağlanabilir. Yüksek organik C aynı zamanda toprağın kalitesi ve verimliliğini de artırır (Ellert ve Bettany, 1995). Böylece topraklar atmosferdeki C'nin depolanması için iyi bir kaynak görevi görür (Koçyiğit, R., 2008). İşte bu sebepten dolayı karbon yönetimi önemlidir. Burada üzerinde durulması gereken konu küresel ısınma, sera gazlarının çevresel etkisi, giderek artan dünya nüfusunun kaynakları hızlı tüketimi ve bu tüketime yönelik sürdürülebilir tarım önlemlerinin alınmasıdır. Bütün bu tanımlar çerçevesinde karasal ekosistemde C yönetimi dünyada giderek önem kazanan bir konu haline gelmiştir. Karasal ekosistemde C yönetimi ile topraklarda C depolanması, arazi kullanımı ve tarımsal uygulamalarla net bitkisel üretimin artırılması ve heterotrofik solunumun azaltılması sonucu depolanan C miktarının artması hedeflenmektedir.

Bu kapsamda karbonun toprakta depolanması ve C dengesinin tekrardan oluşturulması için alınması gereken önlemler sıralanması gerekirse:

1. Fosil yakıtların kullanımına kısıtlamalar getirilmelidir. Bu kapsamda yerel yönetimlerde çevre bilinci artırılmalı toplu taşıma araçlarının elektrik doğalgaz gibi emisyon değerleri düşük modellerden oluşmasına dikkat edilmelidir. Enerji üretiminde fosil yakıt kullanımı azaltılarak yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimi desteklenmelidir.
2. Önlem olarak oluşan karbondioksitin tekrardan toprağa canlı organizmalar tarafından bağlanması teşvik edilmelidir. Bu iki yolla olabilir, yeni tarım alanlarının oluşturulması için orman alanlarının yok edilmesi önlenmeli ve tarım topraklarında arazinin çıplak kalmasına müsaade edilmemelidir. Nadasa bırakma yerine münavebeli ekim önerilmelidir. Münavebeli ekimde toprağa karbon bağlama hızı yüksek bitkiler seçilmelidir.
3. Radikal önlemlerden birisi olsa da çöl ve kurak alanların kontrollü yeşillendirilmesi de atmosferdeki karbondioksit miktarının azaltılmasında

önemli bir kazanım olabilir. Bu alanlara has doğal bitki örtüsünün ıslah edilmesi ile yetiştirme ortamlarının yeniden oluşturulması sağlanmalıdır.

4. Arazi kullanımı ve tarımsal uygulamalarla net bitkisel üretimin artırılması ve hetotrofik solunumun azaltılması sonucu depolanan C miktarının artması sağlanmalıdır. Örnek olarak ağaçlandırma çalışmaları, tarım arazilerinde minimum sürüm sistemlerinin uygulanması, mera ve otlakların ıslah edilerek iyileştirilmesi bitkide ve toprakta depolanan C miktarını artıracaktır.
5. Tasarruflu teknolojilerin kullanımını yaygınlaştırmak enerji sarfiyatı yüksek alet ve ekipmanlar yerine enerji tasarrufu yapan alet ekipmanların kullanımını teşvik etmek.
6. Toprak koruma tekniklerinin geliştirilmesini sağlamak.
7. Atmosferden CO₂'nin direk olarak tutularak karbon olarak depolanmasını sağlayacak tekniklerin geliştirilmesini sağlamak.
8. Fosil yakıtlar yerine hidrojenle çalışan araçların geliştirilmesi ve kullanımının artırılması. Her ülkede karbon depolama sistemlerinin geliştirilerek bu uygulamaların yaygınlaştırılmasının sağlanması.
9. Güneş ve su sistemlerinin enerji üretiminde kullanılması.
10. Çevreci nükleer enerji kullanımını artırmak.
11. Biyo-kütle kullanımını teşvik edilmelidir.
12. Enerjinin verimli bir şekilde kullanımına yönelik halk bilinçlendirilmelidir.

Bütün bu önlemler çerçevesinde ülkemiz ne oranda karbondioksit üretiyor veya toprakta var olan karbon miktarımız nedir? Bu soruların cevabının verilmesi için kantitatif ölçümlerin yapılması gerekmektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından şehir bazında emisyon ölçümleri yapılmış olsada, çevreyi ne oranda kirlettiğimiz veya atmosferik karbonu ne oranda depoladığımız hakkında yeterli bir çalışma yapılmamıştır. Mevcut çalışmalar ise ülke bazında karbon stok durumumuzu gösteren haritalardan öteye geçmemektedir.

1.1. Karbon ve Toprak İlişkisi

Toprak organik karbonunu canlı atıklarının ayrışması sonucu ortaya çıkan bir yapı olarak tanımlayabiliriz, aynı zamanda toprak organik C'si toprak organik maddesinin bileşenlerinden birisidir. Organik karbonu toprak hayvanları, toprakta yetişen bitkilerin kök ve gövde kalıntıları, ölü ve yaşayan mikro organizmalar, bitki kök salgıları vb. heterojen yapılar oluşturmaktadır. Toprak organik karbonu toprakta yaşayan canlıların birçoğu için besin kaynağıdır. Aynı zamanda toprak organik maddesinin yarısını organik C oluşturmaktadır.

Bitkilerin büyümesi için gerekli olan makro ve mikro bitki besin elementlerinin büyük bir bölümü toprak organik maddesi dolayısıyla toprak organik C'si vasıtasıyla sağlanır. Organik karbon kapsamı toprakların verimliliğini belirleyen en önemli faktördür. Toprak verimliliği ile toprak organik C miktarı arasında doğrusal bir ilişki vardır. Toprak organik C miktarı arttıkça toprak verimliliği de artmaktadır. Ayrıca toprakların organik C miktarı ile fiziksel özellikleri arasında da doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Organik C miktarı toprağın su tutma, havalanma kapasitesi, toprağın erken tava gelmesi gibi birçok fiziksel özelliğini olumlu yönde etkilemektedir. Topraktaki organik C miktarı ile toprak biyolojik yaşamı arasında önemli bir ilişki vardır. Toprak organik C'si toprakta yaşayan canlılar için bir besin kaynağı oluşturmaktadır. Besin miktarının yüksek olması toprak biyolojik yaşamını ve çeşitliliğini artırmaktadır. Toprak organik C'si aynı zamanda toprağın kimyasal yapısını etkileyerek katyon değişim kapasitesini artırır ve bitkiler tarafından kullanılan makro ve mikro besin elementlerinin alımını kolaylaştırır. Uygun koşullar altında bitkiler atmosferdeki C'nin büyük bir bölümünü organik C olarak bağlarlar ve bu durum atmosfere salınan CO₂ miktarının azalmasına yardımcı olur.

1.2. Toprak ve Atmosfer İlişkisi

Toprak karbon, azot ve kükürtün doğal döngüsünde önemli bir role sahiptir. Bu döngü atmosfer için çok önemlidir. Örneğin yağmur ile yer yüzüne ulaşan NO₃⁻ ve NH₄ bitki kökleri ve mikroorganizmalarca alınarak metabolizmalarında kullanılır. Canlıların bünyesinde aminoasitlere veya N₂, NO₂ gazlarına dönüştürülür. Bu gazlar difüzyon aracılığı ile tekrar atmosfere salınır. Bu süreç doğal koşullar altında denge halindedir. Bu şekilde azot gazı bir döngü ve denge içerisinde. Bununla beraber NO, NO₂ ve

NH₃ gibi azot gazları toprak tarafından adsorbe edilir. Topraklar aynı zamanda havayı kirleten kükürtdioksit, hidrojen sülfür, karbonmonoksit, ozon ve azot gazlarını da bünyelerine alarak atmosferin gaz yoğunluğunu etkilemektedir. Toprak, C döngüsünde de önemli görevler üstlenir. Toprakta depolanan organik C miktarı yeryüzündeki canlılarda depolanan C miktarından daha büyüktür. Toprakta organik maddenin oksidasyonu ve ayrışması sonucunda açığa çıkan CO₂ atmosferdeki C'nin ana kaynağını oluşturmaktadır. Ayrıca toprakta oluşan CO₂'nin bir kısmı kimyasal süreçler sonrası toprakta çözünerek karbonik asitlere daha sonra da toprağın pH'sına bağlı olarak bikarbonata ve karbonata dönüşmektedir. Küresel ısınma sonucu oluşan iklimsel değişiklikler, arazilerin amaç dışı kullanımı, aşırı toprak işleme gibi nedenlerden toprak organik C miktarı yıllara göre değişim göstermektedir. Bu değişimler ise atmosferin CO₂ konsantrasyonu etkilemektedir. Organik maddenin toprakta parçalanması öncelikle iklimsel faktörlere (sıcaklık ve yağış) bağlıdır. Bu parçalanmanın hızını toprak işleme sulama gibi faktörler de etkilemektedir. Örneğin Sibiryaya gibi aşırı soğuk bölgelerde düşük sıcaklıktan dolayı toprak organik maddesi parçalanamaz bu sebepten bu bölgelerin topraklarında organik madde miktarı ve buna bağlı olarak toprak organik C miktarı yüksektir. Topraklarda sıcaklık, aşırı yağış ve toprak işleme gibi müdahalelerle depo edilen toplam organik C miktarının yarısı oksidasyonla CO₂'ye dönüşür ve kaybolur. Buda atmosfere salınan CO₂ miktarının ve atmosferdeki CO₂ konsantrasyonunun artışına neden olmaktadır. Topraklarda organik C miktarı karbonifer zaman aralığında büyük değişime uğramıştır. Bu durumun o dönemde atmosferde var olan CO₂'yi büyük ölçüde etkilediği düşünülmektedir. Toprakların mineral yapısı, karbonlu bileşiklerin karbonatlar gibi kütleli boyutları, geçmişte atmosferde biriken CO₂ miktarının tahmin edilmesinde yardımcı olmaktadır.

1.3. Karasal Ekosistemde Karbon Yönetimi ve Önemi

Organik karbonun ekosistemde depolandığı ve tutulduğu alan toprak ve vejetasyondur. Tarım arazileri, orman ve çayırmera alanlarında yaşayan bitkilerin kök ve vejetatif kısımlarında organik C depo edilir. Bitkiler fotosentezle atmosferden aldıkları CO₂'i bünyelerinde organik bileşiklere dönüştürürler. Bu organik bileşikler bitkilerin ölmesi ile toprağa karışır ve toprakta uzun yıllar depolanabilmektedir. Bir ekosistemde toprakta depolanan organik C'nin miktarı ve depolanma süresine iklim (sıcaklık ve yağış), bitki örtüsü, toprağın fiziksel kimyasal özellikleri, erozyon, ana kaya, arazide uygulanan

amenajman sistemleri, meralarda otlatma gün sayısı ve orman arazilerinin tarım arazisi olarak kullanımı gibi birçok faktör etki eder. Toprak organik maddenin varlığına bağlı olarak organik C'nin depo edildiği önemli bir alandır. Uygun şartlar altında toprakta depo edilen organik C toprak içerisinde milyonlarca yıl muhafaza edilebilir. İklimsel değişiklikler özellikle sıcaklığın artması, tarım arazilerinde aşırı toprak işleme, aşırı sulama, mera arazilerinde aşırı otlatma, orman arazilerinin tarım arazisine dönüştürülmesi topraktaki organik C miktarının azalmasına neden olmaktadır.

Dünyada her yıl yaklaşık 25 milyar ton toprak erozyonla kaybolmaktadır (FAO, 1992). Bu toprakların %4 organik C içerdiğini düşünürsek yaklaşık 1 milyar ton organik C erozyonla uzaklaşmaktadır. Türkiye de ise akarsularla kaybettiğimiz yıllık toprak miktarı yılda yaklaşık 500 milyon tondur. Hektardan taşınan toprak miktarı ise 6 tondur (Anonim, 2011). Aynı oranlama ile erozyonla topraklarımızdan yılda 20 milyon ton organik C uzaklaşmaktadır. Toprakların mekanizasyon aletleri ile yoğun şekilde işlenmesi toprak agregatlarının dağılmasına ve bu agregatlarda bulunan organik maddenin mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılarak CO₂ olarak topraktan uzaklaşmasına sebep olmaktadır. Erozyon ve toprak işlemenin azaltılmasına yönelik uygulamalar ve araştırmalarla bu kayıpları en aza indirilebilir (Anonim, 2011).

Karasal ekosistemde C yönetimini tanımsal olarak izah etmek gerekirse, arazi kullanımı ve tarımsal uygulamalarda bitkisel üretimin artırılması, aynı zamanda hetotrofik solunumun azalması ile toprakta depo edilen C miktarının artırılması olarak tanımlanabilir. Toprakta oksijenin azalması ve buna bağlı olarak topraktaki solunumun yavaşlaması toprakta C'in miktarının artmasını sağlamaktadır. Ağaçlandırma ve bitki yoğunluğunun artması yüzeyde bitki döküntüsünde artışa ve toprağın ilk 15 cm'ne bağlanan C miktarının artmasına neden olmaktadır. Çayır mera alanlarında aşırı otlatmanın önlenmesi, bitki çeşitliliğinin artırılması, vejetasyon süresinin uzaması ve vejetasyon gelişimine yönelik gübreleme, sulama ve ıslah önlemlerinin geliştirilmesi metre kareye düşen bitki sayısını artırmaktadır. Buda mera arazilerinde toprağın ilk 15 cm kısmında depo edilen C miktarını artırmaktadır. Tarım arazilerinde aşırı toprak işleme ve aşırı sulama gibi faaliyetler depo edilen C miktarının azalmasına neden olmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, dünya yüzeyinde depo edilen organik C'nin hızlı bir şekilde oksidayona uğradığı ve bu oksidasyon sonucu atmosferdeki CO₂'nin konsantrasyonunun arttığı yönündedir. Atmosferdeki sera gazları özellikle CO₂'nin

miktarındaki artışın, iklimsel değişikliklere, sıcaklığın artmasına, buzulların erimesine, kutuplarda canlı yaşamın olumsuz etkilenmesine, bitkilerin fizyolojinin bozulmasına, toprak canlı yaşamının olumsuz etkilenmesine, toprak organik maddesinin oluşumu ve parçalanmasına önemli derecede etki ettiği bilinmektedir. Karasal ekosistemde toprakta depo edilen veya topraktan atmosfere salınan C miktarı, ekosistemin net üretimi ile ilgili önemli bilgileri vermektedir. Karasal ekosistemden atmosfere salınan C miktarı hetetrofik solunuma bağlıdır. Arazide uygulanan amenajman yöntemlerine bağlı olarak aşırı toprak işleme topraklardaki C'nin hızlı bir şekilde oksidasyona uğramasına neden olurken topraktan atmosfere salınan CO₂ emisyon miktarını da artırmaktadır. Yapılan çalışmalar tarım toplumlarının oluşması ve geleneksel toprak işleme yöntemlerinin uygulanmaya başladığı süreçten bugüne topraklarda depolanan organik C miktarının yarısından fazlasının atmosfere CO₂ olarak kaybedildiğini göstermektedir. Ayrıca minimum ve sıfır toprak işleme ile yapılan tarımsal faaliyetlerin toprakta depolanan organik C miktarını giderek artırdığı görülmektedir. Toprakta depolanan C miktarının artması atmosferdeki CO₂ miktarının azalmasına, dolayısı ile küresel ısınmanın çevreye olan olumsuz etkisinin minimize edilmesini sağlamaktadır. Uygun amenajman yöntemleri, planlı toprak işleme ve sulama topraklarda depolanan toplam organik C miktarını artırmaktadır. Bu ise toprak verimliliğini doğrudan etkileyerek bitkisel üretimin artmasına ve daha fazla bitkisel döküntü anlamına gelmektedir. Topraklar atmosferdeki C'nin depolanması için önemli yutak alanlarıdır. Giderek artan dünya nüfusunun enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla daha fazla alanda tarım yapılmaya ve enerji üretimi için daha fazla fosil yakıt tüketimine neden olmuştur. Bu durum atmosferin aşırı kirlenmesine, ozon tabakasının incelmeye ve dünyanın giderek ısınarak doğal dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Bu tüketim çılgınlığı daha insancıl, daha çevreci ve daha sürdürülebilir yöntemler kullanılarak karşılanmalıdır. Bu durum karasal ekosistemlerde C yönetiminin önemini artırmış ve bu tüketime yönelik sürdürülebilir tarımsal önlemlerin alınmasının önemini ortaya çıkarmıştır.

1.4. Karasal Ekosistemde Organik Karbon Miktarını Artırmak İçin Yapılması Gerekenler

Orman alanlarının tarım arazisine dönüştürülmesine izin verilmemeli ve ormanların korunması için gerekli özen gösterilmelidir. Ayrıca yeni orman alanlarının oluşturulması için çalışmalar başlatılmalıdır. Orman bölgelerinde depo edilen organik C

miktarının artırılması için orman ağaçlarında gençleştirme yapılmalıdır. Yeni entegrasyonu yapılacak orman alanlarında iğne yapraklı ağaçlar yerine, geniş yapraklı ve yaprağını döken ağaçlar tercih edilerek depo edilen organik C miktarının artırılması hedeflenmelidir. Geniş yapraklı ve her yıl yaprağını döken ormanların iğne yapraklı ormanlara nazaran depoladığı organik C miktarının yüksek olduğu bilinmektedir (Wilson ve ark., 2001). Geniş yapraklı ağaçlar daha fazla karbondioksiti organik birleşiklere dönüştürmektedir. Fotosentezin gerçekleşme oranı ile yaprak genişliği arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır (Wilson ve ark., 2001).

Mera alanlarının ıslahı ve bitki çeşitliliğine önem verilmelidir. Mera alanlarında aşırı otlatmadan kaçınılmalı otlatma için gerekli rotasyon planlamaları yapılmalıdır. Yıl içerisinde biyokütle üretimi yüksek olan mera bitkileri tercih edilmelidir.

Tarımsal alanlarda aşırı toprak işleme ve sulama yöntemlerinden kaçınılmalıdır. Toprak yüzeyi boş bırakılmamalı ve münavebeli ekim sistemleri devreye alınmalıdır. Su ve rüzgar erozyonu önlenerek bundan dolayı oluşacak organik C kaybı engellenmelidir. Ayrıca toprakta depo edilen karbonun toprak verimliliğine olan pozitif etkisi halka anlatılarak gerekli farkındalık oluşturulmalıdır.

1.5. Toprakların Organik Karbon Miktarını Etkileyen Faktörler

1.5.1. İklim

Yağış ve sıcaklık bölgesel anlamda topraktaki organik madde miktarına etki eden en önemli faktörlerdendir. Yağış miktarı yüksek olan hümid bölgelerde toprakların organik madde ve organik C miktarı genellikle yüksek çıkmaktadır. Bu bölge topraklarında bitkisel net üretim fazla olduğu için toprağa karışan bitkisel atık miktarı da o oranda fazladır. Bu durum toprak organik madde miktarının dolayısıyla organik C miktarının yüksek olmasını sağlar. Toprakta organik maddenin parçalanması için mikroorganizmaların yaşam koşullarının optimum seviyede olması gerekir. Bu sebepten yağışın fazla, sıcaklığın düşük olduğu iklimlerde organik madde ayrışamaz ve organik C değeri yüksektir. Yağış ve sıcaklığın yüksek olduğu iklim koşullarında toprak canlıları için optimum koşullar olduğundan organik maddenin humifikasyonu yüksektir. Bu iklime sahip topraklarda organik madde sürekli parçalanarak besin kaynağı olarak kullanıldığı için organik C içeriği düşüktür. Yağış miktarının düşük ve

sıcaklığın yüksek olduğu bölgelerde net bitkisel üretim düşük olduğundan organik C miktarı da düşüktür.

1.5.2. Toprak tekstürü

Toprağın ince bünyeye sahip olması organik madde ve C içeriği üzerine büyük etkiye sahiptir. Toprak kil içeriği ile organik maddesi arasında doğrusal pozitif bir ilişki vardır. Aynı iklim koşullarında kumlu ve killi toprakların organik C içeriği karşılaştırılmış ve kil kapsamı yüksek olan toprakların organik madde ve C içeriğinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum kil ve kolloidlerin organik materyalin etrafını sararak onu mikrobiyal faaliyetlerden koruması şeklinde yorumlanabilir (Christensen, 1992).

1.5.3. Arazi kullanımı

Organik C'in arazi kullanımı ile olan ilişkisi incelendiğinde çayır, mera ve orman arazilerinin organik C içerikleri tarım arazisine göre daha yüksektir. Doğal ekosistemlerde bitki döküntüleri ve yoğun kök sistemi toprağa ilave olan C miktarının yüksek olmasını sağlarken, aynı zamanda C'in fiziksel korunumuda diğer önemli bir etkidir. Tarım topraklarında yapılan toprak işlemede organik C içeriğinin düşük olmasının en önemli nedenidir.

1.5.4. Gübreleme

Kimyasal ve organik gübreler topraklara uygun oranlarda uygulandığı zaman toprakta eksik olan bitki besin elementlerini tamamlayarak bitkilerin daha sağlıklı gelişmesini sağlamaktadır. İyi gelişim göstermiş olan bitkilerin toprağa ilave etmiş olduğu organik C miktarı yüksek olmaktadır. Organik gübrelerle toprağa doğrudan organik madde ilavesinin yanında toprağın fiziksel yapısı iyileşmekte, toprağın verimliliği artmakta ve daha fazla organik C'in fiziksel olarak korunumu sağlanmaktadır. Özellikle bitki çeşitliği yüksek olan çayır mera alanlarında, mera ıslahıyla birlikte organik ve kimyasal gübrelerin kullanımı depo edilen organik C miktarını önemli miktarda artırmaktadır.

1.5.5. pH

Toprak reaksiyonu bitkiler ve toprak canlıları için önemli bir faktördür. Genellikle, hafif asit ve hafif alkalin pH aralığında hem bitkilerin gelişimi hem de toprak canlılarının yaşam koşulları optimum seviyededir. Toprak pH'sının aşırı alkali ve asit olduğu durumlarda bitkiler sağlıklı gelişemez ve aynı zamanda toprak canlıları da bu durumdan

olumsuz etkilenir. Bu nedenle toprak pH aralığının bitki gelişimi ve toprak canlıları için uygun olduğu koşullarda toprağa bağlanan C miktarı yüksek olacaktır.

1.5.6. Toprak işleme

Toprak işleme yöntemleri karbonun toprakta depolanmasında önemli bir etkiye sahiptir. Toprağın işlenmesi ile toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde değişimler meydana gelir. Toprağın işlenmesi ile havalanması artar, oksijen toprakta birçok kimyasal sürecin başlamasını sağlar, mikrobiyal faaliyetler hızlanır. Bütün bu gelişmeler toprakta depo edilen organik C'nin parçalanmasına katalizör etkisi yaratır ve sonuçta depo edilen C parçalanmaya başlar. Bu parçalanma bir kimyasal tepkimenin başlangıcıdır. Bu kimyasal tepkime sonucu su ve karbondioksit açığa çıkar, organik C oksidasyona uğrar, parçalanıp serbest hale geçen organik C toprak canlılarının enerji ihtiyacını karşılar ve aynı zamanda bir kısmı CO₂ olarak atmosfere bırakılır. Bu aslında doğal bir reaksiyon olmasına karşın istenen bir durum değildir. Toprakta organik C'nin depo ve muhafaza edilmesi kullanılmasından ziyade daha fazla tercih edilen bir durumdur. Fakat toprak işleme C'nin hızlı bir şekilde okside olarak CO₂ halinde atmosfere salınmasını hızlandırmaktadır. Bu durum toprakta tutulan C miktarının azalmasına, toprak sıcaklığının artmasına ve toprakta yaşayan mikroorganizmaların faaliyetlerinin hızlanmasına neden olur. Mikro organizma faaliyetlerinin artışı daha fazla besin talebini doğurur, bu da depo edilen organik C'nin daha fazla parçalanmasına sonuç olarak daha fazla CO₂'nin atmosfere salınımına neden olmaktadır. İşlenmeyen topraklarda ise durum tam tersi olup ortamda hava, su, sıcaklık gibi etkenlerin sınırlı oluşu organik C'nin parçalanmasını sınırlamakta ve toprakta organik C'nin birikmesini sağlamaktadır. Plaza-Bonilla ve ark. (2010) yaptıkları araştırmada yarı kurak Akdeniz topraklarında toprak işlemenin depo edilen organik C üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda toprağın ilk 40 cm de depolanan C miktarının düşük olduğu tespit edilmiştir. Toprak işleme yapılmayan bölgelerde ise depo edilen toplam organik C miktarının muhafaza edildiği ve diğer topraklara nazaran daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Başka bir çalışmada ise geleneksel toprak işleme ile azaltılmış toprak işleme karşılaştırılmış ve azaltılmış toprak işlemenin daha fazla C depolanması sağladığı görülmüştür (Soltysova ve Danilovic, 2011).

1.5.7. Ekim nöbeti

Toprak işleme ve ekim nöbetinin organik C üzerine olan etkisi birçok araştırmacı tarafından araştırılmıştır. İşlemeli tarım yapılan toprak ile işlenmeyen toprak arasında organik C bakımından önemli farklar olduğu ve işlenmeyen topraklarda organik C'in ilk 30 cm kısımda daha fazla olduğu, fakat profil bazında depolanan organik C'in miktarında bir değişimin olmadığı gözlemlenmiştir. Yine aynı çalışmada ekim nöbeti ile nadasa bırakılan topraklar karşılaştırıldığında ekim nöbeti yapılan bitkilerde dikkate alındığında, ekim nöbeti yapılan arazilerde daha fazla C'in depolandığı görülmektedir (Havlin ve ark. 1990). Yapılan bir başka araştırmada, mısır-soya fasulyesi münavebesinde organik C'in parçalanmasının azaldığı ve organik C miktarının arttığı görülmüştür (Varvel ve ark. 2010). Toprak işleme sistemleri ve ekim nöbeti toprak organik C miktarının yanında toprakta tutulan besin maddesi miktarını ve alınabilirliğini de etkilemektedir. Toprak işleme yapılmayan ve münavebe uygulan topraklarda organik C miktarı ve alınabilir besin maddesi miktarı yüksektir (Mahdi ve ark. 2005).

1.6. Tarım Topraklarının Karbon Depolama Potansiyeli

1.6.1. Kompotatif potansiyel

Tanımsal olarak kompotatif potansiyel çok fazla özel bir çaba ve gayret göstermeksizin tarım topraklarında depolanabilecek organik C düzeyini belirtmektedir. Bu mevcutta var olan toprak yönetim sistemlerinin yerinde ve uygun kullanımı ile ulaşılabilecek bir potansiyele işaret etmektedir. Sulama yapılan alanlarda damlama sulama yöntemlerinin tercih edilmesi, nadas uygulaması yerine münavebeli ekim yapılması, toprak işleme yapılan yerlerde azaltılmış veya sıfır toprak işlemenin yapılması gibi uygulamalar kompotatif potansiyele ulaşmada yardımcı olacaktır. Bu uygulamaların ürün ve üreticiye önemli bir maliyeti olmayacaktır. Hatta bu uygulamalar altında üretilen ürünlerin piyasada rekabet güçleri daha yüksek olacaktır. Bu uygulamalar ile toprakta önemli bir miktarda C'in depolanması sağlanmış olacaktır.

1.6.2. Ekonomik potansiyel

Tarım topraklarında kompotatif potansiyelden sonra ulaşılabilecek diğer bir potansiyel ekonomik potansiyeldir. Ekonomik olarak işletmeye önemli bir yük oluşturmayan ve bir dizi düzenleme ve yeniliklerle ulaşılabilecek bir potansiyele işaret etmektedir. Ekonomik potansiyel İşletmede enerji kaynaklarının çeşitliliğinin artırılması ve

yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin bir şekilde kullanımının yanında, az enerji tüketen alet ve ekipmanların tercih edilmesi olarak tanımlanır. Tarımsal üretimde kullanılan alet ve ekipmanların solar ve elektrik enerjisi ile çalışan modellerinin yaygınlaştırılması buna bir örnektir. Üreticiye depoladığı C miktarınca C kredisi verilmesi ekonomik potansiyele ulaşmamıza yardımcı olacaktır. Bu yöntem ve tekniklerin uygulanması uzun vadede tarımsal üretim için fazladan bir maliyet oluşturmayacaktır.

1.6.3. Teknik potansiyel

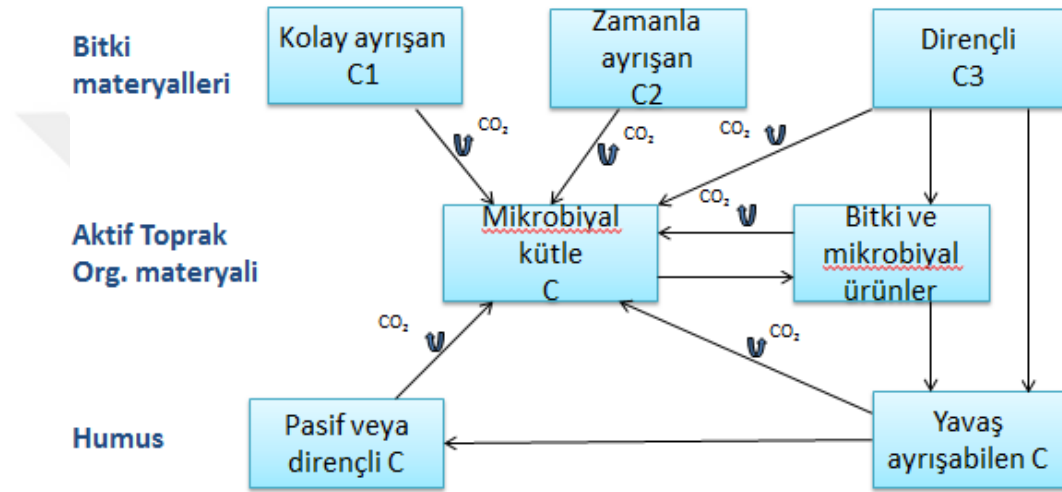
Teknik potansiyel çoğunlukla tarım topraklarında ulaşılması zor fakat bir takım mühendislik uygulamalarıyla mümkün olabilecek potansiyeli işaret etmektedir. Teknik potansiyele ulaşmanın ülkeye ve işletmelere önemli bir maliyeti söz konusu olacaktır. Bu potansiyele ulaşmak için yeni teknik ve teknolojilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Örneğin yenilenebilir enerji kaynaklarıyla birlikte alternatif enerji kaynaklarının kullanımı, fosil yakıtların terk edilerek nükleer ve hidrojen enerjisinin taşımacılıkta kullanılması. Önceki potansiyellerle birlikte teknik potansiyelinde hayata geçirilmesi tarım topraklarında depolanan C miktarını maksimum seviyeye ulaştıracaktır. Böylece atmosfere salınan CO₂ miktarının azaltılmasının yanında her yıl önemli bir miktarda C da atmosferden toprağa bağlanmış olacaktır. Bu sayede topraklarımızın verimliliği tarımsal kullanıma açılmadan önceki haline ulaşmış olacaktır.

1.7. Organik Karbon Fraksiyonları

1.7.1. Biyolojik karbon fraksiyonu

Toprağa karışan hayvansal ve bitkisel atıklar öncelikle küçük parçacıklara ayrılırlar, daha sonra çürükçül canlıların salgılamış oldukları enzimler vasıtasıyla hücre zarları parçalanarak aromatik bileşikler açığa çıkar. Bu olaylar toprak faunası tarafından gerçekleşmektedir. Karbonhidrat ve nişasta gibi ilk önce suda kolaylıkla çözülen bileşikler ayrışırlar, geriye çözünmeyen ya da zor parçalanan selüloz ve lignince zengin yapılar kalır. Daha sonra mikro organizmalar yardımı ile selülöz polisakkaritlere, mantarlar sayesinde ligninler ise fenollere ayrışır. Hidroliz olayları, enzimlerin etkisi ve bakterilerin yardımı ile nişasta, selüloz, hemiselüloz ve pektin maddeleri monosakkaritlere kadar parçalanır. Proteaz enzimleri, hidrolitik katalitik etkiler sonucunda proteinleri polipeptitlere, peptitler ve amino asitlere kadar parçalar. Peptitler

ise birçok kimyasal süreçten sonra proteinlere, fosfatlara, sakkaritlere ve nükleik asitlere kadar parçalanırlar. Protein ve azotlu bileşikler çeşitli olaylar sonucunda küçük molekülü aminlere, aldehitlere, alkollere ve amonyum şekline dönüşür. Açığa çıkan bu bileşikler yine çeşitli polimerizasyon olayları sonucunda daha kompleks molekül ağırlıkları yüksek daha dirençli olan çeşitli melamin, amino, naftokinon, fenoller ve türleri gibi kompleks yapıları oluşturur bunlara humuslu bileşikler adı verilir.



