



**TÜRKİYE’NİN ÇELTİK YETİŞTİRİCİLİĞİ KAYNAKLI  
SERA GAZI EMİSYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**THE EVALUATION OF GHG EMISSIONS FROM RICE  
CULTIVATION IN TURKEY**

**ZEYNEP TOKAY**

**Prof. Dr. Ayşenur UĞURLU**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

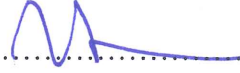
olarak hazırlanmıştır

2018

ZEYNEP TOKAY'ın hazırladığı "Türkiye'nin Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının Değerlendirilmesi" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Zümriye AKSU

Başkan



Prof Dr. Ayşenur UĞURLU

Danışman



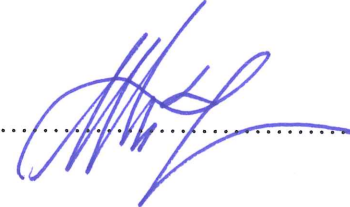
Prof. Dr. Beril SALMAN AKIN

Üye



Doçent Dr. İlknur DURUKAN TEMUGE

Üye



Dr. Öğr. Üyesi Hatice ŞENGÜL

Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

25/10/2018



ZEYNEP TOKAY

## YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin / raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “ Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi / H. Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. <sup>(1)</sup>
- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren .... Ay ertelenmiştir. <sup>(2)</sup>
- o Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. <sup>(3)</sup>

25/10/2018

  
(İmza)

Zeynep TOKAY  
Öğrencinin Adı SOYADI

“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”

- (1) Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir
- (2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. Şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü ve fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir\*. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.  
Madde 7. 2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

\* Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.

## ÖZET

# TÜRKİYE’NİN ÇELTİK YETİŞTİRİCİLİĞİ KAYNAKLI SERA GAZI EMİSYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

**Zeynep TOKAY**

**Yüksek Lisans, Çevre Mühendisliği Bölümü**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ayşenur UĞURLU**

**Ekim 2018, 94 sayfa**

İklim değişikliği günümüzde canlı yaşamını etkileyen en önemli problemler arasında yer almaktadır. İklim değişikliğine neden olan temel etkenlerden biri de sera gazlarıdır. Sera gazlarının zaman içinde atmosferde birikimi küresel ısınmaya neden olmaktadır. Küresel ısınmaya etki eden temel sera gazları; karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve nitroz oksit (N<sub>2</sub>O) olarak sıralanabilir. Toplam sera gazı emisyonunda tarımsal üretimin payı %10-12 arasındadır. Doğrudan tarımsal faaliyetler sonucunda ortaya çıkan sera gazları nitroz oksit (N<sub>2</sub>O) ve metan (CH<sub>4</sub>) gazlarıdır. Karbondioksite oranla metanın 25 kat, nitroz oksitin ise 298 kat daha fazla sera etkisinin olduğu bilinmektedir. Tarımsal faaliyetler kapsamında enterik fermantasyondan sonra çeltik yetiştiriciliği en büyük metan kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Aynı zamanda çeltik alanlarında nitrifikasyon ve denitrifikasyonla nitroz oksit (N<sub>2</sub>O) gazı üretimi olmaktadır. Çeltik yetiştiriciliği, dünyada ve Türkiye’de yer alan önemli tarım faaliyetlerinden biridir. Bu çalışmada, TÜİK çeltik verilerine göre 2017 yılında Türkiye çeltik hasadının %94.8’inin gerçekleştiği 10 il için 2004-2017 yılları arasında çeltik yetiştiriciliğinden kaynaklanan metan (CH<sub>4</sub>) ve nitroz oksit (N<sub>2</sub>O) gazı emisyon miktarları, Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 2006 rehberinde önerilen Tier 1 yöntemi kullanılarak hesaplanmış ve çeltik yetiştiriciliğinde uygulanan su rejimlerinin metan (CH<sub>4</sub>) gazı emisyon miktarına etkisi belirlenmiştir. Değerlendirilen 10 ilin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam CH<sub>4</sub> emisyonu 2017 yılı için yaklaşık 167 kt/yıl CO<sub>2</sub> eşdeğeri, 2007 yılı için ise 137.5 kt CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Bu durum Türkiye’de çeltik hasadının %94.8’inin gerçekleştiği 10 ilin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam CH<sub>4</sub> emisyonunun 10 yıl içinde %21.4 oranında arttığını göstermektedir. Türkiye’de 2017 yılı çeltik yetiştiriciliği kaynaklı metan gazı emisyonunun en fazla olduğu il 73.5 kt CO<sub>2</sub>e/yıl ile Edirne olarak belirlenmiştir. Bu miktar 10 il için belirlenen toplam emisyon miktarının %44.01’ini oluşturmaktadır. Edirne ilini Samsun, Balıkesir, Çanakkale ve Çorum izlemektedir. Değerlendirilen 10 il içinde metan emisyon miktarının en düşük olduğu il ise Tekirdağ’dır. Bu

çalışmada, ek olarak çeltik yetiştiriciliğinde uygulanan farklı su rejimlerinin, çeltik yetiştiriciliği kaynaklı metan (CH<sub>4</sub>) gazı emisyon miktarına etkisi tahmin edilmiştir. Hesaplamalar sonucu, *kesikli sulanan–birden fazla havalandırma* su rejiminin *sürekli sulanan*'a göre %48, *kesikli sulanan–tek havalandırma*'ya göre %13.4 oranında CH<sub>4</sub> emisyonunu azaltma potansiyeli olduğu öngörülmüştür. Aynı zamanda çeltik yetiştirme dönemi öncesinde uygulanan *sezon öncesi sulanmayan>180 gün* su rejiminin *sezon öncesi sulanmayan<180 gün*'e göre %32, *sezon öncesinde sulanan>30 gün*'e göre %64.2 oranında CH<sub>4</sub> emisyonunu azaltma potansiyeli olduğu hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre çeltik yetiştirme döneminde *kesikli sulanan–birden fazla havalandırma*; yetiştirme dönemi öncesinde ise *sezon öncesi sulanmayan>180 gün* su rejimleri uygulandığında en düşük CH<sub>4</sub> emisyonunun ortaya çıktığı öngörülmüştür. Nitröz oksit emisyonu (N<sub>2</sub>O) için yapılan hesaplamalarda, değerlendirilen 10 ilin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı doğrudan ve dolaylı toplam N<sub>2</sub>O emisyonu 2017 yılı için yaklaşık 1063.86 kt CO<sub>2</sub>e/yıl olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 ilin 2017 yılı çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam sera gazı (CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O) emisyonu yaklaşık 1230.86 kt CO<sub>2</sub>e/yıl olarak hesaplanmıştır. Edirne ili toplamda yaklaşık 562.2 kt CO<sub>2</sub>e/yıl ile en fazla çeltik yetiştiriciliği kaynaklı sera gazı emisyonunun olduğu il olarak belirlenmiştir. Çeltik yetiştiriciliği kaynaklı sera gazı emisyonlarının, su rejimi yönetimiyle birlikte toprak işlemsiz tarım, fermente gübre kullanımı, nitrifikasyonu önleyici veya yavaş salımlı gübre kullanımı, çeltik çeşidinin seçimi gibi uygulamalarla daha düşük seviyeye indirilebileceği mümkün görünmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Küresel Isınma, Sera Gazları, Metan, Nitröz Oksit, Tarım, Çeltik, IPCC 2006, Su Rejimi.

## **ABSTRACT**

### **THE EVALUATION OF GHG EMISSIONS FROM RICE CULTIVATION IN TURKEY**

**Zeynep TOKAY**

**Master, Department of Environmental Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Ayşenur UĞURLU**

**October 2018, 94 pages**

Climate change is one of the most important problems nowadays affects the existence of living beings. One of the basic factors that cause climate change is greenhouse gas. The accumulation of greenhouse gases in the atmosphere leads to global warming over time. The greenhouse gases which affect global warming may be listed mainly as carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O). Agricultural production has 10 to 12 percent share in total amount of greenhouse gas emissions. Greenhouse gases which emerge directly from agricultural activities are nitrous oxide and methane. Compared to carbon dioxide, it is known that methane has 25 times and nitrous oxide has 298 times more greenhouse effect. Within the scope of agricultural activities, rice cultivation takes its place as the next largest source of methane after enteric fermentation. Besides, nitrous oxide is produced in rice fields by nitrification and denitrification. Rice cultivation is one of the important agricultural activities practiced in the world and in Turkey. In this study, the amounts of methane (CH<sub>4</sub>) emissions from rice cultivation between 2004 and 2017 were calculated according to TÜİK rice statistics for 10 provinces where 94.8% of total amount of rice is harvested in Turkey by using the Tier 1 method which had been proposed by the Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC) in 2006 guide and the effects of applied water regimes during rice cultivation on the amount of methane (CH<sub>4</sub>) emissions were specified. Total annual emissions from rice cultivation in Turkey were calculated as 167 kilotons of CO<sub>2</sub> equivalent in 2017, and 137 kilotons of CO<sub>2</sub> equivalent in 2007. Based on the evaluations in 10 provinces where 94.8% of total amount of rice is harvested in Turkey, these values show that the total amount of the CH<sub>4</sub> emissions from rice cultivation is increased by 21.4% in ten years. The province with the most methane emissions from rice cultivation was identified to be Edirne with 73.5 kilotons of CO<sub>2</sub> equivalent a year. This amount equals to 44.01% of the total emissions. Edirne is followed by Samsun, Balıkesir, Çanakkale, and Çorum. Among 10 provinces evaluated, the province with the lowest amount of emission was Tekirdağ. The effects of different water regimes practiced



in rice cultivation on the amount of the methane (CH<sub>4</sub>) emissions from rice cultivation in Turkey have also been estimated in the study. As a result of the calculations, it has been predicted that the *intermittently flooded water regime with multiple aerations* had the potential of decreasing CH<sub>4</sub> emissions by 13.4% compared to the *flooded regime with single aeration* and 48% compared to the *continuously flooded water regime*. Among the practices before rice cultivation period, it has also been calculated that the water regime which was *non-flooded pre-season > 180 days* had the potential of decreasing CH<sub>4</sub> emissions by 32% compared to the one which was *non-flooded pre-season < 180 days* and 64.2% compared to the one which was *flooded pre-season*. In compliance with these results, it has been predicted that the lowest amount of CH<sub>4</sub> emissions was observed when the fields are *intermittently flooded with multiple aerations* during rice cultivation period and *non-flooded pre-season > 180 days* before the cultivation period. It has been calculated that approximately 1063.86 kilotons of annual CO<sub>2</sub> equivalent emissions emerged in 10 provinces where total amount of N<sub>2</sub>O emitted directly and indirectly from rice cultivation in 2017. In conclusion, evaluations in 10 provinces where 94.8% of total amount of rice is harvested in Turkey show that the amount of total annual greenhouse gas emissions from rice cultivation was calculated to be 1230.86 kilotons of CO<sub>2</sub> equivalent in 2017. Edirne has been determined as the province where the most amount of annual emissions from rice cultivation had emerged with 562.2 kilotons of CO<sub>2</sub> equivalent. It seems possible to decrease greenhouse gas emissions from rice cultivation to lower levels by applications such as practicing zero-tillage farming, using fermented and nitrification-preventive or slow-release fertilizers, and choosing the type of rice besides water regime methods.

**Keywords:** Global Warming, Greenhouse Gases, Methane, Nitrous Oxide, Agriculture, Rice, IPCC 2006, Water Regimes.

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince sonsuz desteği, anlayışı ve bilgi paylaşımı için değerli danışman hocam Sn. Prof. Dr. Ayşenur UĞURLU'ya,

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana kattıkları bilgi ve bakış açısı için değerli Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği öğretim üyelerine,

Her konuda desteklerini sunan Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği idari çalışanlarına,

Tüm yönlendirme ve yardımları için Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü idari personeli Sn. Mustafa YENİAY'a,

Sorularımı incelikle yanıtlayan ve zihnimi aydınlatan Sn. Gizem ULUSOY'a,

Teknik bilgi paylaşımı ve desteği için Sn. Hasan Çağlar SEÇKİN'e,

Çeltik yetiştiriciliği konusunda bilgilerimi benimle paylaşan Sn. Dr. Halil SÜREK, Sn. Dr. Rasim ÜNAN ve Sn. Turgut DURAK'a,

Sonsuz ve içten yardımları için Mete AVCI'ya,

Bu süreçte paylaşımı ve yol göstericiliği için Melis YÜKSELEN'e

Manevi destekleriyle huzur veren tüm Arkadaşlarıma,

Eğitim hayatımın meşalesini yakan, bu yolda ve hayatımın her anında yanımda olan Sevgili Aileme,

Değerli tüm Öğretmenlerime,

Değerli tüm Çiftçilerimize ve Tarım İşçilerimize,

En içten teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

|  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| ÖZET .....   | i            |
| ABSTRACT .....   | iii          |
| TEŞEKKÜR .....   | v            |
| İÇİNDEKİLER.....   | vi           |
| ŞEKİLLER .....   | viii         |
| ÇİZELGELER.....  | x            |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....   | xii          |
| 1. GİRİŞ.....  | 1            |
| 1.1. Çalışmanın Amacı .....  | 2            |
| 1.2. Çalışma Yöntemi ve Planı .....  | 2            |
| 2. GENEL BİLGİLER.....   | 4            |
| 2.1. Tarım Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları.....   | 4            |
| 2.2. Dünya’da Tarım Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları .....   | 5            |
| 2.3. Türkiye’de Tarım Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları .....   | 7            |
| 2.4. Çeltik Yetiştiriciliği .....  | 10           |
| 2.5. Dünyada Çeltik Yetiştiriciliği.....   | 18           |
| 2.6. Türkiye’de Çeltik Yetiştiriciliği .....   | 19           |
| 2.7. Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları .....   | 24           |
| 2.8. Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarını Azaltmak için Uygulanabilecek Yöntemler.....  | 27           |
| 2.9. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC).....  | 35           |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM.....   | 38           |
| 3.1. Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları Hesaplama Yöntemi .....   | 38           |
| 3.2. Nitröz Oksit (N <sub>2</sub> O) Gazı Emisyonları Hesaplama Yöntemi.....   | 49           |
| 4. TÜRKİYE’NİN ÇELTİK YETİŞTİRİCİLİĞİ KAYNAKLI SERA GAZI EMİSYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....   | 57           |
| 4.1. Türkiye’nin Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Metan (CH <sub>4</sub> ) Gazı Emisyon Sonuçları .   | 58           |
| 4.2. Çeltik Yetiştiriciliğinde Uygulanan Farklı Su Rejimlerinin Türkiye’nin Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Metan (CH <sub>4</sub> ) Gazı Emisyon Miktarına Etkisi ..... | 60           |
| 4.3. Yetiştirme Dönemindeki Su Rejimlerine Göre Metan (CH <sub>4</sub> ) Gazı Emisyon Miktarları .....   | 60           |

|      |  |    |
|------|--|----|
| 4.4. | Türkiye'nin Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Nitröz Oksit (N <sub>2</sub> O) Gazı Emisyon Sonuçları ..... | 63 |
| 4.5. | Türkiye'nin Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonları Sonuçları .....                 | 66 |
| 4.6. | Tartışma .....   | 68 |
|      | SONUÇLAR .....   | 82 |
|      | KAYNAKLAR.....   | 86 |
|      | EKLER .....  | 93 |
|      | ÖZGEÇMİŞ .....   | 94 |