Şekil 1.7. Biyolojik Karbon Fraksiyonları

Şekil 1.7.'de görüldüğü üzere bitkisel atıkların ayrışma durumuna göre toprak içerisinde var olan biyolojik karbon fraksiyonlarına dağılımı görülmektedir. Bu biyolojik süreç toprağa ilave olan organik materyalin ayrışma durumuna göre organik C'nin önemli fraksiyonları olan aktif, pasif ve yavaş ayrışabilen fraksiyonların oluşumunu sağlar. Aktif organik C oransal olarak çok küçük olmasına rağmen toprakta en dinamik C fraksiyonunu oluşturmaktadır. Çoğunlukla toprak organizmalarına bağlı C olarak bilinir ve yıl içerisinde miktarı çok hızlı değişebilmektedir. Bu fraksiyon aynı zamanda diğer fraksiyonlardaki çok sıkı bir etkileşim halindedir. Arazi kullanım türüne bağlı olarak bu fraksiyonun miktarı ve büyüklüğü değişmektedir. Genellikle tarım topraklarında daha küçük iken doğal ekosistemlerde daha büyük bir oranı oluşturmaktadır. Pasif veya dirençli organik C, ayrışması zor çoğunlukla lignin ve fenol gurubu bileşiklerden oluşmaktadır. Aynı zamanda toprakta fiziksel olarak korunan karbondaki bu fraksiyon içerisinde bulunmaktadır. Bu fraksiyon dirençli olmasına rağmen zaman içerisinde organizmalar tarafından az da olsa bir değişime uğramakta ve organik C'nin en büyük

fraksiyonunu oluşturmaktadır. Bu fraksiyonun korunumu toprak organik C açısından büyük önem arz etmektedir. Yavaş ayrışabilen organik C fraksiyonu yıl içerisinde mineralize olabilen organik C miktarını göstermektedir. Toprakta uygun sıcaklık ve nem koşulları oluştuğunda ayrışmaya uğrayarak CO₂ halinde atmosfere dahil olabilmektedir. Büyüklük bakımından aktif ve pasif fraksiyonun arasında bir büyüklüğe sahiptir. Doğal ekosistemlerden işlemeli tarıma doğru gidildiğinde bu fraksiyonun oranı artmaktadır. Toprak işleme aletleri bu fraksiyonun oranını artırmaktadır. Topraklarda depolanan organik C miktarının artması pasif veya dirençli fraksiyondaki C miktarıyla yakından ilişkilidir.

1.7.2. Fiziksel karbon fraksiyonları

Partikül organik karbon

Topraktaki tanecikler arasında korunan farklı boyutlara sahip olan organik C dir. Genellikle fiziksel olarak agregatlar arasında korunan organik C olarak bilinir. Aynı zamanda bir kısmı toprak tanecikleriyle kimyasal bağlar yaparak da toprakta korunmaktadır. Topraktaki C'nin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Genellikle doğal ekosistemlerde C'in önemli bir kısmı bu şekilde korunmakta ve toprak işleme gibi tarımsal faaliyetlerden olumsuz şekilde etkilenmektedir.

Çözünmüş organik karbon

Çözünmüş organik C toprak suyuyla kolayca çözülerek hareket etme yeteneğine sahiptir. Genellikle suda çözünebilir karbonhidrat veya organik bileşiklere bağlı C olarak bilinir. Toprak içerisinde suda çözülerek alt katmanlara doğru hareket etme yeteneğine sahiptir. Böylece toprağın alt katmanlarında bulunan organizmaların C ihtiyacının önemli bir kısmını oluşturur. Toprağın C fraksiyonu içerisindeki oranı çok küçük olmakla beraber oldukça hareketli ve organizmalar tarafından kolayca kullanılmaktadır. Doğal ekosistemlerde tarım topraklarına göre genellikle oransal ve miktar olarak daha büyüktür.

Serbest organik karbon

Toprak içerisinde fiziksel ve kimyasal olarak herhangi bir korunuma sahip olmayan organik C dir. Genellikle taze organik döküntülerden oluşan C olarak bilinir. Bitkisel ve hayvansal atıkların bir kısmı, toprak içerisindeki taneciklerle herhangi bir fiziksel

korunuma girmeden serbest olarak çeşitli boyutlarda bulunabilmektedir. Bu durum genellikle kil içeriği düşük olan topraklarda daha yaygındır. Serbest organik C toprak içerisinde korunmadığı için mikroorganizmalar tarafından hızla ayrışmaya ve değişime uğramaktadır. Zamanla değişime uğrayan organik C'in bir kısmı serbest halden korumalı C fraksiyonlarına transfer olmaktadır. Serbest organik C fraksiyonu partikül organik C'ye göre oldukça küçük bir fraksiyonu oluşturmaktadır.

1.8. Organik Karbonun Verimliliğe Olan Etkisi

Organik C toprağın kimyasal, fiziksel ve biyolojik özellikleri üzerine doğrudan etki ederek bitki gelişimini teşvik eder. Toprak organik maddesi bitki gelişimi için gerekli olan makro ve mikro bitki besin elementlerinin büyük bir kısmını içermektedir.

Toprağın canlı yaşamı için enerji kaynağı olarak hizmet eder. Toprakların fiziksel yapısının iyileşmesine katkı sağlar. Toprakların su tutma kapasitesi, havalanma ve permobilitiyi artırmaktadır. Humus bitkilerin ihtiyacı olan makro ve mikro besin elementlerinin bitkiler tarafından kolayca alınmasını sağlarken, toprakta kirletici vasfında olan ağır metal ve ilaç kalıntılarının bitkilere olan zararını minimize eder. İliman bölge topraklarında makro besin elementi ihtiyacının neredeyse tamamı toprak organik maddesi tarafından karşılanır. Toprak organik maddesi fulvik asitler yardımı ile Fe^{+2} , Cu^{+2} , Zn^{+2} gibi birçok mikro besin elementleri ile düşük moleküllü organik bileşikler oluşturarak onların toprakta yarayışsız bileşikler oluşturmalarına müsaade etmezler. Aynı zamanda toprakta bitkiler için toksik seviyede bulunan Cd^{+2} , Ni^{+2} ve Hg^{+2} gibi elementlerin topraktaki toksite seviyesini düşürürler. Toprak organik maddesi toprakların fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesinde de önemli rol oynamaktadır. Aşırı toprak işlemeden kaynaklı sütrüktürel yapısı bozulmuş toprakları rehabilite eder. Kumlu topraklarda agregat oluşumunu teşvik eder ve bu topraklarda su tutma kapasitesini artırır. Ayrıca topraklarda organik kolloid görevi görerek katyon değişim kapasitesini artırır.

1.9. Küresel Isınmaya Karbonun Etkisi

Atmosfer su buharı ve çeşitli gazlardan oluşan bir yapıya sahiptir. Karbondioksit, kloroflorokarbon gibi sera gazları, yer yüzünden yansıyan kızıl ötesi ışınmaları emerek atmosferden dışarıya çıkmasını engellerler bu duruma gazların sera etkisi denilmektedir. Bu emilim, atmosferin ısınmasına neden olur. Sera etkisi dünya toprak yüzeyinin

giderek sıcaklığının artmasına neden olmaktadır. Bu durum ise gelecekte iklimlerde değişimlere, mevsimlerin kayması ve buzulların erimesi gibi önlenemez felaketlerin oluşmasına neden olacaktır (Shine ve ark. 2005). Sera gazları küresel ısınmanın en önemli nedenidir. Küresel ısınma, dünya çapında genel olarak sıcaklığın artması olarak tanımlanmaktadır. Küresel ısınma atmosferdeki sera gazlarının yoğunluğunun artmasıyla meydana gelmektedir. Küresel ısınmaya neden olan sera gazları içerisinde en büyük paya sahip olan CO₂ toplam sera gazlarının %80'ini oluşturmaktadır (NCESD, 2003). Yapılan araştırmalara göre, atmosferik CO₂ konsantrasyonu 420.000 yıl içerisindeki en yüksek seviyesindedir (Sterman ve ark., 2012).

Birleşmiş Milletler ve Dünya Meteoroloji Örgütü tarafından kurulan IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) çevreyle ilgili bir dizi önemli sonuçları içeren raporlar hazırlamıştır. IPCC'nin kurulmasıyla küresel ısınma sorunu için bilimsel bir alt yapı oluşturulmaya çalışılmış ve küresel anlamda tartışılır hale gelebilmiştir. Atmosferdeki CO₂ miktarı %0.04 seviyesini aşmış (Werner ve ark, 2006), dünyanın ortalama yüzey sıcaklığının son yüz yıl içerisinde 0.6°C ve son 40 yıl içerisinde de 0.2 ile 0.3°C arttığı konusunda genel bir mutabakata varılmıştır (Bertrand ve ark., 2002). IPCC tarafından hazırlanan emisyon senaryolarına göre, 2100 yılında atmosferdeki CO₂ miktarının 550 ppm'e yükseleceği, küresel hava sıcaklığının 2 °C artacağı öngörülmektedir (Huesemann, 2006). 1968 yılında 323 ppm olan CO₂ miktarı, 2018 yılında 407 ppm'e yükselmiştir. Okyanuslar sera gazlarının yol açtığı ısınma oranının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Zhang ve ark., 2007b). Geçtiğimiz yüzyılda deniz seviyesi ortalama 10-25 cm yükselmiştir. Bu durum atmosferin ortalama sıcaklığının 0.5-0.8 °C yükselmesi ile yakından ilişkilidir. Deniz seviyesinin 2100 yılına kadar 15-95 cm yükseleceği öngörülmektedir (Miroğlu, 2011).

Dünyada var olan ve giderek atmosferde miktarı artış gösteren CO₂ gazının atmosferden toprağa bağlanması amacı ile fotosentez teşvik edilmelidir. Bu hususta bitkilerin fotosentez koşulları iyileştirilmeli açık alanlarda münavebeli ekim yapılmalı ormansızlaştırma politikalarından vaz geçilmelidir. Fotosentez ile organik C bağlama kapasitesi yüksek olan geniş yapraklı ağaçların dikimi artırılarak atmosferdeki karbondioksit miktarının azaltılması için çaba gösterilmelidir. Ayrıca toprakta var olan organik C miktarının artırılmasına yönelik yeni amenajman yöntemleri geliştirilerek, bir

nebze olsun toprak solunumu ile parçalanmış organik madde ve bunun sonucunda açığa çıkan karbondioksit miktarı kontrol altına alınmalıdır.

Bu çalışmanın amacı farklı iklim koşulları (kurak, yarı kurak ve hümud) ve arazi kullanımlarında toprak organik C miktarındaki değişimin Century modeli kullanılarak uzun süreli tahmin edilmesi ve bu tahmin edilen değerlerin iki yıllık arazi ölçüleriyle karşılaştırılmasıdır. Ayrıca sıcaklıktaki %10 artış ve yağıştaki azalmanın organik C üzerine olan etkisi; farklı tekstür ve pH guruplarında oluşan değişimler tahmin edilmiştir.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Singh ve ark. (2014) İklim değişikliği ve küresel ısınmanın toplum sağlığı üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarında sera gazlarının kızıl ötesi radyasyonu tutarak dünya sıcaklığının giderek artmasına neden olduğunu tespit etmişlerdir. Dünya yüzeyinin sıcaklığının 1980 yılından buyana ortalama 0.8 C° arttığı, sera gazları içerisinde ana etkiyi su buharının oluşturduğu bunu karbondioksit, metan ve ozonun takip ettiği, bu sera gazı etkisine su buharının katkısının %36-70, karbondioksitin %9-26, metanın %4-9 ve ozonun %3-7 arasında olduğunu belirtmişlerdir. Endüstriyel devrim, insan etkisi gibi faaliyetlerin 1970'den bu yana atmosferdeki sera gazı konsantrasyonunu %36'dan %148'e kadar yükselttiğini tespit etmişlerdir. Küresel ısınma ve iklimsel değişikliği çevreyi, sosyo ekonomiyi ve insan sağlığını doğrudan etkilemektedir. Kutuplarda ve okyanuslarda buzulların erimesi, yer yüzü sıcaklığının artması, aşırı yağışlar ve iklimler arası geçişlerde sıcaklıkların değişimi gibi çevresel sorunlar küresel ısınmadan kaynaklanmaktadır. Bu durumların ise insan ve canlıların sağlığını olumsuz yönde etkilediğini rapor etmişlerdir.

Küresel ısınmanın tezahürü sonucu buzulların erimesi ile deniz seviyesinin 4 metre yükselmesiyle, 1.7 milyon km² alanın sular altında kalacağını, buda kıyı şeridi olan ülkelerin taşkınlarla karşı karşıya kalacağı anlamına gelmektedir (Rowley ve ark., 2007).

Cox ve ark. (2000) Antarktika kıtasında buzullarda yaptıkları araştırmada buzulların her bir metresinden aldıkları örnekleri incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda geçmiş 400.000 yılda CO₂ ve iklimsel sıcaklıkları hakkında bilgi sahibi olmuşlardır. CO₂ ve sıcaklık arasında yüksek oranda korelasyon olduğunu saptamışlardır. Bu kolaratif ilişkiye göre sıcaklığın artması ile atmosferdeki CO₂ miktarında da artışlar gözlemlenmiştir.

Andersson ve ark. (2006) Atmosferik CO₂'nin okyanuslar üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan CO₂'nin giderek artması okyanus suyunun pH'sının azalmasına neden olduğu, bunun ise okyanus canlılarının yaşam kalitesini olumsuz yönde etkilediğini belirtmişlerdir. Özellikle atmosferdeki CO₂'nin okyanuslarda depo edilmesinde önemli bir yere sahip olan mercan resiflerinin bundan olumsuz etkilendiğini ve gelecekte okyanuslarda depo edilen C miktarının

azalabileceğini işaret etmişlerdir. Bu durumun CO₂'nin çevreye olan zararının giderek artacağı öngörmüşlerdir.

Sitaula ve ark. (1995) iğne yapraklı ağaçlardan oluşan orman arazisinde toprak asitliğinin N₂O ve CO₂ emisyonu üzerine etkisini araştırmışlardır. Toprak canlı yaşamı üzerine pH'nın etkili olduğunu gözlemlemişlerdir. pH'nın 3 ten 4 çıkmasıyla topraklardan salınan CO₂ çıkışının 2-12 kata kadar daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Curson ve ark. (2018) iklim değişikliği ve küresel ısınmanın insan sağlığı üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Bu küresel çapta yaptıkları araştırma sonucunda küresel ısınma ve iklim değişikliğinin insan sağlığı üzerine doğrudan ve dolaylı etkisinin olduğunu belirtmişlerdir. Doğrudan etki olarak sıcaklıkların artmasıyla insan yaşamında iklimsel konforun değişeceği, yaşam koşullarının olumsuz etkileneceği, dolaylı olarak özellikle tropik bölgelerde sivri sinekler yardımı ile bulaşıcı hastalıkların artacağı, alerjiye neden olan toz, polen ve fungal sporlarda artış ile yaşam kalitesinin düşeceği ileri sürülmüştür.

Ebi ve ark. (2013) iklimsel değişikliklerinin insan sağlığı üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Birçok sağlık sorununun iklimsel dalgalanmalardan kaynaklandığı, iklim değişikliklerinin kalp, solunum yolları ve bulaşıcı hastalıklara neden olduğu ileri sürülmüştür. Ayrıca bulaşıcı hastalıklarda kullanılan ilaçların etkisinin giderek azalmasına, iklimsel değişikliklerin de katkısı olduğu belirtilmiştir.

Luiz ve ark. (2003) toprak organik maddesini farklı havzalarda inceleyerek toprağın sahip olduğu besin içeriği, yapısı ve atmosfer ile toprak yüzeyi arasındaki gaz geçişlerini incelemişlerdir. Bu incelemeyi özellikle tropik topraklar üzerinde gerçekleştirmişlerdir. Toprak organik maddesinin ayrışması ve toplam miktarını tespit etmek için Century modeli kullanılmıştır. Bu çalışma asit tropik topraklarda toprak işleme yapılan ve yapılmayan alanda yürütülmüştür. Century modeli kullanılarak C stokları hakkında fikir sahibi olunmuştur. Asit tropik bölge topraklarında Century modeli organik C tahmin edilmesinde başarı göstermiş ve aktif ve pasif karbondaki değişim görülmüştür. Century modeli ile simüle edilen organik C miktarı ile ölçülen değerler arasında %5'lik bir fark olduğu görülmüştür. Tropik bölgelerde organik madde dinamiklerinin simülasyonu yüksek bir performans göstermiştir.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında 1900-2100 yılları arasında toprak organik C miktarındaki değişimi gözlemleyip tahmin etmek amacıyla Sudan'da yarı kurak koşullarda çalışmışlardır. Çalışma alanı düşük girdili darı, susam, sorgun ve otlaklardan oluşmaktadır. Bu çalışmada iklimsel ve mekansal veritabanları, toprak bitki örtüsü ve toprak tekstürü incelenmiştir. Bölge özellikleri ve iklimsel veriler gibi gerekli veriler toplanarak Century modeliyle geçmişe ve geleceğe dönük organik C tahminlerinde bulunulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre iklim, toprak, ürün yetiştirme periyodunun yoğunluğu, nadasa bırakma periyotları, anız yakma ve otlatma yoğunluğu toprak organik C farklılığına etki etmektedir. Çayır mera alanlarında toprakta organik karbon miktarında oluşan farklılıklar otlatma yoğunluğu ve anız yakma sıklığına bağlı olarak değiştiğini, toprak yönetiminin gelecekte organik C miktarını olumlu yönde etkileyeceğini öne sürülmüştür (Jonas ve Lennart, 2003).

Toprakta var olan C stok durumunu ulusal ve yerel çapta tahmin edilmiştir. Century ekosistem modeli ile Hindistan'daki verimli ovaların çevre koşullarına bağlı olarak organik C değişimi modellenmiştir. Ovalar uzun süreli gübreleme yapılan alanlar olarak belirlenmiş ve Century modeli için gerekli olan bütün veriler programa girilerek model çalıştırılmıştır. Çalışma pirinç ve buğday yetiştiriciliği yapılan iki farklı iklim koşuluna sahip bölgede yürütülmüştür. Çalışma alanları yıllık yağış miktarına göre kurak ve hümid bölge olarak sınıflandırılmıştır. Her iki bölgeye de organik ve inorganik gübre uygulamaları yapılmıştır. En iyi tahminler hümid bölgelerde elde edilmiş, bu bölgelerde Century modellemesinin performansı daha iyi olmuştur. Hümid bölgelerde tahminlerin daha iyi çıkması bölgelerin geçmişi ile ilgili olabileceği düşünülmüştür. Gelecekte modelin performansına yönelik farklı bölgelerden elde edilen veriler yardımı ile daha sağlıklı ve kesin sonuçların elde edilmesi mümkündür (Bhattacharyya ve ark., 2007).

Wang ve ark. (2011) organik karbonun toprağın kalitesi ve atmosferdeki sera gazına olan etkilerini araştırmışlardır. Çin'in arazi varlığının %70 den fazlası kurak iklim arazilerinden oluşmaktadır. Bu kurak iklim arazileri atmosfere karbondioksit salınmasında yani sera gazı emisyonlarında önemli rol oynamaktadır. Çalışmalarında 4109 adet kurak bölge poligonu oluşturulmuştur. Bu poligonlarda 1:500000'lik haritalardan yararlanarak yüzey topraklarının analizi yapılmıştır. Bu çalışmayı desteklemek adına Century modelinden yararlanılarak organik C dinamikleri incelenmiştir. Dikkate değer iki önemli olguyla karşılaşmıştır. İl bazında yapılan

çalışmalarda kurak bölge topraklarında organik C dinamiklerinin belirlenmesinde Century modellemesinin çok iyi sonuçlar verdiği görölmüştür. Simölasyon kurak bölge topraklarında organik C yoğunluğunun giderek artığını göstermiştir. Organik C miktarının 1980’li yıllarda 18.77 Mg C/ha iken bu değerin 2011 yılında 23.99 MgC/ha ulaştığını göstermiştir.

Century modeli ile Çin’de mollisol tarım arazisinde organik C miktarındaki değişim tahmin edilmiştir. Simölasyon için gerekli olan veriler Çin Bilimsel Akademisi Agro-Ekoloji deney istasyonu tarafından sağlanmıştır. Sonuç olarak toprakta var olan organik C miktarı hızlı bir şekilde parçalanarak azalmaktadır. Her yıl organik C miktarı bir önceki yıla nazaran %8.91 oranında azalmakta olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada farklı tarımsal uygulamaların organik C miktarına olan etkisi de araştırılmıştır. Münavebeli tarım yapılan yerlerde yıllık organik C miktarındaki düşüşün %5.97 olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca organik tarım yapılan alanlardaki organik C miktarındaki düşüş oranı %0.95, biyodizel üretimi yapılan tarım arazilerinde ise organik C miktarındaki düşüş oranı %1.72 olarak tespit edilmiştir. Münavebeli olarak organik tarım ve biyodizel üretimi yapılan yerlerde organik C miktarındaki azalma %0.11 olduğu görölmüştür (Sheng ve ark., 2008).

Lugato ve ark. (2014) Avrupa da (Sırbistan, Bosna ve Hersek, Hırvatistan, Karadağ, Makedonya Norveç, Arnavutluk ve Eski Yugoslav Cumhuriyeti) Century modeliyle organik C miktarındaki değişimi belirlemişlerdir. çalışmalarında tarım arazisi, çayır mera ve meyve bahçeleri seçilmiş ve organik karbonun iklim verileri ile değişimleri incelenmiştir. Modellemede yaklaşık 20.000 toprak örneği kullanılmış ve sonuç olarak toprağın ilk 30 cm kısmında organik C’in giderek azaldığı, organik C’in parçalanarak CO₂ atmosferdeki konsantrasyonun artmasına neden olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak, Avrupa ölkelerinde gelecekte hem tarım hem de çevre konularında en önemli sorunun organik C miktarındaki değişim olacağını belirtmişlerdir.

Zhao ve Tans, (2006) Karbon piyasasına coğrafik bir yaklaşımla organik karbonunun ayrışması ve emisyon değerinin dengelenmesi amacı ile Florida da bir araştırma gerçekteşirmişlerdir. Vejetasyona bağlı olarak C miktarının mekânsal dağılımı ve emisyon tahminleri yapılmıştır. çalışmada özellikle C emisyonu oluşturan evsel enerji kullanımı ve petrokimyasal ürünlerin oluşturmuş olduğu emisyon değerleri

incelenmiştir. Bu incelemelerinde var olan emisyon değerleri parçalanmış organik C oranları ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak hem tüketilen C kaynakları hem de oluşturulan emisyon değerleri aşırı yüksek bulunmuştur.

Benbi ve Brar, (2009) toprak özellikleri ve organik C parçalanması üzerine 25 yıllık bir araştırma yapmış, ayrıca devamlı tarım yapılan alanlarda yüksek besin talebinin toprak organik C miktarı ve toprak özelliklerine etkisi araştırmışlardır. Buğday ve çeltik tarımı yapılan 25 yıllık alanda organik C, alınabilir fosfor ve potasyum ve toprak pH'sının yıllara bağlı olarak artış gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Farklı iklim koşulları, toprak işleme ve toprak yönetim koşullarında toprak organik C miktarının depolanma durumunu incelenmiş. Yapılan araştırma sonucunda toprak organik C miktarının değiştiğini tespit etmişlerdir. Özellikle kurak iklim koşullarında toprak işleme yapılmayan arazilerde depolanan organik C miktarının arttığı, nemli ve toprak işleme yapılan arazilerde organik C miktarının giderek azaldığını gözlemlemişlerdir (Ogle ve ark., 2004).

Ağaçlandırma yapılan tropik ve yarı ılıman bölgelerde toprak organik C miktarı ve karbonun fraksiyonlarındaki değişimler incelenmiş, ağaçlandırma yapılan her iki iklim koşulu altındaki bölgede toprak organik C miktarının arttığını tespit etmişlerdir. Aktif ve pasif C miktarında da bir değişimin olmadığını gözlemlemişlerdir. Karbon değişimlerinin gözlenmesi amacı ile Century modelinden yararlanmışlardır (Oelbermann ve Voroney, 2011).

Amenajman tabanlı modellerin tarım topraklarında organik karbon üzerine olan etkisi çeşitli ölçeklerde test edilmiştir. Bu çalışmada Century modeli ile yapılan organik C miktarı tahmininin ne denli doğru olup olmadığı belirlenmiştir. Fransa da 25 farklı bölgede benzer senaryolarla toprak organik C miktarı tahmin edilmiştir. Modelle tahmin edilen organik C miktarı ile ölçülen arasında farkın önemli olmadığı tespit edilmiştir (Dimassia ve ark., 2018).

Oelbermann ve ark. (2004) Kostarika ve Kanada'da yapmış oldukları çalışmada organik C miktarındaki yüz yıllık değişim Century modeli ile tahmin edilmiştir. Tarım arazisi ve tropik bölgelerde toprakta depo edilen organik C miktarının istatistiki olarak arttığı tahmin edilmiştir.

Hindistan'da yarı kurak ve subtropikal arazilerde Century modeli ile organik C miktarındaki değişim incelemiştir. Bu kapsamda Uttar Pradesh bölgesinde farklı bitki desenlerinde incelemelerde bulunmuşlardır. Bu bölge toprakları yıllık ortalama 800 mm yağış almakta ve sıcaklık yıllık maksimum 35 C°, minimum 6.7 C° dir. Depo edilen organik C miktarının 100 yıl sonraki durumu büyükten küçüğe doğru pirinç, şeker kamışı, mısır ve kanola tarlası şeklinde sıralanmıştır. Benzer iklim koşullarında bütün bitki türlerinde yüz yıl sonra depo edilen organik C miktarında bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca en yüksek organik C miktarına sahip olan pirinç tarlalarında minimum toprak işlemenin yapıldığı belirtilmiştir (Singh ve ark., 2014).

Gao ve ark. (2004) Kuzey Çin bölgesinde siyah topraklar üzerinde çalışma yapmışlardır. Century modeli ile organik C fraksiyonlarındaki değişim incelenmiştir. Tahminlerde depo edilen organik C'nin uzun sürede arttığı belirtilmiştir. Simüle edilen ile gözlemlenen değerlerin uyumlu olduğu ve depo edilen toplam organik C miktarının kuzeyden güneye doğru azaldığı tespit edilmiştir.

Tavakkoli ve ark. (2015) Alkali topraklarda organik C'nin durumunu ve miktarını incelemiştir. Çalışmalarında alkali topraklarda ana katyonların Na⁺, K⁺, Mg²⁺ ve Ca²⁺ ve anyonların ise Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻ ve CO₃²⁻ olduğu belirtmişlerdir. pH 7 ile 8.5 arasında HCO₃⁻ (Na⁺, K⁺, Mg²⁺) tuzları ve CaCO₃ hakimken, pH'nın 8.5'dan büyük olduğu koşullarda CO₃²⁻ ile bileşik yapmış Na⁺ ve K⁺ tuzları bol miktarda bulunmaktadır. Toprağın pH'sı artış gösterdikçe organik C miktarının giderek arttığı belirtilmiştir.

Hayvan gübresi ve inorganik gübre uygulaması yapılan buğday ve mısır tarlasında toprak organik karbonun durumu belirlenmiştir. Bu çalışma toplamda 15 yıl sürmüş ve Çin'in kuzey kesimlerinde gerçekleşmiştir. Yapılan çalışmada kontrole kıyasla inorganik ve hayvan gübresi uygulanan tarım topraklarının ilk 20 cm'lik kısmında organik C miktarının arttığı tespit edilmiştir (Liang ve ark., 2012).

ABD'de 500 mera ve 300 tarım arazisinde iklim ve toprak tekstürünün toprakta depo edilen organik C miktarı üzerine olan etkisini incelemiştir. Sıcaklığın düşük, kil ve yağış miktarının yüksek olduğu bölgelerde depo edilen organik C miktarının yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Mera arazilerinde tarım arazilerine kıyasla depo edilen C miktarı daha yüksek çıkmıştır. Mera arazileri aralarında kıyaslama yapıldığında ülkenin

kuzeydoğusunda organik C miktarındaki kayıpların doğu ve batı bölgelerine nazaran daha fazla olduğunu ileri sürmüşlerdir (Burke ve ark., 1989).

Elliott ve ark. (1991) toprak fraksiyonunda toplam karbonun ortalama %2-4 arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Stabil yavaş salınan organik maddenin yapısını lignin bileşiklerinin oluşturduğunu gözlemlemişlerdir.

Hocking ve Meyer, (1991) karbon asimilasyonuna etki eden faktörleri araştırmışlardır. Karbon asimilasyonuna etki eden en önemli faktörün bitki besin elementlerinin topraktaki varlığı, durumu ve oranı olduğunu tespit etmişlerdir. Bitki besin elementlerinin optimum seviyede olması C asimilasyonunu artırırken besin elementlerinin yeteri düzeyde olmaması ise C'nin toprakta ayrışmasına neden olduğunu gözlemlemişlerdir.

Kimball (1983) Atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonunun nelerden kaynaklandığını araştırmış ve toplam karbondioksit konsantrasyonunun %33'nün bitkiler tarafından üretildiğini belirlemiştir.

Michalzik ve ark. (2001) Avrupa'nın Kuzey ülkeleri olan Hollanda, İngiltere, Danimarka, Almanya, Norveç ve İspanya'da orman toprak profilinde organik C miktarındaki değişimleri araştırmış, ilk 20 cm'lik kısımda çözülmüş olan organik C miktarı 100- 500 kg C ha⁻¹ olurken, B horizonunda bu oran oldukça düşük bulunmuştur.

Farklı ekosistemlerde bitki ve toprakta C ve besin elementlerinin değişimleri incelemiştir. Tarım, mera ve orman alanlarında depo edilen organik C'nin zamansal değişimine Century modeli ile bakılmış, toprak işleme sonucu önemli bir miktarda C'nin CO₂ olarak atmosfere salındığı ve bu kayıpların erozyon hızını artırdığı ortaya konmuştur. Aynı zamanda erozyonla beraber toprakların besin madde içeriğinin azaldığı belirtilmiştir (Metherell ve ark., 1993).

Dumanski (2004) Organik C'nin uzun süreli değişimi farklı amenajman ve iklim koşullarında gözlemlenmiştir. Ilıman iklime sahip tarım arazilerinde 20 yıl içerisinde organik C miktarının %30 azalacağı, tropik bölge topraklarında bu oranın %50-75 arasında gerçekleşeceğini bildirmiştir.

Smith ve Conen (2004) Tarım yapılan alanların dünya yüzeyinin %37'ni kapladığını ve bu alanlardan salınan azot oksit ve metan gazlarının toplam salınımının %52-86'nı

oluşturduğunu tespit edilmiştir. Ayrıca tarımsal faaliyetlerin CO₂ için bir kaynak oluşturduğunu ileri sürmüşlerdir. Century modelinin alana özgü toprak, iklim ve bitkiler arasındaki etkileşimleri analiz ederek topraktaki organik karbon miktarını belirlediği belirtilmiştir. Atmosfere salınan metan, azot oksit ve karbondioksit miktarının azaltılmasına yönelik çalışmaların yapılması için önerilerde bulunulmuştur

Brown ve ark. (2008) ABD’de C emisyon kaynaklarını araştırmışlar, bu çalışmaya göre C emisyonunun %40’nın araçlar ve evlerde kullanılan yakıtlardan kaynaklandığı saptanmıştır.

Houghton (2007) Arazi kullanımı ve ormansızlaştırmanın atmosfere salınan CO₂ miktarı üzerine etkisi araştırılmıştır. 1980-1990 yılları arasında arazi kullanımındaki ani değişimler ve ormansızlaştırma sonucu her yıl 2.1 Pg C yıl⁻¹ atmosfere salındığını tespit etmişlerdir.

Fosil yakıt kullanımının 1990 yılından günümüze sürekli artış gösterdiği ve atmosfere salınan CO₂ miktarının %15 oranında arttığı belirlenmiştir (Le Quere ve ark., 2009).

Burke ve ark. (1990) Mera da depo edilen ve değişim gösteren C ve N oranları coğrafi bilgi sistemiyle belirlemişlerdir. Yapılan çalışmada toprak tekstürü, aylık minimum ve maksimum sıcaklıklar, ortalama yağış miktarları değerlendirmişler. Coğrafi bilgi sistemi ile NPP, SOM ve mineralize N değerleri için çeşitli haritalar üretilmişlerdir. NPP, SOM, ve minaralize N değerleriyle iklim ve toprak tekstürü arasında doğrusal bir ilişki olduğunu tespit edilmişlerdir. Bu çalışmada Century modelinden yararlanılarak hesaplamalar yapılmışlardır. Ayrıca bu çalışmada sıcaklık ve yağışın artması ile organik maddede ayrışmanın arttığını belirtmişlerdir.

Rani ve Bastin (2016) Hindistanda, humid iklimde sahip meşe orman toprağında organik C üzerine araştırma yapılmışlardır. Çalışmada 1965 ve 2050 yılları arasında organik C miktarındaki değişim Century modeli ile tahmin edilmişler. Mevcut organik C miktarının 2050 yılına kadar azalacağını toplam organik C miktarının 6656 g C m² ‘dan 3346,82 g C m² düşeceğini saptamışlardır.

Sobocka ve ark. (2007) Slovekyada farklı iklim koşullarında tarım topraklarında organik C miktarı üzerine çalışmışlardır. Çalışma sulama yapılan ve yapılmayan kışlık buğday, mısır, yulaf ve yonca yetiştiriciliği yapılan arazilerde yürütülmüştür. 2005 ile 2090 yılları arasında toprakta var olan organik C miktarındaki değişim Century modeli

ile tahmin edilmiştir. Modelle simüle edilen aktif ve zamanla ayrışan organik C fraksiyonlarında bir azalış görülmemiş, fakat pasif organik C fraksiyonunda lineer bir azalış gözlemlenmiştir. Toplam organik C da bir değişim olmamıştır.

Avustralya'nın doğusunda buğday-arpa ve otlak alanlarında organik C'in miktarındaki değişim uzun süreli belirlenmiştir. Yapılan çalışmada toprak koruma önlemleri uygulanan tarımsal alanlarda organik C miktarında artış gözlemlenmiştir. Otlak alanlarında ise C miktarının bir denge halinde olduğu tespit edilmiştir (Garry ve ark., 2015).

Senegal'de yapılan araştırmada arazi kullanımının geçmişte ve gelecekte ekoloji üzerine etkileri araştırılmıştır. Araştırmada Century modeli kullanılmıştır. Sonuç olarak 1850'den 2000 yılına kadar olan süreçte toplam C miktarında azalma olduğu, fakat uygun tarımsal yönetim sistemleriyle 2000 yılından 2100 yılına kadar C miktarında artış olacağı tahmin edilmiştir (Parton ve ark., 2004).

Bayer ve ark. (2006) Brezilya'nın Cerrado bölgesinde tarım arazilerinde yaptıkları araştırmada toprak işleme yapılan ve yapılmayan alanlarda organik C miktarını belirlemişlerdir. Çalışmada toprak işleme yapılmayan subtropik bölge toprağında tarımsal uygulamalar ile yıllık 0.19-0.81 Mg C biriktiği ve bu tarz uygulamaların atmosferik CO₂ tutulmasında önemli olduğu vurgulanmıştır. Toprak işleme yapılmayan tarımsal faaliyetlerin toprak özelliklerini daha iyi geliştirdiği, toprak işlemenin organik maddesinin minerilizasyon hızının artırdığı rapor edilmiştir.

Arjantin'de yarı kurak tarım arazilerinde toprak tekstürü, toprak yönetimi ve iklimin toprak organik maddesi üzerine olan etkisi araştırılmıştır. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada organik maddenin kaba agregatlarda (100-2000 µm) %58, ince agregatlarda (<100 µm) %36 oranında olduğu, organik madde miktarının kil ve silt ile doğrusal bir ilişki içerisinde, fakat bu durumun sıcaklık ile ters ilişkili olduğu rapor edilmiştir (Hevia ve ark., 2003).

Hindistan'ın Himalaya bölgesinde farklı toprak işleme yöntemleri ve tekstür gruplarının toprak agregat yapısı ve depo edilen organik C üzerine etkisi araştırılmıştır. Toprak işleme yapılmayan tarım arazilerinde her tekstür grubunda organik C miktarının %10.2 oranında artış gösterdiği, toprağın fiziksel özelliklerinin pozitif yönde iyileştiği gözlemlenmiştir (Bhattacharyya ve ark., 2009).

Geleneksel toprak işleme ve işlenmesiz tarımın organik C ve agregat yapısı üzerine etkisi araştırılmıştır. Toprak işleme yapılmayan alanlarda geleneksel yöntemlerle toprak işleme yapılan alanlara göre agregat yapısının daha iyi olduğu, depo edilen toprak organik C miktarının %30-50 oranında artışlar gösterdiği rapor edilmiştir (Quintero ve Comerford, 2013).

Dimassi ve ark. (2014) toprak işleme yapılan tarım arazilerinde depo edilen organik C miktarının durumunu belirlemişlerdir. Bu çalışma 41 yıl boyunca işlemeli tarım, azaltılmış toprak işleme ve sıfır sürüm yapılan alanlarda yürütülmüştür. Her 4 yılda bir toprak organik C miktarı ölçülerek kıyaslama yapılmıştır. İlk 4 yıllık süreçte toprağın ilk 28 ve 58 cm'lik kısımlarında toprak işleme ve arazi yönetim sistemlerinin organik C üzerine önemli bir etkisinin olmadığı kanısına varılmıştır. Bununla birlikte 4. yıldan 28. yıla kadar olan süreçte, organik C miktarı toprak işleme yapılmayan alanlarda alt katmanlara doğru artış göstermiştir.

Amerika Birleşik Devletleri'nin Kuzey kesiminde toprak işlemenin organik C miktarına olan etkisi araştırılmıştır. Geleneksel tarımın yapıldığı korumalı toprak işleme yapılan alanlarda toprağın ilk 30 cm'lik kısmında organik C miktarında önemli artışın olduğu rapor edilmiştir (Baker ve ark., 2007).

Poeplau ve Don (2013) Avrupada arazi kullanımlarının depo edilen organik C miktarı üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Tarımdan meraya dönüştürülen alanlarda yüzey toprağında $18 \pm 11 \text{ Mg C ha}^{-1}$, tarımdan ormana dönüştürülen alanlarda $21 \pm 13 \text{ Mg C ha}^{-1}$ oranında organik C miktarında artış belirlenmiştir. Meradan tarıma dönüştürülen alanlarda organik C miktarı $19 \pm 7 \text{ Mg C ha}^{-1}$, meradan ormana dönüştürülen alanlarda $10 \pm 7 \text{ Mg C ha}^{-1}$ oranında bir azalma olduğu tespit edilmiştir.

Evrendilek ve ark. (2004) Akdeniz bölge topraklarında organik karbon miktarının ve toprak özelliklerinin orman, mera ve tarım arazilerine göre değişimleri incelemişlerdir. Mera arazisinden tarım arazisine dönüştürülmüş alanlarda toprak fiziksel özelliklerinde negatif yönde gelişmelerin gözlemlendiğini, toprak organik madde içeriğinin %48.8 toprak organik karbon içeriğinin %43 oranında azaldığını rapor etmişlerdir.

Çelik (2005) arazi kullanımının toprak organik C'si ve toprak özellikleri üzerine etkilerini araştırmıştır. Mera ve orman arazilerinin tarım arazisi olarak kullanımı

toprağın özellikle ilk 20 cm kısmında fiziksel özellikleri negatif yönde etkilediği ve toprak organik C miktarının %49 oranında azaldığını rapor etmiştir.

Kuzey İran'da ormandan tarım arazisine dönüştürülen alanlarda, toprağın fiziksel özellikleri ve organik C miktarı araştırılmıştır. Toprakların ilk 40 cm'lik kısmında uzun vadede toprak fiziksel özelliklerinin negatif yönde etkileneceği, depo edilen organik C miktarının %29-66 oranında azalacağı rapor edilmiştir (Beheshti ve ark., 2012).

Ispanyada ve Latin Amerikada mera ve orman arazilerinde farklı mevsimlerde depo edilen organik C miktarındaki değişim incelenmiştir. Depo edilen organik C miktarı ormanda kurak dönemde %3.6, yağmurlu dönemde %2.9 olarak, merada kurak dönemde %3.0, yağmurlu dönemde %2.3 olarak belirlenmiştir (Garcia-Oliva ve ark., 2006).

Don ve ark. (2011) Bu çalışmada toplam 385 toprak örneği kullanılmışlar orman ve mera alanlarının tarımsal amaçla kullanımının toprakta depo edilen organik C üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Arazi kullanımının toprak organik C miktarının değişmesinde ana faktör olduğu kanısına varılmışlar ve orman arazilerinin tarımsal amaçlı kullanımı ile organik C miktarının %25, orman alanlarının mera olarak kullanıldığında ise organik C miktarının %12 oranında azaldığını belirlemişlerdir. Tarım arazilerinin ormana dönüştürülmesi ile depo edilen organik C miktarının %30, tarım arazilerinin meraya dönüştürülmesi ile organik C miktarının %26 oranında arttığı gözlemlenmiştir.

Zhang ve ark. (2007a) toprak organik maddesi ve dolayısı ile toprak organik C miktarına etki eden faktörleri incelemişler. Toprak işleme ve iklimsel değişikliklerin toprakta depo edilen organik C miktarına olan etkisi araştırılmıştır. Toprak işleme ile yüzey toprağında depo edilen organik C miktarının parçalanarak azaldığını rapor etmişlerdir.

Tarım ve mera arazilerinde pH'nın toprak üst katmanındaki organik C üzerine etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrışmanın asit reaksiyonlu topraklarda daha az olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca toprak tekstürünün depo edilen organik C miktarını etkilediği ve parçalanmış organik C'in genelde kumlu topraklarda daha fazla olduğu belirtilmiştir (Vos ve ark., 2017).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Çalışma Yapılan Yerlerin Genel Özellikleri

Tokat ili Orta Karadeniz Bölgesinde 40°40' kuzey enlemi, 37°27' doğu boylamı üzerinde yer almakta olup, toplam alanı 9.959 km²'dir. İlin yükseltisi 188-1910 m arasında değişmektedir. Tokat Orta Anadolu ile Orta Karadeniz bölgesi arasında bir geçit kuşağında yer almaktadır. Bölge Karadenize paralel uzanan dağlar ile Orta Anadolu bölgesinin kuzey dağları arasında Yeşilırmak vadisi üzerinde mikroklima özelliği gösteren bir yerde bulunmaktadır (Anonim, 2020a).

Samsun ili Karadeniz sahil şeridinin orta bölümünde Yeşilırmak ve Kızılırmak nehirlerinin Karadeniz'e döküldükleri deltalar arasında 9.083 km²'lik bir yüz ölçüme sahiptir. Coğrafi konum olarak 40°50' - 41°51' kuzey enlemleri, 37°08' ve 34°25' doğu boylamları arasındadır. İlin rakımı 900 m ile deniz seviyesi arasında değişim göstermektedir. Samsun Karadeniz Bölgesi'nin Orta Karadeniz bölümünde yer alır. Şehrin iklimi şehrin konumu ve coğrafyası dolayısıyla sahil ve iç kesimlerde değişiklik gösterir. Sahil şeridi Karadeniz ikliminin etkisinde yazları sıcak ve nemli ve kışları serin olmasına karşın iç kesimler Akdağ ve Canik Dağları etkisi altında karasal iklime sahiptir ve kışlar soğuk, yağmurlu, kar yağışlı yazları ise serindir. Sahil kesiminde kışın kar çok az görülürken iç kesimlerde kış aylarında kar görülmektedir. Şehrin en düşük sıcaklık ortalaması 5.9 °C, en yüksek sıcaklık ortalaması ise 23 °C'dir (Anonim, 2020c).

Sivas ili topraklarının büyük bir kısmı İç Anadolu iklimi altında yer alırken bir kısmı da Doğu ve Karadeniz iklimi etkisi altında bulunmaktadır. İl topraklarının büyük bir bölümü Kızılırmak, bir bölümü de Yeşilırmak ve Fırat havzalarına girer. 35°50' ve 38°14' doğu boylamıyla 38°42' ve 40°16' kuzey enlemleri arasında kalan İl, 28.488 km²'lik yüzölçümüne sahiptir. İlin topraklarının Kızılırmak Havzası'na giren bölümünde karasal iklim, Yeşilırmak Havzası'na giren bölümünde Karadeniz ardı geçiş iklimi, Fırat Havzası'na giren bölümünde ise, Doğu Anadolu karasal iklimi egemendir. İl alanı kuzeyden Kelkit Vadisi, doğudan Köse Dağı'nın uzantıları, Kuru Çay Vadisi ve Yama Dağı, güneyde Kulmaç Dağları, Tahtalı Dağları'nın uzantıları ve Hezanlı Dağı, batıdan Karababa, Akdağlar ve İncebel Dağları gibi doğal sınırlarla çevrilidir. Sivas İlinde ortalama yükselti 1000 m'nin üstündedir. Karasal iklim özelliğine sahip olan Sivas'ta yağışlar kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde görülür. Yazları genellikle

kuraktır. Yıllık ortalama yağış miktarı 420 mm'dir. Yağışların %22'si sonbahar, %36'sı ilkbahar, %32'si kış ve %10'luk bölümü yaz aylarında düşer. Kış aylarında sıcaklığın düşük olması nedeniyle yağışlar genellikle kar şeklinde diğer mevsimlerde yağmur şeklindedir. Yağışlı gün sayısı (kar yağışları dahil) 105'dir. İlkbahar sonu yaz başlarında dolu yağışları da görülür. Kar yağışlı gün sayısı ortalama 30 gün olup, kar kalınlığı 20 cm civarındadır (Anonim, 2020b).

3.2. Çalışma Alanının Belirlenmesi ve Toprak Örneklerinin Alınması

Türkiye'deki iklim koşullarını temsile yönelik çalışılacak araziler belirlenmiştir. Bu kapsamda iklimsel verilerin, toprak özelliklerinin ve toprak yönetiminin toprakta depo edilen organik C miktarına olan etkisinin araştırılması amacıyla ülkemizde hakim olan iklim koşullarından kurak, yarı kurak ve humid bölgeler belirlenmiştir. Humid bölge olarak Karadeniz bölgesi, yarı kurak bölge olarak geçiş bölgesi, kurak bölge olarak İç Anadolu bölgesi belirlenmiştir. Bu bölgelerde arazi kullanımlarına göre işlemeli tarım ve doğal mera olarak iki farklı kullanım ve her bir kullanımda dört farklı örnekleme lokasyonu belirlendi. Örnekler her bir lokasyonda rastgele seçilmiş noktalardan alınarak ayrı ayrı analiz edilmiştir. Toprak örnekleri 0-20 cm derinlikten bitki gelişim döneminin sonunda alınmıştır. Çalışma yapılan yerlerin koordinatları GPS yardımıyla kayıt edilmiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Çalışma alanlarının koordinatları

Bölgeler	Amenajman	Enlem	Boylam
Samsun	Mera	41°11'54.01''K	32°26'09.05''D
Samsun	Tarla	41°12'13.34''K	36°25'47.61''D
Sivas	Mera	39°53'10.31''K	36°54'51.79''D
Sivas	Tarla	39°53'02.56''K	36°55'46.72''D
Tokat	Mera	40°19'21.29''K	36°28'38.17''D
Tokat	Tarla	40°19'16.29''K	36°28'44.70''D

3.3. Toprak Tekstürü

Toprağın kum, kil, silt fraksiyonları hidrometre yöntemine göre belirlenmiştir Bouyoucos, (1951). 50 g toprak örneğine 10 ml %10'luk kalgon çözeltisi ve 150 ml saf su ilave edilerek disperse olması için bir gece bekletilmiştir. Mikserde 30 dak. karıştırıldıktan sonra tekstür silindirine boşaltılıp hidrometre içinde iken saf su ile 1130 ml'ye tamamlanmıştır. Karıştırıcı ile süspansiyon homojen bir hal alınmaya kadar

karıştırıldıktan sonra 40. saniye ve iki saat bekletildikten sonra ikinci saat okumaları yapılmıştır.

3.4. Hacim Ağırlığı

Toprakların hacim ağırlığı SPAW programı kullanılarak tekstür özelliklerine göre tahmin edilmiştir.

3.5. Kireç

Scheibler kalsimetresi ile 0.5 g toprak örneği %10'luk HCL ile muamele edilerek açığa çıkan CO₂ miktarı ile kireç içeriği belirlenmiştir(Allison ve Moode, 1965).

3.6. Organik Madde

Toprak organik madde içeriği yaş yakma yöntemi olan Walkley-Black metoduna göre yapılmıştır (Chapman ve Pratt, 1961). 0.5 g toprak örneği 500 ml'lik erlenmayere konarak üzerine 10 ml 1 N K₂Cr₂O₇ çözeltisi, 20 ml konsantre sülfirik asit konulup bir dakika karıştırıldıktan ve 30 dakika bekletildikten sonra 200 ml saf su ile 3-4 damla o-fenontrolin kompleks indikatörü katılarak demirsülfatheptahidrat çözeltisiyle ortamın rengi maviden kırmızıya dönene kadar titre edilmiştir.

3.7. Elektriki İletkenlik (EC)

Toprak örnekleri 1:2.5 oranında karıştırılarak EC metre ile tespit edilmiştir (Richards, 1954).

3.8. pH

Toprak örnekleri 1:2.5 oranında karıştırılmış ve süspansiyon 30 dakika bekletildikten sonra pH metre ile belirlenmiştir (Jackson, 1958).

3.9. Tarla Kapasitesi ve Solma Noktası

Toprakların solma noktası ve tarla kapasitesi SPAW programında toprak tekstürü ve hacim ağırlıkları kullanılarak tahmin edilmiştir.

3.10. Toprak Organik Karbon Miktarının Belirlenmesi

3.10.1. Toprağa ilave olan organik karbon miktarı

Tarım ve mera alanlarında toprağa ilave olan organik C miktarı belirlenmiştir. Toprağa ilave olan toplam organik C miktarı, her bir arazi kullanımında belirlenmiş olan

lokasyonlarda rastgele seçilmiş olan dört farklı noktada ölçülmüştür. Tarım yapılan topraklarda hasat artıkları ve bitki köklerinin belirlenmesiyle birim alana ilave olan toplam organik C miktarı ölçülerek belirlenmiştir. Hasattan sonra metre kareye ilave olan hasat artıkları yüzeyden toplanarak belirlendi. Merada yıllık kök üretimi, erken ilkbaharda bitki gelişimi başlamadan toprağa yerleştirilen kök büyüme torbaları yardımıyla belirlenmiştir. Bir kovalı burgu yardımıyla 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde bitki kökleri uzaklaştırıldı ve aynı toprak bir delikli torba içerisine konarak tekrar aynı yere yerleştirilmiştir. Bu ölçümlerle bitki kök ve hasat artıklarıyla toprağa ilave olan organik C miktarı belirlenmiştir.

3.10.2. Toplam C ve N

Toprak örneklerindeki toplam organik C ve N'ni belirlemek için bir miktar (10 gr) toprak örneği alınarak inorganik C'lar topraktan seyreltik HCl asit çözeltisiyle yıkanarak uzaklaştırıldı, sonra bu örnekler açık havada kurutulup toz şekline getirildi. Öğütülmüş olan bu örneklerden 10 mg alınarak alüminyum kapsüllere yerleştirildi ve kuru yakma aleti olan Elementel Analiz aleti ile toplam organik C ve N içerikleri belirlenmiştir. Burada yapılan ölçümler her bir arazi kullanımı altında toplam organik C ve N havuzlarındaki değişimin miktar ve büyüklüğünü göstermektedir.

3.10.3. Organik karbonun fraksiyonlarına ayrılması

Topraktaki C fraksiyonları (mineralize, mikrobiyal biyokütle ve ayrışmaya dayanıklı) laboratuvar inkübasyonu ile belirlenmiştir. Mineralize C, 23 °C de 28 gün süreyle laboratuvar inkübasyonu ile belirlendi (Paul ve ark., 2001; Russel ve ark., 2004). Toprak örnekleri 4 mm elekten geçirilerek analiz oluncaya kadar 4 °C bekletilmiştir. İnkübasyon çalışması için 20 gr toprak örneği alınarak 100 mL erlenmayerler içerisine yerleştirilmiştir. Toprak örneklerinin nem içeriği su tutma kapasitesinin %50'sine ulaşacak şekilde saf su ilave edilerek ayarlanmıştır. Örnekler içerisine 1.5 ml saf su ilave edilmiş 950 ml'lik kavanozlar içerisine yerleştirildi. Kavanozlar içerisine 10 ml 1 M NaOH çözeltisi konarak kavanozların kapakları sıkıca kapatılmıştır. Kavanozlar 23 °C de 28 gün boyunca inkübasyona tabi tutuldu. İnkübasyonu takiben kavanozlar içerisindeki NaOH çözeltisi haftalık olarak yenilendi ve titrasyon yardımıyla üretilen CO₂ belirlenmiştir.

Mikrobiyal biyokütle toprak örneklerinde fümigasyon, inkübasyon metoduyla belirlenmiştir (Horwath ve Paul, 1994). Bu yöntemde erlenmeyerler içerisine 20 gr toprak örneği tartıldı, daha sonra bu erlenmeyerler ağzı açık olarak içerisinde kloroform (CHCl₃) bulunan desikatörlere yerleştirildi. Örnekler desikatör içerisinde 24 saat kloroform buharına bırakıldı. Bu sürenin sonunda kloroform desikatör içerisinden alınarak desikatör bir vakuma bağlandı ve toprak gözenekleri içerisindeki CHCl₃ buharı birkaç kez vakum yapılarak tamamen uzaklaştırıldı. Bu fümigasyon örneklerine paralel olarak bir de fümige edilmemiş toprak örnekleri hazırlanmıştır.

Bu işlemlerin sonunda örnekler kavonozlara yerleştirilerek 10 gün süreyle 25 °C'de inkübe edildi. CO₂ miktarı alkali çözelti yardımıyla tutularak belirlenmiştir. Bu fümige ve fümige edilmemiş örnekler arasındaki fark mikrobiyal biyokütle C'ü verecektir.

Ayrışmaya dayanıklı organik C miktarı, toplam organik C'dan mineralize ve mikrobiyal biyokütle C'in çıkarılması ile hesaplanmıştır.

3.11. CENTURY Modeliyle C Modellemesi

Century modeli ABD küresel iklim değişiklikleri programı kapsamında hazırlanmış bir programdır. Bu program uzun vadede toprak verimliliği ve karbon stok durumlarının değişimlerini inceleyen bir modeldir. Bu model karbon, azot, fosfor ve kükürtü biyojeokimyasal olarak en iyi anlatandır. Farklı ekosistemlerde organik madde ve besin zincirini inceleyerek C, N ve P'nin uzun süreli değişiminin lokal ve küresel ölçekte tespit edilmesinde kullanılmaktadır. Bu kapsamda veri tutarlılığını test ederek, ekosistem üzerine ekosistem yönetiminin ve iklimsel değişikliklerin etkilerini değerlendirmektir. Bu süreçte biyokimyasal süreçlerin anlaşılabilirliği arttıkça bu modellemenin ileriye doğru tahmin yapabilme kabiliyetide o oranda artmaktadır.

Toprak organik karbonu Century 4.6 ile simüle edilmiştir. Bu model toprakta organik C'in belirlenmesinde kullanılan en yaygın yöntemdir. Bu model karasal ekosistemde toprak organik maddesinin muhtevasında var olan N, C, P ve S gibi 4 ana birleşenin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Parton ve ark., 1987). Bu 4 ana bileşen aynı zamanda toprak organik maddesinin ayrışmasının karakterini de göstermektedir. Bu model çayır mera alanları için geliştirilmiştir. Fakat daha sonra yapılan uygulamalarda ekilebilir alanlarda başarılı olduğu gözlemlenmiştir (Parton ve Rasmussen, 1994; Kirschbaum ve Paul, 2002). Modelde aylık ortalama maksimum ve minimum sıcaklıklar, aylık ortalama

yağış verileri kullanılarak organik C'in parçalanma oranı hesap edilebilmektedir. Çalışma bölgesi topraklarının ilk 20 cm'lik kısmındaki organik C miktarındaki değişim simüle edilmektedir. Bu modelin çalışması için bölgeye has enlem, boylam değerleri, iklim verileri, toprak tekstür bilgileri, hacim ağırlığı ve arazi kullanımına yönelik geçmiş bilgilerin verilmesi gereklidir (Çizelge 3.11). Bu veriler kullanılarak toprakta var olan organik C tahmin edilerek, geleceğe dönük yüzyıllık değişim modellenebilir. Bu çalışmada meteorolojik verilerin aylık ortalamaları alınarak, iklimsel faktörlerin organik C miktarına olan etkisi, amenajman sistemleriyle analiz edilmiştir. Meteorolojik veriler bölgede var olan meteoroloji istasyonlarından alınmıştır. Modelin çalışması için gerekli olan bazı toprak özellikleri yapılan analizlerle belirlenmiştir. Bunun yanında bitkisel üretimle ilgili parametreler örnekleme yapıldığı yerlerden alınmıştır. Modelin çalışması için gerekli olan parametreler ve ölçüm sıklığı Çizelge 3.11' de verilmiştir.

Çizelge 3.11. CENTURY modeli için gerekli olan parametreler ve belirleme yöntemi.

Alınacak Veri	Ölçüm Sıklığı	Yöntem
Maksimum ve minimum sıcaklıklar	Yıl boyunca aylık olarak ölçülmüştür	Meteoroloji istasyonlarından alındı
Aylık yağış miktarı	Yıl boyunca aylık olarak ölçülmüştür	Meteoroloji istasyonlarından alınmıştır
Toprak tekstürü	Çalışma alanlarından alınan örneklerde belirlenmiştir	Hidrometre yöntemi
Hacim ağırlığı	Yıllık olarak	SPAW programıyla
Kireç	Çalışma alanlarından alınan örneklerde belirlenmiştir	Kalsimetre yöntemiyle
Organik madde	Çalışma alanlarından alınan örneklerde belirlenmiştir	Walkley Black metoduyla
Elektriki iletkenlik	Çalışma alanlarından alınan örneklerde belirlenmiştir	EC metre
Toprak üstü residue üretimi	Gelişim dönemi sonunda belirlenmiştir	Birim alana ilave olan residue miktarı arazide ölçülmüştür
Toprak altı biyokütle üretimi	Gelişme dönemi boyunca toprak altı biyokütle üretimi belirlenmiştir	Araziye yerleştirilecek büyüme torbaları yardımıyla
Kimyasal gübre kullanımı	Yıllık olarak çalışma alanlarında	Birim alana uygulanan N, P ve K gübresi belirlenmiştir
Organik gübre	Varsa uygulanan organik gübre yıllık olarak	Arazi sahiplerine sorularak belirlenmiştir
Münavebe	Geriye dönük çalışma alanına uygulanan münavebe	Arazi sahiplerine sorularak belirlenmiştir
Sulama	Çalışma alanında sulama varsa hangi yöntemle yapıldığı	Arazi sahibi ve arazide yapılan gözlemlerle belirlenmiştir
Mikrobiyal Biyokütle	Çalışma alanlarında yıllık olarak	Fümigasyon, inkübasyon metoduyla

Yukarıda verilen iklim, toprak ve bitki verileri girilerek model çalıştırılmıştır. Modelin çalıştırılmasında mevcut veriler ve amenajman sistemi kullanılarak uzun süreli organik C miktarındaki değişim modellerle tahmin edilmiştir. Arazi verilerinin alındığı (2015 ve 2016) yıllarındaki gerçek arazi ölçümleri ile model tahmin değerleri karşılaştırıldı ve modelin gerçek değerleri ne kadar tahmin ettiği regresyon ve korelasyon analizleriyle belirlenmiştir.

3.12. Modelin Test Edilmesi ve İstatistiksel Analiz

Modelin simüle ettiği toprak organik C miktarları ile arazide gözlemlenen organik karbon miktarı karşılaştırılmıştır. Bu işlem simüle edilen her bir noktadaki organik C miktarıyla aynı noktadan alınan toprak örneklerindeki organik C miktarının karşılaştırılması şeklindedir. Her bir bölge için farklı yıllara ait organik C miktarı gm^2 olarak hesaplanmıştır. Bununla beraber Century modeli ile toprağın üst mineral katmanı olan 20 cm de simüle edilen değerler ve gözlemlenen değerler birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Arazide alınan örneklerden elde edilen toplam C değerleri ile modelin tahmin ettiği toplam C değerleri arasında regresyon analizi yapılmış burada bulunan r^2 değeri önem seviyesine ($\alpha= 0.05$) göre istatistiki olarak yorumlanmıştır.

Ayrıca Nash-Sutcliffe Modeli Verim Katsayısı (E_{NS}) analizi yapılmıştır. Eşitlik 1 de görüldüğü üzere arazide ölçülen organik karbon değeri ve modelin tahmin ettiği karbon değerinin farklarının toplamı ile arazide ölçülen karbon miktarından ölçümlerin aritmetik ortalamasının farkının toplamına bölünmesi ile elde edilen değerin 1 den çıkartılması ile elde edilen bir değerdir. Bu analiz yöntemi modelin tahmin gücünü göstermektedir. Diğer bir istatistik analiz metodu ise Ortalama Karekök Hatası (RMSE) yöntemidir (Eşitlik 2). Bu yöntemde görüldüğü üzere ölçüm yapılan ve tahmin edilen değerlerin birbirine farkının kareleri toplamının toplam örnek sayısına bölümünün karekökü ile elde edilir.

Nash-Sutcliffe Modeli Verim Katsayısı (E_{NS}): Modelin tahmin gücünün değerlendirilmesinde kullanılan etkili bir ölçüm formülüdür.

$$E_{NS}=1-\frac{\sum(Y-O)^2}{\sum(Y-Q)^2} \quad (E.1)$$

Burada, Y ve O ölçülen ve tahmin edilen parametre, Q ise ölçülen parametrelerin aritmetik ortalamasıdır.

$E_{NS} = 1 \rightarrow$ *Mükemmel uyum*

$E_{NS} = 0 \rightarrow$ *Gözlenen ortalamaya göre iyi ya da kötü uyum*

$E_{NS} < 0$ *ise çok kötü uyum*

Ortalama Karekök Hatası (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{n}} \quad (E.2)$$

$Q_i =$ Tahmin edilen parametre değeri

$Q_p =$ Ölçülen parametre değeri

İdeal RMSE değeri=0'dır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Meteorolojik Veriler

Çalışmanın yapıldığı yıllara ait Sivas ili meteorolojik veriler Çizelge 4.1, 4.2 ve 4.3' te verilmiştir. İklim verilerinde de görüldüğü gibi tipik karasal iklim özelliklerini yansıtmaktadır. Her iki yılda da ortalama minimum ve maksimum sıcaklıklar oldukça benzerlik göstermektedir. Sıcaklık değişimleri incelendiğinde 2015 ve 2016 yılları arasında ekstrem bir durum gözlenmemektedir. Yıllara göre maksimum sıcaklıklar 2015 yılının 7. ayında (38.1 C°) iken 2016 yılının 8. ayında (37.8 C°) olarak gerçekleşmiştir. Minimum sıcaklıklar ise 2015 yılının 1. ayında (-16.2 C°) ve 2016 yılının 12. ayında (-20.2 C°) olarak gerçekleşmiştir. Fakat ortalama yağışlar incelendiğinde 2016 yılı yağışlarının 2015 yılına göre daha yüksek olduğu ve sıra dışı bir artışın olduğu gözlemlenmektedir (Çizelge 4.3.). En yüksek yağış 2015 yılında Mart ayında (94.8 mm) ölçülürken 2016 yılında Mayıs ayında (150.8 mm) ölçülmüştür. Bitki gelişim dönemi içerisinde yer alan Nisan ve Mayıs ayları 2015 yılında kurak geçmiştir. 2015 yılında toplam yağış miktarı 273.4 mm olarak gerçekleşirken, bu değer 2016 yılında 469.6 mm olarak kaydedilmiştir. Bu değerler uzun yıllar ortalamasıyla karşılaştırıldığında, 2015 ve 2016 yılları arasındaki toplam yağış miktarı farkının yüksek olduğu görülmektedir.

Samsun ili meteorolojik verileri Çizelge 4.4., 4.5. ve 4.6.' da verilmiştir. Yıl boyu nemli ılıman bir iklime sahip olduğu görülmektedir. En yüksek maksimum sıcaklık 2015 yılında Eylül ayında (34.3 C°) ölçülürken, 2016 yılında (35.8 C°) olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.4.). Her iki yılda maksimum sıcaklıklar oldukça benzerlik göstermiştir. Aynı zamanda bu maksimum sıcaklık değerleri uzun yıllar maksimum sıcaklık değerleriyle de oldukça uyumludur. En düşük minimum sıcaklıklar 2015 yılı Ocak ayında (-4 C°) ölçülürken, 2016 yılında aynı ayda (-10.4 C°) olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 4.5.). Ortalama yağış değerleri her iki yılda da oldukça homojen bir dağılım göstermiştir (Çizelge 4.6.). En yüksek yağış 2015 yılında Ocak ayında (112.4 mm) ölçülürken, 2016 yılında Mayıs ayında (198.8 mm) gerçekleşmiştir. Bu durum Samsun'da yıl boyunca düzenli bir yağış dağılımının olduğunu göstermektedir. Yıllık toplam yağış miktarlarına bakıldığında 2015 yılında toplam yağış miktarı 707.7 mm olurken, 2016 yılında için 1092.2 mm olarak ölçülmüştür. Yıllık yağış farklılığının yaklaşık 350 mm

olduğu görülmüştür. Bu değerler uzun yıllar ortalamasıyla karşılaştırıldığı zaman 2015 ve 2016 yılları arasındaki toplam yağış miktarı arasındaki fark çok yüksek çıkmaktadır.

Yarı kurak iklim bölgesi olarak seçilen Tokat ili maksimum sıcaklık değerleri Çizelge 4.7.' de verilmiştir. Tokat konumu itibariyle kurak ve humid bölge geçit kuşağında yer almaktadır. İki yıllık sıcaklık değişimlerine bakıldığında sıcaklıklarda aşırı bir değişim gözlenmemektedir. Maksimum sıcaklıklar Ağustos ve Eylül aylarında ölçülmüştür. Minimum sıcaklıklar her iki yılda da Ocak aylarında ölçülmüştür (Çizelge 4.8.). Ortalama yağış değerlerindeki değişim en fazla 2016 yılında gerçekleşmiştir (Çizelge 4.9.). En düşük yağış miktarları 2016 Temmuz ayından sonra gerçekleşmiştir. Yağış miktarındaki bu yüksek değişkenlik meralarda bitkisel üretimi de etkilemiştir. Toplam yağış miktarı 2015 yılında düşük olmakla birlikte (300 mm) yıl içindeki dağılımı 2016 yılına göre daha iyidir. 2016 yılında toplam yağış miktarı 391 mm olarak gerçekleşmiştir. Bu değerler uzun yıllar ortalamasıyla karşılaştırıldığı zaman 2015 ve 2016 yılları arasındaki toplam yağış miktarı arasındaki fark yüksek çıkmaktadır. Yağış miktarının toplam miktarının yanında yıl içerisindeki dağılım frekansında oldukça önemlidir.