## ŞEKİLLER

### Sayfa

|  |    |
|--|----|
| Şekil 2.1. Temel Sera Gazı Emisyon Kaynakları ve Ekosistemlerdeki Süreçleri [12] .....   | 4  |
| Şekil 2.2. Dünyada Toplam Sera Gazı Emisyonu Sektörel Dağılımı .....   | 5  |
| Şekil 2.3. Dünya 2006-2016 Yılları Arası Tarım Faaliyetlerine Göre Ortalama Emisyon Oranları (CO <sub>2</sub> Eşdeğer) .....   | 6  |
| Şekil 2.4. Dünya 2016 Yılı Tarımda CH <sub>4</sub> Emisyon Oranları (CO <sub>2</sub> Eşdeğer) .....  | 6  |
| Şekil 2.5. 2006-2016 Yılları Arası Tarım Sonucu Kıtalara Göre Oluşan Emisyon Oranları.....   | 7  |
| Şekil 2.6. Türkiye’de Başlıca Sera Gazlarının 1990-2016 Yılları Arası Eğilimi [16] .....   | 8  |
| Şekil 2.7. Türkiye’nin Sektörlere Göre 2016 Yılı Emisyon Oranları .....  | 8  |
| Şekil 2.8. Çeltik Tarlası [18] .....   | 10 |
| Şekil 2.9. Çeltik Arazisinde Toprak Sürüm İşlemi [19].....   | 12 |
| Şekil 2.10. Lazer Kontrollü Tesviye Aleti ile Arazi Tesviyesi [19].....  | 13 |
| Şekil 2.11. Elle Serpme Ekim [19].....   | 14 |
| Şekil 2.12. Ekim Öncesi Gübreleme İşlemi [19] .....  | 15 |
| Şekil 2.13. Azotlu Gübre Uygulaması .....  | 15 |
| Şekil 2.14. Fazla Azotlu Gübreleme Sonucu Yatma [19] .....   | 15 |
| Şekil 2.15. Biçerdöverle Hasat ve Harman [19].....   | 17 |
| Şekil 2.16. Kurutma Makineleri ile Kurutma [19] .....  | 17 |
| Şekil 2.17. 2016 Yılı Dünya Çeltik Üretimi Dağılımı .....  | 18 |
| Şekil 2.18. 2016 Yılı Dünya Çeltik Üretiminde İlk 10 Ülke.....   | 19 |
| Şekil 2.19. Türkiye’nin Yıllara Göre Toplam Tarım Alanı Büyüklüğü.....   | 20 |
| Şekil 2.20. Türkiye’de 2017 Yılı Çeltik Ekilen İller [10] .....  | 22 |
| Şekil 2.21. 2017 Yılı Türkiye Çeltik Hasadı İlk 5 İl .....   | 23 |
| Şekil 2.22. 2016 Yılı Türkiye Çeltik Hasadı İlk 5 İl .....   | 24 |
| Şekil 2.23. Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Metan (CH <sub>4</sub> ) Gazı Emisyonu [34].....   | 26 |
| Şekil 2.24. Sulanan Çeltik Tarlalarında Nitrifikasyon ve Denitrifikasyon [8].....  | 26 |
| Şekil 2.25. Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarını Azaltmaya Yönelik Genel Çerçeve [37] .....   | 28 |
| Şekil 3.1. Çeltik Üretimi Kaynaklı CH <sub>4</sub> Emisyonları için Karar Ağacı [91] .....   | 43 |
| Şekil 3.2. Doğrudan ve Dolaylı N <sub>2</sub> O Emisyonlarına Neden Olan N (Azot) Kaynakları [98]..  | 50 |
| Şekil 4.1. Değerlendirilen 10 İlin 2004-2017 Yılları Arasında Çeltik Yetiştiriciliğinden Kaynaklanan Toplam Metan (CH <sub>4</sub> ) Emisyon Miktarları .....  | 59 |
| Şekil 4.2. Değerlendirilen 10 İlin 2004-2017 Yılları Arası Çeltik Hasat Edilen Alan Büyüklüğündeki Değişim.....  | 60 |
| Şekil 4.3. Türkiye Çeltik Hasadının %94.8’inin Gerçekleştiği 10 İlin 2004-2017 Yılları Arasında Çeltik Yetiştiriciliğinden Kaynaklanan Toplam Sera Gazı Emisyonları Değişimi .....                               | 68 |
| Şekil 4.4. Çeltik Yetiştirme Dönemindeki Su Rejimlerine Göre Türkiye Çeltik Hasadının %94.8’inin Gerçekleştiği 10 İlin 2004-2017 Yılları Arası Hesaplanan Metan (CH <sub>4</sub> ) Gazı Emisyon Miktarları ..... | 77 |

- Şekil 4.5. Çeltik Yetiştirme Döneminden Önceki Su Rejimlerine Göre Türkiye Çeltik Hasadının %94.8'inin Gerçekleştiği 10 İlin 2004-2017 Yılları Arası Hesaplanan Metan (CH<sub>4</sub>) Gazı Emisyon Miktarları ..... 78
- Şekil 4.6. Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları Azaltmaya Yönelik Uygulamalar (M: Metan, N: Nitröz Oksit, C: Karbon dioksit) [36] ..... 81

## ÇİZELGELER

### Sayfa

|   |    |
|---|----|
| Çizelge 2.1. 1990-2016 Yılları Arası Türkiye'nin Sera Gazı Emisyonları (milyon ton CO <sub>2</sub> e) [16].....   | 7  |
| Çizelge 2.2. Türkiye'nin 1990-2016 Yılları Arası Sera Gazı Emisyonları [16] .....   | 9  |
| Çizelge 2.3. Kaynağına Göre Türkiye'nin Tarım Sektörü Toplam Emisyonları [16] .....   | 10 |
| Çizelge 2.4. Türkiye'de Yıllara Göre Tarım Alanları [10] .....  | 19 |
| Çizelge 2.5. Türkiye'de Bazı Tarla Bitkilerinin Ekim Alanları [10] .....  | 20 |
| Çizelge 2.6. Türkiye'nin 2004-2017 Yılları Arası Çeltik Hasat Edilen Alan Büyüklükleri [10] .....   | 21 |
| Çizelge 2.7. Türkiye'nin 2017 yılı Çeltik Hasat Edilen Alan Büyüklükleri ve Üretim Miktarlarına göre İl Sıralaması [10].....  | 22 |
| Çizelge 2.8. Geleneksel Sulamaya Oranla Farklı Su Yönetimi Uygulamalarının Sera Gazı Emisyonlarını Azaltım Potansiyelleri [36] .....  | 29 |
| Çizelge 2.9. Çeltikte Sera Gazı Emisyonlarına Yönelik Toprak İşlemeli ve Toprak İşlemesiz Uygulamaların Karşılaştırılması [36].....   | 31 |
| Çizelge 3.1. 2017 Yılında Türkiye Çeltik Hasadının %94.8'inin Gerçekleştiği 10 İle Ait Çeltik Yetiştiriciliği Verileri [96] .....   | 39 |
| Çizelge 3.2. Çeltik Üretiminden Önce 180 Günden Az Sulanmayan ve Çeltik Yetiştiriciliği Süresince Organik Islah Yapılmadan Sürekli Sulandığı Varsayılan CH <sub>4</sub> Referans Emisyon Faktörü [74] ..... | 44 |
| Çizelge 3.3. Sürekli Sulanan Alanlara İlişkin Yetiştirme Dönemindeki Su Rejimleri için Varsayılan CH <sub>4</sub> Emisyon Ölçekleme Faktörleri [74] .....   | 45 |
| Çizelge 3.4. Yetiştirme Döneminden Önceki Su Rejimleri için Varsayılan Emisyon Ölçekleme Faktörleri [74].....   | 46 |
| Çizelge 3.5. Farklı Organik Islah Türleri için Varsayılan Çevirme Faktörü [74].....   | 47 |
| Çizelge 3.6. Metan (CH <sub>4</sub> ) Gazı Emisyonu Hesaplaması için Eşitlik 3.1 ve Eşitlik 3.2'de Kullanılan Parametreler .....  | 48 |
| Çizelge 3.7. Doğrudan N <sub>2</sub> O Emisyonlarını Tahmin Etmek için Varsayılan Emisyon Faktörü [99].....   | 52 |
| Çizelge 3.8. Bitki Artıklarından Toprağa Eklenen Azotun Tahmini için Varsayılan Faktörler [98].....   | 53 |
| Çizelge 3.9. Dolaylı Toprak N <sub>2</sub> O Emisyonları için Varsayılan Emisyon, Buharlaşma ve Sızma Faktörleri.....   | 56 |
| Çizelge 4.1. Türkiye'nin 2017 yılı Çeltik Hasat Edilen Alan Büyüklüklerine Göre İl Sıralaması [10].....   | 57 |
| Çizelge 4.2. Değerlendirilen 10 İlin 2017 Yılı Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Metan (CH <sub>4</sub> ) Emisyon Miktarları .....  | 58 |
| Çizelge 4.3. Değerlendirilen 10 İlin 2004-2017 Yılları Arasında Çeltik Yetiştiriciliğinden Kaynaklanan Toplam Metan (CH <sub>4</sub> ) Emisyon Miktarları.....  | 59 |
| Çizelge 4.4. Değerlendirilen 10 İlin Çeltik Yetiştirme Dönemindeki Su Rejimlerine Göre 2004-2017 Yılları Arası Hesaplanan Metan (CH <sub>4</sub> ) Gazı Emisyon Miktarları....                              | 61 |

|  |    |
|--|----|
| Çizelge 4.5. Değerlendirilen 10 İlin Çeltik Yetiştirme Döneminden Önceki Su Rejimlerine Göre 2004-2017 Yılları Arası Hesaplanan Metan (CH <sub>4</sub> ) Gazı Emisyon Miktarları .....                               | 62 |
| Çizelge 4.6. Değerlendirilen 10 İlin Farklı Su Rejimlerine Göre 2017 Yılı Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Toplam CH <sub>4</sub> Emisyon Miktarları.....   | 63 |
| Çizelge 4.7. Değerlendirilen 10 İlin 2017 Yılı Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Doğrudan Nitröz Oksit (N <sub>2</sub> O) Emisyon Miktarları.....  | 64 |
| Çizelge 4.8. Değerlendirilen 10 İlin 2004-2017 Yılları Arasında Çeltik Yetiştiriciliğinden Kaynaklanan Toplam Doğrudan Nitröz Oksit (N <sub>2</sub> O) Emisyon Miktarları.....                                       | 64 |
| Çizelge 4.9. Değerlendirilen 10 İlin 2017 Yılı Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Dolaylı Nitröz Oksit (N <sub>2</sub> O) Emisyon Miktarları.....   | 65 |
| Çizelge 4.10. Değerlendirilen 10 İlin 2004-2017 Yılları Arasında Çeltik Yetiştiriciliğinden Kaynaklanan Toplam Dolaylı Nitröz Oksit (N <sub>2</sub> O) Emisyon Miktarları.....                                       | 66 |
| Çizelge 4.11. Türkiye Çeltik Hasadının %94.8'inin Gerçekleştiği 10 İlin 2017 Yılı Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonları Sonuçları.....  | 66 |
| Çizelge 4.12. Türkiye Çeltik Hasadının %94.8'inin Gerçekleştiği 10 İlin 2004-2017 Yılları Arasında Çeltik Yetiştiriciliğinden Kaynaklanan Toplam Sera Gazı Emisyonları Sonuçları .....                               | 67 |
| Çizelge 4.13. Türkiye ve Farklı Ülkelerin 1990-2016 Ulusal Sera Gazı Envanteri Raporlarına Göre 2016 Yılı Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı CH <sub>4</sub> Emisyon Verileri .....                                     | 71 |
| Çizelge 4.14. Türkiye ve Farklı Ülkelerin 2016 Yılı Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı CH <sub>4</sub> Emisyon Miktarlarının FAO ve Ulusal Sera Gazı Envanteri Raporu Değerleri [101] [102] [16] [103] [104] [106]..... | 74 |
| Çizelge 4.15. 1996-2016 Yılları Arası Türkiye'nin Yönetilen Topraklar Kaynaklı N <sub>2</sub> O Emisyonları [16] .....   | 80 |



## SİMGELER VE KISALTMALAR

|                       |  |
|-----------------------|--|
| CH <sub>4</sub>       | Metan  |
| CO                    | Karbon monoksit  |
| CO <sub>2</sub>       | Karbon dioksit   |
| CO <sub>2</sub> e     | Karbon dioksit eşdeğeri  |
| DA                    | Dekar  |
| FAO                   | Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization of the United Nations) |
| H <sub>2</sub>        | Hidrojen   |
| H <sub>2</sub> O      | Su   |
| H <sub>3</sub> C-COOH | Asetat   |
| HA                    | Hektar   |
| HWP                   | Hasat edilen orman ürünleri  |
| IPCC                  | Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change)               |
| KG                    | Kilogram   |
| KT                    | Kiloton  |
| N                     | Azot   |
| N <sub>2</sub>        | Azot gazı  |
| NO                    | Azot oksit   |
| N <sub>2</sub> O      | Nitröz oksit   |
| NO <sub>2</sub>       | Nitrit   |
| NO <sub>3</sub>       | Nitrat   |
| NO <sub>x</sub>       | Azot oksitler  |
| NH <sub>3</sub>       | Amonyak  |
| NH <sub>4</sub>       | Amonyum  |
| NMVOC                 | Metan dışı uçucu organik bileşikler  |
| O <sub>2</sub>        | Oksijen  |
| TÜİK                  | Türkiye İstatistik Kurumu  |
| UNFCCC                | Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi   |

# 1. GİRİŞ

İklim değişikliği, uzun bir süreçte (genellikle on yıl veya daha uzun) devam eden iklimin ortalama durumundaki istatistiksel belirli bir değişimi ifade etmektedir. İklim değişikliği doğal iç süreçlerden, dış etkilerden ya da atmosferin bileşimindeki veya arazi kullanımındaki süregelen insan faaliyetleri kaynaklı olabilir [1]. Güneş radyasyonu ve volkanik olaylar gibi bazı dış etkiler doğal yollarla meydana gelir ve iklim sisteminin toplam doğal değişkenliğini etkiler. Sanayi devrimi ile başlayan atmosferin bileşimindeki değişiklik gibi diğer dış kaynaklı değişiklikler, insan faaliyetleri sonucudur [1]. İnsan faaliyetleri; emisyonlar sonucu radyal olarak önemli gaz ve aerosollerin atmosferik konsantrasyonlarının oluşumuna neden olarak ve yeryüzü özelliklerini değiştirerek Dünya'nın enerji dengesini etkilemeye devam etmektedir [2].

Sera gazları, atmosferin hem doğal hem de antropojenik kaynaklı gaz bileşenleridir. Bu gazlar Dünya yüzeyi, atmosfer ve bulutlar tarafından yayılan termal kızılötesi radyasyonun spektrumu içinde belirli dalga boylarındaki radyasyonu emer ve yayar. Bu durum sera gazı etkisini oluşturmaktadır. Su buharı (H<sub>2</sub>O), karbondioksit (CO<sub>2</sub>), nitroz oksit (N<sub>2</sub>O), metan (CH<sub>4</sub>) ve ozon (O<sub>3</sub>) Dünya atmosferinde bulunan temel sera gazlarıdır [2]. İnsan faaliyetleri kaynaklı sera gazı emisyonları büyük ölçüde ekonomik büyüme ve nüfus artışına bağlı olarak sanayi öncesi dönemden bu yana artmıştır ve günümüzde her zamankinden daha fazladır. Bu durum en azından son 800.000 yılda eşi görülmemiş olan karbondioksit, metan ve azot oksit atmosferik konsantrasyonlarına neden olmuştur. Diğer antropojenik faktörlerle birlikte bu gazların etkileri iklim sistemi boyunca tespit edilmiştir ve 20. yüzyılın ortalarından beri gözlemlenen ısınmanın baskın nedeni olma olasılığı oldukça yüksektir [3].