Çizelge 4.1. Kurak bölge olan Sivas ili 2015-2016 yıllarına ait aylık maksimum sıcaklıklar (C°)

Yıl/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2015	10.2	14.7	20.1	24.1	29.2	28.8	38.1	36.7	33.9	24.4	20.3	10.5
2016	11.2	17.1	20.7	26.1	25.6	34.2	35.9	37.8	32	27.9	21.1	6.8

Çizelge 4.2. Kurak bölge olan Sivas ili 2015-2016 yıllarına ait aylık minimum sıcaklıklar (C°)

Yıl/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2015	-16.2	-9.2	-4.3	-3.9	1.3	6.6	5.1	10.6	8.4	0.8	-5.6	-10.9
2016	-17.3	-11.5	-7.8	-2.7	2.7	5.9	8.7	12.9	1.5	-3.1	-9.7	-20.2

Çizelge 4.3. Kurak bölge olan Sivas ili 2015-2016 yıllarına ait aylık ortalama yağışlar (mm)

Yıl/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2015	36.2	33.2	94.8	0	0	33.7	0	3.4	4.3	39	18.1	10.7
2016	77.4	44.3	49	24	150.8	33	27.1	0.2	13	7.1	0.6	43.1

Çizelge 4.4.. Humid bölge olan Samsun ili 2015-2016 yıllarına ait aylık maksimum sıcaklıklar (C°)

Yıl/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2015	20.9	25.3	26.6	28.6	27.6	29.5	32.9	32.8	34.3	30.4	26.7	19.2
2016	21.1	27.2	30	35	31	34.2	34.2	33.8	35.8	31.2	30.2	18.3

Çizelge 4.5. Humid bölge olan Samsun ili 2015-2016 yıllarına ait aylık minimum sıcaklıklar (C°)

Yıl/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2015	-4.1	-2.1	-0.6	1.3	7.1	13.1	15.5	15.1	14.2	8	0.7	-1.9
2016	-10.4	-2.3	-0.8	1.2	6.4	11.9	14.7	14.2	7.9	4.2	-1.6	-3.7

Çizelge 4.6. Humid bölge olan Samsun ili 2015-2016 yıllarına ait aylık ortalama yağışlar (mm)

Yıl/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2015	112.4	73	71.4	89	26.4	74.6	42.8	13	27.8	70	26.2	81.1
2016	174	30.5	98.7	55.2	198.8	69.5	44.6	11.1	83.6	47.4	114	164.8

Çizelge 4.7. Yarı kurak bölge olan Tokat ili 2015-2016 yıllarına ait aylık maksimum sıcaklıklar C°)

Yıl/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2015	14.9	19.2	22.4	26.8	34.6	31	36.6	37.4	37.5	27	22.3	10
2016	16	20.6	25.8	30.9	29.7	36.4	37	36.4	32.8	30.3	26.1	11.8

Çizelge 4.8. Yarı kurak bölge olan Tokat ili 2015-2016 yıllarına ait aylık minimum sıcaklıklar (C°)

Yıl/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2015	-14.4	-8.8	-3.1	-2.8	1.5	7.7	7.2	8.2	7.8	3.7	-3.9	-8.2
2016	-18.8	-8	-5.6	-1.9	3.6	5.3	8.9	13.1	2.4	-1.7	-10.7	-10.3

Çizelge 4.9. Yarı kurak bölge olan Tokat ili 2015-2016 yıllarına ait aylık ortalama yağışlar (mm)

Yıl/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2015	34.6	25.5	64.6	36.7	36.2	40.9	0.9	1.1	4.2	26	11.7	18.2
2016	79.2	55.2	47	18.1	99.7	34.1	22.3	2	6.7	2.1	4.1	21

4.2. Toprak Verileri

Üç farklı iklim kuşağını temsilen kurak, yarı kurak ve humid (Sivas, Tokat ve Samsun) bölgelerde tarla ve mera alanlarından alınan toprak örneklerinin tanecik dağılımı Çizelge 4.10' da verilmiştir. Tanecik dağılımına göre Sivas tarla ve mera toprağı tekstürel sınıfı kumlu killi tın gurubunda yer almaktadır. Samsun tarla tekstür sınıfı killi tın iken mera kumlu killi tın sınıfında yer almıştır. Tokat tarla tın tekstür gurubunda yer alırken, mera kumlu killi tın olmuştur.

Çizelge 4.10. Sivas, Tokat ve Samsun örnekleri 2015-2016 yıllarına ait kum, kil ve silt dağılımı

Örnek Yeri	Tanecik Dağılımı		
	Silt	Kil	Kum
Sivas Tarla-1	25	30	45
Sivas Tarla-2	19	31	50
Sivas Tarla-3	21	34	45
Sivas Tarla-4	22	32	46
Sivas Mera-1	18	22	60
Sivas Mera-2	17	29	54
Sivas Mera-3	19	20	61
Sivas Mera-4	18	23	59
Samsun Tarla-1	41	35	24
Samsun Tarla-2	39	36	25
Samsun Tarla-3	40	28	32
Samsun Tarla-4	28	36	36
Samsun Mera-1	22	27	51
Samsun Mera-2	19	28	53
Samsun Mera-3	24	28	48
Samsun Mera-4	23	31	46
Tokat Tarla-1	32	20	48
Tokat Tarla-2	31	17	52
Tokat Tarla-3	29	22	49
Tokat Tarla-4	19	23	58
Tokat Mera-1	24	24	53
Tokat Mera-2	19	22	59
Tokat Mera-3	15	22	63
Tokat Mera-4	16	22	62

Çalışma alanında elde edilen tekstür değerleri kullanılarak toprağın hacim ağırlığı SPAW programı vasıtasıyla hesaplanmıştır (Çizelge 4.11). Samsun, Tokat ve Sivas’da farklı kullanımlar altında hacim ağırlıkları her iki yılda da bir birine yakın çıkmıştır. Mera topraklarında iki yıllık ölçümler arasında hacim ağırlığındaki değişkenlik küçük olurken, tarım toprağında değişkenlik daha yüksek olmuştur. Bu durum toprak işleme ve tarımsal faaliyetlerin toprak sıkışmasına olan yansımalarının bir etkisidir. Mera toprağındaki sıkışmanın en büyük sebebi meralardaki yoğun otlatmadır.

Çizelge 4.11. Sivas, Tokat, Samsun illeri 2015-2016 yıllarına ait toprak hacim ağırlığı (g cm^{-3})

Örnek Yeri	Hacim Ağırlığı	
	2015	2016
	gr cm^{-3}	
Sivas Tarla-1	1.44	1.46
Sivas Tarla-2	1.47	1.46
Sivas Tarla-3	1.50	1.47
Sivas Tarla-4	1.46	1.48
Sivas Mera-1	1.42	1.36
Sivas Mera-2	1.51	1.45
Sivas Mera-3	1.46	1.41
Sivas Mera-4	1.52	1.41
Samsun Tarla-1	1.31	1.42
Samsun Tarla-2	1.34	1.38
Samsun Tarla-3	1.37	1.43
Samsun Tarla-4	1.42	1.38
Samsun Mera-1	1.47	1.41
Samsun Mera-2	1.47	1.53
Samsun Mera-3	1.42	1.53
Samsun Mera-4	1.40	1.45
Tokat Tarla-1	1.40	1.51
Tokat Tarla-2	1.50	1.28
Tokat Tarla-3	1.50	1.50
Tokat Tarla-4	1.54	1.41
Tokat Mera-1	1.42	1.44
Tokat Mera-2	1.44	1.42
Tokat Mera-3	1.43	1.47
Tokat Mera-4	1.47	1.42

Toprak pH değerleri incelendiğinde toprak reaksiyonunun hafif asitten hafif alkaline doğru değiştiği görülmektedir (Çizelge 4.12). Veriler incelendiğinde yıllar ve arazi kullanımları arasında önemli bir değişim olmadığı gözlenmektedir. Bunun yanında

Samsun örnekleri hafif asit reaksiyon gösterirken, Sivas ve Tokat örnekleri nötr reaksiyona sahip olmuştur. En düşük pH 5.9 olarak Samsun'da ölçülürken en yüksek pH 7.8 olarak Sivas ve Tokat illerinde ölçülmüştür. Humid iklime sahip olan Samsun da bazı katyonların yıkanmasından dolayı pH 7'nin altında ölçülmüştür. Tam tersi durum kurak ve yarı kurak iklime sahip olan Sivas ve Tokat'ta gözlemlenmiş ve pH 7'in üzerinde ölçülmüştür. pH sonuçları bölgenin iklim özelliklerinin bir yansıması olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.12. Sivas, Tokat ve Samsun illeri 2015-2016 yıllarına ait toprak pH değerleri

Örnek Yeri	pH	
	2015	2016
Sivas Tarla-1	7.3	7.2
Sivas Tarla-2	7.2	7.2
Sivas Tarla-3	7.7	7.2
Sivas Tarla-4	7.8	7.1
Sivas Mera-1	7.8	7.2
Sivas Mera-2	6.8	7.3
Sivas Mera-3	7.3	7.2
Sivas Mera-4	7.0	7.2
Samsun Tarla-1	6.6	6.4
Samsun Tarla-2	6.7	7.1
Samsun Tarla-3	6.6	7.1
Samsun Tarla-4	6.8	6.9
Samsun Mera-1	6.6	6.1
Samsun Mera-2	6.6	6.1
Samsun Mera-3	6.6	6.1
Samsun Mera-4	6.6	5.9
Tokat Tarla-1	7.7	7.2
Tokat Tarla-2	7.3	7.1
Tokat Tarla-3	7.8	7.2
Tokat Tarla-4	7.8	7.2
Tokat Mera-1	7.7	7.1
Tokat Mera-2	7.7	7.0
Tokat Mera-3	7.8	7.1
Tokat Mera-4	7.3	7.1

Solma noktası verileri incelendiğinde Sivas ve Samsun örnekleri benzer solma noktası değerine sahip olurken, Tokat örneklerinin daha düşük solma noktasına sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4.13). En yüksek solma noktası Samsun tarlada ölçülürken (%29), en düşük değer Tokat tarlada (%10) ölçülmüştür. Her iki yılın verileri incelendiğinde önemli bir farkın olmadığı görülmüştür. Solma noktası nem

değerlerindeki farklılık toprakların tanecik dağılımındaki değişimin bir sonucudur. Yüksek solma noktası nem değerine sahip toprakların kil içeriği yüksek olan topraklar olduğu görülmektedir. Toprak tekstür sınıfları solma noktası değerlerinde etkili olmuştur.

Çizelge 4.13. Sivas, Tokat ve Samsun illeri 2015-2016 yıllarına ait toprak solma noktası değerleri

Örnek Yeri	Solma Noktası	
	2015	2016
	%	
Sivas Tarla-1	21	17
Sivas Tarla-2	21	18
Sivas Tarla-3	21	22
Sivas Tarla-4	20	21
Sivas Mera-1	17	17
Sivas Mera-2	20	20
Sivas Mera-3	19	19
Sivas Mera-4	25	25
Samsun Tarla-1	29	29
Samsun Tarla-2	28	28
Samsun Tarla-3	26	26
Samsun Tarla-4	27	27
Samsun Mera-1	16	18
Samsun Mera-2	20	15
Samsun Mera-3	19	16
Samsun Mera-4	24	15
Tokat Tarla-1	16	10
Tokat Tarla-2	17	12
Tokat Tarla-3	15	13
Tokat Tarla-4	17	13
Tokat Mera-1	16	17
Tokat Mera-2	16	15
Tokat Mera-3	14	16
Tokat Mera-4	14	18

Toprakların tarla kapasitesi değerleri genellikle %23 ile %39 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.14). En küçük değerler genellikle Tokat ili topraklarında ölçülmüştür. Yıllar arasında önemli bir değişim olmamıştır. Tarla kapasitesi değerleri özellikle kurak dönemlerde bitki su ihtiyacının karşılanması açısından oldukça önemlidir.

Çizelge 4.14. Sivas, Tokat ve Samsun illeri 2015-2016 yıllarına ait tarla kapasitesi değerleri

Örnek Yeri	Tarla kapasitesi	
	2015	2016
	%	
Sivas Tarla-1	34	28
Sivas Tarla-2	33	29
Sivas Tarla-3	33	34
Sivas Tarla-4	32	32
Sivas Mera-1	29	29
Sivas Mera-2	32	32
Sivas Mera-3	30	30
Sivas Mera-4	31	31
Samsun Tarla-1	42	42
Samsun Tarla-2	41	41
Samsun Tarla-3	39	39
Samsun Tarla-4	39	39
Samsun Mera-1	29	31
Samsun Mera-2	31	26
Samsun Mera-3	31	27
Samsun Mera-4	37	25
Tokat Tarla-1	28	24
Tokat Tarla-2	28	28
Tokat Tarla-3	27	25
Tokat Tarla-4	27	25
Tokat Mera-1	26	30
Tokat Mera-2	27	26
Tokat Mera-3	24	27
Tokat Mera-4	23	28

Organik madde miktarı %1.5 ile %4.6 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.15). Üç farklı iklim koşulunda alınan örneklerde organik madde içeriğinde yıl bazında önemli bir fark oluşmamıştır. Genel olarak mera koşullarında organik madde miktarı yüksek bulunurken tarla toprağında daha düşük bulunmuştur. Bu farklılık kurak ve yarı kurak iklim koşullarında yüksek olurken humid bölgede daha düşük olmuştur. Bu durum kurak ve yarı kurak bölgede organik madde içeriğinin arazi kullanımından çok daha fazla etkilendiğini ortaya koymaktadır. İki yılın ortalama organik madde miktarı Sivas tarlada %2.4 ve Sivas merada %3.1 dir. Samsun tarlada iki yılın ortalama organik madde miktarı %2.7 ve merada %2.2 olmuştur. Tokat tarlada iki yıllık ortalama organik madde miktarı %3.3 olurken, merada %3.4 olarak gerçekleşmiştir. İki yıllık ortalama organik C miktarı Sivas tarlada %3.0 olurken, merada %3.9 olmuştur (Çizelge 4.15).

Genel olarak organik karbon miktarı tarla kullanımında düşük olurken meralarda yüksek bulunmuştur. Yıllar arasındaki değişkenliğin ana sebebi yıl içerisindeki yağış miktarı ve yağışın dağılımından kaynaklanmaktadır. Samsun humid bölge olmasına rağmen organik C içeriği diğer bölgelere göre kısmen düşük çıkmıştır. Bu durum ayrışmanın bir etkisi olarak düşünülebilir.

Çizelge 4.15. Sivas, Tokat, Samsun illeri 2015-2016 yıllarına ait organik madde ve organik karbon değerleri

Örnek Yeri	Organik Madde		Organik Karbon	
	2015	2016	2015	2016
	%		kg C m ⁻²	
Sivas Tarla-1	2.1	2.4	2.6	3.0
Sivas Tarla-2	2.3	2.3	2.9	2.9
Sivas Tarla-3	2.2	2.4	2.9	3.1
Sivas Tarla-4	2.2	2.3	2.8	3.0
Ortalama	2.2	2.4	2.8	3.0
Sivas Mera-1	3.3	3.1	4.1	3.7
Sivas Mera-2	3.3	3.2	4.3	4.1
Sivas Mera-3	3.2	3.2	4.1	4.0
Sivas Mera-4	3.3	3.3	4.3	4.0
Ortalama	3.3	3.2	4.2	4.0
Samsun Tarla-1	2.7	2.8	3.1	3.4
Samsun Tarla-2	2.8	2.6	3.3	3.2
Samsun Tarla-3	2.8	2.4	3.3	3.0
Samsun Tarla-4	2.7	2.9	3.3	3.5
Ortalama	2.8	2.7	3.2	3.3
Samsun Mera-1	2.8	3.1	3.6	3.7
Samsun Mera-2	2.9	2.3	3.6	3.1
Samsun Mera-3	2.6	2.3	3.2	3.1
Samsun Mera-4	2.2	2.7	2.7	3.4
Ortalama	2.6	2.6	3.3	3.3
Tokat Tarla-1	1.9	1.5	2.3	2.0
Tokat Tarla-2	1.9	1.6	2.5	1.8
Tokat Tarla-3	2.1	1.7	2.7	2.3
Tokat Tarla-4	1.7	1.6	2.3	2.0
Ortalama	1.9	1.6	2.5	2.0
Tokat Mera-1	3.5	3.0	4.3	4.1
Tokat Mera-2	3.6	3.0	4.5	4.0
Tokat Mera-3	3.4	3.0	4.2	4.0
Tokat Mera-4	3.5	3.0	4.3	4.0
Ortalama	3.5	3.0	4.3	4.0

Çalışma alanı topraklarının mikrobiyal C verileri ve ortalama değerler standart hatalarıyla birlikte verilmiştir (Çizelge 4.16). Genel olarak mera kullanımında mikrobiyal biyokütle değeri büyük çıkarken tarla toprağında düşük bulunmuştur. Yıllar bazında bakıldığında, 2016 yılında Sivas ve Tokat değerleri genel olarak yüksek bulunurken, Samsun'da bir önceki yıla göre daha düşük değerler ölçülmüştür. Mikrobiyal biyokütle ekosistemdeki organik C'in miktarının ve dinamiğinin iyi bir göstergesidir. Yüksek biyokütle yüksek organik C ve hızlı C döngüsünün bir işaretidir.

Çizelge 4.16. Sivas, Tokat ve Samsun illeri 2015-2016 yıllarına ait mikrobiyal karbon değerleri

Örnek Yeri	Mikrobiyal Karbon	
	2015	2016
	gr C m ⁻²	
Sivas Tarla	18.9(3.5)*	16.9(2.6)
Sivas Mera	22.2(2.5)	32.3(4.0)
Tokat Tarla	12.9(3.1)	20.7(4.7)
Tokat Mera	21.1(4.0)	29.2(5.8)
Samsun Tarla	23.6(1.0)	14.2(2.5)
Samsun Mera	24.1(5.4)	20.4(4.8)

*Standart hata

4.3. Bitki Verileri

Sivas, Tokat ve Samsun illeri iki yıllık bitki biyokütle C değerleri Çizelge 4.17 verilmiştir. Samsun tarla döküntüsü biyokütle miktarı 2016 yılında 2015 yılına göre bir miktar azalma göstermiştir. Bu durum yıllık yağış miktarıyla ilgilidir. Samsun tarlada kök biyokütle miktarı 35 ile 44 gr m⁻² arasında değişmiştir. Her iki yılın kök biyokütle değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Samsun merada kök büyüme torbalarındaki kök biyokütle miktarı her iki yılda birbirine yakın olmuştur (15.0 gr m⁻²). Sivas tarla döküntüsü biyokütle miktarı 2016 yılında bir miktar artış göstermiştir. Benzer şekilde Sivas tarla kök biyokütle değeri 2016 yılında yüksek olmuştur. İki yılda tarla kök biyokütle ortalaması 22.8 gr m⁻² olarak gerçekleşmiştir. Sivas mera kök biyokütle miktarı 2016 yılında artış göstermiştir. İki yılın ortalama biyokütle miktarı 13.4 gr m⁻² dir. Tokat tarla döküntü biyokütlesi 2016 yılında bir miktar azalma göstermiştir. İki yıllık ortalama tarla döküntü biyokütlesi 223.6 gr m⁻² olarak belirlenmiştir. Tokat tarla

kök biyokütlesinin 2016 yılında bir önceki yıla göre yüksek olduğu görülmektedir. İki yıllık ortalama kök biyokütle miktarı 54.8 gr m⁻² olarak ölçülmüştür. Tokat mera kök büyüme torbalarında elde edilen biyokütle miktarı 2016 yılında bir miktar artış göstermiş, iki yılın ortalaması olarak 11.7 gr m⁻² olmuştur.

Hasat atıkları ve bitki kökleriyle toprağa bağlanan C miktarının belirlenmesi amacıyla kök ve hasat atıklarında C analizi yapılmış ve birim alana bağlanan C miktarı belirlenmiştir (Çizelge 4.17.). Her bir kullanımda toprağa ilave olan C miktarı aynen biyoküttele olduğu gibi farklılık göstermiştir. En yüksek döküntü C bağlanması Samsun tarlada ortalama 188.6 gr m⁻² olarak gerçekleşmiştir. Samsun tarlada kök biyokütle C değeri ortalama 16.2 gr m⁻² dir. Samsun merada kök biyokütle C değeri ortalama 5.8 gr m⁻² olmuştur. Sivas tarla döküntü biyokütle C değerleri Samsun'na göre daha düşük bulunmuştur (109-118 g C m⁻²). Bu değerler Samsun'dan daha küçük olurken Tokat'tan daha yüksek olarak ölçülmüştür. Karbon değerleri doğal olarak biyokütle değerleriyle paralellik göstermiştir. Sivas tarla kök biyokütle C miktarı 2016 yılında 2.6 gr m⁻² artış göstermiştir. Her iki yılda elde edilen karbon miktarı ortalama 3.7 gr m⁻² dir. Sivas mera kök biyokütle C miktarı 2016 yılında 2.0 gr m⁻² artış göstermiştir. Her iki yılda elde edilen ortalama C miktarı 3.7 gr m⁻² dir. Tokat tarla döküntü biyokütle C değeri en düşük bulunmuştur. Her iki yılın ortalaması ise 94 gr m⁻² dir. Sivas tarla kök biyokütle C miktarı ortalama 13.5 gr m⁻² olmuştur. Sivas mera kök biyokütle C miktarı ortalama 4.3 gr m⁻² olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.17. Sivas, Tokat ve Samsun illeri 2015-2016 yıllarına ait bitki biyokütle ve biyokütle karbon değerleri

Örnek Yeri	Biyokütle		Biyokütle Karbon	
	2015	2016	2015	2016
	gr C m ⁻²			
Samsun Tarla Döküntü	452.46(7.6)*	429.11(8.7)	195.14(3.3)	182.11(3.7)
Samsun Tarla Kök	35.33(0.8)	44.46(1.5)	10.10(0.2)	22.30(0.7)
Samsun Mera Kök	15.42(0.1)	14.66(0.3)	5.53(0.0)	6.23(0.1)
Sivas Tarla Döküntü	239.53(9.5)	283.55(3.0)	109.10(4.3)	118.75(1.2)
Sivas Tarla Kök	22.44(0.6)	23.19(0.8)	4.53(0.1)	7.20(0.2)
Sivas Mera Kök	10.74(0.6)	16.17(0.2)	2.68(0.1)	4.73(0.08)
Tokat Tarla Döküntü	234.44(5.9)	212.88(4.4)	101.35(2.5)	86.7(1.8)
Tokat Tarla Kök	52.22(3.4)	57.55(1.6)	7.93(0.51)	19.14(0.5)
Tokat Mera Kök	11.27(0.4)	12.23(0.4)	4.5(0.1)	4.13(0.1)

*Standart hata

Farklı iklim kuşağına sahip olan Sivas, Tokat ve Samsun illeri 2015-2016 yıllarına ait mineralize ve pasif C verileri Çizelge 4.18’de verilmiştir. Sivas merada mineralize C miktarı 2016 yılında artış göstermiştir. İki yıllık ortalama mineralize C miktarı 90.5 gr C kg⁻¹ olarak gerçekleşmiştir. Sivas tarla mineralize C miktarı 2016 yılında yaklaşık iki kat artış göstermiştir (55.1 gr C kg⁻¹). Her iki yılın ortalaması ise 76 gr C kg⁻¹ olarak gerçekleşmiştir. Tokat merada mineralize C miktarı benzer şekilde 2016 yılında artmıştır. Her iki yılın verilerinin ortalaması ise 70 gr C kg⁻¹ olarak gerçekleşmiştir. Tüm mineralize C değerleri 2016 yılında yaklaşık iki kat daha yüksek bulunmuştur. Tokat tarlada mineralize C değeri ortalama 81.4 gr C kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Samsun mera ve tarlada mineralize C miktarı ortalama 87.9 ile 83.1 gr C kg⁻¹ olarak ölçülmüştür.

Pasif organik C toprakta ayrışmaya karşı dirençli olan C miktarını göstermesi açısından oldukça önemlidir (Çizelge 4.18). Bir ekosistemde pasif organik C miktarının yüksek olması C depolanmasının gelecekteki durumunu da göstermektedir. Genellikle miktar ve oransal olarak doğal ekosistemlerde pasif fraksiyonda depolanan C miktarı yüksek olmaktadır. Bu çalışmada da genellikle en yüksek pasif organik C miktarı mera ekosisteminde ölçülmüştür. Sivas ve Tokat örneklerinde 2016 yılında genellikle bir artış görülürken, Samsun örneklerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir.

Çizelge 4.18. Sivas, Tokat ve Samsun illeri 2015-2016 yıllarına ait mineralize ve pasif organik karbon

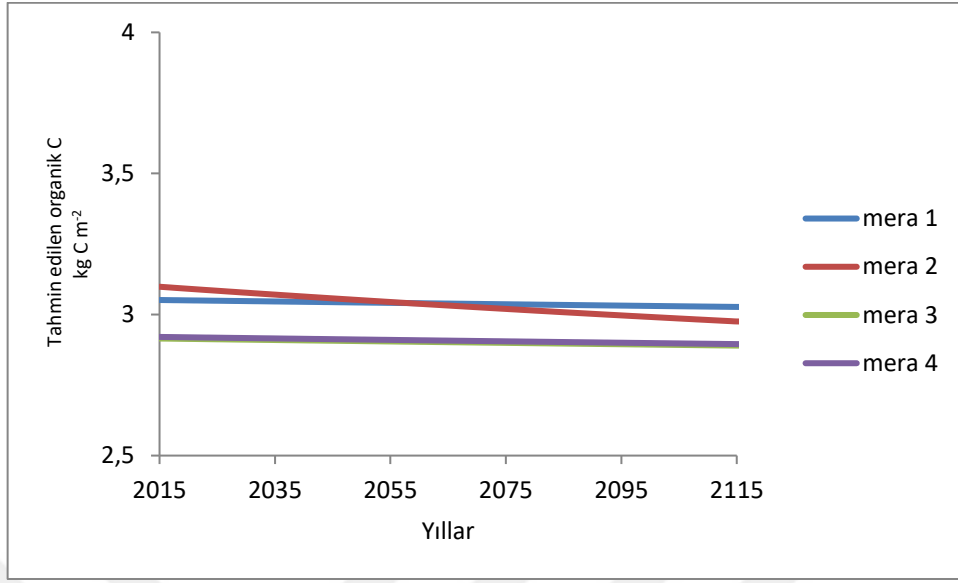
Örnek Yeri	Mineralize Karbon		Pasif Karbon	
	2015	2016	2015	2016
	gr C m ⁻²		gr C m ⁻²	
Sivas Tarla	75.4(7.7)*	105.7(4.4)	2714.8(58.3)	2890.5(30.3)
Sivas Mera	48.5(5.8)	103.6(4.9)	4118.9(55.1)	3818.8(68.9)
Tokat Tarla	41.0(6.3)	99.3(2.4)	2385.0(84.4)	1895.1(79.0)
Tokat Mera	57.7(1.6)	105.1(9.0)	4270.0(48.1)	3894.8(10.0)
Samsun Tarla	64.8(0.2)	111.0(15.1)	3169.5(54.3)	3175.6(105.1)
Samsun Mera	59.1(3.3)	107.1(4.9)	3206.3(182.4)	3205.4(151.8)

*Standart hata

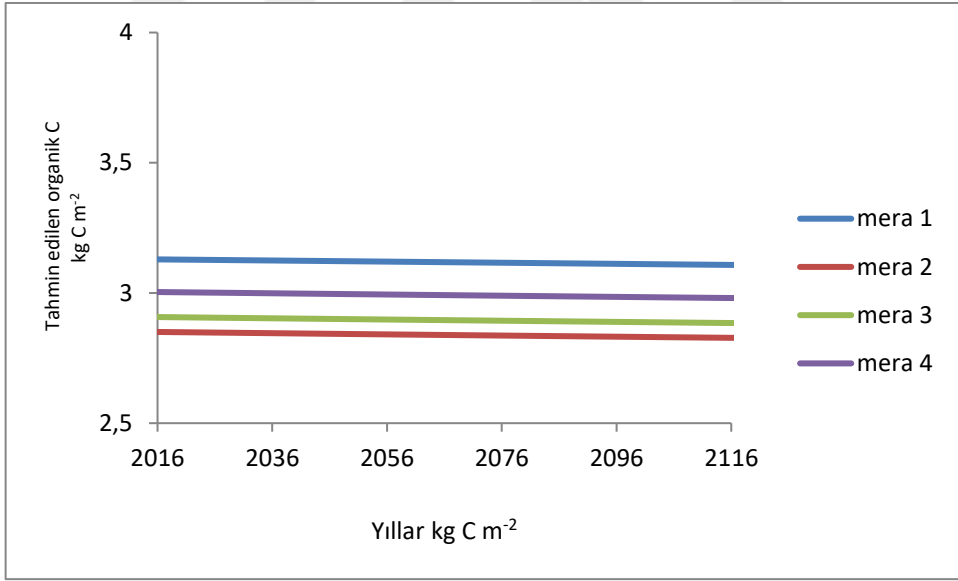
4.4. Century Modeliyle Organik Karbon Tahmini

4.4.1. Samsun mera organik karbon tahmini

Samsun merada 2015 ve 2016 yılları toprak ve iklim verileri kullanılarak Century modeliyle organik C tahmini yapılmıştır. Samsun merada 2015 yılı toprak ve iklim verilerine göre organik C miktarındaki uzun süreli değişim Şekil 4.4.'te görülmektedir. Yapılan tahminlerde bu değerler mera 1 ve mera 2'de 3.0 kg C m^{-2} , mera 3 ve mera 4'de 2.9 kg C m^{-2} olarak görülmektedir. Mera 2 de organik C miktarında uzun süreli bir azalma trendi görülmektedir. Bu durum iklim ve toprağın yapısıyla yakından ilgilidir. Genel olarak değerlendirilecek olursa organik C miktarı mevcut iklim ve amanejman altında 3.0 kg C m^{-2} düzeyinde denge oluşturduğu görülmektedir. Samsun mera 2016 yılına ait organik C tahmini Şekil 4.5.'de verilmiştir. Burada kullanılan veriler 2016 yılı toprak ve iklim verileriyle üretilmiştir. Bu iki yılın tahmin değerleri arasındaki farklılıklar genellikle yıllık iklimsel farklılıklarının bir sonucudur. Yapılan tahminlerde bu değerler mera 1'de 3.1 kg C m^{-2} , mera 2'de 2.8 kg C m^{-2} , mera 3'de 2.9 kg C m^{-2} , mera 4'de 3.0 kg C m^{-2} dir. İki yılın C değişimine bakıldığında oldukça benzer olduğu görülmektedir. Sims (1986) yaptığı araştırmada sıcaklığın düşmesi ile organik maddenin minerilizasyonunun azaldığı ve toprakta depo edilen toplam C miktarının arttığını belirtmiştir. Tam tersi durum ise sıcaklığın artmasıyla organik C miktarının azaldığı şekilde ortaya konmuştur (Kirschbaum, 1995). Karasal ekosistemlerde bitkisel üretim ve iklimsel değişiklikler toprakta depo edilen organik C miktarını önemli derecede etkilemektedir (Lehman ve Kleber, 2015; Ou ve ark., 2017). Bu uzun yıllık tahmin değerleri organik karbon miktarının genellikle bir dengeye oturduğunu göstermektedir. Doğal ekosistemler genellikle amanejman ve iklimde bir değişim olmadığı sürece belli bir düzeyde denge haline ulaşacaktır.