Küresel ısınmanın önemli bir bölümü sera gazları olarak bilinen gazların üretiminden kaynaklanmaktadır. Sera gazı olarak tanımlanan gazlar Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 2006 rehberine göre ikiye ayrılır. Karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), nitroz oksit (N<sub>2</sub>O), hidroflorokarbon (HFC), kükürthekzaflorit (SF<sub>6</sub>) ve perflorokarbon (PFC) doğrudan sera gazlarını oluştururken, azotoksitler (NO<sub>x</sub>), karbonmonoksit (CO), metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC) ve kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) ise dolaylı sera gazlarını oluşturur. Küresel ısınmaya etki eden başlıca sera gazları karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve nitroz oksit (N<sub>2</sub>O) olarak sıralanabilir. IPCC 2006 rehberinde insan faaliyetlerinin küresel ısınmaya etkisi; Enerji, Endüstriyel İşlemler ve Ürün Kullanımı, Tarım, Ormancılık ve Diğer Arazi

Kullanımı ve Atık başlıkları ile belirtilmiştir [4]. Toplam sera gazı emisyonunda tarımsal üretimin payı ise %10-12 arasındadır [5].

Tarımsal ürünler arasında dünyanın mısırdan sonra ikinci en fazla ekilen ürünü olan çeltik, insan etkenli en büyük metan emisyonu kaynaklarından biridir [6]. Sulu çeltik alanlarındaki organik maddenin anaerobik bozunması, büyüme döneminde çeltik bitkilerinden atmosfere taşınan metan (CH<sub>4</sub>) gazını üretir [7]. Aynı zamanda nitrifikasyon ve denitrifikasyonla çeltik alanlarında nitroz oksit (N<sub>2</sub>O) gazı üretimi olmaktadır [8]. Çeltik, dünyada toplam ekilebilir arazinin %11'ini kaplayarak toplam tarım kaynaklı emisyonların %10.1'inden, toplam insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının ise %1.3-%1.8'den sorumludur [6].

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre Dünya'da 2016 yılı çeltik hasadı toplam 159807722 ha'lık alanda 740961445 ton olarak belirlenmiştir [9]. TÜİK verilerine göre Türkiye'de çeltik hasadı 2016 yılında 116056.3 ha alanda 920000 ton, 2017 yılında ise 109504.9 ha alanda 900000 ton olarak gerçekleşmiştir [10].

Söz konusu verilere göre Türkiye'de çeltik hasadı sonucu oluşan sera gazı emisyon miktarlarının önem taşıdığı görülmektedir.

### **1.1. Çalışmanın Amacı**

Bu çalışmanın amacı, 2017 yılında Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 il için çeltik yetiştiriciliği kaynaklı sera gazı emisyon miktarlarının, TÜİK ve Tarım ve Orman Bakanlığı, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü çeltik verilerine göre Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 2006 rehberinde yer alan Tier 1 yöntemi kullanılarak hesaplanması ve çeltik yetiştiriciliğinde uygulanan su rejimlerinin metan (CH<sub>4</sub>) gazı emisyon miktarına etkisinin belirlenmesidir.

### **1.2. Çalışma Yöntemi ve Planı**

Türkiye'de yıllara göre çeltik hasat edilen alan büyüklükleri esas alınarak oluşan sera gazı emisyon miktarları IPCC 2006 rehberi referans alınarak hesaplanmıştır. Burada belirtilen sera gazları, çeltik tarlalarında organik maddelerin anaerobik solunumla parçalanması sonucu oluşan metan (CH<sub>4</sub>) gazı ve nitrifikasyon ve denitrifikasyonla toprakta doğal olarak üretilen nitroz oksit (N<sub>2</sub>O) gazıdır. Hesaplamalarda kullanılan temel veri Türkiye'de il düzeyinde çeltik hasat edilen alan büyüklükleridir. Bu alan büyüklükleri Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) çeltik verilerinden elde edilmiştir. Bu veriler 2004-2017 arasındaki yılları kapsamaktadır. Hesaplamalarda Tier 1 yöntemi temel alınarak çeltik yetiştiriciliğinden kaynaklanan metan ve nitroz oksit emisyonları tahmin edilmiştir. Metan emisyonları için,

Çeltik hasat edilen alan byklg (ha), sulama çeşidi, yetiştirme dönemi ve IPCC 2006 rehberi Cilt 4, Bölüm 5.5 eltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Metan Emisyonları'nda yer alan sulama rejimi ve yetiştirme dönemine göre belirlenen emisyon faktörleri ve kat sayılar baz alınarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Nitröz oksit emisyonları için ise eltik alanlarında uygulanan kimyasal gübre çeşidi ve miktarı (kg), hasat edilen eltik miktarı (kg/ha), eltik hasat edilen alan byklg (ha) ve IPCC 2006 rehberi Cilt 4, Bölüm 11.2 Toprak Yönetimi Kaynaklı N<sub>2</sub>O Emisyonları'nda yer alan faktörler baz alınarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

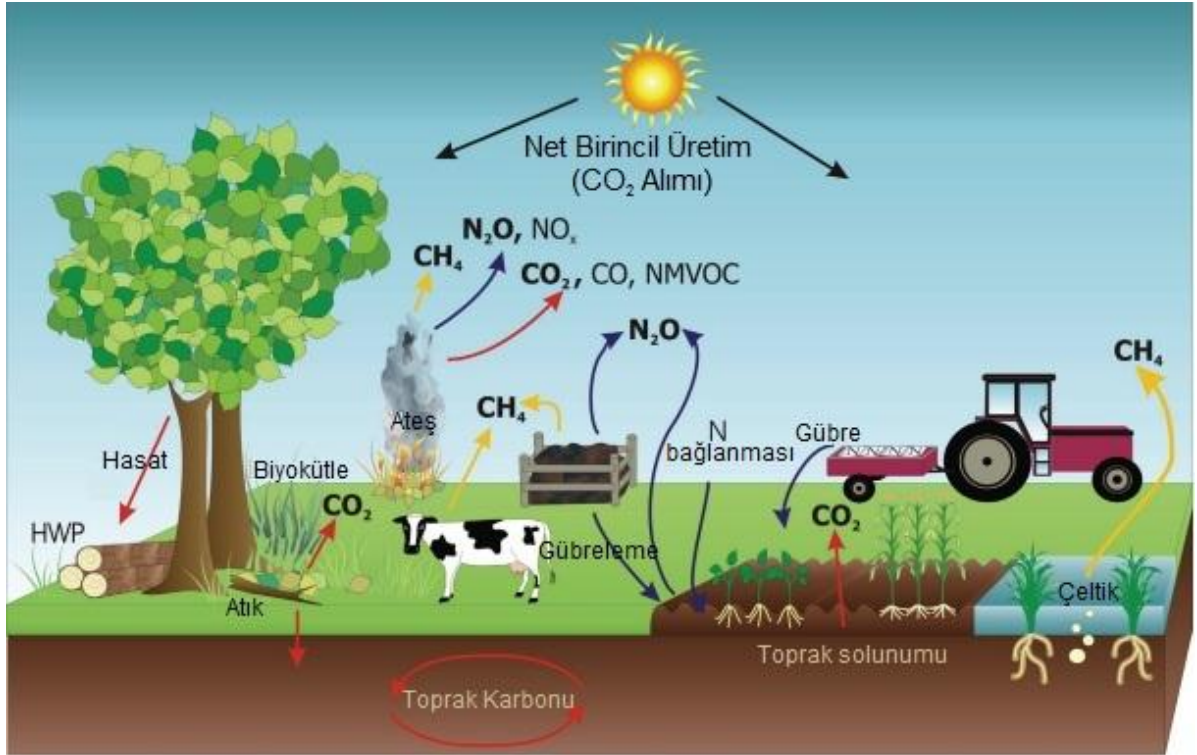
Ayrıca, IPCC 2006 rehberinde yer alan çeltiğin yetiştirme dönemi ve öncesinde uygulanan su rejimi seçenekleri için varsayılan her bir emisyon ölçekleme faktörüne göre Tier 1 yöntemi kullanılarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalar sonucu, yetiştirme dönemi ve öncesinde uygulanan su rejimlerinin, Türkiye eltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 il için eltik yetiştiriciliği kaynaklı metan (CH<sub>4</sub>) gazı emisyon oranına etkisi tahmin edilmiştir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Tarım Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları

Dünya iklimi atmosferde sera gazlarının birikimi sonucu değişmektedir. Bu değişim Dünya'da küresel ısınmaya neden olmaktadır [11]. IPCC 2006 rehberinde insan faaliyetlerinin küresel ısınmaya etkisi; Enerji, Endüstriyel İşlemler ve Ürün Kullanımı, Tarım, Ormancılık ve Diğer Arazi Kullanımı ve Atık başlıkları ile belirtilmiştir [4]. Toplam sera gazı emisyonunda tarımsal üretimin payı %10-12 arasındadır [5].

Arazi kullanımı ve yönetimi; fotosentez, solunum, bozunma, nitrifikasyon/denitrifikasyon, enterik fermantasyon ve yanma gibi sera gazı yoğunluğunu değiştiren çeşitli ekosistem süreçlerini etkilemektedir (Şekil 2.1). Bu süreçler, karbon ve nitrojenin biyolojik (mikroorganizma, bitki ve hayvan aktiviteleri) ve fiziksel (yanma, sızma ve akma) süreçlerle dönüşümünü içerir [12].



Şekil 2.1. Temel Sera Gazı Emisyon Kaynakları ve Ekosistemlerdeki Süreçleri [12]

Atmosfer ve ekosistemler arası CO<sub>2</sub> akışı bitkilerin fotosentezi ile alınarak; solunum, bozunma ve organik maddenin yanması ile salınarak kontrol edilir [12].

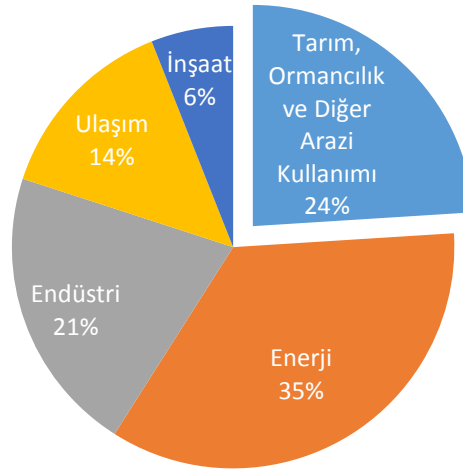
$N_2O$  öncelikli olarak nitrifikasyon ve denitrifikasyon ile bir yan ürün olarak ekosistemler tarafından salınır,  $CH_4$  ise gübre depolanmasında ve topraktaki anaerobik koşullarda metanojenez yoluyla, enterik fermantasyon yoluyla ve organik maddenin eksik yanması ile ortaya çıkar [12].

Diğer gazlar (yanma ve topraktan oluşan)  $NO_x$ ,  $NH_3$ , metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC) ve CO'dur ve bu gazlar atmosferde sera gazlarının oluşumu için öncül gazlardır. Öncül gazlardan sera gazları oluşumu dolaylı bir emisyon olarak kabul edilir [12].

Dolaylı emisyonlar özellikle topraktan  $NO_3^-$  kayıplarıyla nitrojen bileşiklerinin sızması veya akması ile ilişkilidir. Bazı nitrojen bileşiklerinin bir kısmı devamında denitrifikasyon ile  $N_2O$ 'ya dönüşebilir [12].

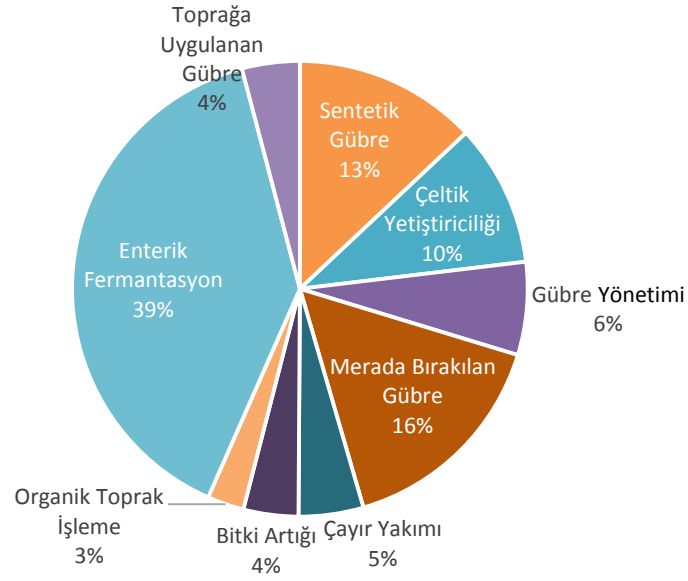
## 2.2. Dünya'da Tarım Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları

Dünyada, toplam sera gazı emisyonuna ait sektörel dağılım %24 Tarım, Ormanlık ve Diğer Arazi Kullanımı, %35 Enerji, %21 Endüstri, %14 Ulaşım ve %6 İnşaat olarak görülmektedir [13] (Şekil 2.2).



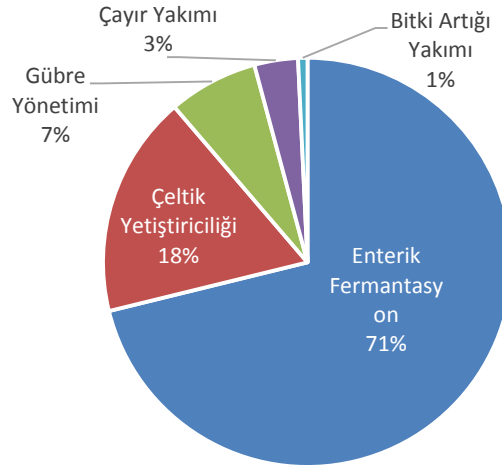
Şekil 2.2. Dünyada Toplam Sera Gazı Emisyonu Sektörel Dağılımı

2006-2016 yılları arasında tarımda enterik fermantasyon, merada bırakılan gübre, sentetik gübreden sonra çeltik yetiştiriciliği en çok sera gazı üreten faaliyet olmuştur [14] (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Dünya 2006-2016 Yılları Arası Tarım Faaliyetlerine Göre Ortalama Emisyon Oranları (CO<sub>2</sub> Eşdeğer)

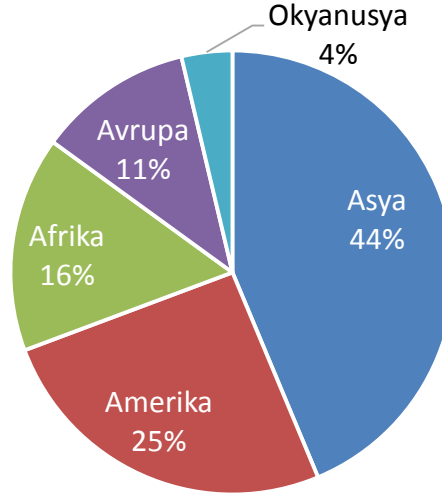
2016 yılı tarımda CH<sub>4</sub> emisyon oranları enterik fermantasyon %71, çeltik yetiştiriciliği %18, gübre yönetimi %7, çayır yakımı %3, bitki artığı yakımı %1 olarak gerçekleşmiştir [15] (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Dünya 2016 Yılı Tarımda CH<sub>4</sub> Emisyon Oranları (CO<sub>2</sub> Eşdeğer)

2016 yılı tarımda CH<sub>4</sub> emisyonu (CO<sub>2</sub> eşdeğer) enterik fermantasyon 2074 milyon ton, çeltik yetiştiriciliği 511 milyon ton, gübre yönetimi 206 milyon ton, çayır yakımı 100 milyon ton, bitki artığı yakımı 22 milyon ton olarak gerçekleşmiştir [15].

2006-2016 yılları arası tarım sonucu kıtalara göre oluşan emisyon oranları Asya %44, Amerika %25, Afrika %16, Avrupa %11, Okyanusya %4 olarak gerçekleşmiştir [14] (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. 2006-2016 Yılları Arası Tarım Sonucu Kıtalara Göre Oluşan Emisyon Oranları

### 2.3. Türkiye’de Tarım Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları

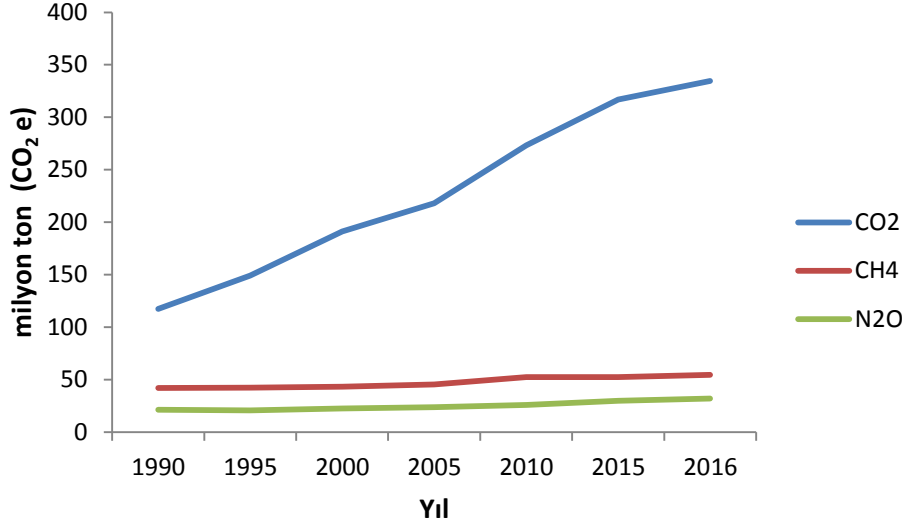
Türkiye Sera Gazı Envanteri 1990-2016’da, Türkiye’nin toplam sera gazı emisyonununun 2016 yılında 428 milyon ton CO<sub>2</sub> eşdeğeri (CO<sub>2</sub>e) olduğu belirtilmiştir [16]. 2015 yılına oranla toplam emisyon %5.3 oranında artmıştır. 1190 yılından 2016 yılına kadar Türkiye’nin sera gazı emisyonlarının %135.4 oranında arttığı görülmektedir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. 1990-2016 Yılları Arası Türkiye’nin Sera Gazı Emisyonları (milyon ton CO<sub>2</sub>e) [16]

| Sera Gazı Emisyonları | 1990  | 1995  | 2000  | 2005  | 2010  | 2015  | 2016  |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CO <sub>2</sub>       | 117.5 | 149.3 | 191.2 | 218.1 | 273.4 | 317.0 | 334.5 |
| CH <sub>4</sub>       | 42.2  | 42.4  | 43.5  | 45.5  | 52.5  | 52.4  | 54.7  |
| N <sub>2</sub> O      | 21.4  | 20.9  | 22.7  | 23.8  | 26.0  | 30.0  | 32.2  |
| HFCs                  | NO    | NO    | 0.12  | 1.15  | 3.05  | 4.81  | 4.72  |
| PFCs                  | 0.63  | 0.61  | 0.60  | 0.56  | 0.46  | 0.12  | 0.02  |
| SF <sub>6</sub>       | NO    | NO    | 0.67  | 0.88  | 1.17  | 1.98  | 1.82  |
| Toplam                | 181.8 | 213.3 | 258.8 | 290.0 | 356.6 | 406.3 | 428.0 |

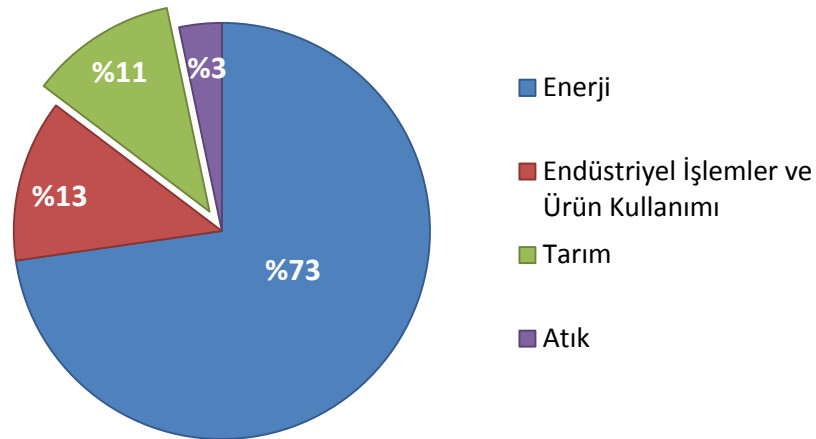


Toplam CO<sub>2</sub> emisyonu 1990 yılından 2016 yılına kadar %184.6, CH<sub>4</sub> emisyonu %29.7 ve N<sub>2</sub>O emisyonu %50 oranında artmıştır. Şekil 2.6’da görüldüğü gibi N<sub>2</sub>O ve CH<sub>4</sub> emisyonları önemli ölçüde değişmezken CO<sub>2</sub> emisyonları genel bir artış eğilimi göstermektedir.



Şekil 2.6. Türkiye’de Başlıca Sera Gazlarının 1990-2016 Yılları Arası Eğilimi [16]

2016 yılı emisyonlarında enerji sektörü %72.8’lik bir oranla en büyük paya sahiptir [16]. Enerji sektörünü %12.6 ile Endüstriyel İşlemler ve Ürün Kullanımı, %11.4 ile tarım ve %3.3 ile atık izlemektedir [16] (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Türkiye’nin Sektörlere Göre 2016 Yılı Emisyon Oranları

2016 yılı için toplam CO<sub>2</sub> emisyonlarının en büyük bölümü %86.1 ile enerji sektöründen kaynaklanmaktadır. Kalanın %13.6'ü Endüstriyel İşlemler ve Ürün Kullanımı ve %0.3'ü ise tarım kaynaklıdır. Enerji sektörü kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonları 2015 yılına göre %5.5, 1990 yılına göre ise %158 oranında artmıştır [16].

CH<sub>4</sub> emisyonlarının büyük bölümü %55 ile tarım aktivitelerinde kaynaklanırken %25.8'i atık ve %18.7'si enerji ve endüstriyel işlemlerden kaynaklanmaktadır. CH<sub>4</sub> emisyonları 2015 yılına göre %0.4 oranında, 1990 yılına göre ise %21.5 oranında artmıştır [16].

N<sub>2</sub>O emisyonlarının %77.6'sı tarımsal aktivite, %12.1'i enerji, %6.5'i atık ve %3.8'i Endüstriyel İşlemler ve Ürün Kullanımı sonucu oluşmuştur. 2015 yılına göre %7.4, 1990 yılına göre %49.4 oranında N<sub>2</sub>O emisyonlarında artış olmuştur [16].

Türkiye'nin sektörlere göre sera gazı emisyon miktarı Çizelge 2.2'de belirtilmiştir.

Çizelge 2.2. Türkiye'nin 1990-2016 Yılları Arası Sera Gazı Emisyonları [16]

|                       |         |         |         |         |         |         | (kt)    |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Emisyon Kaynakları    | 1990    | 1995    | 2000    | 2005    | 2010    | 2015    | 2016    |
| <b>CO<sub>2</sub></b> |         |         |         |         |         |         |         |
| Toplam                | 146 507 | 178 310 | 226 030 | 260 898 | 319 528 | 380 858 | 402 821 |
| Enerji                | 124 823 | 153 352 | 200 986 | 228 972 | 276 010 | 328 848 | 346 907 |
| Endüstri              | 21 197  | 24 505  | 24 404  | 31 304  | 42 868  | 51 199  | 54 617  |
| Tarım                 | 460     | 426     | 617     | 613     | 645     | 811     | 1295    |
| Atık                  | 27.4    | 26.8    | 22.9    | 8.1     | 6.0     | 0.8     | 1.1     |
| <b>CH<sub>4</sub></b> |         |         |         |         |         |         |         |
| Toplam                | 1 687   | 1 695   | 1 739   | 1 819   | 2 098   | 2 096   | 2 189   |
| Enerji                | 302     | 280     | 353     | 330     | 494     | 286     | 408     |
| Endüstri              | 0.32    | 0.30    | 0.35    | 0.37    | 0.41    | 0.60    | 0.69    |
| Tarım                 | 1 001   | 983     | 873     | 881     | 950     | 1 211   | 1 216   |
| Atık                  | 384     | 431     | 513     | 608     | 654     | 598     | 565     |
| <b>N<sub>2</sub>O</b> |         |         |         |         |         |         |         |
| Toplam                | 72      | 70      | 76      | 80      | 87      | 100     | 107     |
| Enerji                | 6.5     | 7.8     | 8.5     | 10.5    | 13.3    | 12.5    | 13.0    |
| Endüstri              | 3.6     | 3.4     | 2.8     | 2.4     | 5.5     | 4.9     | 4.1     |
| Tarım                 | 56.8    | 53.6    | 59.0    | 60.9    | 61.9    | 75.7    | 83.2    |
| Atık                  | 4.9     | 5.3     | 5.5     | 5.8     | 6.2     | 6.8     | 6.9     |

Tarım kaynaklı sera gazlarının en büyük kaynağı enterik fermantasyondur. Tarım sektörünün içerdiği emisyon kaynakları; enterik fermantasyon, gübre yönetimi, çeltik yetiştiriciliği, tarımsal topraklar, tarımsal kalıntı yakımı ve üre uygulamasıdır (Çizelge 2.3). 2016 yılında

tarım sektörü Türkiye'nin toplam emisyonunda %11.4'lük bir orana sahiptir [16]. Bu emisyonun %53.8'ini CH<sub>4</sub>, %43.9'unu N<sub>2</sub>O ve %2.3'ünü CO<sub>2</sub> oluşturmaktadır [16].

Çizelge 2.3. Kaynağına Göre Türkiye'nin Tarım Sektörü Toplam Emisyonları [16]

|                         | (kt CO <sub>2</sub> eq.) |               |               |               |               |               |               |
|-------------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                         | 1990                     | 1995          | 2000          | 2005          | 2010          | 2015          | 2016          |
| <b>Tarım</b>            | <b>42 402</b>            | <b>40 987</b> | <b>40 033</b> | <b>40 772</b> | <b>42 826</b> | <b>53 650</b> | <b>56 486</b> |
| Enterik fermantasyon    | 22 314                   | 21 705        | 19 124        | 19 663        | 20 912        | 26 888        | 26 923        |
| Gübre yönetimi          | 4 111                    | 4 427         | 4 240         | 4 133         | 4 840         | 6 175         | 6 312         |
| Çeltik yetiştiriciliği  | 100                      | 113           | 128           | 183           | 202           | 240           | 243           |
| Tarımsal topraklar      | 15 085                   | 14 000        | 15 598        | 15 894        | 16 020        | 19 375        | 21 561        |
| Tarımsal kalıntı yakımı | 332                      | 318           | 325           | 285           | 207           | 161           | 151           |
| Üre uygulaması          | 460                      | 426           | 617           | 613           | 645           | 811           | 1 295         |

## 2.4. Çeltik Yetiştiriciliği

Çeltik (*Oryza sativa* L.), dünya nüfusunun yarısından fazlasının temel gıda maddesi olan başlıca ürünlerden biridir. Çeltik, zengin bir karbonhidrat ve bir dizi besin maddesi kaynağıdır [17].



Şekil 2.8. Çeltik Tarlası [18]

## Çeltik Yetiştirme Dönemleri

Çeltik bitkisinin yetiştirme dönemi tropikal bölgelerde 100-210 gün arasında değişmekle birlikte ortalama 110-150 gün arasındadır. Ilıman iklim bölgelerinde, ekimden hasat sezonuna kadar ortalama 130-150 gün geçmektedir. Sıcaklık ve gün uzunluğu çeltik yetiştirme dönemini belirleyen önemli etkenlerdir. Yetiştirme dönemi üç bölüme ayrılmaktadır [19].

- Vejetatif gelişme dönemi: Tohum çimlenmesinden, salkım oluşma döneminin başına kadar olan süreyi kapsar.
- Generatif dönem: Salkım oluşma dönemi başlangıcından çiçeklenmeye kadar geçen dönemdir.
- Tane doldurma dönemi: Çiçeklenmeden tam olgunlaşmaya kadar geçen dönemi kapsar [19].

### **Toprak İsteği**

Çeltik, yetiştiği toprak açısından seçici olmamakla birlikte su geçirgenliği az, derin, tınlı (kum, kil ve silt içeriğinin yaklaşık aynı oranlarda olduğu) ve besin maddesinin zengin olduğu topraklarda daha iyi yetişmektedir. Geçirgenliği fazla olduğu için kumlu topraklar fazla su kaybına neden olur ve besin maddesince fakirdir. Bu nedenle kumlu topraklar çeltik yetiştiriciliği için uygun değildir. Çeltik yetiştiriciliği için en uygun pH 5.5-7.5 arasında olmakla birlikte pH'sı 3-8 arasında değişen topraklar da uygun olabilir [18].

### **İklim İsteği**

Çeltikte yetiştirme dönemi boyunca oluşan sıcaklık dağılımı ve sıcaklık süresi tane verimi için oldukça önemlidir. Fide oluşum döneminde sulama suyu sıcaklığı, salkım oluşma ve çiçeklenme dönemlerinde ise hava sıcaklıkları önemlidir. Çimlenme zamanı sıcaklığın düşük olması çimlenmeyi geciktirir veya durdurur. Çimlenme için en uygun sıcaklık aralığı 30-35 °C'dir ve 41-45 °C arasında çimlenme gerçekleşmez. Çimlenen çeltik fideleri 12 °C gibi düşük sıcaklıklarda zarar görür. Fide gelişimi için en uygun sıcaklık aralığı 25-30 °C'dir [19].

Düşük sıcaklıkta kardeşlenme (her tohumdan yeni sapların oluşması) azalır ve 19 °C'nin altında kardeşlenme durur. Kardeşlenmenin olduğu en uygun sıcaklık aralığı 25-32 °C'dir. Çiçeklenme ve tozlanma için en uygun sıcaklık aralığı 27.5-32.5 °C'dir. Düşük sıcaklıklarda tane doldurma süresi uzar ve bu durum tane verimini artırır. Tropikal bölgelerde tane doldurma süresi 30-35 gün arasındadır. Düşük sıcaklığın olduğu, ılıman iklim bölgelerinde ise bu süre 60 güne kadar çıkabilir. Tane dolun dönemi için minimum sıcaklık aralığı 13-14 °C'dir. Çiçeklenme devresinde maksimum sıcaklığın 35 °C üzerinde olması dolmamış tanelerin oranını artırır [19].

Yağışsız kurak mevsimde, güneşlenme daha fazla olduğu için tropikal bölgelerde, çeltiğin yağışlı mevsimlerde yetiştirilmesine göre sulanarak yağışsız mevsimlerde yetiştirilmesi daha

yüksek verim sağlamaktadır. Salkım oluşma döneminde güneşlemenin olması yüksek çeltik verimi sağlamaktadır [19].

Yüksek miktardaki yağış güneşlenmeyi azaltır ve havanın nispi nemini artırarak nemden kaynaklanan hastalıklara neden olur. Hasat döneminde yağışın görülmesi çeltikte yatmaya sebep olmaktadır. Bu durum hasadın gecikmesiyle birlikte ürün kaybı ve tane kalitesinin düşmesine neden olur [19].

### **Çeltik Yetiştiriciliğinde Sulama Rejimleri**

Sulama rejimlerine göre; sulanan, sulanmayan ve derin su şeklinde üç farklı çeltik üretim sistemi vardır [18].

Türkiye’de çeltik yetiştiriciliği sulanarak yapılmaktadır. Bu sistemde tarlada 5-50 cm su bulundurulur. Çeltik yetiştirme sistemleri her bölgenin ekolojik koşullarına göre değişiklik göstermektedir. Üreticiler, bölgenin iklim, toprak yapısı, yeryüzü şekilleri gibi özelliklerine göre yetiştiricilik sistemi uygulamaktadır [18].