Şekil 4.4. Samsun mera 2015 yılı verilerine göre organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim



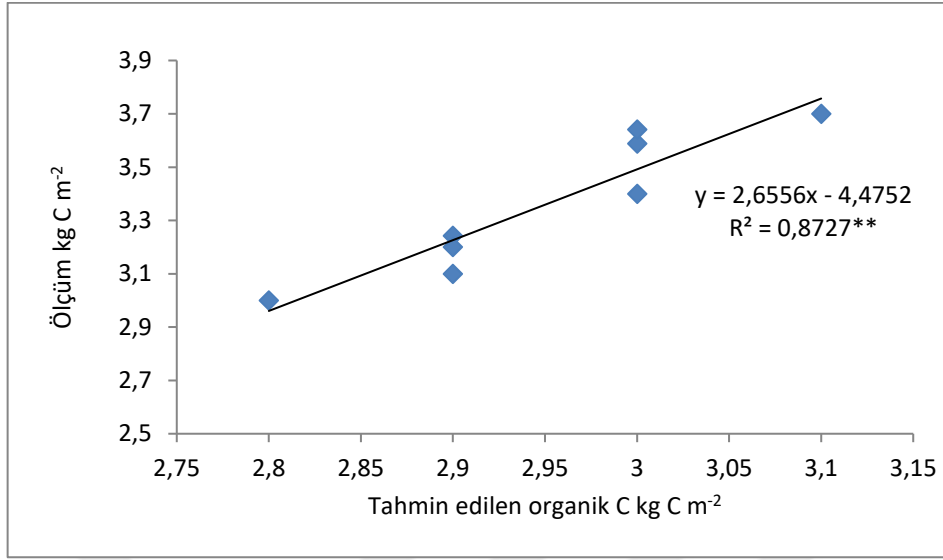
Şekil 4.5. Samsun mera 2016 yılı verilerine göre organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim

Samsun merada 2015-2016 yılları arazi ölçüm değerleri, tahminler ve bu ikisi arasındaki istatistiksel ilişki Çizelge 4.19.'da verilmiştir. İki yıllık arazi ölçümlerinde organik C miktarları ortalama 3.3 kg C m^{-2} , modelle yapılan tahminde ise ortalama 3.0 kg C m^{-2} olarak saptanmıştır. Ayrıca Nash-Sutcliffe Modeli Verim Katsayısı (E_{NS}) ve Ortalama Karekök Hatası (RMSE) değerleri hesaplanmıştır. RMSE değerinin sıfıra

yakın bir değer çıkması modellen tahmin gücünün yüksek olduğunu göstermektedir. E_{NS} değerinin 1'den büyük olması tahmin edilen değerler ile ölçülen değerler arasında iyi bir uyumun olduğunu göstermektedir. İki yıllık ölçüm değerleri ile tahmin edilen değerler arasında doğrusal ilişki olduğu ve bu ilişkinin R^2 değeri 0.87 olarak hesaplanmıştır. Regresyon test sonuçlarına göre ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişki ($P < 0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur (Şekil 4.6.). Bhattacharyya ve ark. (2007) humid bölgelerde Century modeli ile yapılan organik karbon tahmininin diğer bölgelere göre daha iyi sonuç verdiğini ortaya koymuştur. Bu çalışmada da benzer bir durum ortaya çıkmış, humid bölge olan Samsun'da tahmin edilen değerler ölçülen değerlere oldukça yakın çıkmıştır.

Çizelge 4.19. Samsun mera 2015-2016 yılları ölçümleri ile Century modeli tahminleri

Organik Karbon (kg C m ⁻²)									
Yıl	Örnek	Ölçüm	Tahmin	Ortalama	Hata	RMSE	E_{NS}		
2015	M1	3.6	3.0	3.3	3.0	0.2	0.0	0.44	1.47
	M2	3.6	3.0						
	M3	3.2	2.9						
	M4	3.2	2.9						
2016	M1	3.7	3.1						
	M2	3.0	2.8						
	M3	3.1	2.9						
	M4	3.4	3.0						



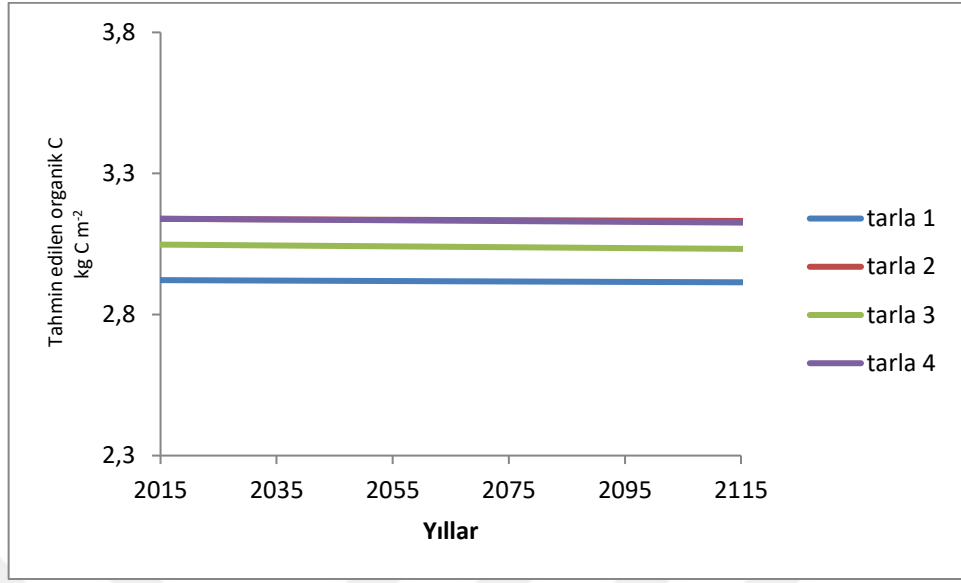
* P <0.05

** P <0.01

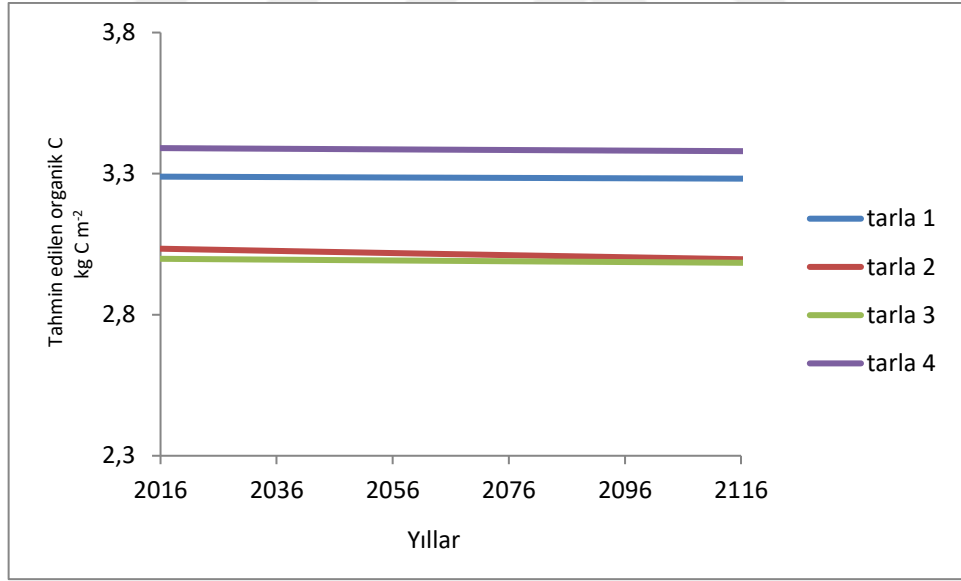
Şekil 4.6. Samsun mera 2015-2016 yılları ölçülen değerler ile tahmin edilenler arasındaki ilişki

4.4.2. Samsun tarla organik karbon tahmini

Samsun tarlada 2015 ve 2016 yıllarında alınan örnekler ve iklim verileri kullanılarak organik C tahmini yapılmıştır. Samsun tarla 2015 yılı organik C tahmini Şekil 4.7.'de verilmiştir. Yapılan tahminlerde organik C miktarı 2.9 ile 3.1 kg C m⁻² arasında değişmektedir. Bu sonuçlar tahmin edilen değerlerin birbirine çok yakın olduğunu göstermektedir. Samsun tarla 2016 yılı verileriyle yapılan tahminlerde organik C içeriği 2.9 ile 3.3 kg C m⁻² arasında değiştiğini göstermektedir (Şekil 4.8.). İki yıllık ölçüm değerlerinde ortalama organik C miktarı 3.2 kg C m⁻² olurken tahmin edilen ortalama organik C miktarı 3.1 kg C m⁻² bulunmuştur (Çizelge 4.20.). Bu iki değer birbirine yakın çıkması modelin tahmin gücünün oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Samsun tarla koşullarında uygulanan amenajman, toprak sürüm tekniklerinde ve iklimsel faktörlerinde uzun yıllar boyu değişmeyeceği ön görülürse organik C miktarının yaklaşık 3.0 kg C m⁻² olarak dengede kalacağı öngörülmektedir. İklim, toprak, ürün yetiştirme periyodunun yoğunluğu, nadasa bırakma periyotları, anız yakma ve otlama yoğunluğu toprak organik C miktarında uzun vadede değişime yol açmaktadır (Jonas ve Lennart, 2003). Organik C miktarının toprak verimliliği açısından olumlu etkisi göz önüne alınacak olursa, bölgede organik C miktarının artırılması için gerekli önlemler alınarak depo edilen karbon miktarı artırılmalıdır.



Şekil 4.7. Samsun tarla 2015 yılı verilerine göre organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim



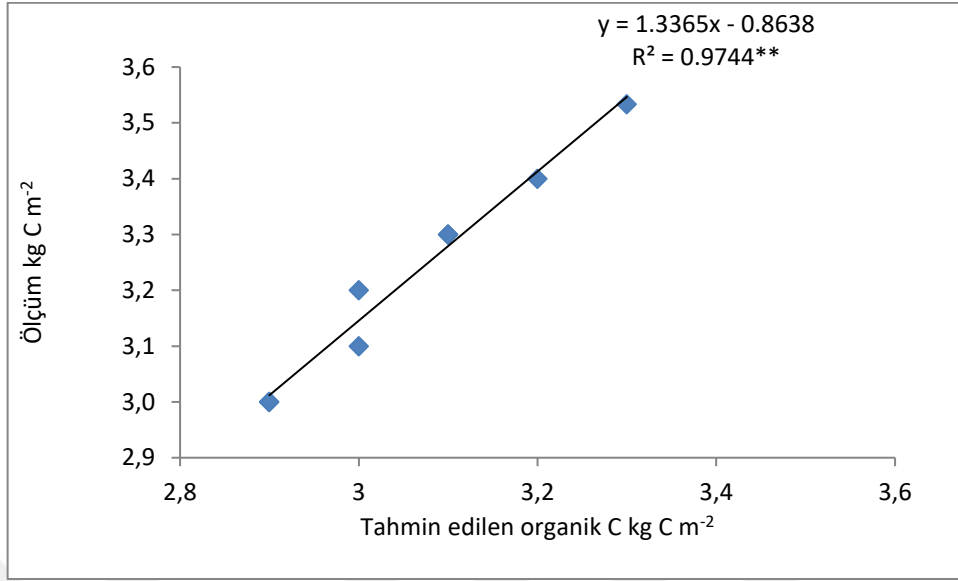
Şekil 4.8. Samsun tarla 2016 yılı verilerine göre organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim

İki yıllık arazi ölçümlerinde organik C miktarları ortalama 3.2 kg C m^{-2} , modelle yapılan tahminde ise ortalama 3.1 kg C m^{-2} olarak belirlenmiştir. Ölçülen organik C miktarının standart hatası 0.2 iken tahminin 0.1 çıkmıştır. Nash-Sutcliffe Modeli Verim Katsayısı (E_{NS}) ve Ortalama Karekök Hatası (RMSE) değerleri hesaplanmıştır. RMSE değeri 0.17 bulunmuştur. Bu değer sıfıra yakın bir değer çıkması modelin tahmin

gücünün yüksek olduğunu göstermektedir. E_{NS} 1.18 olarak hesaplanmıştır. Tahmin edilen değerler ile ölçülen değerler arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu ($R^2 = 0,97$) belirlenmiştir. Regresyon test sonuçlarına göre ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişki ($P < 0.01$) düzeyinde önemli bulunmuştur. Aynı iklim koşullarında Samsun ilinde yapılan çalışmalarda tarım arazisinde yapılan tahminler ölçülen değerlere göre daha yakın sonuçlar vermiştir. Mera arazisinde ise yapılan tahminler arazi ölçümlerine kıyasla biraz düşük çıkmıştır. Bu durumun modelleme yapılırken mera arazi için hazırlanan senaryoda arazide otlatma durumunun orta seviyede seçilmesinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Aynı verilerle otlatma durumu düşük seçildiğinde tahmin edilen değerler ölçümlerden daha yüksek çıkmış, otlatma durumu yüksek seçeneği seçildiğinde ise tahminler arazi ölçümlerinden daha düşük çıkmıştır. Bu durum mera arazisinde otlatma durumunun modellemenin tahminlerine ne kadar etki ettiğinin göstergesidir (Şekil 4.9.).

Çizelge 4.20. Samsun tarla 2015-2016 yılları ölçümleri ile Century modeli tahminleri

Organik Karbon (kg C m ⁻²)									
Yıl	Örnek	Ölçüm	Tahmin	Ortalama		Hata		RMSE	E_{NS}
2015	T1	3.0	2.9	3.2	3.1	0.2	0.1	0.17	1.18
	T2	3.3	3.1						
	T3	3.2	3.0						
	T4	3.3	3.1						
2016	T1	3.4	3.2						
	T2	3.1	3.0						
	T3	3.0	2.9						
	T4	3.5	3.3						



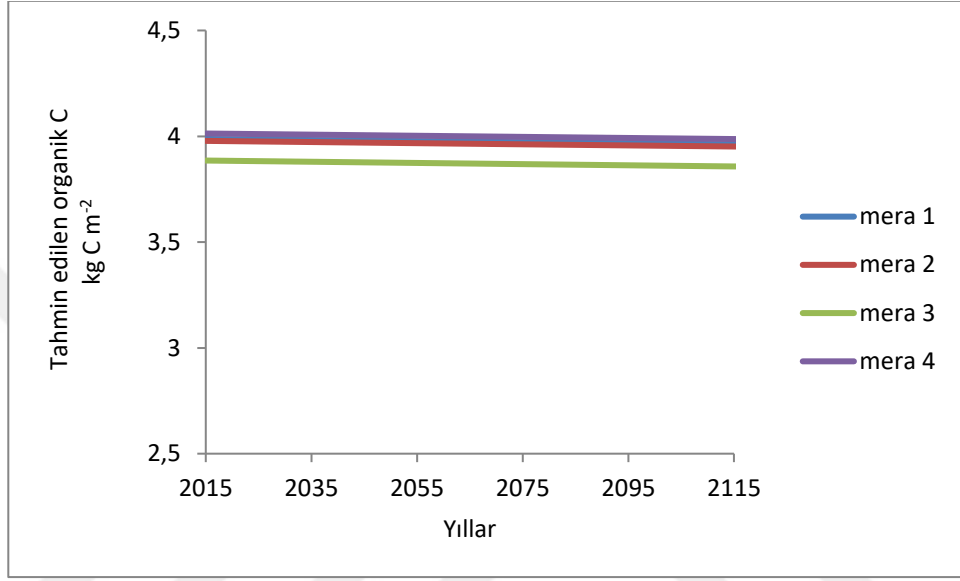
* P < 0.05
 ** P < 0.01

Şekil 4.9. Samsun tarla 2015-2016 yılı ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki ilişki

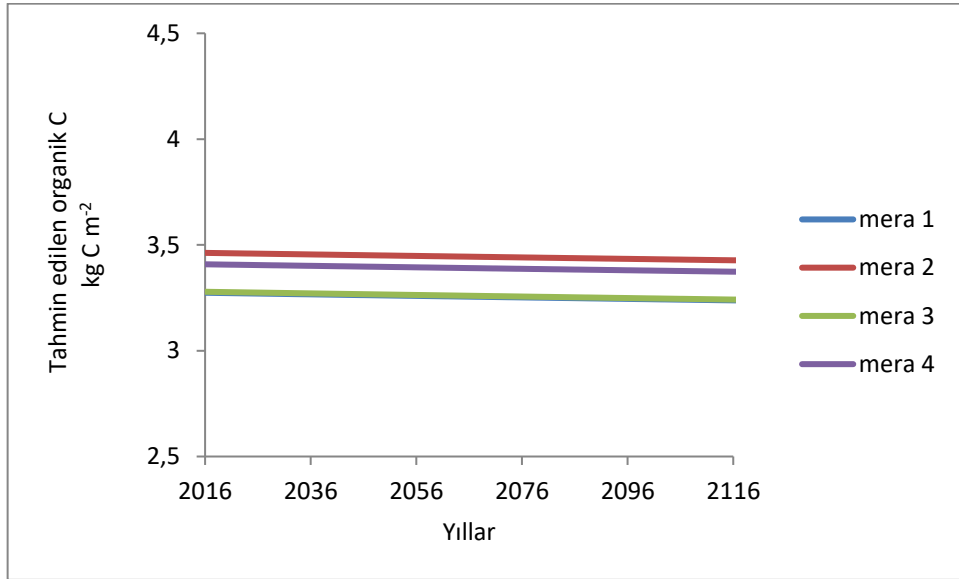
4.4.3. Sivas mera organik karbon tahmini

Sivas meradan 2015 ve 2016 yıllarında alınan örnekler ve iklim verileri kullanılarak Century modeliyle organik C tahmini yapılmıştır. 2015 yılına ait toprak ve iklim verileri kullanılarak organik C tahmini yapılmıştır (Şekil 4.10.). Yapılan tahminlerde bu değerlerin 3.8 ile 4.0 kg C m⁻² arasında değiştiğini göstermektedir. Sivas merada 2016 yılı tahmin edilen organik C miktarı 3.2 ile 3.4 kg C m⁻² şeklinde olmuştur (Şekil 4.11.). 2015 yılı tahminleri 2016 yılı tahminlerine göre yüksek çıkmıştır. Bu farklılığın nedeni iki yılın yıllık yağış miktarlarının farklılık göstermesidir. 2016 yılında yağış miktarının daha fazla olması, benzer şekilde sıcaklıklarında bir önceki yıla nazaran artış göstermesi modelin organik C tahmininin düşük çıkmasını neden olmuştur. Model ile yapılan tahminlerin arazi ölçümlerinden düşük çıkmasının nedeni modelin tekstürel farklılıklara, ortalama yağış miktarındaki değişime ve sıcaklık gibi iklimsel değişimlere aşırı hassas olmasındandır. Ayrıca bu etkenler toprakta depo edilen organik C miktarının da azalmasına etki eden en önemli faktörlerdir. Akdeniz bölgesinde 500 m rakımda sıcaklıkların 3 °C artışı ile toprak organik C'in azaldığı tespit edilmiştir (Bottner ve ark., 1995). Bu sıcaklık artışının bir sonucu olarak atmosfere salınan CO₂ miktarı da artış göstermiştir (Cheddadi ve ark., 2001). Topraktaki organik C miktarının yıllık ortalama yağış ve tekstür ile pozitif bir ilişki gösterdiği, fakat bu ilişkinin sıcaklık

ile negatif olduğu rapor edilmiştir (Spain ve ark., 1983). 2015 -2016 yılları ölçüm verilerine göre ortalama 4.0 kg C m^{-2} olan organik C miktarı, tahmin ortalamasına göre 3.6 kg C m^{-2} olarak bulunmuştur. Bu durum Sivas mera koşullarında toplam karbon miktarının 3.6 ile 4.0 kg C m^{-2} arasında bir değerde dengede kalacağını göstermektedir.



Şekil 4.10. Sivas mera 2015 yılı verilerine göre organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim

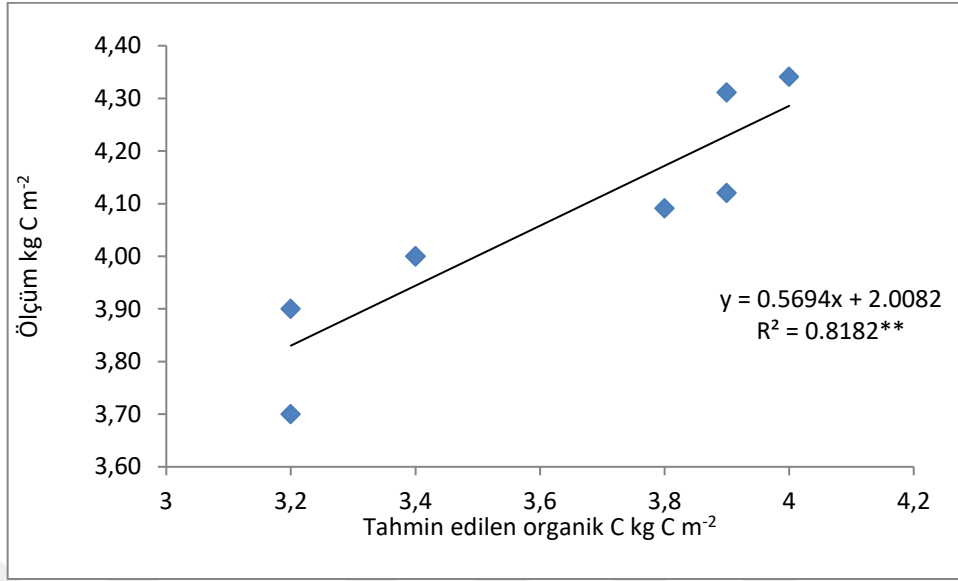


Şekil 4.11. Sivas mera 2016 yılı verilerine göre organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim

Sivas mera arazinde 2015-2016 yılları arazi ölçüm değerleri, tahminler ve bu ikisi arasındaki istatistiksel ilişki Çizelge 4.21.'de verilmiştir. İki yıllık arazi ölçümlerinde organik C miktarlarının ortalaması 4.0 kg C m^{-2} , modelle yapılan tahminlerin ortalaması 3.6 kg C m^{-2} olarak belirlenmiştir. Ölçülen organik C miktarının standart hatası 0.2 iken tahminlerin standart hatası 0.1 olmuştur. Nash-Sutcliffe Modeli Verim Katsayısı (E_{NS}) ve Ortalama Karekök Hatası (RMSE) değerleri verilmiştir. RMSE değeri 0.48, E_{NS} 1.51 olarak hesaplanmıştır. Ölçülen ile tahmin edilen değerler arasında iyi bir uyumun olduğu görülmektedir. 2015-2016 yılları ölçüm değerleri ile tahmin değerler arasındaki doğrusal bir ilişki $R^2 = 0.81$ olduğu görülmektedir. Regrasyon test sonuçlarına göre ilişkinin istatistiksel olarak önemli olduğu anlaşılmaktadır ($p < 0.01$) (Şekil 4.12.).

Çizelge 4.21. Sivas mera 2015-2016 yılları ölçümleri ile Century modeli tahminleri

Organik Karbon (kg C m^{-2})									
Yıl	Örnek	Ölçüm	Tahmin	Ortalama	Hata	RMSE	E_{NS}		
2015	M1	4.1	3.9	4.0	3.6	0.2	0.1	0.48	1.51
	M2	4.3	3.9						
	M3	4.0	3.8						
	M4	4.3	4.0						
2016	M1	3.7	3.2						
	M2	4.0	3.4						
	M3	3.9	3.2						
	M4	4.0	3.4						



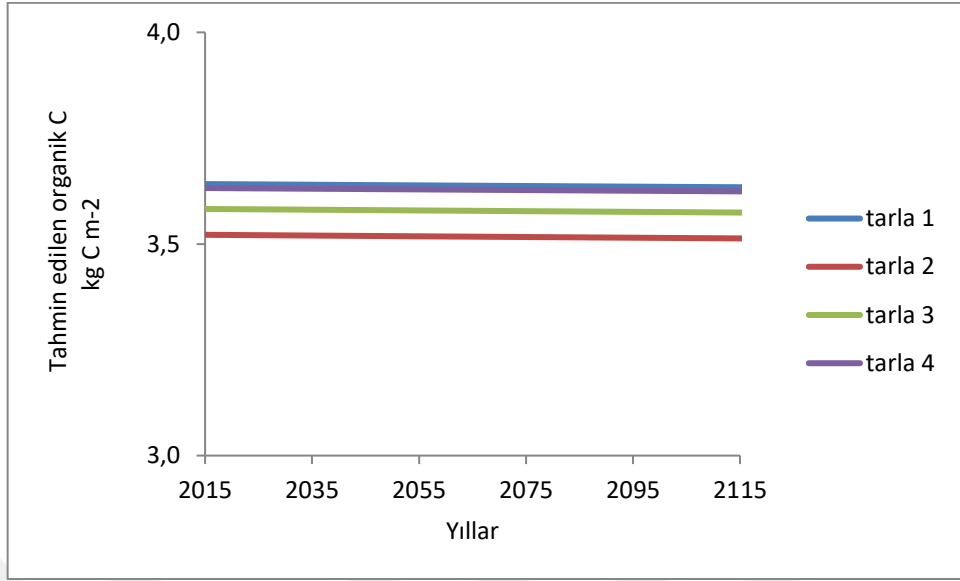
* P < 0,05

** P < 0,01

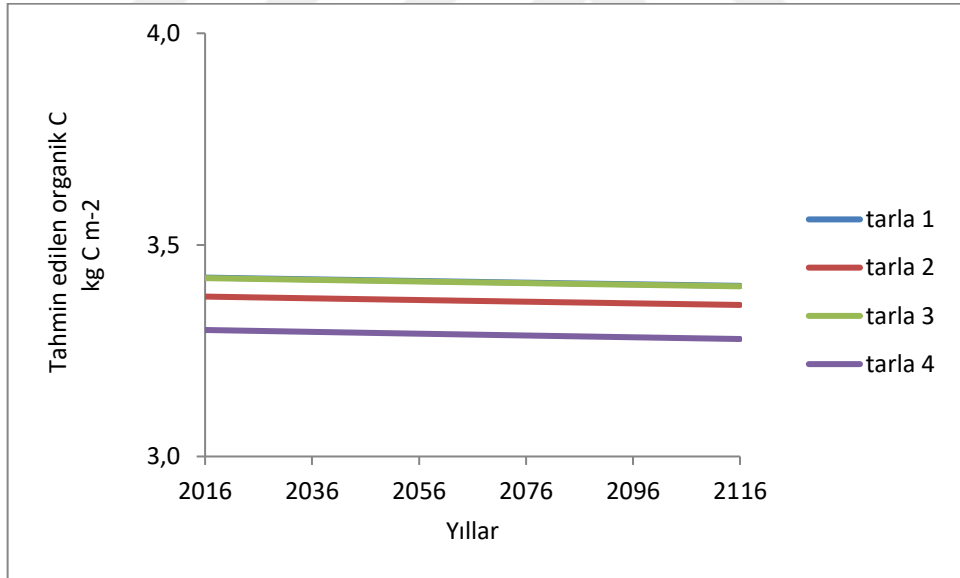
Şekil 4.12. Sivas mera 2015-2016 yılı ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki ilişki

4.4.4. Sivas tarla organik karbon tahmini

Sivas tarla 2015 yılı toprak ve iklim verilerine göre modelle tahmin edilen organik C miktarlarındaki değişim Şekil 4.13'de görülmektedir. Yapılan tahminlerde organik C miktarı 3.5 ile 3.6 kg C m⁻² arasında değişim göstermiştir. 2016 yılı verilerine göre organik C miktarındaki değişim 3.2 ile 3.4 kg C m⁻² arasında olmuştur (Şekil 4.14.). 2016 yılı verileri tahminine göre organik C değerleri kısmen küçük çıkmıştır. Bu durum 2016 yılı ortama yağış ve sıcaklıklarının 2015 yılına göre kısmen yüksek olmasının bir sonucudur. Yüksek sıcaklık ve yağışların topraktaki organik maddenin minerilizasyonunu artırdığı ve depo edilen karbon miktarının azalmasına neden olduğu bilinmektedir (Cole ve ark., 1993). Eswaran ve ark. (1993) 50 yıl içerisinde sıcaklıkların 5 derece artması ile organik C konsantrasyonunu %33 azaltacağını, atmosfere salınan CO₂ emisyonun 1.6x10¹⁵g C olacağını belirtmişlerdir.



Şekil 4.13. Sivas tarla 2015 yılı verilerine göre organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim



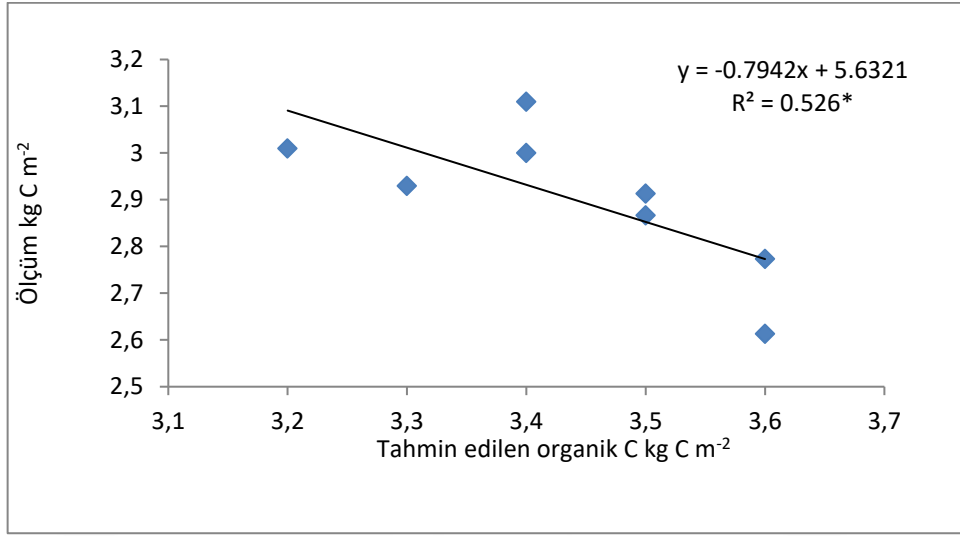
Şekil 4.14. Sivas tarla 2016 yılı verilerine göre organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim

2015-2016 yılları organik C miktarlarına bakıldığında ölçülen organik C miktarı ortalama 2.9 kg C m^{-2} iken tahmin edilen ortalama 3.4 kg C m^{-2} olmuştur (Çizelge 4.22.). Ölçülen organik C miktarının standart hatası 0.2 tahminin 0.1 çıkmıştır. RMSE değeri 0.59 bulunmuştur. E_{NS} 0.34 olarak hesaplanmış bu değer de 1'den küçük olması tahmin edilen değerler ile ölçülen değerler arasında normal bir uyumun

olduğunu göstermektedir. İki yıllık ölçüm değerleri ile tahmin edilen değerler arasındaki ilişki ters bir ilişki şeklindedir. $R^2 = 0.52$ olarak hesaplanmıştır. İki yıllık veriler arasında ters bir ilişkinin oluşmasının ana nedeni, iki yılın meteorolojik verileri arasında aşırı farklılıklar oluşmasıdır. İki yıl arasında ortalama yağış miktarında %40 varan değişim modelin tahmin kabiliyetini düşürmüştür. Arazi ölçümleri ile tahminler arasında fark oluşmuş tahminler ölçümlere nazaran daha düşük çıkmıştır. Modelin organik C miktarını tahmin ederken meteorolojik verilerdeki değişimlere hassasiyet gösterdiği tecrübe edilmiştir. Regrasyon test sonuçlarına göre $p < 0.05$ önem seviyesine göre önemli bulunmuştur (Şekil 4.15.).

Çizelge 4.22. Sivas tarla 2015-2016 yılları ölçümleri ile Century modeli tahminleri

Organik Karbon (kg C m ⁻²)									
Yıl	Örnek	Ölçüm	Tahmin	Ortalama		Hata		RMSE	E _{NS}
2015	T1	2.6	3.6	2.9	3.4	0.2	0.1	0.59	0.34
	T2	2.9	3.5						
	T3	2.8	3.6						
	T4	2.7	3.6						
2016	T1	3.0	3.4						
	T2	3.0	3.4						
	T3	3.1	3.4						
	T4	3.0	3.3						



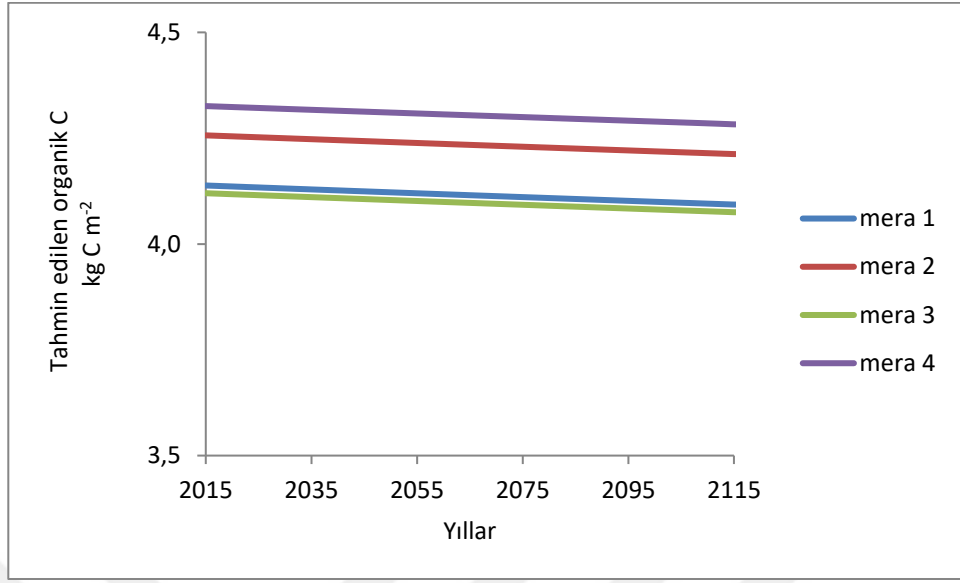
* P < 0.05

** P < 0.01

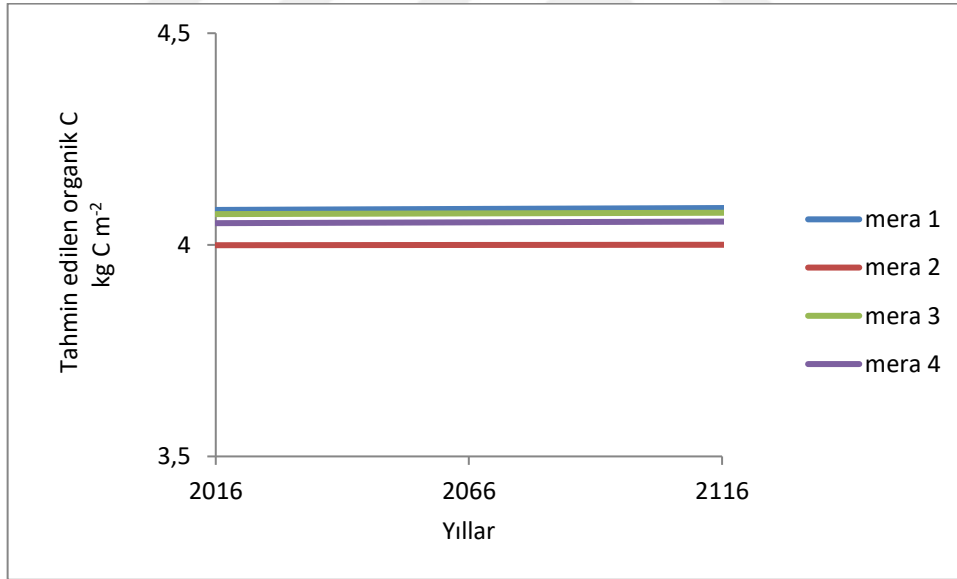
Şekil 4.15. Sivas tarla 2015-2016 yılı ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki ilişki

4.4.5. Tokat mera organik karbon tahmini

Tokat meradan 2015 ve 2016 yıllarında alınan örnekler ve iklim verileri kullanılarak modellenen organik C tahminleri yapılmıştır. Tokat mera 2015 yılı verilerine göre organik C miktarlarındaki uzun süreli değişim Şekil 4.16’de verilmiştir. Yapılan tahminlerde bu değerler mera 1 ve 3 ‘de 4.1 kg C m⁻², mera 2 ‘de 4.2 kg C m⁻² ve mera 4’de 4.3 kg C m⁻² şeklinde değişim göstermiştir. 2016 yılı verilerine göre yapılan tahminlerde mera 1, 2 ve 4 ‘de 4.0 kg C m⁻², mera 3’de 3.9 kg C m⁻² olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.17.). İki yılın tahminleri oldukça benzerlik göstermektedir. Century modeliyle yapılan tahminde organik C miktarının iklim ve tekstür ile yakından ilişkili olduğu belirlenmiştir (Burke ve ark., 1990). İklimsel değişimlerin organik C konsantrasyonu üzerine önemli derecede etki edeceği bilinmektedir (Ou ve ark., 2017). Ilıman bölgelerde aşırı yağış ve sıcaklıkların artması depo edilen organik C miktarını düşürmüştür (Piao ve ark., 2009; Wiesmeier ve ark., 2016).