### **Toprak Hazırlığı**

Toprak hazırlığı; istenmeyen ot kontrolü, gübrenin toprağa etkin karışması ve toprağın havalanması için gereklidir. Toprağın karıştırılmasıyla alt tabakada yer alan besin maddelerinin üst tabakaya çıkması sağlanır. Çeltik yetiştirilecek arazinin tesviyesinin iyi yapılması, tohum çimlenmesi, fidelerin etkin büyümesi, yabancı ot kontrolü ve yabancı ot ilaçlarının etkinliği için önemlidir (Şekil 2.10). Sonbaharda derin sürüm yapılırken, ilkbaharda tavalalar oluşturulduktan sonra diskaro/kazayağı ile işleme yapılır [18].



Şekil 2.9. Çeltik Arazisinde Toprak Sürüm İşlemi [19]





Şekil 2.10. Lazer Kontrollü Tesviye Aleti ile Arazi Tesviyesi [19]

### **Tohum**

Çeltik tohumu, sertifikalı olmalı ve yabancı ot ve tohumlardan arındırılmalıdır. Ekilen tohum miktarı; tohum çeşidine, ekim zamanına ve toprağın verimine göre değişmektedir. Küçük taneli tohumlar 15kg/da, orta taneli tohumlar 17-18 kg/da ve büyük taneli tohumlar 20 kg/da şeklinde ekilebilir. Metrekareye atılması gereken tane miktarı 500-550 kadardır [18].

### **Tohum Hazırlığı**

Ekim işlemi öncesi tohumlarda canlılığın uyandırılması ve çimlenmenin daha kısa sürede olması için tohumların ön çimlenmesi yapılır. 24-36 saat süreyle su içinde tutularak ıslatılıp şişirilen tohumlar, sudan çıkarılarak 1-2 gün çimlenme meydana gelene kadar gölge bir yerde üzeri örtülerek bekletilir. Belirli zaman aralıklarında tohum yığımına su dökülür [18].

### **Ekim Zamanı**

Çeltik ekim zamanını; çeltik çeşidinin gelişim süresi, havanın ve sulama suyunun sıcaklığı belirlemektedir. Çeltik ekimi için su sıcaklığı en az 12 °C olmalıdır. Türkiye’de çeltik ekim dönemi, bölgelere göre farklılık gösterir. Çeltik ekimi; Marmara ve Karadeniz bölgelerinde Mayıs ayının ilk yarısında, Ege ve Akdeniz bölgelerinde Nisan ayı ortasından Haziran ayı sonuna kadar geniş bir aralıkta yapılabilir. Güneydoğu Anadolu bölgesinde çeltik ekiminin 20 Nisan 15 Mayıs arasında yapılması daha uygundur. İç Anadolu bölgesinde çeltik ekimi 10-20 Mayıs arasında başlamalıdır. Ekimler geç yapılırsa sonbahar yağmurlarının erken başlamasıyla çeltik hasadında zorluk yaşanarak, yatma sebebiyle tane kaybı artar ve kurutmada sorunlar görülür [18].

## Ekim Yöntemi

Çeltik ekim yöntemi; iklime, toprak yapısına, ekolojik koşullara, kırmızı çeltik yoğunluğuna, münavebedeki bitkilere göre değişmektedir. Ekim yöntemleri; serpme (elle, gübre saçıcıları ile uçakla) ekim, mibzerle ekim ve fideleme olarak sıralanabilir. Türkiye’de genelde elle (Şekil 2.11) veya gübre saçıcı makineleri ile ekim yapılmaktadır. Uçakla ekim yapılmamaktadır. Ekimden sonra çimlenme süresi; su ve hava sıcaklığına, su seviyesine, tohumun ekildiği derinliğe göre genelde 5-10 gün arasında değişir. Tohum kalitesinin iyi olması, tohum yatağının iyi hazırlanması ve ekim şekline göre çimlenip su yüzeyine çıkan çeltik oranı artar [18] .



Şekil 2.11. Elle Serpme Ekim [19]

## Gübre Uygulaması

Aşırı gübre kullanımı; çeltikte yatmaya, mantar hastalıklarının ve kardeşlenmenin artmasına, toprak yapısının bozulmasına, verim kayıplarına ve çevrenin kirlenmesine sebep olur. Azot; çeltikte gelişim hızını yükselterek bitki boyunu, kardeşlenmeyi, yaprak genişliğini, başakçık sayısını, dolu tane oranını ve tanenin protein içeriğini arttırmaktadır. Bu nedenlerle azot, çeltik bitkisinin tüm gelişim döneminde gereklidir. Azota en fazla erken fide ve kardeşlenme ortası arasında kalan dönem ve salkım oluşum dönemi başlangıcında ihtiyaç duyulur. Fosfor ve potasyuma göre çeltik bitkisi azota daha fazla ihtiyaç duymaktadır. Bununla birlikte, azottan etkin yararlanmak için toprakta fosfor ve potasyum dengeli bir şekilde bulunmalıdır. Çeltik tarımında azot kaybını önlemeye yönelik amonyum sülfat  $(NH_4)_2SO_4$  kullanılması gerekir. Türkiye’deki çeltik çeşitleri için önerilen saf azot miktarı 15 kg/da’dır [18].



Şekil 2.12. Ekim Öncesi Gübreleme İşlemi [19]



Şekil 2.13. Azotlu Gübre Uygulaması



Şekil 2.14. Fazla Azotlu Gübreleme Sonucu Yatma [19]



## **Sulama**

Bitkilerin gelişimine göre su seviyesi yükseltilir ve maksimum gelişme döneminde 15 cm dolaylarında tutulur. Hasatın 15-20 gün önce öncesinde tavalara su akışı kesilerek mevcut su boşaltılır. Suyun erken kesilmesi, tanelerin istenilen şekilde dolmasını engeller ve çeltik işleme sırasında pirinç kırık oranının artmasına neden olur. Çeltik çeşidi, toprak yapısı gibi etkenler suyun kesilme zamanını belirlemektedir. Genel olarak hasattan 15-20 gün öncesinde yani çiçeklenmeden 30-35 gün sonra hasat nedeniyle su kesilebilir. Sulama suyu için optimum sıcaklık aralığı 25-30 °C'dir. Gelişim döneminde, 30 °C'den yüksek sulama suyu sıcaklığı çeltik bitkisine olumsuz etki yapmaktadır. Fide gelişim döneminde suyun kesilerek tarlanın kurutulması, istenmeyen ot tohumlarının çimlenmesine sebep olur ve tarlada yeni istenmeyen otlar oluşur. Su seviyesinin artması bitki boyunu ve yatmayı artırırken, salkım miktarını azaltır. Çeltik kardeşlenme, salkım oluşma ve tozlanma dönemleri yetersiz sulamadan olumsuz etkilenmektedir. [18].

## **Hasat**

Çeltik hasadı, salkım renginin %80'nin saman rengine döndüğü ve alt yüzeydeki tanelerin sert mum şeklinde olduğu zaman yapılır. Tanelerin nem oranı sert mum döneminde % 22-24 arasındadır. Elle, motorlu biçme makineleriyle veya hasat harmanın birlikte yapıldığı biçerdöverle hasat yapılabilir [18].

Türkiye'de çeltik hasadı genel olarak 15 Eylül ve 30 Ekim tarihleri arasında yapılır. Çeltik hasadının büyük miktarının yapıldığı Marmara-Trakya ve Karadeniz bölgelerinde hasat, Eylül ayı ortası ve Ekim sonu arasındaki dönemi kapsamaktadır. Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri Ağustos ayı ortası dönemde hasada başlayabilir. Güney Marmara bölgesinde çeltik hasadı Ağustos ayı sonunda yapılabilir [19].



Şekil 2.15. Biçerdöverle Hasat ve Harman [19]

### **Kurutma**

Hasat edilen çeltik, güneş altında kurutmada beton veya benzer sert zemin üzerine serilir. Serilen çeltik kalınlığının 4-5 cm'yi geçmemesi uygundur. Serilen çeltik, düzenli aralıklarla karıştırılmalıdır. Çeltik, hasat edildikten sonra 12 saat içerisinde kurutulmalı ve bu süre 24 saati aşmamalıdır. Tohum olarak kullanılacak ürünlerde kurutma sıcaklığı daha düşük, genel olarak 40 °C civarındadır. Kurutma için sıcaklık fazla olursa tohum için ayrılan ürünlerde çimlenme düşer ve pirinç işleme sırasında pirinç kırık oranı artar. Mekanik kurutma sisteminde ısıtılan hava mahsule uygun bir süre gönderilmektedir. Bu işlem, mahsulün nem oranı uygun seviyeye ininceye kadar sürdürülür. Uygulanan sıcaklığa göre ürün kuruma süresi 5-10 saat arasında değişebilir [18].

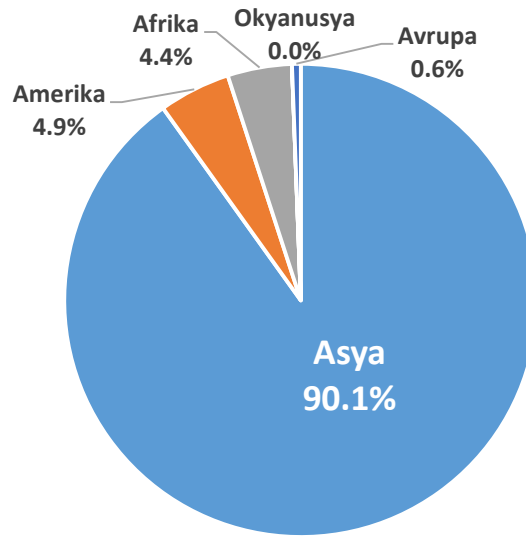


Şekil 2.16. Kurutma Makineleri ile Kurutma [19]

## 2.5. Dünyada Çeltik Yetiştiriciliği

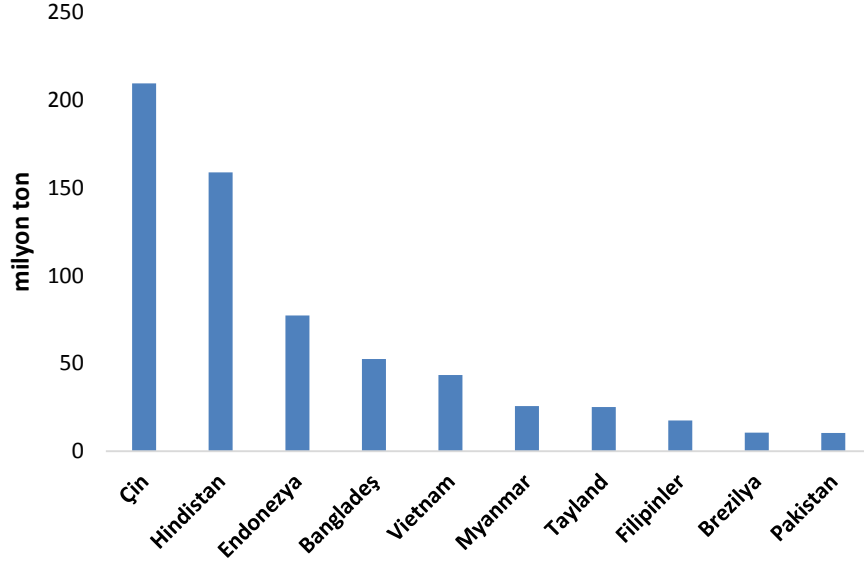
Çeltik (*Oryza sativa*), dünya genelinde ikinci en çok yetiştirilen tahıl olarak özellikle Asya ve Güney Amerika'da ve dünyada 3 milyardan fazla insan için en önemli temel gıdalardan biridir [20].

2016 yılı Dünya çeltik hasadı alan büyüklüğü yaklaşık 160 milyon ha, üretimi ise 741 milyon tondur [9]. 2016 yılı verilerine göre Dünya çeltik üretimi %90.1 oranında Asya kıtasından sonra %4.9 Amerika, %4.4 Afrika ve %0.6 ile Avrupa kıtasında gerçekleşmektedir [9] (Şekil 2.17).



Şekil 2.17. 2016 Yılı Dünya Çeltik Üretimi Dağılımı

2016 yılı Dünya çeltik üretiminde Çin, 210 milyon ton üretim ile ilk sırada bulunmaktadır. Çin'i 159 milyon ton ile Hindistan, 77 milyon ton ile Endonezya izlemektedir [9] (Şekil 2.18).



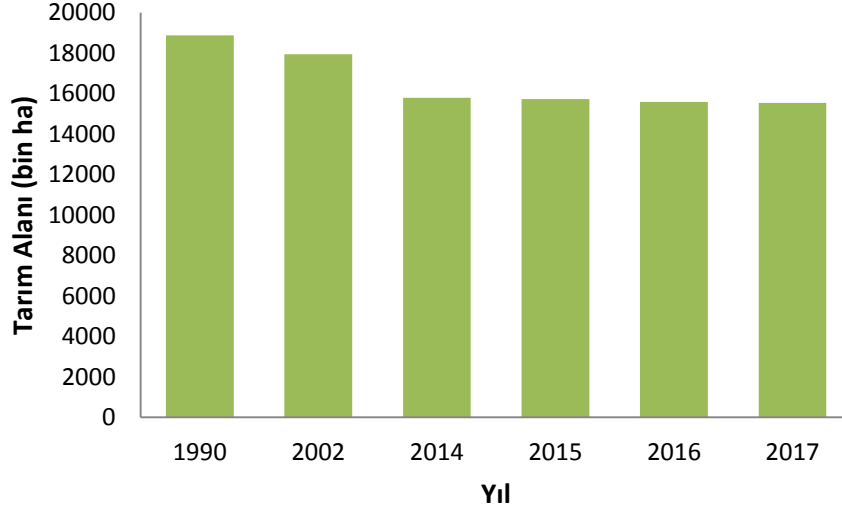
Şekil 2.18. 2016 Yılı Dünya Çeltik Üretiminde İlk 10 Ülke

## 2.6. Türkiye'de Çeltik Yetiştiriciliği

TUİK verilerine göre Türkiye'nin 2017 yılı itibariyle toplam tarım alanı 23 milyon 375 bin hektar olarak belirlenmiştir [10]. 2017 yılı için toplam tarım alanlarında tarla bitkileri 15 milyon 532 bin hektar, nadasa bırakılan alan 3 milyon 697 bin hektar, sebze ekilen alan 798 bin hektar, meyve üretilen alan ise 3 milyon 343 bin hektar alan kaplamaktadır (Çizelge 2.4). 2017 yılında Türkiye'nin toplam tarım alanı 1990 yılına göre %16; 2016 yılına göre ise %1.4 oranında azalmıştır [10] (Şekil 2.19).

Çizelge 2.4. Türkiye'de Yıllara Göre Tarım Alanları [10]

| Tarım alanı     | 1990         |            | 2002         |            | 2014         |            | 2015         |            | 2016         |            | 2017         |            |
|-----------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
|                 | (Bin ha)     | %          | (Bin ha)     | %          | (Bin ha)     | %          | (Bin ha)     | %          | (Bin ha)     | %          | (Bin ha)     | %          |
| Tarla Bitkileri | 18868        | 67.7       | 17935        | 67.5       | 15789        | 66         | 15723        | 66         | 15575        | 65.7       | 15532        | 66.4       |
| Nadas           | 5324         | 19.1       | 5040         | 19         | 4108         | 17.2       | 4114         | 17.2       | 3998         | 16.9       | 3697         | 15.8       |
| Sebze           | 635          | 2.3        | 930          | 3.5        | 804          | 3.4        | 808          | 3.4        | 804          | 3.40       | 798          | 3.4        |
| Meyve           | 3029         | 10.9       | 2674         | 10.1       | 3243         | 13.5       | 3284         | 13.7       | 3329         | 14         | 3343         | 14.3       |
| <b>Toplam</b>   | <b>27856</b> | <b>100</b> | <b>26529</b> | <b>100</b> | <b>23939</b> | <b>100</b> | <b>23934</b> | <b>100</b> | <b>23771</b> | <b>100</b> | <b>23375</b> | <b>100</b> |



Şekil 2.19. Türkiye'nin Yıllara Göre Toplam Tarım Alanı Büyüklüğü

Türkiye'de 2017 yılında 7 milyon 669 bin ha ekim alanı ile buğday birinci sıradadır (Çizelge 2.5). Buğdayı 2 milyon 424 bin ha ile arpa, 780 bin ha ile ayçiçeği, 639 bin ha ile mısır ve 502 bin ha ile pamuk izlemektedir. Çeltik ise 2017 yılında toplam 110 bin ha alanda ekilmiştir [10].

Çizelge 2.5. Türkiye'de Bazı Tarla Bitkilerinin Ekim Alanları [10]

| Ürünler       | Ekim Alanı (1000 ha) |           |            |            |            |            |            |            |
|---------------|----------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|               | 2010                 | 2011      | 2012       | 2013       | 2014       | 2015       | 2016       | 2017       |
| Buğday        | 8103                 | 8096      | 7529       | 7773       | 7919       | 7867       | 7672       | 7669       |
| Arpa          | 3040                 | 2869      | 2749       | 2721       | 2787       | 2784       | 2740       | 2424       |
| Ayçiçeği      | 641                  | 656       | 605        | 610        | 657        | 685        | 720        | 780        |
| Mısır         | 594                  | 589       | 623        | 660        | 659        | 688        | 680        | 639        |
| Pamuk         | 481                  | 542       | 488        | 451        | 468        | 434        | 416        | 502        |
| Nohut         | 456                  | 446       | 416        | 424        | 389        | 359        | 360        | 395        |
| Şeker pancarı | 329                  | 297       | 281        | 291        | 289        | 274        | 322        | 339        |
| Mercimek      | 234                  | 215       | 237        | 281        | 250        | 224        | 252        | 293        |
| <b>Çeltik</b> | <b>99</b>            | <b>99</b> | <b>120</b> | <b>111</b> | <b>111</b> | <b>116</b> | <b>116</b> | <b>110</b> |

Türkiye'de çeltik ekimi, diğer birçok ülkede olduğu gibi izne tabidir ve 23/6/1936 tarih ve 3337 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan 3039 sayılı Çeltik Ekimi Kanunu kapsamında gerçekleştirilmektedir [21].

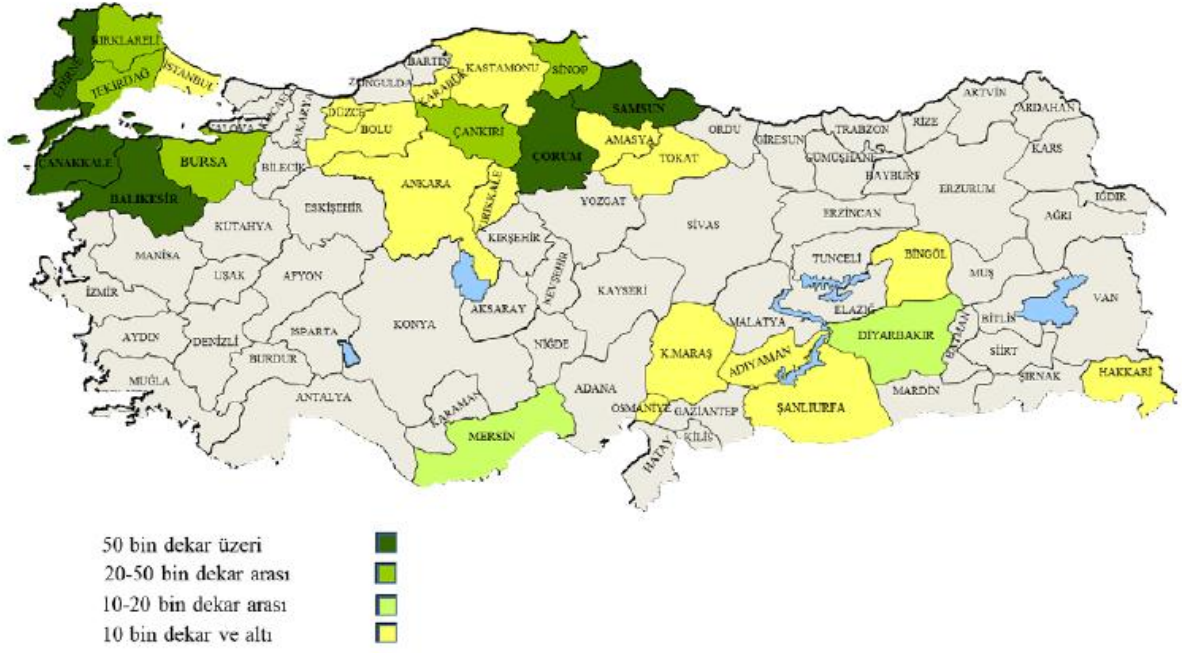
Türkiye’de toplam 45 adet çeltik çeşidi bulunmaktadır. Söz konusu çeşitlerden yüksek oranda 10-15 tanesi üretimde yer almaktadır. Üretimde kullanılan çeltik çeşitlerinin yaklaşık %95’i Tarım ve Orman Bakanlığına bağlı araştırma enstitülerinin çeşitlerini, %5’i ise özel firmaların tescil ettirdiği veya üretim izni aldığı çeşitleri içermektedir. Üretimde en fazla kullanılan çeltik çeşidi olan “Osmancık”, çeltik ekim alanlarının yaklaşık %70’inde yetiştirilmektedir [21].

Türkiye’nin 2004-2017 yılları arası çeltik hasat edilen alan büyüklükleri Çizelge 2.6’da yer almaktadır. Buna göre 2017 yılında 2004 yılına göre çeltik hasat edilen alan büyüklüğü %56.5 oranında artmıştır. 2017 yılında bir önceki yıla göre çeltik hasat edilen alan %5.6 oranında azalmıştır.

Çizelge 2.6. Türkiye’nin 2004-2017 Yılları Arası Çeltik Hasat Edilen Alan Büyüklükleri [10]

| <b>Yıl</b> | <b>Hasat Edilen Alan (ha)</b> |
|------------|-------------------------------|
| 2004       | 69990.0                       |
| 2005       | 84909.0                       |
| 2006       | 99043.3                       |
| 2007       | 93799.4                       |
| 2008       | 99492.9                       |
| 2009       | 96444.1                       |
| 2010       | 98966.4                       |
| 2011       | 99383.2                       |
| 2012       | 119663.9                      |
| 2013       | 110592.4                      |
| 2014       | 108648.7                      |
| 2015       | 115856.1                      |
| 2016       | 116056.3                      |
| 2017       | 109504.9                      |

Türkiye’de çeltik yetiştiriciliği 2017 yılı itibariyle 27 ilde gerçekleştirilmiştir [10] (Şekil 2.20). En yoğun çeltik yetiştiriciliği yapılan iller Edirne, Samsun, Balıkesir, Çanakkale ve Çorum olarak sıralanabilir [10].



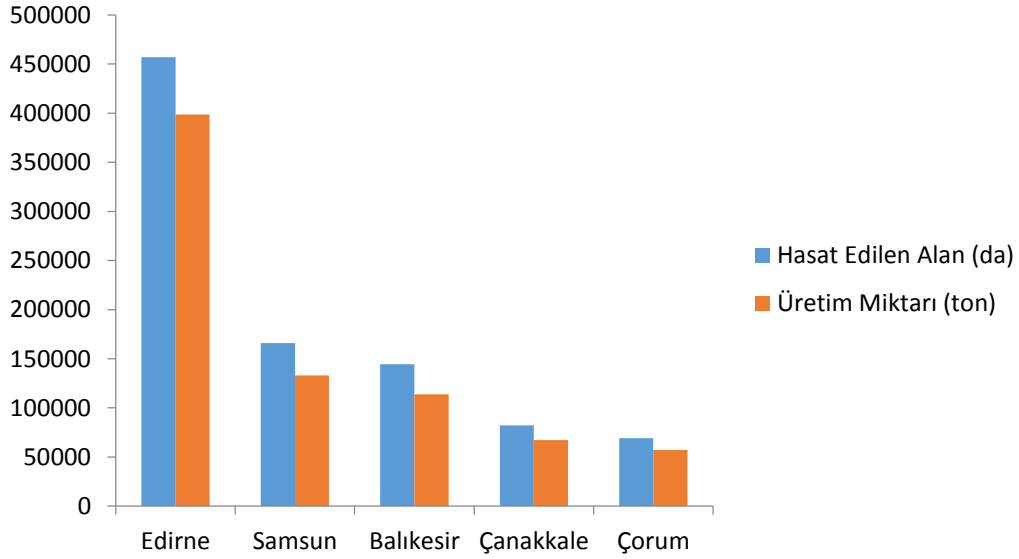
Şekil 2.20. Türkiye’de 2017 Yılı Çeltik Ekilen İller [10]

2017 yılı Türkiye çeltik hasadı alan büyüklüğü 109504.9 ha, üretimi 900 bin tondur [10]. 2017 yılı çeltik hasadında 456846 da alan ile Edirne ilk sırada yer alırken, diğer iki büyük çeltik üreticisi il olan Samsun’da 165965 da, Balıkesir’de 144376 da alanda çeltik hasadı gerçekleştirilmiştir (Çizelge 2.7).

Çizelge 2.7. Türkiye’nin 2017 yılı Çeltik Hasat Edilen Alan Büyüklükleri ve Üretim Miktarlarına göre İl Sıralaması [10]

| No | İl         | Hasat Edilen Alan (dekar) | Üretim Miktarı (ton) |
|----|------------|---------------------------|----------------------|
| 1  | Edirne     | 456846                    | 398534               |
| 2  | Samsun     | 165965                    | 133038               |
| 3  | Balıkesir  | 144376                    | 113829               |
| 4  | Çanakkale  | 82367                     | 67357                |
| 5  | Çorum      | 69131                     | 57076                |
| 6  | Sinop      | 41324                     | 33217                |
| 7  | Bursa      | 25720                     | 20212                |
| 8  | Kırklareli | 20831                     | 18405                |
| 9  | Çankırı    | 22119                     | 15580                |
| 10 | Diyarbakır | 13528                     | 6427                 |
| 11 | Mersin     | 11989                     | 8308                 |
| 12 | Kastamonu  | 10219                     | 6521                 |
| 13 | Tekirdağ   | 9439                      | 7329                 |
| 14 | Şanlıurfa  | 6000                      | 2300                 |
| 15 | Kırıkkale  | 3500                      | 3567                 |

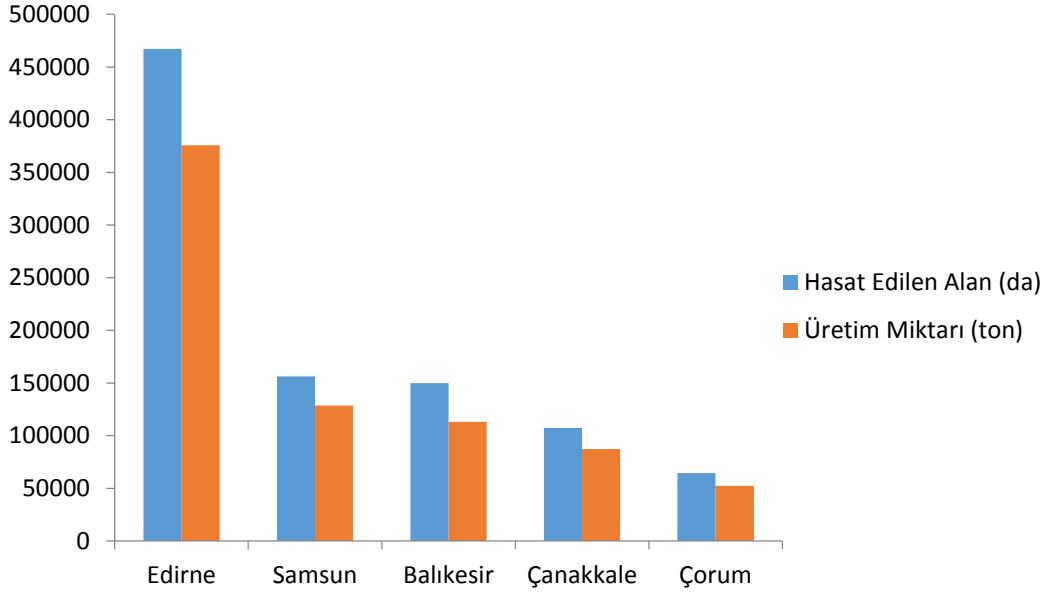
|    |               |                |               |
|----|---------------|----------------|---------------|
| 16 | İstanbul      | 2900           | 2410          |
| 17 | Düzce         | 2200           | 1646          |
| 18 | Mardin        | 1500           | 844           |
| 19 | Amasya        | 1238           | 1081          |
| 20 | Ankara        | 1100           | 961           |
| 21 | Tokat         | 1000           | 679           |
| 22 | Hakkari       | 750            | 146           |
| 23 | Karabük       | 390            | 331           |
| 24 | Bingöl        | 250            | 63            |
| 25 | Bolu          | 185            | 36            |
| 26 | Osmaniye      | 152            | 91            |
| 27 | Kahramanmaraş | 30             | 12            |
|    | <b>Toplam</b> | <b>1095049</b> | <b>900000</b> |



Şekil 2.21. 2017 Yılı Türkiye Çeltik Hasadı İlk 5 İl

2016 yılı Türkiye çeltik hasadı alan büyüklüğü 116056.3 ha, üretimi 920 bin tondur [10]. 2016 yılı çeltik hasadında 467304 da alan ile Edirne ilk sırada yer alırken, diğer iki büyük çeltik üreticisi il olan Samsun'da 156297 da, Balıkesir'de 149921 da alanda çeltik hasadı gerçekleşmiştir [10] (Şekil 2.22).





Şekil 2.22. 2016 Yılı Türkiye Çeltik Hasadı İlk 5 İl

## 2.7. Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları

Çeltik tarlaları karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve nitroz oksit (N<sub>2</sub>O) sera gazlarının kaynaklarından biridir [22]

Sera gazı emisyonlarının büyüklüğü; arazinin nasıl kullanıldığına, diğer bitkilerin çeltikle rotasyonda yetiştirilip yetiştirilmediğine, toprakta yaşayan organizmalara, toprağın kimyasal-fiziksel özelliklerine ve iklime bağlıdır [22].

Çeltik tarlalarının yönetimi CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyon miktarına etki etmektedir. Tarlalar sulandığında anaerobik (oksijensiz) toprak koşulları CH<sub>4</sub> üretir. N<sub>2</sub>O topraktaki mikroorganizmalar tarafından hem aerobik (oksijenli) hem de anaerobik topraklarda üretilebilir ve emisyonlar büyük oranda azot girdilerine (örneğin gübre) bağlıdır. Genellikle sürekli sulanan tarlalarda N<sub>2</sub>O emisyonları düşüktür fakat CH<sub>4</sub> emisyonları yüksektir ve çeltik sulama rejimlerine bağlı olarak bu iki gaz arasında bir dengeleme bulunmaktadır [22].

### 2.7.1. Metan (CH<sub>4</sub>) Gazı Emisyonu

Metan (CH<sub>4</sub>) karbondioksitten sonra ikinci en önemli sera gazıdır ve karbondioksitten 25 kat daha fazla küresel ısınma potansiyeline sahiptir [23]. Bu nedenle atmosferdeki CH<sub>4</sub> değişimleri küresel ısınmaya önemli ölçüde etki etmektedir [24]. Dünya genelinde CH<sub>4</sub> emisyonlarının yaklaşık olarak %10'unu oluşturan çeltik tarlaları atmosferik metanın önemli bir antropojenik biyolojik kaynağıdır ve artan insan nüfusunun beslenmesi için gelecekte çeltik üretimi ihtiyacına bağlı olarak küresel metan emisyonu artacaktır [25].