Şekil 4.16. Tokat mera 2015 yılı verilerine göre organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim



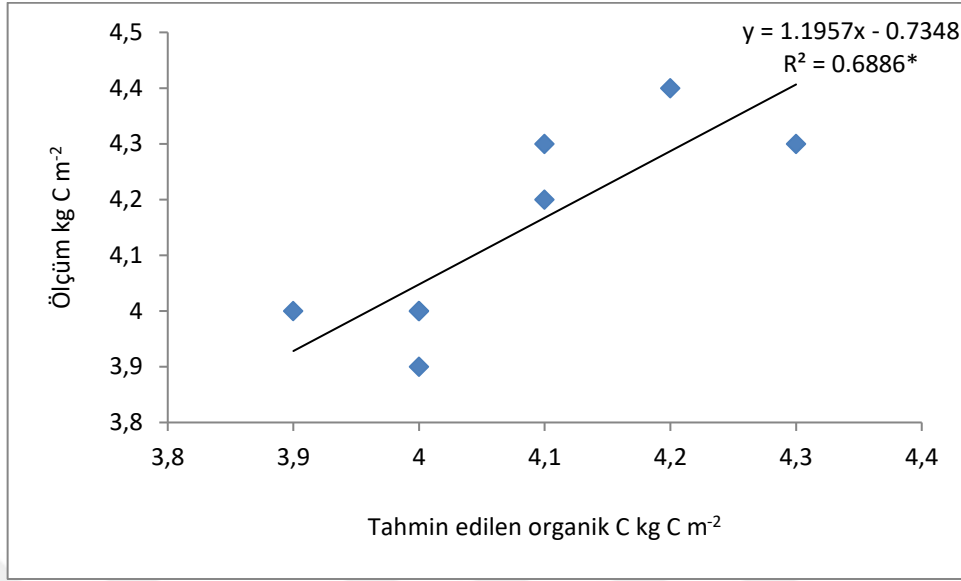
Şekil 4.17. Tokat mera 2016 yılı verilerine göre organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim

Çizelge 4.23’de Tokat merada 2015-2016 yıllarında arazi ölçüm değerleri, tahminler ve arasındaki istatistiki değerlendirme verilmiştir. İki yıllık arazi ölçümleri ve modelle yapılan tahminlerde ortalama organik C miktarları 4.1 kg C m^{-2} olarak belirlenmiştir. Ölçülen organik C miktarının standart hatası 0.2 iken tahminlerin standart hatası 0.1 çıkmıştır. Nash-Sutcliffe Modeli Verim Katsayısı (E_{NS}) ve Ortalama Karekök Hatası

(RMSE) değerleri hesaplanmıştır. RMSE 0,16, E_{NS} 1.22 olarak hesaplanmıştır. İki yılın ölçüm ve tahmin değerleri arasındaki ilişki analiz edilmiştir, değerler arasında doğrusal bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Buna göre $R^2 = 0.68$ olarak hesaplanmış ve $p < 0.05$ önem seviyesinde önemli olduğu görölmektedir (şekil 4.18.).

Çizelge 4.23. Tokat mera 2015-2016 yılları ölçümleri ile Century modeli tahminleri

Organik Karbon (kg C m ⁻²)									
Yıl	Örnek	Ölçüm	Tahmin	Ortalama		Hata		RMSE	E_{NS}
2015	M1	4.3	4.1	4.1	4.1	0.2	0.1	0.16	1.22
	M2	4.4	4.2						
	M3	4.2	4.1						
	M4	4.3	4.3						
2016	M1	4.0	4.0						
	M2	4.0	3.9						
	M3	3.9	4.0						
	M4	4.0	4.0						



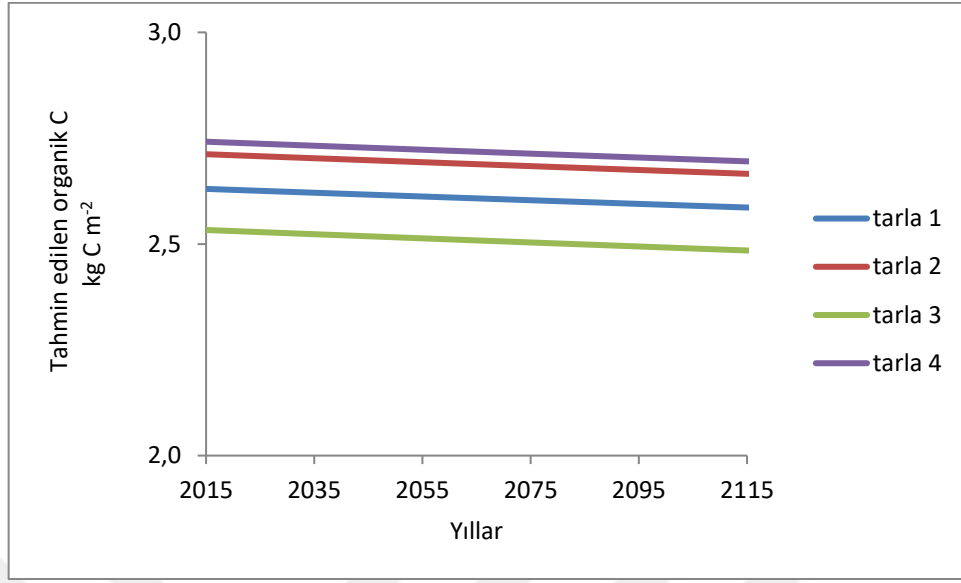
* P < 0.05

** P < 0.01

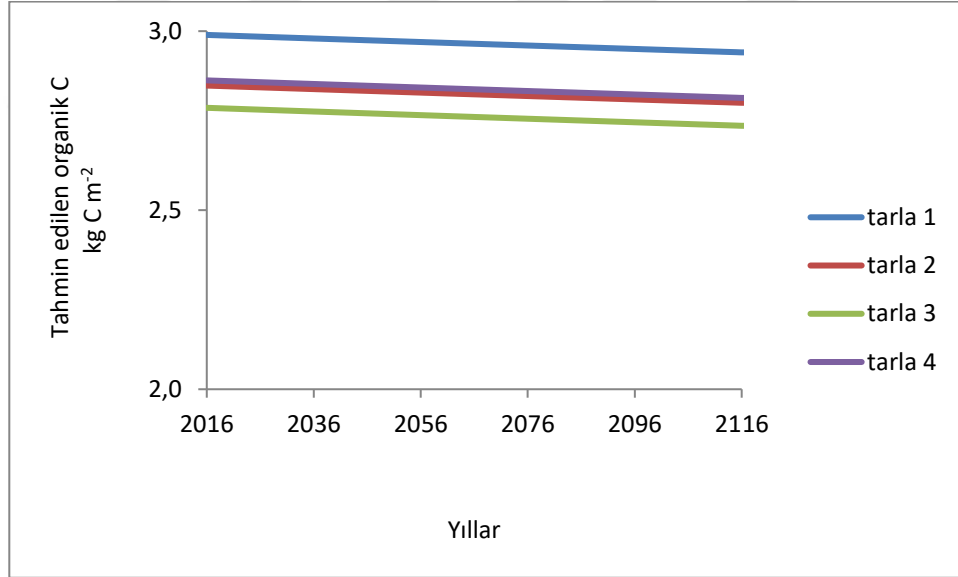
Şekil 4.18. Tokat mera 2015-2016 yılı ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki ilişki

4.4.6. Tokat tarla organik karbon tahmini

Tokat tarla 2015 ve 2016 yıllarında alınan örnekler ve iklim verileri kullanılarak organik C tahmini yapılmıştır. Tokat tarla 2015 yılı organik C miktarındaki değişim Şekil 4.19’da verilmiştir. Yapılan tahminlerde değerlerin 2.5 ile 2.7 kg C m⁻² arasında değiştiği görülmektedir. 2016 yılı verileriyle yapılan tahminlerde organik C miktarı 2.7 ile 2.9 arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.20.). İki yılın tahmin edilen organik C miktarlarının ortalaması alındığında organik C miktarının 2.7 kg C m⁻² civarında olduğu görülmektedir. 2016 yılı tahmin verilerinin bir önceki yıla göre kısmen yüksek olduğu görülmektedir bu durum yağış miktarıyla ilişkili olabilir. Sobocka ve ark. (2007) farklı iklim koşullarında tarım topraklarında pasif organik C fraksiyonunda lineer bir azalış olduğunu belirtmiştir. Arazi kullanımındaki farklılaşmaya etki eden en önemli faktöründe iklimsel çeşitlilik ve değişim olduğu belinmektedir (Cao ve ark., 2017; Desanker ve Magadza, 2001; Gonzalez, 2001; Nicholson, 2001).



Şekil 4.19. Tokat tarla 2015 yılı verilerine göre organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim



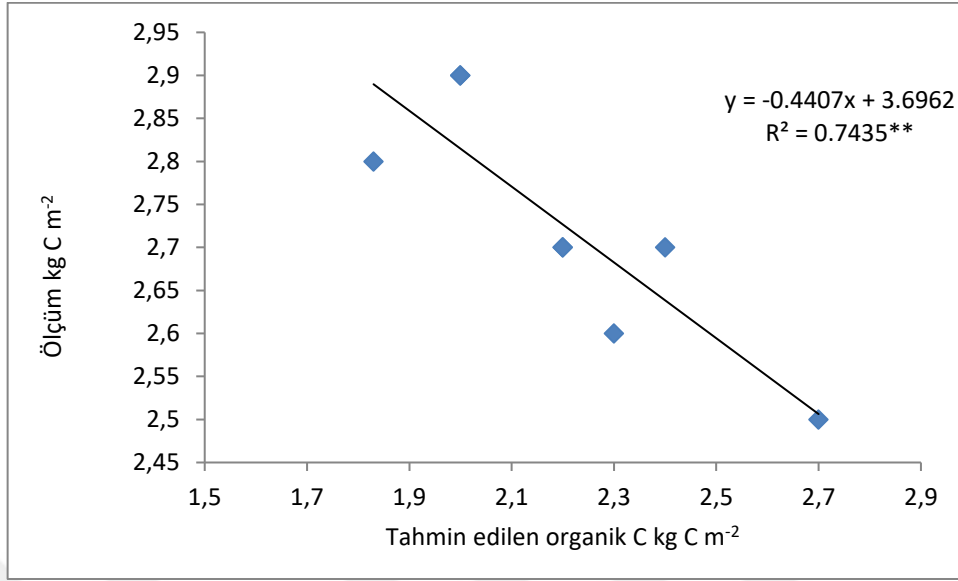
Şekil 4.20. Tokat tarla 2016 yılı verilerine göre organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim

Çizelge 4.24.'de Tokat tarla 2015-2016 yılları arazi ölçüm değerleri, tahminler ve bu ikisi arasındaki istatistiksel ilişki incelenmiştir. İki yıllık arazi ölçümlerinde organik C miktarlarının ortalaması 2.2 kg C m^{-2} , model ile yapılan tahminlerin ortalaması ise 2.7 kg C m^{-2} olarak belirlenmiştir. Ölçülen organik C miktarının standart hatası 0.3, tahminlerin standart hatası 0.1 çıkmıştır. RMSE değeri 0.62 ve E_{NS} 0.23 olarak

hesaplanmıştır. İki yılın verileri incelendiğinde ölçülen ve tahmin edilen değerler arasında ters bir ilişki görülmektedir (Şekil 4.21.). Tokat ili meteorolojik verileri incelendiğinde 2015 yılının yağış ve sıcaklık verileri 2016 yılına nazaran çok düşük kalmıştır. 2016 yılında yağış miktarları 2015 yılının yağış miktarlarına göre neredeyse 3 kat fazla olmuştur. Bu durum ölçülen organik C içeriklerinde yıl bazında önemli bir değişim gözlenmezken, tahmin edilen organik C içeriklerinin yıl bazındaki iklimsel farklılıklara bağlı olarak değişkenlik göstermesinin bir sonucudur. Bunun yanında tarım topraklarındaki yüksek değişkenlik ve çok yönlü etkilerin bir sonucu olarakta genellikle tahmin değerleri ölçüm değerlerinden yüksek bulunmuştur. Buda modelin Tokat tarım toprağında tahmin gücünü zayıflatmıştır. R^2 değeri 0.74 olarak hesaplanmış ve korelasyonun $p < 0,01$ önem seviyesinde önemli olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.24. Tokat tarla 2015-2016 yılları ölçümleri ile Century modeli tahminleri

Organik Karbon (kg C m ⁻²)									
Yıl	Örnek	Ölçüm	Tahmin	Ortalama		Hata		RMSE	E _{NS}
2015	T1	2.3	2.6	2.2	2.7	0.3	0.1	0.62	0.23
	T2	2.4	2.7						
	T3	2.7	2.5						
	T4	2.2	2.7						
2016	T1	2.0	2.9						
	T2	1.8	2.8						
	T3	2.2	2.7						
	T4	2.0	2.8						



* P < 0.05

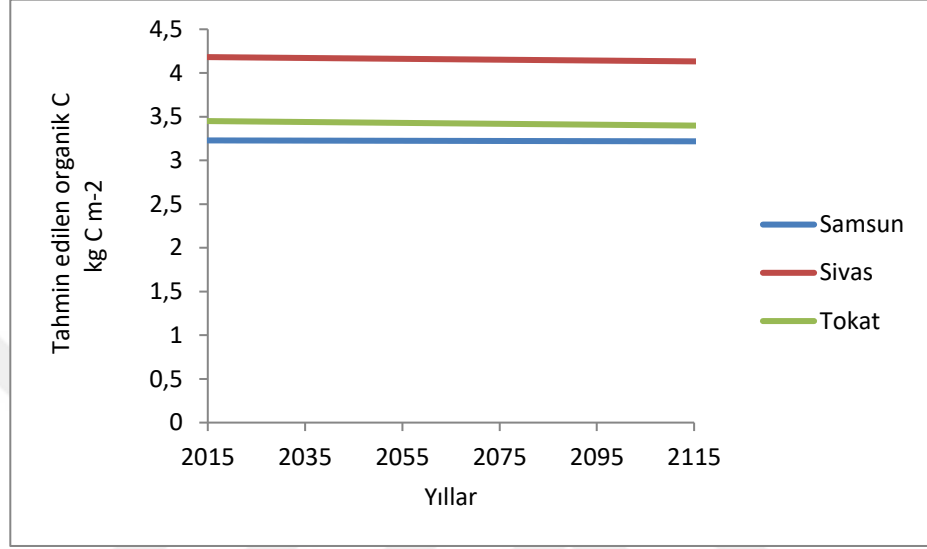
** P < 0.01

Şekil 4.21. Tokat tarla 2015-2016 yılı ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki ilişki

4.4.7. Samsun, Tokat ve Sivas mera arazilerinde ortalama sıcaklıkların +1 °C artırılması ve ortalama yağışların %10 azaltılmasının organik karbon üzerine etkisi

Dünya yüzeyinde iklimsel değişikliklerin oluşmasını birçok bilim adamı küresel ısınma ile ilişkilendirmektedirler. Küresel ısınma buzulların çözünmesi sıcaklığın artışı gibi birçok olumsuz etkiyi de beraberinde getirmektedir. Küresel ısınmanın olumsuz yanlarından birisi de sıcaklık artışı ile toprakta var olan organik C'in ayrışma hızının artarak depo edilen C miktarını azalmasıdır. İklimsel değişikliklerin mera çalışma alanımızda organik C üzerine olan etkileri ortalama maksimum ve minimum sıcaklıkların 1°C artırılması ile belirlenmiştir. Görüldüğü üzere çalışma alanlarındaki meralarda ortalama toprak verileri ve iklimsel veriler kullanılarak organik C miktarındaki uzun süreli değişim Şekil 4.22'de verilmiştir. Sıcaklıkların bir derece artırılması ile organik C miktarı Sivas merada 4.1 kg C m⁻², Samsun merada 3.2 kg C m⁻² ve Tokat merada 3.4 kg C m⁻² olarak tespit edilmiştir. Bu değerler mevcut ortalama minimum ve maksimum sıcaklıklar ve ortalama yağış değerleri kullanıldığında Sivas merada 4.0 kg C m⁻², Samsun merada 3.3 kg C m⁻² ve Tokat merada 4.1 kg C m⁻² olarak tahmin edilmiştir. Sıcaklıkların bir derece artması ile Sivas ve Samsun merada önemli

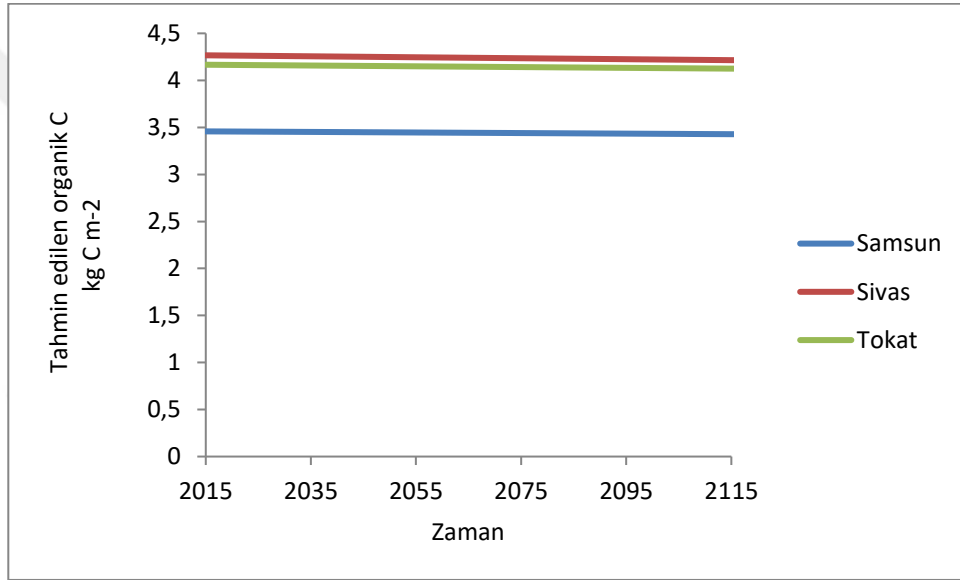
bir değişim görülmemiş fakat Tokat merada 3.4 kg C m^{-2} 'den 4.1 kg C m^{-2} bir artış görülmüştür. Bu sonuca göre yalnızca sıcaklıklardaki bir derece artış genel olarak organik C miktarı üzerine önemli bir etki oluşturmamıştır.



Şekil 4.22. Samsun, Tokat ve Sivas mera koşullarında ortalama maksimum ve minimum sıcaklıkların $+1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ artmasının organik karbon üzerine etkisi.

Century modelinin tahmin kabiliyetini önemli derecede etkileyen faktörlerden birisi de yağış miktarıdır. Toplam yağış miktarı, arazi kullanımı ve tekstürel farklılıklar organik C miktarının artmasına ve azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle yağış miktarında olabilecek bir değişimin çalışma alanımızda organik C miktarını nasıl etkileyeceği belirlenmiştir. Aylık ortalama yağış miktarının %10 azaltılmasının organik C üzerine olan etkisi Şekil 4.23'de görülmektedir. Bu tahmine göre Sivas merada organik C 4.2 kg C m^{-2} , Samsun merada 3.4 kg C m^{-2} ve Tokat merada 4.1 kg C m^{-2} olarak tespit edilmiştir. Bu değerler mevcut tahminlerle karşılaştırıldığında çok küçük farklılıklar olmakla birlikte, tek başına yağış miktarı ve sıcaklıkta olan değişimin organik C miktarında büyük bir değişim oluşturmamıştır. Belki sıcaklık ve yağışta birlikte olacak değişim organik C miktarını da önemli derecede değiştirecektir. Ayrıca sıcaklık ve yağış miktarında olacak değişim toprak üstü ve altı büyükötle C üretiminde etkileyecektir. Bizim çalışmamızda sadece sıcaklık ve yağış miktarı değiştirilmiş ve mevcut biyokütle C değerleri kullanılmıştır. Bu durum da organik C miktarındaki değişimin sınırlı kalmasının nedenlerinden biri olabilir. Yapılan bir çalışmada sıcaklık ve yağışın birlikte artması organik C'in parçalanmasını hızlandırmaktadır (Davidson ve

Janssens, 2006). İklimsel verilerden sıcaklığın düşük olması organik C'in parçalanmasını yavaşlattığı ve depo edilen organik C miktarını artırdığı belirtilmiştir (Leifeld ve ark., 2005). Bu çalışmada sadece sıcaklığın bir derece artırılması ve yağış miktarlarının %10 azaltılması ile bir sonuç elde edilmiştir. Fakat her iki değer birlikte değiştirilmesi ve yağış rejiminde olabilecek değişimlerin etkisi farklı olacaktır. Century modeli ile farklı iklim koşullarında sıcaklık ve yağışların değiştirilmesi ile elde edilecek farklı sonuçlar iklimsel değişikliklerin depo edilen toprak organik karbon miktarına olan etkisini gösterecektir.

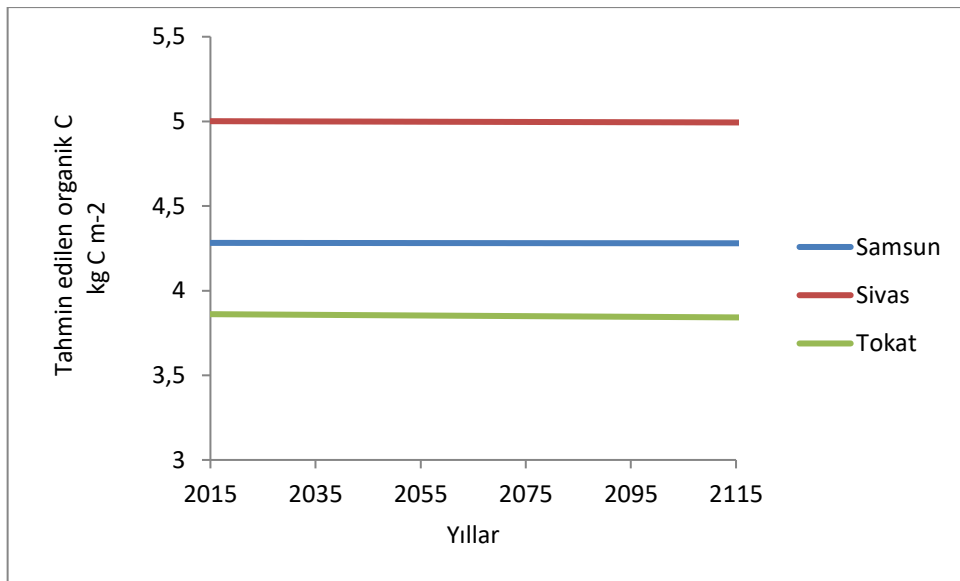


Şekil 4.23. Samsun, Tokat ve Sivas mera koşullarında 2015 ve 2016 yılları iklimsel verilerin ortalaması alınarak yağış miktarlarının %10 azalmasının organik karbon üzerine etkisi.

4.4.8. Samsun, Tokat ve Sivas mera koşullarında 2015-2016 yılları iklimsel veriler kullanılarak farklı tekstür guruplarında organik karbon miktarındaki değişim

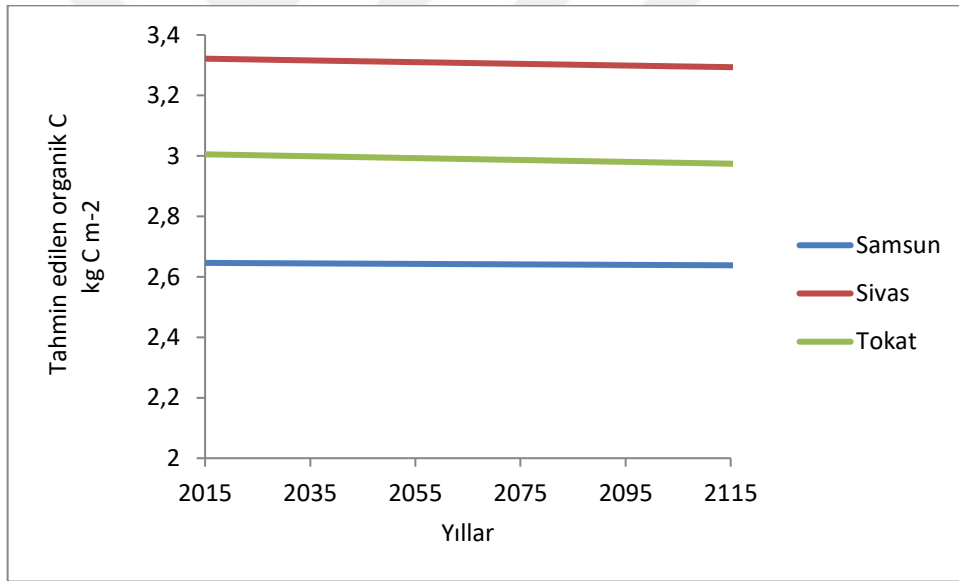
Toprak tanecik dağılımı toprakta depo edilen organik C miktarına etki eden diğer önemli bir unsurdur. Bu sebepten Century modeli ile farklı iklim koşullarında farklı tekstür guruplarının organik C üzerine olan etkisi tahmin edilmiştir. Aşırı killi tekstürde organik C miktarındaki değişim Şekil 4.24.' de görülmektedir. Organik C tahminleri sırası ile Samsun merada 4.2 kg C m⁻², Sivas merada 5.0 kg C m⁻² ve Tokat merada 3.8 kg C m⁻² olarak tespit edilmiştir. Aynı tekstür gurubunda depo edilen C miktarındaki farklılığın sebebi yağış ve sıcaklıktır. Sıcaklık, yağış miktarı ve dağılımı, gece gündüz

arasındaki sıcaklık farkları, toprağın kar altında kalma süresi, don olarak geçirdiği gün sayısı ve infiltrasyon gibi birçok faktör depolanan C miktarını ve organik C'in ne oranda parçalandığını etkilemektedir. Depo edilen toplam karbon miktarına etki eden diğer bir faktör ise fotosentezdir. İklimle bağılı olarak fotosentezi etkileyen bütün faktörler depo edilen organik C miktarına etki etmektedir. Fotosentezle beraber mera alanlarında aşırı otlatmada depo edilen C miktarına etki eder. Samsun ve Tokat mera alanında yağışların yüksek olmasına rağmen depo edilen organik C miktarının düşük olmasının nedeni aşırı otlatma olabilir. Çünkü bu bölgelerde mera otlatma gün sayısı karasal iklime göre daha fazladır. Ayrıca karasal iklime sahip olan Sivas merada organik C miktarının yüksek çıkmasının diğer bir nedeni ise kış ayları boyunca yaklaşık 5 ay gibi bir süre toprakta don koşullarının hakim olmasıdır. Üç farklı bölgede ki organik C miktarının diğer tekstürel guruplara göre yüksek çıkmasının sebebi killi toprakta organik C'in korunması ile açıklanabilir. Toprakta kil miktarı arttıkça tutulan su ve organik C miktarı da doğru orantılı olarak artmaktadır. Toprakta kil miktarı ile depo edilen organik C miktarı doğrusal bir ilişki içerisinde. ABD'nin Teksas eyaletinde 21 mera toprağında yapılan araştırmada toprak kil içeriği ile organik karbon arasında pozitif korelasyonun olduğu rapor edilmiştir (Amelung ve ark., 1998). Benzer şekilde tropik bölgedede kil içeriğindeki artış organik C miktarını artırmıştır (Feller ve Beare, 1997).



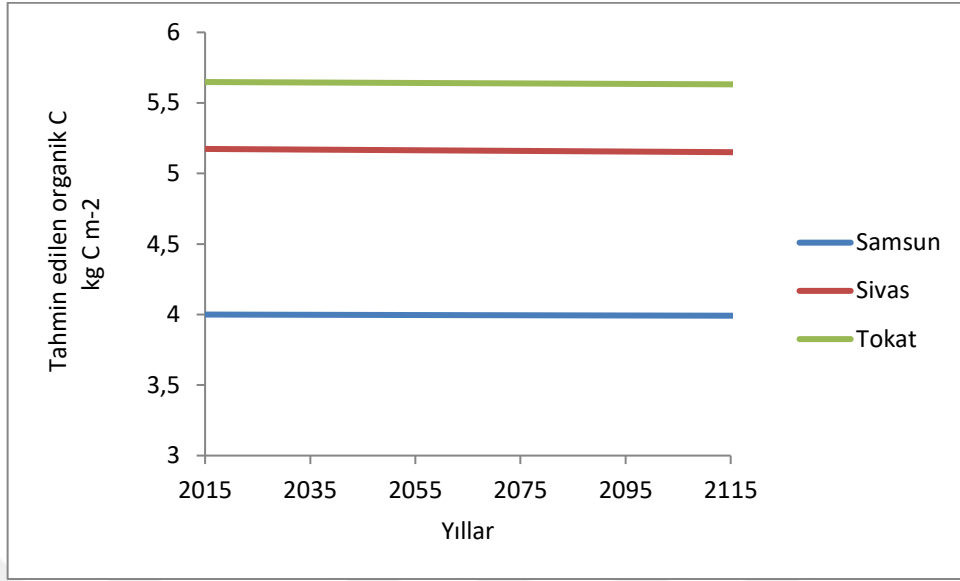
Şekil 4.24. Killi tekstüre sahip toprakta organik karbon miktarının değişimi

Şekil 4.25.'de kumlu toprak tekstüründe organik C miktarındaki değişim tahmin edilmiştir. Bu tahminler sırasıyla Samsun merada 2.6 kg C m^{-2} , Sivas merada 3.3 kg C m^{-2} ve Tokat merada 3.0 kg C m^{-2} olarak tespit edilmiştir. Bölgeler arası değişim incelendiğinde, Samsun merada depo edilen C miktarının Sivas ve Tokat'ta göre daha az olduğu görülmektedir. Bu durum yağış ve sıcaklığa bağlı olarak organik C'in alt katmanlara taşınması ve hızlı ayrışması olarak düşünülebilir. Bu ise depo edilen toplam organik C miktarının azalması sonucunu doğurmuştur. Benzer çalışmalar organik maddenin minerilizasyonun kumlu topraklarda daha hızlı gerçekleştiğini ortaya koymakta ve bu sebeple kumlu topraklarda organik C miktarının killi topraklara nazaran daha az olduğu belirtilmiştir (Catroux ve ark., 1987; Ladd ve ark., 1990; Hassink ve ark., 1990; Verberne ve ark.,1990).