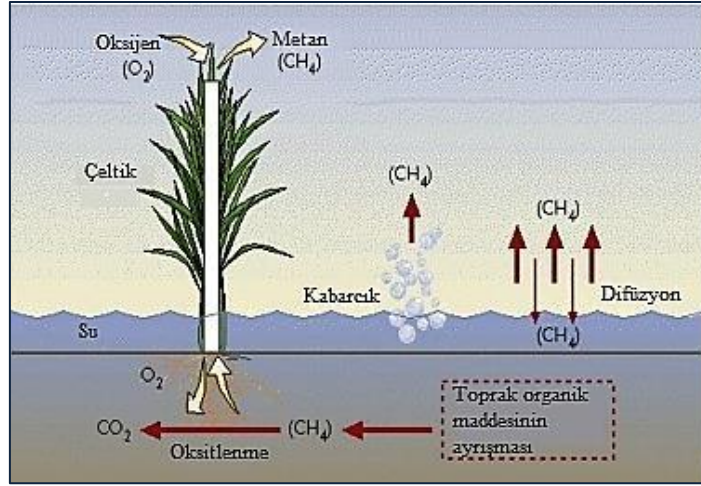
Sulanan çeltik tarlalarındaki organik materyalin anaerobik bozunması, ağırlıklı olarak çeltik bitkileri aracılığıyla taşınma yoluyla atmosfere salınan metanı (CH<sub>4</sub>) ortaya çıkarır [26] [27]. Belirli bir çeltik alanından yayılan yıllık CH<sub>4</sub> miktarı, yetiştirilen ürünlerin sayısı ile yetiştirme süreleri, yetiştirilme döneminin öncesiyle esnasındaki su rejimleri ve organik ile inorganik toprak ıslahına bağlı olan bir fonksiyondur [28] [29]. Toprak türü, sıcaklık ve çeltik ekiminin çeşidi de CH<sub>4</sub> emisyonlarını etkilemektedir.

Metan emisyonları metanojen ve metanotrofların aktiviteleri arasındaki net dengeye bağlıdır. Çeltik tarlalarında metan, asetotrofik ve hidrojenotrofik metanojenler tarafından üretilir. Eşitlik 2.1 ve 2.2'de gösterildiği gibi, asetotrofik metanojenler asetati CH<sub>4</sub> ve CO<sub>2</sub>'ye çevirirken; hidrojenotrofik metanojenler CO<sub>2</sub>'yi H<sub>2</sub> yardımıyla CH<sub>4</sub>'e indirger [30].



Genel olarak, üretilen CH<sub>4</sub>'ün %67'sinden fazlası asetotrofik olarak ortaya çıkmaktadır. Metanotroflar, metanı karbon ve enerji kaynağı olarak kullanan gram-negatif bakterilerdir. Bu bakteriler, çeltik tarlalarından üretilen metan emisyonunu düzenlemede önemli rol oynar ve metanojenler tarafından üretilen CH<sub>4</sub>'ün %90 kadarını oksitler [31] [32].

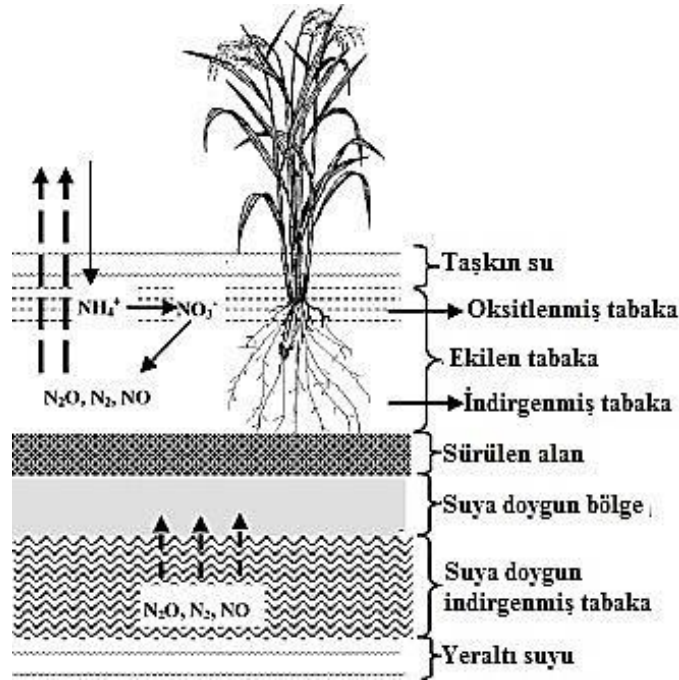
Suyla kaplı çeltik tarlaları, atmosferden gelen oksijenin toprağa girmesini engelleyerek topraktaki organik maddelerin oksijensiz ortamda fermantasyonu sonucu metan üretimine neden olur [33]. Oluşan metanın çoğu çeltik kök ve saplarındaki boşluklar yoluyla topraktan atmosfere taşınır. Kalan metan gazları topraktan kabarcıklar halinde ya da difüzyonla suyun üstüne çıkar (Şekil 2.23).



Şekil 2.23. Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Metan ( $\text{CH}_4$ ) Gazı Emisyonu [34]

### 2.7.2. Nitröz Oksit ( $\text{N}_2\text{O}$ ) Emisyonu

Çeltik tarlaları sulandıktan sonra farklı bir toprak kesitine sahip olur (Şekil 2.24). Çeltik büyüme döneminde çeltik yetiştirilen alanda yükseltgen (oksitlenen) ve indirgen tabakalar meydana gelir. Çeltik tarlalarına uygulanan amonyum içeren gübreler oksitlenen tabakada nitrifikasyona uğrayarak, su-toprak ara yüzünde  $\text{NO}_3^-$  oluşturur. Oluşan  $\text{NO}_3^-$  indirgenen tabakaya doğru iner ve burada denitrifikasyona uğrayarak  $\text{N}_2\text{O}$  meydana getirir [8].



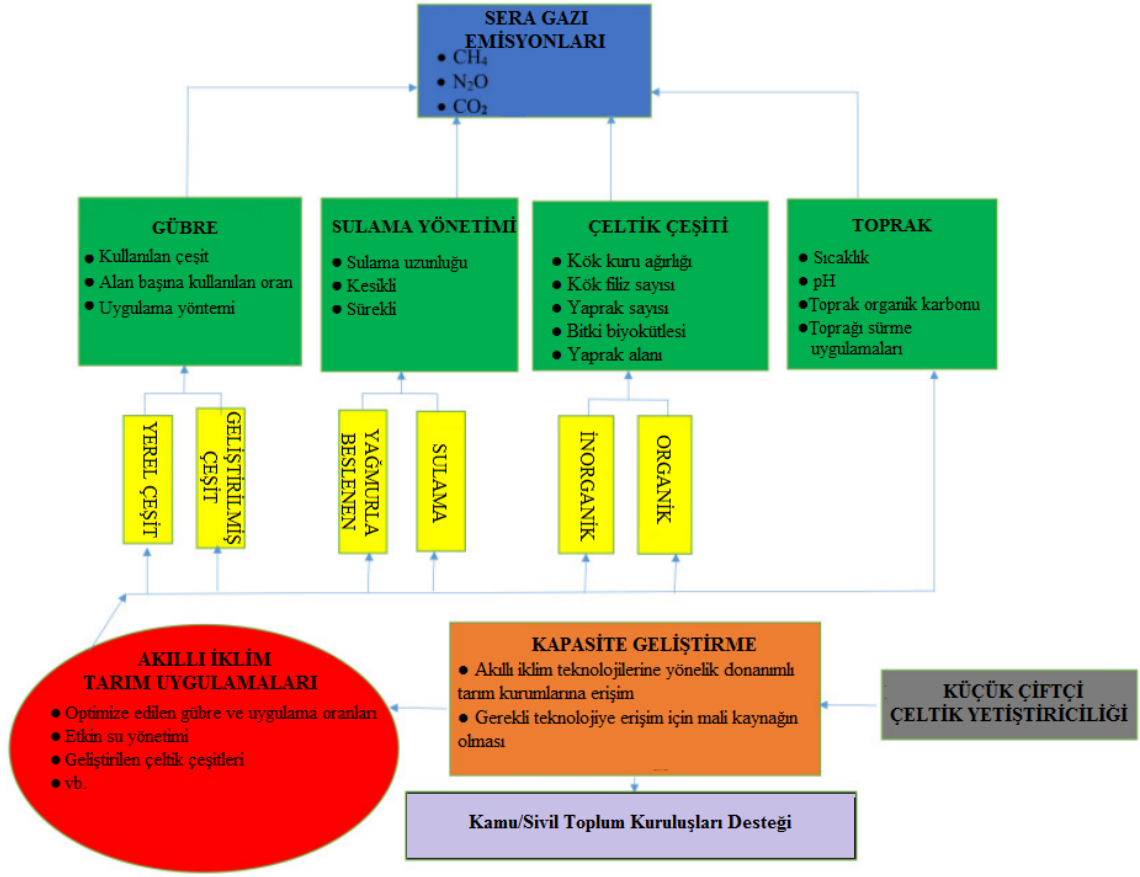
Şekil 2.24. Sulanan Çeltik Tarlalarında Nitrifikasyon ve Denitrifikasyon [8]

Denitrifikasyon süreçlerinin sadece üst su tabakasında değil yer altı doymuş toprak tabakasında da olduğu görülmektedir [35]. Çeltik büyüme sezonunda, münavebeli sulama ve kurutma ve çeltik-kış dönemi sulanmayan ürün rotasyonu sonucunda yer altı doymuş toprak tabakasında  $N_2O$  oluşur ve suyun buharlaşmasıyla atmosfere taşınır [8].

## **2.8. Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarını Azaltmak için Uygulanabilecek Yöntemler**

Çeltik tarlalarındaki sera gazı emisyonları; sulama rejimini ve toprağı işleme yöntemini değiştirerek, organik madde ve gübre girdilerini yöneterek, uygun çeltik çeşidini seçerek azaltılabilir [36].

Çeltik sulama rejiminin kesikli sulama şeklinde yapılması çeltik yetiştiriciliği kaynaklı sera gazı emisyonlarını azaltan temel uygulama olarak görülmektedir. Bununla birlikte toprak işlemez tarım, fermente gübre kullanımı, nitrifikasyonu önleyici veya yavaş salımlı gübre kullanımı, sera gazı emisyonunun az olduğu çeltik çeşidinin seçimi gibi uygulamalar çeltik yetiştiriciliğinden kaynaklanan sera gazı emisyonunu azaltıcı etkiye sahiptir (Şekil 2.25). Su rejiminin kesikli sulama şeklinde değiştirilmesiyle birlikte belirtilen diğer uygulamalar da çeltik tarlalarında sera gazı emisyonlarını azaltmak için öngörülebilecek seçeneklerdir. Bu çalışmada, çeltik yetiştiriciliği kaynaklı metan ( $CH_4$ ) ve nitroz oksit ( $N_2O$ ) emisyon hesaplamaları yapılarak, yetiştirme dönemi ve öncesinde uygulanan su rejimlerinin çeltik alanlarından kaynaklanan metan ( $CH_4$ ) emisyon miktarına etkisi tahmin edilecektir.



Şekil 2.25. Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarını Azaltmaya Yönelik Genel Çerçeve [37]

### 2.8.1. Sulama Rejiminin Değiştirilmesi

Çeltik üretiminde su yönetimi sera gazı emisyonunu azaltmak için temel bir uygulamadır [36]. Çeltik tarlalarında sezon ortasında belirli drenaj aralığının, toprağı münavebeli sulama ve kurutma, kesikli sulama ve kontrollü sulamanın sera gazlarını azalttığı belirlenmiş ve geleneksel sulanan çeltik tarlalarına göre etkileri karşılaştırılmıştır (Çizelge 2.8). Aynı zamanda bu uygulamalar ürün verimini düşürmeden farklı toprak ve iklim koşulları için seçilebilir [36].

Çizelge 2.8. Geleneksel Sulamaya Oranla Farklı Su Yönetimi Uygulamalarının Sera Gazı Emisyonlarını Azaltım Potansiyelleri [36]

| Referans                   | Önerilen Uygulama            | Sera Gazı   | Azaltım Potansiyeli (%) |
|----------------------------|------------------------------|---|-------------------------|
| Yagi ve ark. (1996)        | Kesikli sulama               | CH <sub>4</sub>                                     | 38                      |
| Cai ve ark. (1997)         | Sezon ortası drenaj          | CH <sub>4</sub>                                     | 50                      |
| Corton ve ark. (2000)      | Sezon ortası drenaj          | CH <sub>4</sub>                                     | 43                      |
| Zheng ve ark (2000)        | Sezon ortası drenaj          | CH <sub>4</sub>                                     | 36                      |
| Adhya ve ark. (2000)       | Kesikli sulama               | CH <sub>4</sub>                                     | 15                      |
| Yu ve ark. (2004)          | Susuz (nem)                  | CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O                  | 59                      |
| Minamikawa ve Sakai (2005) | Sezon ortası drenaj          | CH <sub>4</sub>                                     | 64                      |
|                            | Kesikli sulama               | CH <sub>4</sub>                                     | 26                      |
| Towprayoon ve ark. (2005)  | Sezon ortası drenaj          | CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O                  | 27                      |
|                            | Birden fazla drenaj          | CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O                  | 35                      |
| Zou ve ark. (2005)         | Sezon ortası drenaj          | CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O                  | 42                      |
| Hadi ve ark. (2010)        | Kesikli sulama               | CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O                  | 34                      |
| Tyagi ve ark. (2010)       | Sezon ortası drenaj          | CH <sub>4</sub>                                     | 37                      |
|                            | Birden fazla drenaj          | CH <sub>4</sub>                                     | 41                      |
| Itoh ve ark. (2011)        | Sezon ortası drenaj          | CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O                  | 72                      |
| Yang ve ark. (2012)        | Kontrollü sulama             | CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O                  | 67                      |
| Katayanagi ve ark. (2012)  | Münavebeli sulama ve kurutma | CH <sub>4</sub>                                     | 73                      |
| Pathak ve ark. (2012)      | Sezon ortası drenaj          | CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> | 33                      |
| Hou ve ark. (2012)         | Kontrollü sulama             | CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O                  | 27                      |
| Feng ve ark. (2013)        | Kesikli sulama               | CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O                  | 54                      |
| Win ve ark. (2013)         | Su kısıtlı sulama            | CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O                  | 60                      |

### Sezon Ortası Drenaj

Sezon ortası drenajı bitki büyüme döneminde belirli bir zaman aralığı için sulamanın kesilmesini içerir. Genel olarak, verimsiz kök filizlerini azaltmak için kısa süreli bir drenaj (5-20 gün) maksimum sayıda kök filizi oluşumundan önce uygulanır [36]. Bu süre bölgesel olarak geleneksel yöntemlere göre belirlenir. Toprağın havalandırılmasının başlangıcında, toprakta tutulan CH<sub>4</sub>'ün salınması nedeniyle kısa bir süre için CH<sub>4</sub> emisyonu artabilir ve bu işlemden sonra alanlar yeniden sulansa bile düşük emisyonlar izlenmeye devam eder [36].

### Münavebeli Sulama ve Kurutma

Münavebeli sulama ve kurutma çeltik tarlasının periyodik olarak kurutulması ve yeniden sulanmasıdır. Sezon ortası drenaja göre kuru ve sulu koşullar arasındaki zaman aralığı toprağın oksijenli durumdan oksijensiz duruma geçebilmesi için çok kısadır [38] [39].

Münavebeli sulama ve kurutma metan emisyonlarında önemli bir düşüşe neden olurken N<sub>2</sub>O emisyonları geniş bir aralıkta değişmektedir. Suyun drenajı ve oksijenli toprak metanın oksidasyonunu sağlayarak metan üretimini engellemektedir [36].

### **Kesikli Drenaj**

Kesikli drenaj serbest drenaj ve sulamanın tekrarını içerir. Kök aktivitesini, yüksek toprak taşıma kapasitesini arttırarak ve oksijensiz ortama yol açan su girişini azaltarak toprağın oksidatif koşullarını iyileştirir. Oksijenin toprağa difüzyonunu sağlayarak oksijenli alanı arttırır ve metan üretimini azaltır [36].