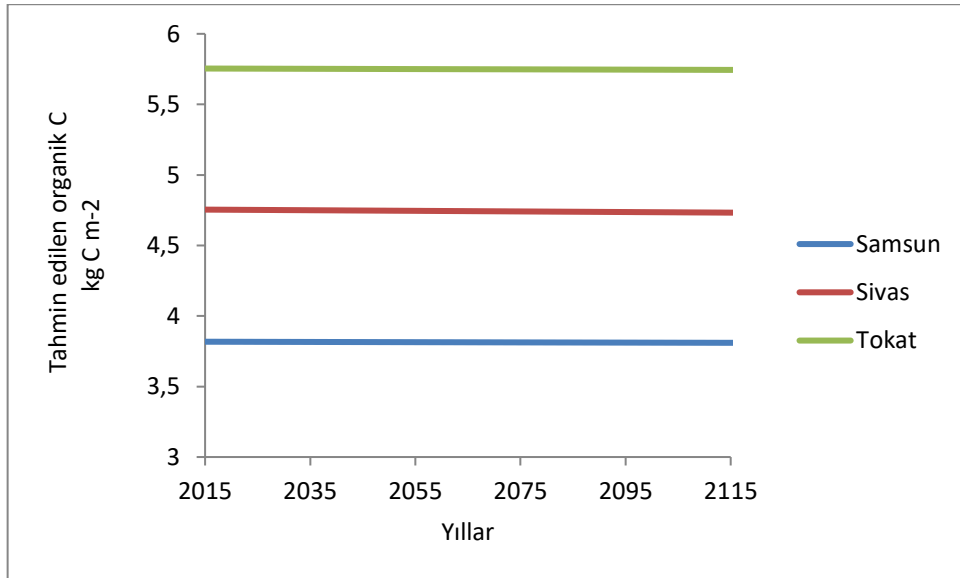
Şekil 4.25. Kumlu tekstüre sahip toprakta organik karbon miktarının değişimi

Şekil 4.26.'da killi tın toprak tekstüründe karbon miktarındaki değişim görülmektedir. Samsun merada 3.9 kg C m^{-2} , Sivas merada 5.1 kg C m^{-2} ve Tokat merada 5.6 kg C m^{-2} olarak tespit edilmiştir. Bölgesel farklılıklar bu tekstür gurubunda da görülmektedir. Samsun mera arazisinde toplam depo edilen C miktarı Sivas ve Tokat mera arazilerinden daha düşük çıkmıştır.



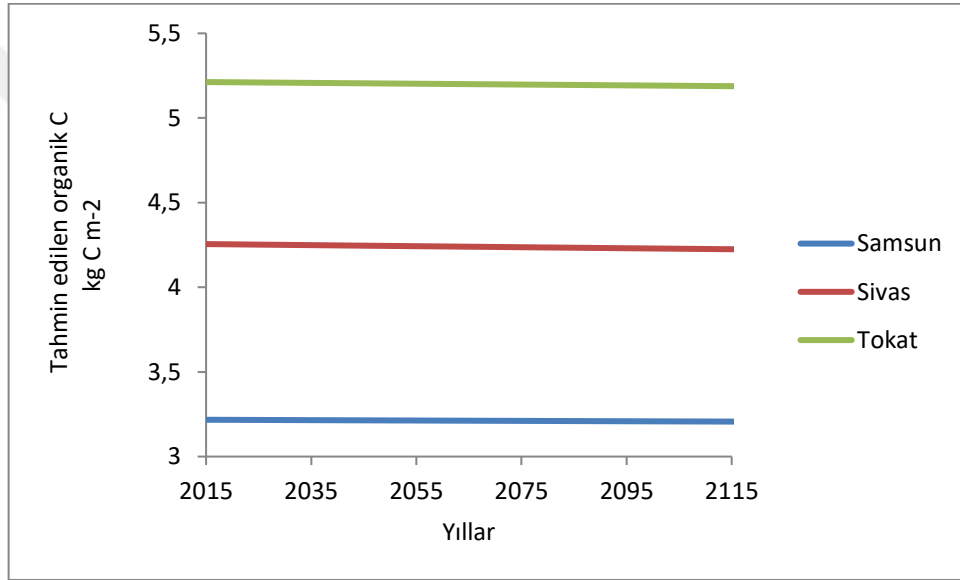
Şekil 4.26. Killi tın toprakta organik karbon miktarındaki değişim

Şekil 4.27'de kumlu kil toprakta C miktarındaki değişim görülmektedir. Samsun merada 3.8 kg C m^{-2} , Sivas merada 4.7 kg C m^{-2} ve Tokat merada 5.7 kg C m^{-2} olarak tespit edilmiştir. Kumlu kil tekstür grubunda en yüksek organik C miktarı Tokat merada tahmin edilmiştir. Tokat mera alanında kil miktarının artışı depo edilen C miktarını artırmıştır.



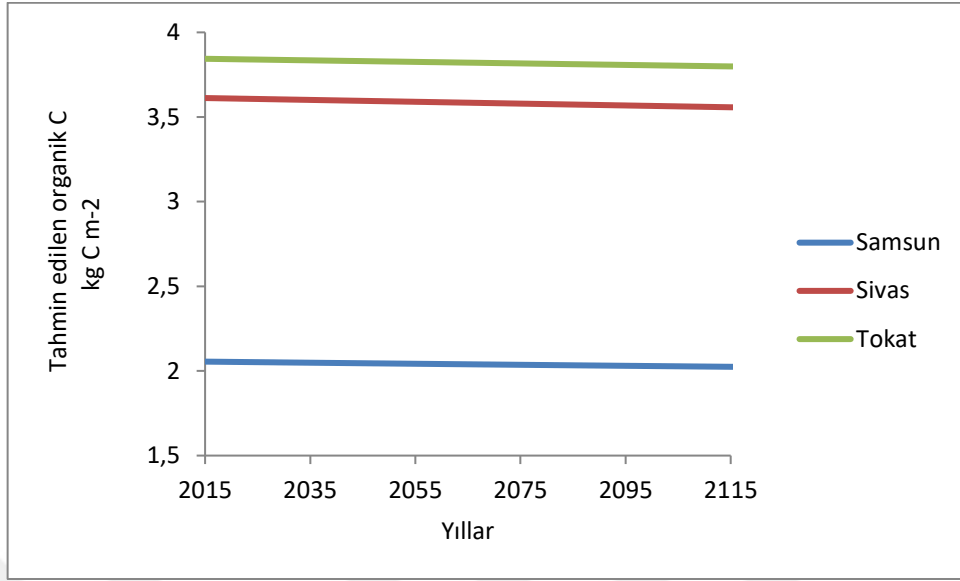
Şekil 4.27. Kumlu kil toprakta organik karbon miktarındaki değişim

Şekil 4.28.'de kumlu killi tın toprak örneğinde organik C miktarının değişimi görülmektedir. Samsun merada 3.2 kg C m^{-2} , Sivas merada 4.2 kg C m^{-2} ve Tokat merada 5.2 kg C m^{-2} olarak tespit edilmiştir. Kumlu kil tekstürde organik C miktarında en yüksek düşüş Samsun merada görülmüştür. Bölgeler arasındaki bu farklılığın sebebi iklim verilerindeki değişimdir. Topraktaki organik C miktarı toprağın tekstürüne, yağış miktarına, biyolojik çeşitliliğe, kil tipine ve pH'ya bağlı olarak değişim gösterdiği birçok bilim adamı tarafından tecrübe edilmiştir (Boudot ve ark., 1988; Burke ve ark., 1989; Condron ve Newman, 1998).



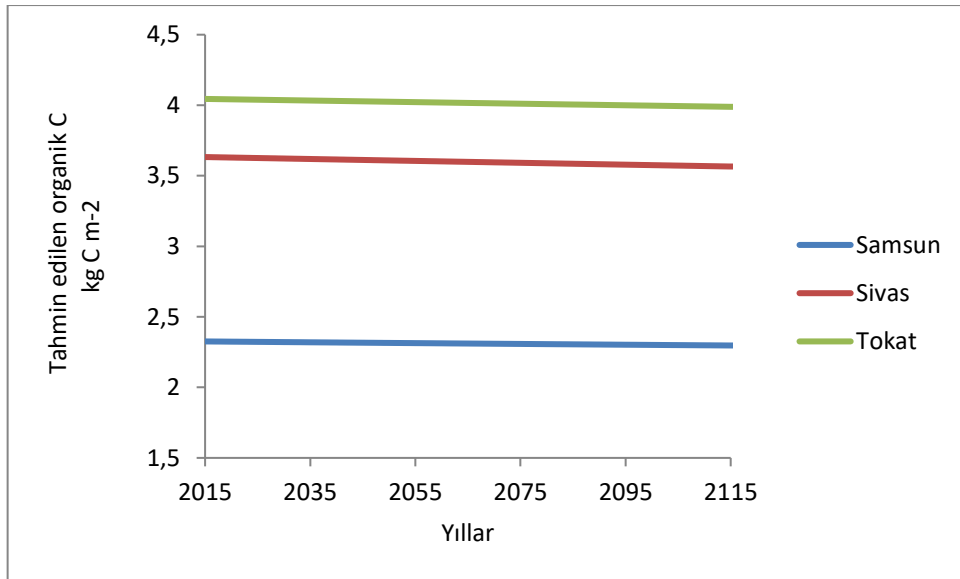
Şekil 4.28. Kumlu killi tın toprakta organik karbon miktarındaki değişim

Kumlu tın toprakta Samsun merada 2.0 kg C m^{-2} , Sivas merada 3.6 kg C m^{-2} ve Tokat merada 3.8 kg C m^{-2} olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.29.). Kumlu tın toprakta bünyenin hafiflemesi ile organik C miktarının giderek düşmesi bütün bölgelerde gözlenmiştir. Toplam depo edilen C miktarı için arazi ölçümleri ve tahminler incelendiğinde tanecik dağılımında kil yüzdesinin önemli olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmada killerin toprak içerisindeki konsantrasyonun artması organik C miktarını artırmıştır (Burke ve ark., 1989).



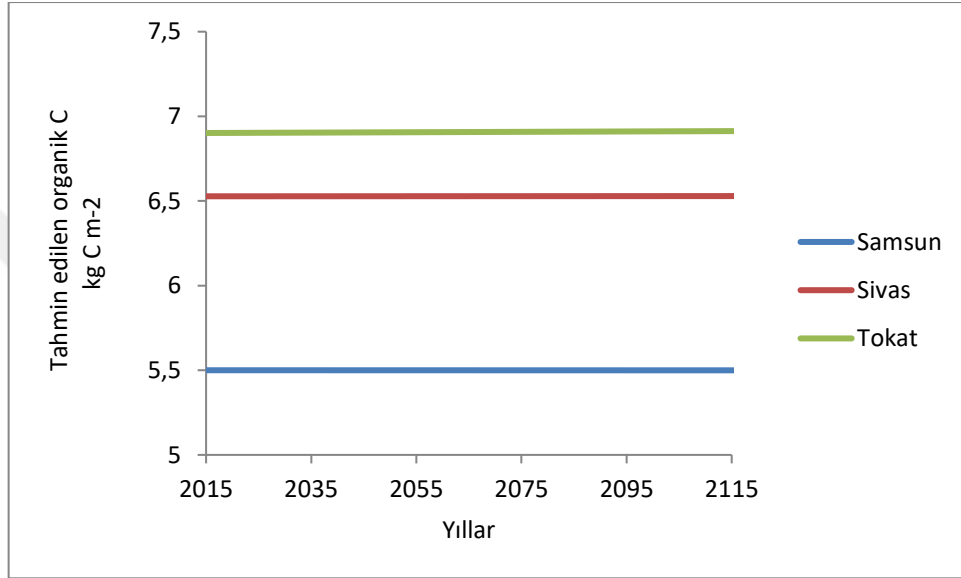
Şekil 4.29. Kumlu tın toprakta organik karbon miktarındaki değişim

Silt toprakta organik C miktarı Samsun merada 2.3 kg C m^{-2} , Sivas merada 3.6 kg C m^{-2} ve Tokat merada 4.0 kg C m^{-2} olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.30.). Siltli toprakta bütün bölge meralarında depo edilen C miktarında bir düşüş görülmüştür. Bu düşüş en fazla Samsun mera alanında görülmüştür. Sivas ve Tokat mera alanındaki düşüşler önemsenmeyecek kadar az gerçekleşmiştir.



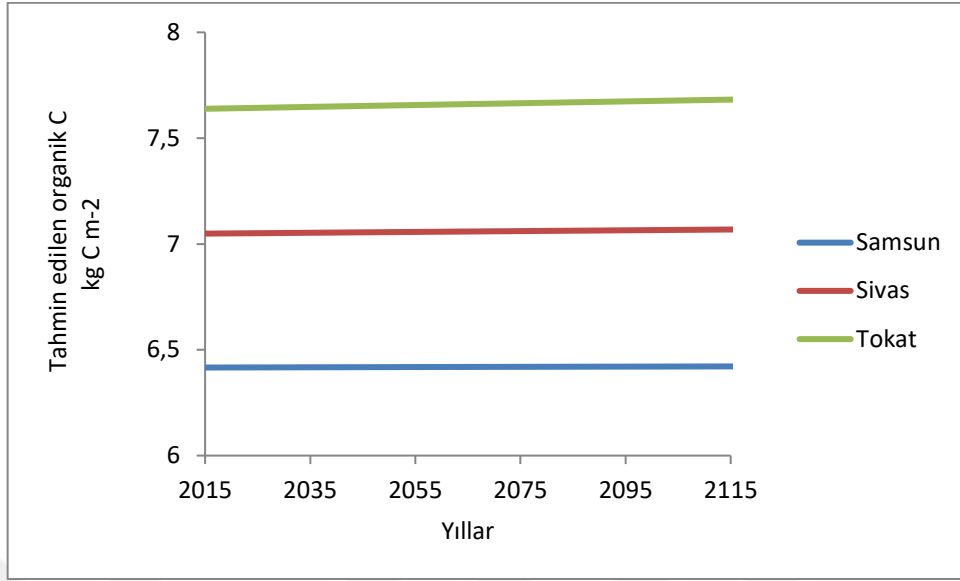
Şekil 4.30. Silt toprakta organik karbon miktarındaki değişim

Siltli kil toprakta organik C miktarı Samsun mera koşullarında 5.5 kg C m^{-2} , Sivas merada 6.5 kg C m^{-2} ve Tokat merada 6.9 kg C m^{-2} olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.31.). Siltli kil toprak tekstüründe bütün meralarda organik C miktarında bir artış görülmektedir. Kil yüzdesinin artışı toprak organik karbonunun tutunmasını artırmaktadır.



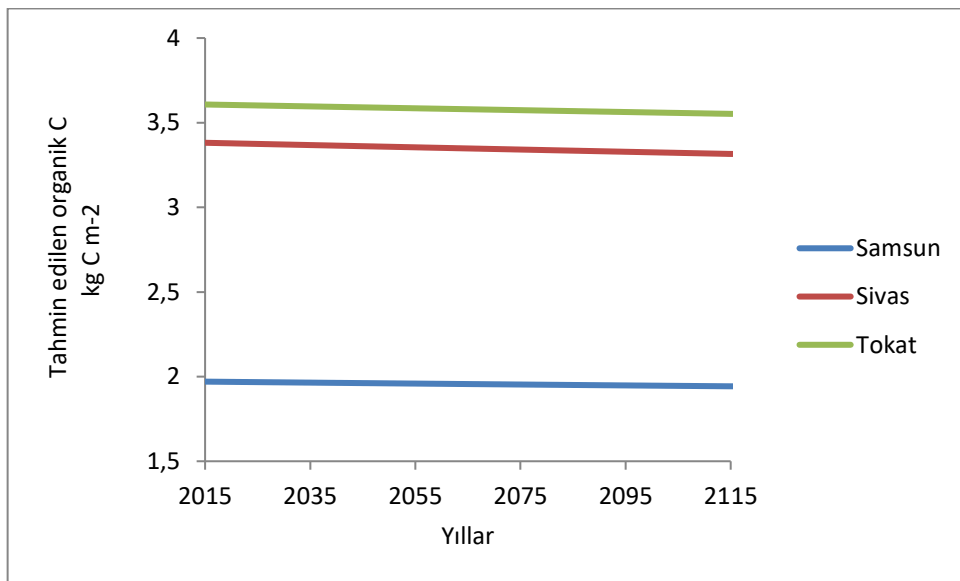
Şekil 4.31. Siltli kil toprakta organik karbon miktarındaki değişim.

Siltli killi tın toprakta organik C miktarı Samsun merada 6.4 kg C m^{-2} , Sivas merada 7.0 kg C m^{-2} ve Tokat merada 7.6 kg C m^{-2} olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.32.). Siltli killi tın toprak örneğinde bütün meralarda toplam C miktarlarında bir artış görülmüştür. En fazla depo edilen C miktarı Tokat da görülmektedir.



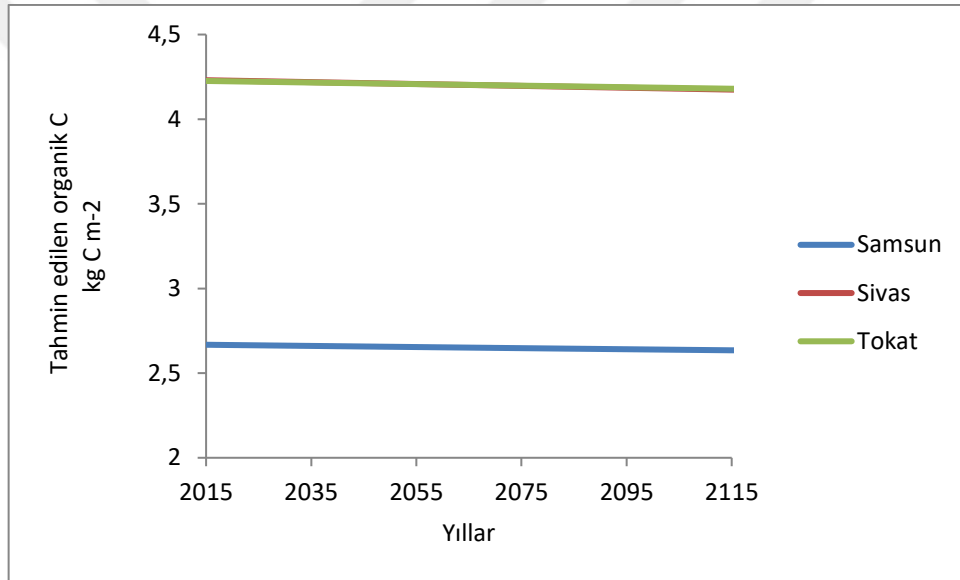
Şekil 4.32. Siltli killi tın toprakta organik karbon miktarındaki değişim

Şekil 4.33'te siltli tın toprakta organik karbon miktarındaki değişim görülmektedir. Samsun merada 1.9 kg C m^{-2} , Sivas merada 3.3 kg C m^{-2} ve Tokat merada 3.6 kg C m^{-2} olarak tespit edilmiştir. Siltli tın örneğinde depo edilen toplam C miktarı bütün bölgelerde düşüş göstermiştir. Bu durum kil oranının düşmesi ile depo edilen C miktarının düşmesinin bir sonucudur. En yüksek düşüş Samsun mera alanında görülmektedir. Sivas ve Tokat meralarındaki düşüş ise önemsenmeyecek kadar küçük olmuştur.



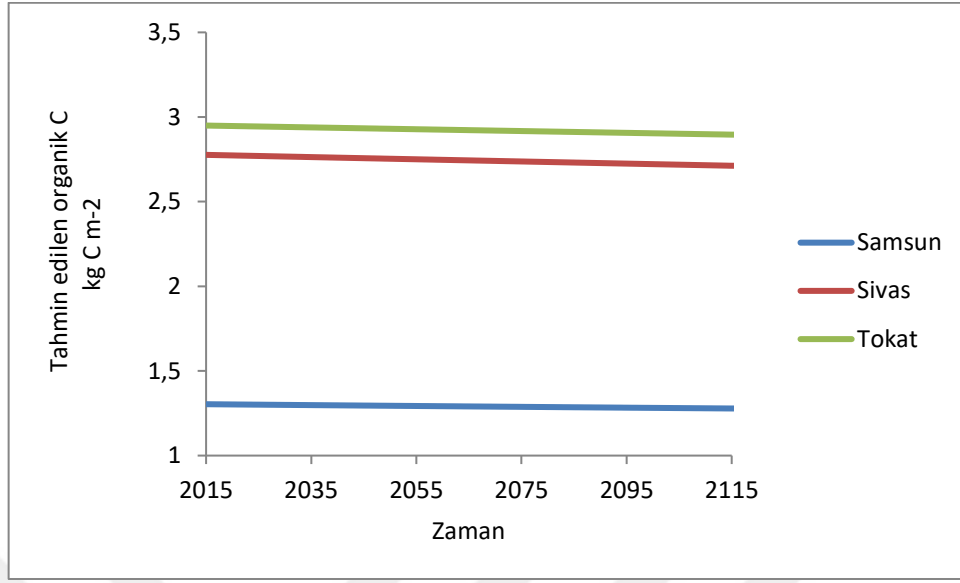
Şekil 4.33. Siltli tın toprakta organik karbon miktarındaki değişim

Şekil 4.34'te tın toprakta organik C miktarındaki değişim görülmektedir. Samsun merada 2.6 kg C m^{-2} , Sivas merada 4.2 kg C m^{-2} ve Tokat merada 4.2 kg C m^{-2} olarak tespit edilmiştir. Tınlı toprak örneğinde en yüksek düşüş Samsun merada gerçekleşmiştir. Organik C miktarına etki eden önemli faktörlerden birisi de iklim şartlarıdır. Yüksek sıcaklık ve ortalama yağış miktarının yüksekliğiyle Samsun mera koşullarında organik C miktarında aşırı düşüş gözlenmiştir. Toprağın pedojenik özellikleri gibi organik karbon miktarında pH, kil miktarı, arazi kullanımı, iklimsel değişiklikler, sıcaklık ve yağış miktarı gibi faktörlere bağlı olarak değişim göstermektedir (Boot ve ark., 2015).



Şekil 4.34. Tın toprakta organik karbon miktarındaki değişim

Şekil 4.35'de tınlı kum toprakta organik C miktarındaki değişim görülmektedir. Samsun merada 1.3 kg C m^{-2} , Sivas merada 2.7 kg C m^{-2} ve Tokat merada 2.9 kg C m^{-2} olarak tespit edilmiştir. Toprak taneciklerinden kil miktarının azalması depo edilen C miktarını olumsuz yönde etkileyerek düşmesine neden olmuştur.



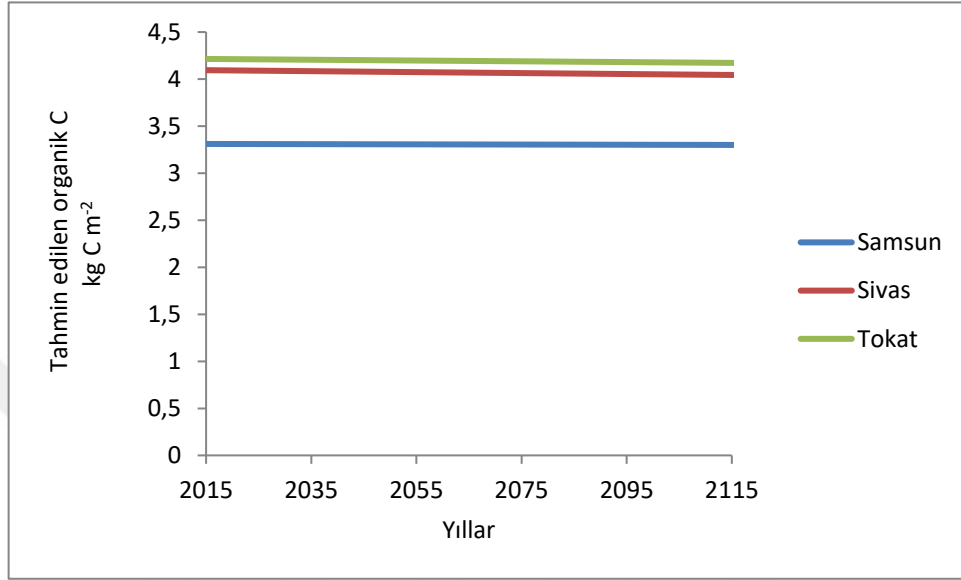
Şekil 4.35. Tınlı kum toprakta organik karbon miktarındaki değişim

Sonuç olarak Century modeli ile yapılan organik C tahmininde toprak tanecik dağılımı organik C miktarını önemli düzeyde etkilemiştir. Özellikle topraktaki kil miktarının artışı depo edilen organik C miktarının artmasını sağlarken, topraktaki kum miktarının artışı ise depo edilen organik C miktarının azalmasına neden olmaktadır. Model üç farklı iklim koşulunda toprak organik C miktarının yağış, sıcaklık, topraktaki kil ve kum miktarına göre değişim gösterdiğini bir kez daha ortaya koymaktadır.

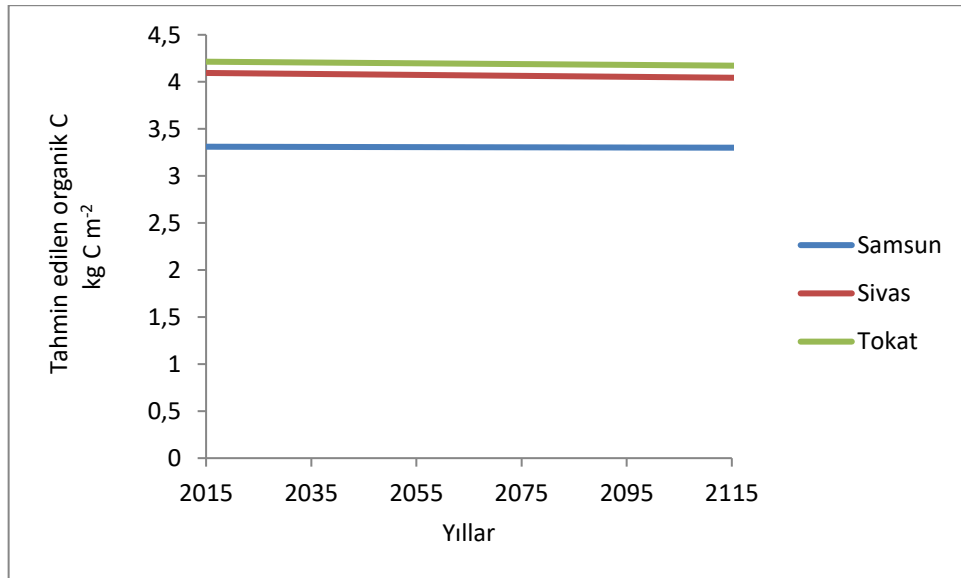
4.4.9. Samsun, Tokat ve Sivas mera koşullarında 2015-2016 yılları toprak ve iklim verileri kullanılarak farklı pH'da toprak organik karbon miktarındaki değişim

Toprak pH'sı 6 ile 8.5 arasında toprakta var olan toplam karbon miktarında büyük bir değişim gözlenmemektedir (Şekil 4.36., 4.37., 4.38., 4.40.). Fakat Şekil 4.39'da görüldüğü üzere pH'nın 5 seviyelerine düşmesi topraktaki organik C miktarında bir artışa neden olmuştur. Toprakta giderek asitliğin artması toprak canlı yaşamını olumsuz etkilemektedir. Mikrobiyal aktivitenin düşmesi toprakta karbonun ayrışmasını yavaşlatmakta ve depolanan C miktarını artırmaktadır. Bu sebepten asit topraklarda depo edilen organik C miktarı yüksek çıkmaktadır. Spain (1990) yapmış olduğu araştırmada orman arazilerinde toprak pH'nın 5'den aşağıya düştüğü durumlarda toprak organik C miktarının arttığını rapor etmiştir. Tropik bölge topraklarında toprak organik karbonu ile pH'sı arasında negatif ilişki olduğunu rapor edilmiştir (Kimble ve ark.,

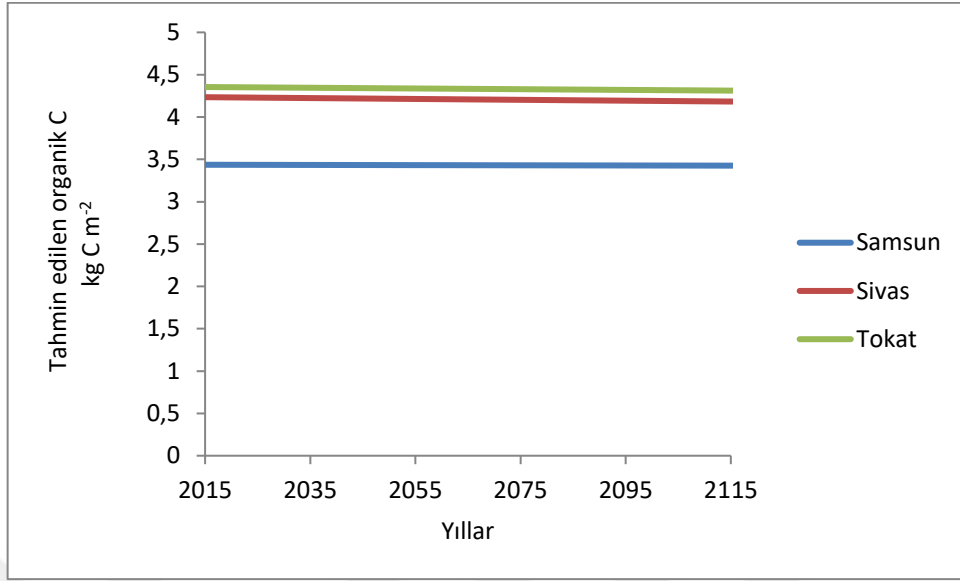
1990). Diğerk bir ifadeyle kireç içeriğinin yükselmesi toprakta C minerilizasyonunu arttırmaktadır (Zelles ve ark., 1987).



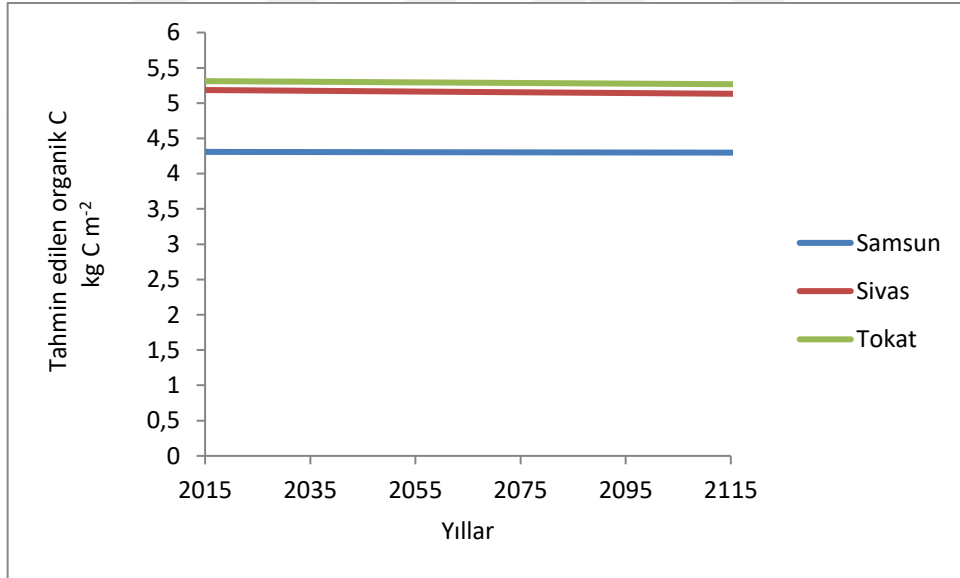
Şekil 4.36. Aşırı alkali olduğunda (pH > 8.5) organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim



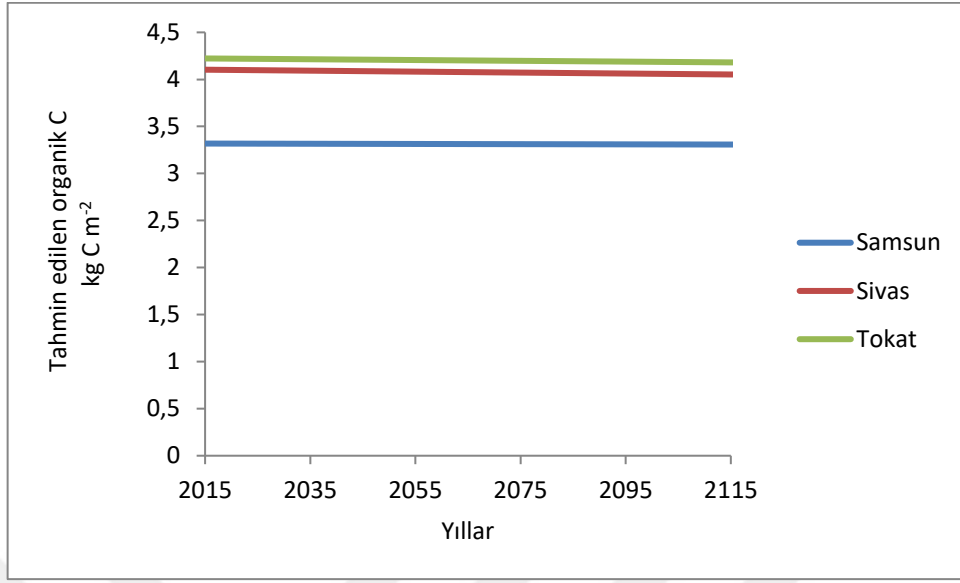
Şekil 4.37. Hafif alkali olduğunda (pH = 8) organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim



Şekil 4.38. Hafif asit olduğunda (pH = 6) organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim



Şekil 4.39. Kuvvetli asit (pH = 5) olduğunda organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim



Şekil 4.40. Nötr olduğunda (pH = 7) organik karbon miktarındaki uzun süreli değişim

5. SONUÇ

Sivas, Samsun ve Tokat illerinde belirlenen mera ve tarım arazilerinde iki yıl boyunca arazide ölçülen değerler ve iklim verileri kullanılarak organik C miktarındaki uzun süreli değişim Century modeli kullanılarak belirlenmiştir. Bu çalışmayla ülkemizde ilk kez farklı iklim ve arazi kullanımlarında Century modeli test edilmiştir. Ayrıca elde edilen verilere göre topraklarımızın bu günkü organik C miktarı ve uzun süreli değişim hakkında gerekli bilgiler elde edilmiştir. İklim koşulları, pH ve toprak tekstürü gibi modelin tahmin kabiliyetini etkileyen faktörlerle oluşturulan senaryolar yardımı ile modelin nasıl sonuçlar verdiği test edilmiştir. Farklı iklim koşulları ve kullanımlar altında modelle yapılan tahminlerin gerçek arazi ölçümleriyle uyumlu olduğu belirlenmiştir. Bu da modelin tahmin gücünün organik C miktarını belirlemede yeterli olduğunu göstermiştir. Bunu yanında Tokat ve Sivas tarlada ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında ters bir ilişkinin olması tarım arazisindeki organik C miktarındaki değişkenliğin yüksek olmasıyla ilişkilendirilebilir. İki yılın iklimsel verilerindeki farklılık biyokütle üretimi ve modelin tahminlerine de yansımıştır. Fakat iki yılın organik C ölçüm ve tahmin değerleri oldukça benzerlik göstermiştir. Mevcut iklim ve amenajmanda önemli bir değişim olmadığı sürece, bu üç farklı bölge ve kullanımlarda organik C içeriğinin belirli bir düzeyde dengede olduğu görülmektedir. Topraklardaki organik C düzeyinin yüksek değerlerde bir denge oluşturması için toprakta C düzeyini artıran amenejman sistemlerinin uygulamaya konulması gerekmektedir.

Aylık ortalama maksimum ve minimum sıcaklıkların bir derece artırılmasıyla yapılan tahminlerde organik C içeriğinde önemli bir değişimin oluşmamıştır. Buda organik C içeriğindeki değişimin yalnızca sıcaklıkla ilişkili olmadığı aynı zamanda yağış ve toprak üstü ve altı biyokütle üretimiyle de ilişkili olduğunu göstermiştir. Benzer durum yıllık yağışın %10 azaltıldığı durumda da görülmüştür. Tek başına yağışın %10 azaltılması merada organik C miktarında önemli bir etki oluşturmamıştır.

Farklı tekstür guruplarının mera kullanımında organik C üzerine etkisi üç farklı bölgede modelle belirlenmiştir. Yapılan çalışmada bünyenin incelmesinin organik C miktarını artırdığı, en yüksek organik C içeriğinin kil tekstür sınıfında olduğu tahmin edilmiştir. Bu durum kaba tekstürlü topraklarda organik C içeriğinin korunmasının ne kadar zor olduğunu göstermektedir.

Toprak reaksiyonunun mera kullanımında organik C üzerine olan etkisi modelle tahmin edilmiştir. Hafif asit pH koşullarından kuvvetli asite doğru gidildiğinde üç farklı bölgede organik C miktarı artış göstermiş, fakat hafif asitten alkali koşula doğru gidildiğinde organik C düzeyi düşmüştür. Toprak reaksiyonuna bağlı bu değişim toprak canlılarının ayrışmaya olan etkileriyle ilişkilidir. Çoğu toprak canlıları hafif asit ve yukarı pH'larda yüksek aktivite göstererek ayrışmayı hızlandırmaktadır.

Gelecekte karbon tahmininde modellerin kullanım sıklığı artacak, arazi ölçümleri ve karbon belirlemedeki maliyetleri önemli ölçüde azaltacaktır. Modellerle yapılan doğru tahminler uygulanan amenajmanların uzun süreli etkisini kısa sürede ortaya koyacaktır. Dünyada uygulamaya konan C kredisi uygulamasında modeller çok geniş alanlarda hızlı ve efektif sonuçlar verecektir. Bu nedenle modellerin farklı bölge, iklim ve arazi kullanımlarında test edilmesi gelecek açısından önemlidir.

Ekosistem kendi haline bırakıldığında bir noktada dengeye gelip döngüsünü tamamlar, fakat bu denge hali insanlar tarafından bozulur. Ekosistemlerde bozulan dengenin yeniden kurulması tüm canlı yaşamı ve dünyamız için oldukça önemlidir. Bu bağlamda son yüzyılda dünya C dengesinin bozulmuş olması tüm canlı çeşitleri ve dünyamızı olumsuz yönde etkilemeye başlamıştır. Atmosferdeki konsantrasyonu hızla artan C'nin yeniden toprağa kazanımının sağlanarak toprakta depolanması gelecek yüzyılında en önemli konusunu oluşturacaktır. Çoğunlukla doğal ekosistemler C depolama kapasitelerinin büyük bir kısmının kullanırken, tarımsal ekosistemler düşük C depolama potansiyelinde yönetilmektedir.

Tarımsal ekosistemlerde C depolanmasının artırılmasına dönük C kredisi uygulamasının tüm dünyada hayata geçirilerek depolanan C miktarı karşılığı üreticiye C kredisi verilmelidir. Bu kredinin kaynaklarının başta fosil yakıt üreten firmalar ve otomotif sanayi gibi kaynaklardan temin edilmesi daha doğru olacaktır. Atmosferdeki karbonun toprağa organik C olarak bağlanması toprakların verimliliğini artırarak sürdürülebilir kılacaktır. Bu kapsamda karbonun toprakta depolanması için yapılması gereken faaliyetleri ele alacak olursak. Öncelikle karbondioksit gazının üretimi sınırlandırılmalıdır. Bunun için fosil yakıtların kullanımı giderek azaltacak yeni nesil teknolojilerin geliştirilmesi hedeflenmelidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı teşvik edilmelidir. Enerji üretiminde nükleer enerji kaynaklarının kullanımına bir an

önce başlanılmalıdır. Enerji tüketiminde ısraf önlenmeli enerji tasarruflu alet ekipman ve eşya kullanımı teşvik edilmelidir. Tarımsal alanlarda münavebeli ekim yöntemleri teşvik edilmelidir. Tarım arazilerinin nadasa bırakılması sınırlandırılmalıdır. Orman alanlarının tarım arazisine veya başka kullanım alanlarına dönüştürülmesi önlenmelidir. Mera arazilerinde mera ıslahına önem verilmeli arşırı otlamanın önüne geçilmelidir. Hayvansal ve yeşil gübreleme teşvik edilerek topraklarda organik karbon miktarı artırılmalıdır.



6.KAYNAKLAR

- Allison, L.E. ve Moode, C.D., 1965. Carbonate. (ed: C.A. Black), Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy Series, No. 9, ASA, 1379-1396, Wisconsin.
- Amelung, W., Zech, W., Zhang, X., Follett, R.F., Tiessen, H., Knox, E. ve Flach, K.W., 1998. Carbon, nitrogen, and sulfur pools in particle-size fractions as influenced by climate. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62: 172-181.
- Andersson, A.J., Mackenzie, F.T. ve Lerman, A., 2006. Coastal ocean CO₂-carbonic acid-carbonate sediment system of the Anthropocene. *Global Biogeochem Cycles* 20:GB1S92, doi:10.1029/2005GB002506.
- Anonim, 2009. United States Global Change Research Program, "Global Climate Change Impacts in the United States," Cambridge University Press, 2009.
- Anonim, 2011. Tarım ve Orman Bakanlığı Çölleşme Ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Dinamik Erozyon Modeli Ve İzleme Sistemi (Demis) Türkiye Su Erozyonu İstatistikleri.
- Anonim, 2015. https://unfccc.int/sites/default/files/cop21cmp11_leaders_event_turkey.pdf (05.04.2018).
- Anonim, 2016. http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormankoruma_d0053.pdf (06.07.2018)
- Anonim, 2018a. <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Cayir-Merave-Yem-Bitkileri> (10.11.2018).
- Anonim, 2018b T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü 2018 Performans programı Kitabı.
- Anonim, 2018c. <https://www.egeorman.org.tr/karbon-emisyon-projesi.aspx> (09.12.2018).
- Anonim, 2020a. <http://www.tokat.gov.tr/tokatta-tarim-toprak-ve-turizm> (15.01.2020)
- Anonim, 2020b. <http://www.sivas.gov.tr/ilimiz-hakkinda-genel-bilgiler> (15.01.2020)
- Anonim, 2020c. <http://www.samsun.gov.tr/sehrimiz> (15.01.2020)
- Baker, J.M., Ochsner, T.E., Venterea, R.T. ve Griffis, T.J., 2007. Tillage and soil carbon sequestration *Agric. Ecosyst. Environ.*, 118 (1-4): 1-5.
- Bayer, C., Martin N., Mieleniczuk, L., Pavinato, J., ve Dieckow, J., 2006. Carbon Sequestration in two Brazilian Cerrado Soils under No – Till. *Soil Til. Res.*, 86: 237-245.
- Beheshti, A., Raiesi, F., ve Golchin, A., 2012. Soil properties, C fractions and their dynamics in land use conversion from native forests to croplands in northern Iran. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 148: 121-133.
- Benbi, D.K. ve Brar, J.S., 2009. A 25-year record of carbon sequestration and soil properties in intensive agriculture *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, 29 (2), pp.257-265.
- Bertrand, C., M.-F. Loutre, M. Crucifix, ve Berger A., 2002. Climate of the last millennium: A sensitivity study, *Tellus*, 54A: 221-244.
- Bhattacharyya, R., Prakas, V., Kunda, S., Srivastva, A.K., ve Gupta, H.S., 2009. Soil aggregation and organic matter in a sandy clay loam soil of the India Himalayas under different tillage and crop regimes. *Agriculture, Ecosystems Environ.*, 132: 126-134.
- Bhattacharyya, T., Pal, D.K., Easter, M., Williams, S., Paustian, K., Milne, E., Chandran, P., Ray, S.K., Mandal, C., Coleman, K., Falloon, P., Powlson, D., ve Gajbhiye, K.S., 2007. Evaluating the Century C model using long-term fertilizer trials in the Indo Gangetic Plains, India. In: Milne, E., Powlson, D.S., Cerri,

- C.E.P. (Eds.), Soil carbon stocks at regional scales. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 122, pp. 73-83.
- Boot, C.M., Haddix, M., Paustian, K., ve Cotrufo, M.F., 2015. Distribution of black carbon in ponderosa pine forest floor and soils following the High Park wildfire. *Biogeosciences*, 12: 3029-3039.
- Bottner, P., Couêteaux, M.M., ve Vallejo, V.R., 1995. Soil organic matter in Mediterranean-type ecosystems and global climate changes: a case study—the soils of the Mediterranean basin . *Global change and Mediterranean-type ecosystems. Ecological studies*, Vol.117.(ed by Jose M. Moreno, Walter C. Oechel), pp.235-248. Cambridge University Press, Cambridge.
- Boudot, J.P., Bel Hadi Brahim, A., Chone, T., 1988. Dependence of carbon and nitrogen mineralisation rates upon amorphous metallic constituents and allophanes in highland soils. *Geoderma*, 42: 245-260.
- Bouyoucos, G.H., 1951. A Recalibration of the Hydrometer for Making Mechanical Analysis of Soils. *Agronomy Journal*, 43: 434-438.
- Brown, M., Chandler, J., Lapsa, M., ve Sovacool, B., 2008. Carbon Lock-In: Barriers To Deploying Climate Change Mitigation Technologies. Oak Ridge National LaboratoryUS. at:http://www.ornl.gov/sci/eere/PDFs/ORNLTM2007-124_rev200801.pdf
- Burke, I.C., Schimel, D.S., Yonker, C.M., Parton, W.J., Joyce, L.A., ve Lauenroth, W.K., 1990. Regional modeling of grassland biogeochemistry using GIS. *Landscape Ecology*, 4: 45-54.
- Burke, I.C., Yonker, C.M., Parton, W.J., Cole, C.V., Flack, K., ve Schimel, D.S., 1989. Texture, climate, and cultivation effects on soil organic matter content in United States grassland soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53: 800-805.
- Cao, C., Zhang, Y., Qian, W., Liang, C., Wang, C., ve Tao, S., 2017. Land-use changes influence soil bacterial communities in a meadow grassland in Northeast China *Solid Earth*, 8: 1119-1129.
- Catroux, G., Chaussod, R., ve Nicolardot, B., 1987. Assessment of nitrogen supply from the soil. *R.R. Acad Agric Francais*, 3:71-79.
- Celik, I., 2005. Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey. *Soil & Tillage Research*, 83: 270-277.
- Chapman, H.D. ve Pratt, P.F., 1961. *Methods of analysis for soils, plants and waters*. University of California, Los Angeles, 60 150-179.
- Cheddadi, R., Guiot, J. ve Jolly, D., 2001. The Mediterranean vegetation: what if the atmospheric CO₂ increased? *Landscape Ecology*, 16: 667-675.
- Christensen, B.T., 1992. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. *Adv. Soil Sci.*, 20: 1-89.
- Cole, C.V., Paustian, K., Elliott, E.T., Metherell, A.K., Ojima, D.S., Parton, W.J., 1993. Analysis of agroecosystem carbon pools. *Water Air Soil Poll.* 70, 357–371.
- Condon, L., ve Newman, R. H., 1998. Chemical nature of soil organic matter under grassland and recently established forest. *European Journal of Soil Science*, 49: 597-603.
- Cox, P.M., Betts, R.A., Jones, C.D., Spall, S.A. ve Totterdell I.J., 2000. Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model, *Nature*, 408: 184-187.

- Curson, A.R.J., Williams, B.T., Pinchbeck, B.J., Sims, L.P., Martínez, A.B. ve Rivera, P.P., 2018. DSYB catalyses the key step of dimethylsulfoniopropionate biosynthesis in many phytoplankton. *Nat. Microbiol.*, 3: 430-439.
- Davidson, E.A., Janssens, I.A. 2006. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. *Nature*. 440, 165 - 173.
- Desanker, P.V. ve Magadza, C., 2001. 'Africa'. In: McCarthy, J.J., O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken, ve K.S. White (eds.]. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. IPCC Working Group II, Third Assessment Report*, Cambridge University Press.
- Dimassi, B., Mary, B., Wylleman, R., Labreuche, J., Couture, D., Piraux, F. ve Cohan, J.-P., 2014. Long-term effect of contrasted tillage and crop management on soil carbon dynamics during 41 years. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 188: 134-146.
- Dimassia, B., Guenetb, B. ve Nicolas, P.A., 2018 The impacts of CENTURY model initialization scenarios on soil organic carbon dynamics simulation in French long-term experiments *Geoderma*, 311: 25-36.
- Don, A., Schumacher, J. ve Freibauer, A., 2011. Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks- a meta-analysis. *Glob. Change Biol.*, 17:1658-1660.
- Dumanski, J., 2004. Carbon sequestration, soil conservation, and the Kyoto protocol: summary of implications. *Climatic Change*, 65: 255-261.
- Ebi, K., Lindgren, E., Suk, J. ve Semenza J., 2013. Adaptation to the infectious disease impacts of climate change, *Climatic Change*, 118: 355-365.
- Ellert, B.H. ve Bettany, J.R., 1995. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes, *Can. J. Soil Sci.*, 75: 529-538.
- Elliott, E.T., Palm, C.A., Reuss, D.E. ve Monz, C.A. 1991. Organic matter contained in soil aggregates from a tropical chronosequence: Correction for sand and light fraction. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 34: 443-451.
- Eswaran, H., Van Den Berg, E. ve Reich, P., 1993. Organic carbon in soils of the world. *Soil Sci.Soc. Am. J.*, 57: 192-194.
- Evrendilek, F., Çelik, İ. ve Kılıç, S., 2004. Changes in a soil organic carbon and other physical soil properties along adjacent mediterranean forest and cropland ecosystems in Turkey. *Journal of Arid Environ.*, 59:743-752.
- FAO 1992 The State of Food and Agriculture Agriculture Series No. 25.
- Feller, C. ve Beare, M.H., 1997. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. *Geoderma*, 79: 69-116.
- Gao, L., Liang, W. ve Wen, D., 2004. Dynamics of organic C in black soil of Northeast China, simulated by CENTURY model I. Accumulation of soil organic carbon under natural conditions. *The Journal of Applied Ecology*. 15(5): 772-6.
- Garcia-Oliva, F., Lancho, J.F.G., Montano, N.M. ve Islas, P., 2006. Soil carbon and nitrogen dynamics followed by a forest to pasture conversion in western Mexico. *Agroforestry Systems*, 66: 93-100.
- Garry, L. De L., O'Leary, J., Yuchun, M., Annette, C., Yonghong, L. F., Malcolm, M., Mark, C., Ram, D., Fiona, R. ve Warwick, D., 2015. Modelling soil organic carbon 2. Changes under a range of cropping and grazing farming systems in eastern Australia. *Geoderma*, 265: 164-175.
- Gonzalez, P., 2001. Desertification and a shift of forest species in the West African Sahel. *Climate Research*, 17: 217-228.
- Hassink, J., Scholefeld, D. ve Blantern, P., 1990. Nitrogen mineralization in grassland soils. In: Gaborcik, N., Krajcovic, V., Zimkova, M. (eds) *Proc 13th General*

- Meeting of the European Grassland Federation, vol II. Banskea Bystrica, Tsjechoslovakia, pp. 25-32.
- Havlin, J.L., Kissel, D.E., Maddux, L.D., Claassen, M.M. ve Long J.H., 1990. Crop rotation and tillage effects on soil organic carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54: 448-452.
- He, J., Li, H.W., Rasaily, R.G., Wang, Q.J., Cai, G.H., Su, Y.B., Qiao, X.D. ve Liu, L.J., 2011. Soil properties and crop yields after 11 years of no tillage farming in wheat-maize cropping system in North China Plain, *Soil Till. Res.*, 113: 48-54.
- Hevia, G.G., Buschiazzo, D.E., Hepper, E.N., Urioste, A.M., Anton, E.L., 2003. Organic matter in size fractions of soils of the semiarid Argentina. Effects of climate, soil texture, and management. *Geoderma*, 116: 265-277.
- Hocking, P.J., Meyer, C.P., 1991. Effects of CO₂ enrichment and nitrogen stress on growth, and partitioning of dry-matter and nitrogen in wheat and maize. *Australian Journal of Plant Physiology*, 18: 339-356.
- Horwath, W.R. ve Paul, E.A. 1994. Microbial biomass. Pages 753-773 in Weaver, R.W., Angle, S., Bottomley, Bezdicek, P., Smith, D., Tabatabai, S., ve A. Wollum, Editors. *methods of soil analysis. Part 2. Microbiological and biochemical properties.*
- Houghton, R., 2007. Balancing the global carbon budget. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 35: 313-347.
- Huesemann, M.H., 2006. Can advances in science and technology prevent global warming? A critical review of limitations and challenges, *Mitig. Adapt. Strat. Glob. Chang.*, 11: 539-577.
- Jackson, M.L., 1958. *Soil chemical analysis.* Verlag: Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ.
- Jonas, A., Lennart, O., 2003. Assessment of soil organic carbon in semi-arid Sudan using GIS and the CENTURY model. *Journal of Arid Environments*, 54: 633-651.
- Karagöz, A., Özbek, K. ve Sarı, N., 2016. Türkiye'nin bitkisel biyolojik çeşitliliğinin korunması ve sürdürülebilir kullanımına ilişkin sorunlar ve çözüm önerileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25 (1): 88-99.
- Kimball, B.A., 1983. Carbon dioxide and agricultural yield: An assemblage and analysis of 430 prior observations. *Agronomy Journal*, 75: 779-788.
- Kimble, J., Cook, T. ve Eswaran, H., 1990. Organic carbon on a volume basis in tropical and temperate soils. In *Transactions of the 14th International Congress of Soil Science*, Kyoto, pp. 248-253.
- Kirschbaum, M.U.F., 1995. The temperature dependence of soil organic matter decomposition, and the effect of global warming on soil organic carbon storage. *Soil Biol. Biochem.*, 27: 753-760.
- Kirschbaum, M.U.F. ve Paul, K.I., 2002. Modelling C and N dynamics in forest soils with a modified version of the CENTURY model. *Soil Biology & Biochemistry*, 34(3): 341-354.
- Kocigit, R., 2008. The effect of soil management systems on microbial activity. *International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology. Turkey, 2008.* pp. 899-907.
- Kong, A.Y.Y., Six, J., Bryant, D.C., Denison, R.F. ve van Kessel, C., 2005. The relationship between carbon input, aggregation, and soil organic carbon

- stabilization in sustainable cropping systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69: 1078-1085.
- Ladd, J.N., Amato, M., Jocteur-Monrozier, L. ve Van Gestel, M., 1990. Soil microhabitats and carbon and nitrogen metabolism. In: Proc. 14th Int. Congr. Soil Sci, August 12-18, Kyoto, Japan, vol III, pp 82-87.
- Lal, R. ve Logan, T.J., 1995. Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics. In R. Lal, J. Kimble, E. Levine ve B.A. Stewart (eds) "Soil Management and Greenhouse Effect", CRC/Lewis Publishers, Boca Raton, FL. pp. 293-307.
- Lal, R., 2008. Sequestration of atmospheric CO₂ into global carbon pool. *Energy Env Sci.*, 1: 86-100.
- Le Quéré, C., Rodenbeck, C., Buitenhuis, E., Conway, T., Langenfelds, R. ve Gomez, A., 2007. Saturation of the Southern Ocean CO₂ sink due to recent climate change. *Science*. 316(5832):1735-1738.
- Lehman, J., Kleber, M., 2015. The contentious nature of soil organic matter. *Nature*, 528: 60-68.
- Leifeld, J., Bassin, S. ve Fuhrer, J., 2005. Carbon stocks in Swiss agricultural soils predicted by land-use, soil characteristics, and altitude. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 105: 255-266.
- Le Quéré, C. 2009. Closing the global budget for CO₂, *Global Change*, 74: 28-31.
- Liang, Q., Chen, Y., Gong, M., Fan, H. ve Yang, R., 2012. Effects of 15 years of manure and inorganic fertilizers on soil organic carbon fractions in a wheat-maize system in the North China Plain. *Nutr. Cycling Agroecosyst.*, 92: 21-33.
- Lugato, E., Panagos, P. ve Bampa, F., 2014. A new baseline of organic carbon stock in European agricultural soils using a modelling approach. *Global Change Biology*, 20: 313-326.
- Lugo, A.E., Brown, S., 1993. Management of tropical soils as sinks or sources of atmospheric carbon. *Plant and Soil*, 149: 27-41.
- Luiz, F., Carvalho, L., Eduardo, M., Pedro, L.O.A.M., Elpi, I.F.F. ve Ju, C.L.N., 2003. Simulating trends in soil organic carbon of an Acrisol under no-tillage and disc-plow systems using the Century model. *Geoderma*, 120: 283-295.
- Mahdi, M., Al-Kaisi ve Xinhua, Y., 2005. Tillage and crop residue effects on soil carbon and carbon dioxide emission in corn-soybean rotations *Journal of Environmental Quality* Vol. 34 No. 2, p. 437-445.
- Metherell, A.K., Parton, W.J., Cambardella, C.A., Peterson G.A., Harding, L.A. ve Cole, C.V., 1993. Simulation of soil organic matter dynamics in dryland wheat-fallow cropping systems. Proceedings of the International Symposium on Soil Processes and Management Systems: Greenhouse Gas Emissions and Carbon Sequestration. Ohio State University, April 5-9.
- Michalzik, B., Kalbitz, K., Park, J.H., Solinger, S., ve Matzner, E., 2001. Fluxes and concentrations of dissolved organic carbon and nitrogen a synthesis for temperate forests. *Biogeochemistry*, 52: 173-205.
- Miroğlu, A., 2011. Küresel ısınma ve balıkçılık, *Mavi Yaşam ve Haber Bülteni*, Yıl: 2, Sayı:4, pp. 1-5.
- NCESD, 2003. Environment signals, a report on sustainability indicators, National Center for The Environment and Sustainable Development, Greece.

- Nicholson, S.E., 2001. Climatic and environmental change in Africa during the last two centuries. *Climate Res.*, 17: 123-144.
- Oelbermann, M., Paul, R. ve Voroney, A.M., 2004. Gordon carbon sequestration in tropical and temperate agroforestry systems: a review with examples from Costa Rica and southern Canada *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 104: 359-377.
- Oelbermann, M. ve Voroney, R.P., 2011. An evaluation of the century model to predict soil organic carbon: examples from Costa Rica and Canada. *Agrofor Syst.*, 82: 37-50.
- Ogle, S.M., Conant, R.T. ve Paustian, K., 2004. Deriving grassland management factors for a carbon accounting approach developed by the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Environmental Management*, 33: 474-484.
- Ou, Y., Rousseau, A.N. ve Wang, L., 2017. Spatio-temporal patterns of soil organic carbon and pH in relation to environmental factors: a case study of the Black Soil Region of Northeastern China. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 245: 22-31.
- Parton, W.J. ve Rasmussen, P.E., 1994. Long-term effects of crop management in wheat/fallow: II. CENTURY model simulations. *Soil Science Society of America Journal*, 58: 530-536.
- Parton, W., Tappan, G., Ojima, D. ve Tschakert, P., 2004. Ecological impact of historical and future land-use patterns in Senegal. *Journal of Arid Environments*, 59(3): 605-623.
- Parton, W.J., Schimel, D.S., Cole, C.V. ve Ojima, D.S., 1987. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands. *Soil Science Society of America Journal*, 51: 1173-1179.
- Paul, E.A., Collins, H.P. ve Leavitt, S.W., 2001. Dynamics of resistant soil carbon of midwestern agricultural soils measured by naturally occurring C-14 abundance. *Geoderma*, 104: 239-256.
- Paustian, K., Andren, O., Janzen, H.H., Lal, R., Smith, P., Tian, G., Tiessen, H., Noordwijk, M. ve Woerner, P.L., 1997. Agricultural soils as a sink to mitigate CO₂ emissions. *Soil Use Manage.*, 13: 230-244.
- Peterson, G., Allen, C.R. ve Holling C.S., 1998. Ecological resilience, biodiversity, and scale. *Ecosystems*, 1: 6-18.
- Piao, S., Fang, J. ve Ciais, P., 2009. The carbon balance of terrestrial ecosystems in China. *Nature*, 458 (7241).
- Plaza-Bonilla, D., Cantero-Martínez, C. ve Álvaro-Fuentes, J., 2010. Tillage effects on soil aggregation and soil organic carbon profile distribution under Mediterranean semi-arid conditions. *Soil Use and Management*, 26: 465-474.
- Poeplau, C. ve Don, A., 2013. Sensitivity of soil organic carbon stocks and fractions to different land-use changes across Europe. *Geoderma*, 192: 189-201.
- Quintero, M. ve Comerford, N.B., 2013. Effects of conservation tillage on total and aggregated soil organic carbon in the andes. *Soil Sci*, 3: 361-373.
- Rani, G. Bastin, B., 2016. Assessment of total soil organic carbon in teak ecosystem in humid tropics using CENTURY model. *Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences*, 4(1): 20-24.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and improvement of saline alkali soils, *Agriculture*, 160, Handbook 60. US Department of Agriculture, Washington DC.

- Rowley, R.J., Kostelnick, J.C., Braaten, D., Li, X. ve Meisel, J., 2007 Risk of rising sea level to population and land area. *Transaction American Geophysical Union EOS Archives* 88: 105-107.
- Russel, A.E., Cambardella, C.A., Ewell, J.J. ve Parkin, T.B. 2004. Species, rotation, and life-from diversity effects on soil carbon in experimental tropical ecosystems. *Ecol. Appl.*, 14: 47-60.
- Sheng, M., Tang, M., Chan, H., Yang, B., Zhang, F., Huang, Y., 2008. Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. *Mycorrhiza*, 18: 287-296.
- Shine, P., Fuglestvedt, J.S., Hailemariam, K., Stuber N., 2005. Alternatives to the global warming potential for comparing climate impacts of emissions of greenhouse gases climatic change, 68: 281-302.
- Sims, C.A., 1986. Are forecasting models usable for policy analysis? *Quarterly Review*, Federal Reserve Bank of Minneapolis, pp. 2-16.
- Singh, B., Obretin, C. ve Savoie, M., 2014. Enhancing belize's resilience to adapt to the effects of climate change. Final Report, Climate Change Solutions.
- Sitaula, B.K., Bakken, L.R. ve Abrahamsen, G., 1995. CH₄ uptake by temperate forest soil: Effect of N input and soil acidification, *Soil Biol. Biochem.*, 27: 871-880.
- Six J. ve Jastrow, J.D., 2002. Soil organic matter turnover, *Encyclopedia of Soil Science*, Boca Raton, FL, pp. 936-942.
- Smith, K.A. ve Conen, F., 2004. Impacts of land management on fluxes of trace greenhouse gases. *Soil Use Manage.*, 20:255-263.
- Sobocká, J., Balkovič, J. ve Lapin, M.A., 2007. Century 5 model using for estimation of soil organic matter behaviour at predicted climate change. *Soil & Water Res.*, 2(1): 25-34.
- Šoltysová, B. ve Danilovič, M., 2011. Tillage in relation to distribution of nutrients and organic carbon in the soil. *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*, 57: 21-30.
- Spain, A.V., 1990. Influence of environmental conditions and some soil chemical properties on the carbon and nitrogen contents of some tropical Australian rainforest soils. *Australian Journal of Soil Research*, 28: 825-839.
- Spain, A.V., Isbell, R.F. ve Probert M.E., 1983. Soil organic matter. *Soils An Australian viewpoint*. CSIRO, Melbourne. Academic Press, London, U.K. pp. 551-563.
- Sterman, J., Fiddaman, T, Franck, T., Jones, A., McCauley, S., Rice, P., Sawin, E. ve Siegel, L., 2012. Management flight simulators to support climate negotiations. *Environmental Modelling and Software*. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.06.004>.
- Tavakkoli, E., Rengasamy, P., Smith, E. ve McDonald, G.K., 2015. The effect of cation–anion interactions on soil pH and solubility of organic carbon. *European Journal of Soil Science*, 66: 1054-1062.
- Tristram, O. ve Six, J., 2007. Considering the influence of sequestration duration and carbon saturation on estimates of soil carbon capacity. *Climatic Change*, 80: 25-41.
- Varvel, G.E. ve Wilhelm, W.W., 2010. Long-term SOC as affected by tillage and cropping systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 74: 915-921.
- Verberne, E.L.J., Hassink, J., De Willigen, P., Groot, J.J.R. ve Van Veen, J.A., 1990. Modelling organic matter dynamics in different soils. *Neth J Agric Sci.*, 38: 221-238.

- Vos, C., Jaconi, A., Jacobs, A. ve Don, A., 2017. Hot regions of labile and stable soil organic carbon in Germany spatial variability and driving factors. *Soil*, 4: 153-167.
- Wang, S.H., Shi, X.Z., Zao, Y.C., Weindorf, Yu, D.S., Xu, S.X., Tan, M.Z. ve Sun, W.X., 2011. Regional simulation of soil organic carbon dynamics for dry farmland in east China by coupling a 1:500 000 soil database with the Century model. *Pedosphere*, 21(3): 277-287.
- Werner, C., Zheng, X., Tang, J.B., Xie, C.L., Kiese, R. ve Butterbach-Bahl, K., 2006. N₂O, CH₄ and CO₂ emissions from seasonal tropical rainforests and a rubber plantation in southwest China, *Plant Soil*, 289(1–2): 335- 353.
- Wiesmeier, M., Poeplau, C. ve Sierra, C.A., 2016. Projected loss of soil organic carbon in temperate agricultural soils in the 21st century: effects of climate change and carbon input trends. *Scientific Reports* volume 6, Article number 32525
- Wilson, K.B., Baldocchi, D. ve Hanson, P.J., 2001. Leaf age affects the seasonal pattern of photosynthetic capacity and net ecosystem exchange of carbon in a deciduous forest. *Plant, Cell and Environment*, 24: 571-583.
- Zelles, L., Scheunert, I. ve Kretzer, K. 1987. Effect of artificial irrigation, acid precipitation and liming on themicrobial activity in soil of a spruce forest. *Biology and Fertility of Soils*, 4: 137-143.
- Zhang, J., Song, C. ve Wenyan, Y., 2007a. Tillage effects on soil carbon fractions in the Sanjiang plain, Northeast China. *Soil Tillage Res.*, 93:102-108.
- Zhang, J., Wang, G., 2007b. *Impact Research of Climate Change on Hydrology and Water Resources*, Science Publishing House, Beijing.
- Zhao, C.L. ve Tans, P.P., 2006. Estimating uncertainty of the WMO mole fraction scale for carbon dioxide in air. *J. Geophys. Res.* 111, D08207. DOI: <http://dx.doi.org/10.1029/2005JD006003>

7. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Ahmet Turan BOZPOLAT

Doğum Yeri ve Yılı :Sivas/1979

Yabancı Dili : İngilizce

Medeni Hali : Evli

TC Kimlik No : 25579943374

Telefon : (506)972 29 37

e-mail : ahmetturanbozpolat@hotmail.com

Eğitim : Lisans Gizosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Toprak Bölümü

Yüksek Lisans Gizosmanpaşa Üniversitesi Ziraat
Fakültesi Toprak Bölümü