### **Kontrollü Sulama**

Kontrollü sulama su basılmış çeltik tarlalarına göre sera gazı emisyonunu azaltmaktadır [40] [41]. Kontrollü sulanan çeltik tarlalarında toprak, çeltik fidelerinin yeniden gelişmesinden sonra çeltik büyüme sezonunda sulanmadan kuru (% 60-80) kalmaktadır [42].

### **2.8.2. Toprak İşleme Yöntemleri**

Toprak işleme, çeltik tarlalarında toprak özelliklerini (toprak gözenekliliği, toprak sıcaklığı, toprak nemi vb.) ve biyokimyasal süreçleri değiştirerek sera gazı emisyonlarını arttırıcı bir etkiye sahiptir [43] [44].

Toprak işlemenin neden olduğu toprağın karıştırılması, toprağın havalanması ve toprak parçalarının ufalanmasıyla organik karbonun salınmasına sebep olarak emisyonları arttırabilir (Çizelge 2.9) [45] [46].

Toprağın işlenmesi, toprağın havalanmasını sağlayarak, ürün kalıntılarıyla toprağın temasını arttırarak ve toprak organik maddesini mikrobiyal saldırıya maruz bırakarak karbonun CO<sub>2</sub>'ye oksidasyonunu hızlandırır [47] [48].

Çizelge 2.9. Çeltikte Sera Gazı Emisyonlarına Yönelik Toprak İşlemeli ve Toprak İşlemesiz Uygulamaların Karşılaştırılması [36]

| Referans                  | Uygulama         | CH <sub>4</sub> (kg ha <sup>-1</sup> ) | N <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> ) | CO <sub>2</sub> (kg ha <sup>-1</sup> ) |
|---------------------------|------------------|--|---|--|
| Liang ve ark. (2007)      | TİZ <sup>a</sup> | 0.2                                    | 5.73                                    | 2134                                   |
|                           | Tİ <sup>a</sup>  | 3.90                                   | 5.84                                    | 2843                                   |
| Wu ve ark. (2009)         | TİZ              | 502                                    | 2.56                                    | -                                      |
|                           | Tİ               | 484                                    | 2.81                                    | -                                      |
| Ahmad ve ark. (2009)      | TİZ              | 429                                    | 4.09                                    | 7927                                   |
|                           | Tİ               | 550                                    | 3.1                                     | 7745                                   |
| Ali ve ark. (2009)        | TİZ              | 279                                    | -                                       | -                                      |
|                           | Tİ               | 381                                    | -                                       | -                                      |
| Li ve ark. (2010)         | TİZ              | -                                      | -                                       | 1740                                   |
|                           | Tİ               | -                                      | -                                       | 1566                                   |
| Zhang ve ark. (2011)      | TİZ              | -                                      | 2.36                                    | -                                      |
|                           | Tİ               | -                                      | 1.74                                    | -                                      |
| Li ve ark. (2011)         | TİZ              | 63                                     | -                                       | -                                      |
|                           | Tİ               | 89                                     | -                                       | -                                      |
| Li ve ark. (2012)         | TİZ              | 54                                     | -                                       | 2447                                   |
|                           | Tİ               | 69                                     | -                                       | 1876                                   |
| Nyamadzawo ve ark. (2013) | TİZ              | 13.8                                   | 0.28                                    | 3438                                   |
|                           | Tİ               | 6.5                                    | 0.01                                    | 2016                                   |
| Zhang ve ark. (2013)      | TİZ              | 188.1                                  | 0.51                                    | -                                      |
|                           | Tİ               | 228.3                                  | 0.43                                    | -                                      |
| Li ve ark. (2013)         | TİZ              | 297                                    | -                                       | 10553                                  |
|                           | Tİ               | 721.5                                  | -                                       | 16328.5                                |

TİZ: Toprak İşlemesiz Uygulama

Tİ: Toprak İşlemeli Uygulama

<sup>a</sup>Çeltik tarlasında nadas döneminde TİZ ve Tİ

### 2.8.3. Organik Islah Yönetimi

Organik ıslah çeltik tarlalarındaki sera gazı emisyonlarında önemli bir etkiye sahiptir. CH<sub>4</sub> emisyonları anız veya organik gübre gibi organik maddelerin eklenmesiyle artar. Bu artış organik maddenin miktarına, kalitesine ve uygulama zamanına bağlıdır [49] [50].

### Anız/Kalıntı Yönetimi

Bitkisel üretim genellikle tarlada kalan yüksek miktarda anız/kalıntı üretimine neden olur [51]. Organik gübre uygulaması azaldıkça çeltik tarlalarında toprak işleme ve ürün hasadı sonucu oluşan karbon kayıplarının üstesinden gelmek için anızın dönüşümü sağlanmaktadır [36].



Çeltik anızı selüloz, hemiselüloz, lipit, protein, lignin vb. organik bileşenlerden oluşur ve her bileşenin CH<sub>4</sub> emisyon artış oranına katkısı değişkendir. CH<sub>4</sub> emisyon oranları toprağa anız uygulama yöntemine oldukça duyarlıdır. CH<sub>4</sub> üretiminin çoğu sulanan koşullarda çeltik anızının bozunmasıyla oluşur çünkü bu bozunma metanojenik bakterilerin çoğalmasını destekler [36].

### **Gübrenin Fermantasyonu**

Toprak organik madde havuzunun fermantasyon sürecinde hızlı bir şekilde azalması nedeniyle fermente gübrelerin toprağa karışması daha az sera gazı emisyonuna neden olur. Fermente gübreler CH<sub>4</sub> emisyonlarını taze organik ıslaha ve üre ve organik ıslahın birleşimine göre %52-60 oranında azaltabilmektedir [39].

Taze maddeler, anız ya da çiftlik gübresi arasındaki sera gazı emisyonu üretim farkı fermente ve taze maddenin arasındaki farka oranla çok daha azdır [52] [53]. Wassmann ve ark.'na [38] ait çalışmada fermente biyogaz artığının uygulanması CH<sub>4</sub> emisyonunu sadece %42 oranında arttırırken fermente edilmemiş çiftlik gübresi CH<sub>4</sub> emisyonunu %112-138 oranında arttırmıştır. Çeltik tarlalarında biyogaz artığının kullanılması daha az CH<sub>4</sub> emisyonu ile birlikte toprak verimliliğini arttırır [36].

### **2.8.4. Gübre Yönetimi**

Gübre yönetimi çeltik tarlalarının çevresel etkilerini azaltmak için önemli bir konudur. Toprağa uygulanan gübreler her zaman bitkiler tarafından etkin bir şekilde kullanılmamaktadır [54] [55]. Gübre kullanım verimliliğinin artırılması sera gazı emisyonlarını özellikle N<sub>2</sub>O'yu azaltabilmektedir [56].

Gübrenin bitki ihtiyacına uygun miktarda kullanımı [57] [58] [59], nitrifikasyonu önleyici veya yavaş salımlı gübre kullanımı [60] [61], uygulama zamanlaması [62], toprağa gübrenin doğru uygulanması [63], fazla uygulamadan ya da mümkün olan yerlerde azot uygulamasından kaçınmak etkin gübre uygulamasını sağlar ve sera gazı emisyonlarını azaltır [64].

### **Gübrelemenin Ayarlanması ve Azot Dengesi**

Bitkinin ihtiyaçlarını karşılamak için azot ve fosfor seviyelerini düzenlemek ürün verimini yükseltirken sera gazı emisyonlarını da kontrol altına almaktadır. Uygulanan azotun önemli miktarı mümkün olan en iyi gübre uygulamasında bile atmosfere salınmaktadır [36].

Sulanan çeltikte uygulanan azotun yaklaşık %48'i gaz halinde kaybolur [65]. Azot kayıpları amonyağın buharlaşması, nitrifikasyon ve denitrifikasyon ile gerçekleşir. Bu süreçler ürün yönetim uygulamaları ve doğal koşullara göre değişebilir [66].

Gübre oranı sera gazı emisyonlarını kontrol etmektedir ve genel olarak azot girdilerinin artması sonucu sera gazı emisyonları özellikle N<sub>2</sub>O emisyonu artmaktadır [67] [59]. Azot kayıplarını en aza indirmek ve böylece N<sub>2</sub>O emisyonlarını düşürmek için fazla azot uygulamasından kaçınmak gerekmektedir. IPCC (1997) uygulanan azotun %1.25'inin N<sub>2</sub>O olarak kaybolduğunu değerlendirmiştir.

### **Uygun Gübrenin/İslahın Seçimi**

Uygun gübrenin seçimi sera gazı emisyonları için önem taşımaktadır. Cai ve ark. [68] ile Ali ve ark.'na [62] ait çalışmalarda amonyum içerikli gübrenin eklenmesinin CH<sub>4</sub> emisyonlarını etkilediği belirtilmiştir. Topraktaki yüksek NH<sub>4</sub>-N konsantrasyonlarının çeltik tarlalarında metanotrofik aktiviteyi ve metan oksidasyonunu tetiklediğini böylece genel CH<sub>4</sub> emisyonunu azaltabileceği öne sürülmüştür.

Sülfürün sülfat indirgen bakterileri ve metanojenler arasında substrat mücadelesini arttırdığı böylece oksijenli sistemlerde metan azaltımını sağladığı bilinmektedir [69]. Bu nedenle, sülfat uygulamasıyla toprak ıslahına bağlı CH<sub>4</sub> azaltımı gerçekleştirilebilir. Kalsiyum sülfat uygulamasının Louisiana'da %37 [70] ve Filipinler'de gerçekleştirilen saha çalışmasında ise %62 oranında CH<sub>4</sub> emisyonlarını azaltma potansiyeli olduğu görülmüştür [71].

Ayrıca potasyum uygulaması sulanan oksijensiz çeltik tarlalarında CH<sub>4</sub> emisyonlarını etkili bir şekilde azaltabilir ve potasyum eksik topraklar için etkili bir sera gazı azaltım seçeneği olabilir. Potasyum ıslahının redoks potansiyelindeki düşüşü bozduğu, metanojenlerin aktivitesini azalttığı ve metanotrofik bakterileri uyardığı bilinmektedir [36].

### **Nitrifikasyon İnhibitörlerinin veya Yavaş Salımlı Gübrelerin Kullanımı**

Nitrifikasyon inhibitörleri veya yavaş salımlı gübreler çeltik tarlalarında oluşan CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyonlarını azaltabilir [36]. Nitrifikasyon inhibitörleri doğrudan nitrifikasyonu engelleyerek ve dolaylı olarak denitrifikasyon için NO<sub>3</sub> oluşumunu düşürerek N<sub>2</sub>O emisyonlarını azaltır [36]. Tenuta ve Beauchamps [72], Linqvist ve ark.'na [61] ait çalışmalar disiyandiamid, hidrokinon, nitropirimidin ve benzoik asidin N<sub>2</sub>O emisyonlarını önemli ölçüde azaltabileceğini ortaya konmuştur. Tenuta ve Beauchamps [72] benzer olarak toprağa uygulanan üreaz, disiyandiamid ve hidrokinonun önemli ölçüde CH<sub>4</sub> emisyonlarını azalttığını

göstermiştir. Xu ve ark. [73] çeltik büyüme sırasında disiyandiamid ve hidrokinon bileşimi kullanarak daha az N<sub>2</sub>O ve CH<sub>4</sub> emisyonu kaydetmişlerdir.

Nitrifikasyon inhibitörlerinin azotlayıcıları, CH<sub>4</sub> yükseltgenlerini ve metanojenleri engelleme potansiyeli olduğu kabul edilmektedir [36].

Wassmann ve ark. [52] ve Yan ve ark.'na ait [74] çalışmalarda toprağa yavaş bir şekilde asetileni yayan kapsüllenmiş kalsiyum karbürün CH<sub>4</sub> emisyonlarını azaltmada ve çeltik verimini arttırmada etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Nitrapirin ve disiyandiamid uygulamalarının amonyak içeren gübrelere oranla N<sub>2</sub>O emisyonlarını sırasıyla %52 ve %64 oranında azalttığı görülmüştür [75].

Linguist ve ark. [61] farklı nitrifikasyon inhibitörleri kullanarak CH<sub>4</sub> emisyonunda %25, N<sub>2</sub>O emisyonunda ise %97'ye kadar düşüş sağlanabileceği sonucuna varmıştır.

Sulanan çeltik tarlalarında sahaya özgü ıslah yönetiminin uygulanması N<sub>2</sub>O emisyonlarını azaltabilir ve geleneksel uygulamalara göre ürün verimini arttırabilir [76].

### **2.8.5. Çeltik Çeşidinin Seçimi**

Çeltik bitkileri rizosferdeki O<sub>2</sub> salınımına bağlı gaz iletkenliğinde değiştiği için aerenkimadan (havalandırma dokusu) rizosfere doğru değişken O<sub>2</sub> difüzyonlarıyla farklı CH<sub>4</sub> oksidasyonu gösterirler [77] [44].

Aerenkimadan çıkan gazların akış hızı; derişim farkı, aerenkimanın yayma gücü ve iç yapısı, filiz yoğunluğu, kök biyokütlesi, köklenme şekli, toplam biyokütle ve metabolik aktiviteden etkilenmektedir [78] [79].

Gelişmiş bir aerenkima sistemi aerobik metabolizmayı sürdürmek, oksidasyonla potansiyel zehirli maddelerin bitki köklerine ilerlemesini engellemek için rizosferde oksijenin bulunmasını sağlar [80] ve bu durum CH<sub>4</sub> oksidasyonunu sağlayarak CH<sub>4</sub>'ün atmosfere emisyonunu azaltır [81]. Aynı zamanda bu sistem konsantrasyon veya basınç değişiklikleri ile birlikte rizosferden havaya CH<sub>4</sub> için bir kanal görevi üstlenmektedir [82] [83].

Jiang ve ark. [84] süper çeltikte geleneksel çeltiğe oranla önemli ölçüde düşük CH<sub>4</sub> emisyonu gözlemlenmiş ve oksidasyonun CH<sub>4</sub> emisyonlarını düşürmede üretime göre temel katkı olduğunu belirtmişlerdir.

CH<sub>4</sub> ve O<sub>2</sub>'nin taşınımı metanojenik bakteriler ve metanotroflar için kök sıvısı ve/veya ölü kök hücreleri aracılığıyla besin maddesi sağlayan çeltik bitkisindeki aerenkima tarafından düzenlenir [85] [83].

CH<sub>4</sub> emisyonlarına bağlı çeltik çeşitleri arasındaki fark ürün yönetimi uygulamalarıyla azaltılabilir [86] ve dönemden döneme değişebilir [87]. Setyanto ve ark. [88] 3 aydan sonra hasat edilen çeltik çeşidinin 4 ay sonra hasat edilen çeltik çeşidine göre daha az CH<sub>4</sub> emisyonu oluşturduğunu gözlemlemişlerdir ve bu çalışma düşük emisyonlu çeltik çeşidinin seçiminde daha kısa sezonun kesin bir kriter olduğunu tavsiye etmektedir.

Düşük CH<sub>4</sub> emisyonlu çeltik çeşidi seçimi ve yüksek kaynak kullanım verimi çeltik tarlalarında sera gazı emisyonlarını azaltmak için önerilen stratejilerdir. Bununla birlikte çeltik çeşidinin değerlendirilmesinde öncelik olarak sızma ve aerenkima mekanizmasının etkileri saha koşullarında incelenmelidir [36].

## **2.9. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)**

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) iklim değişikliğinin değerlendirilmesi kapsamında önemli uluslararası bir kuruluştur. Birleşmiş Milletler Çevre programı (UNEP) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından iklim değişikliği hakkında mevcut bilgi, potansiyel çevresel ve sosyo-ekonomik etkileri net bilimsel bir bakışla dünyaya sağlamak amacıyla 1988 yılında kurulmuştur. Aynı yıl Birleşmiş Milletler Genel Kurulu WMO ve UNEP'in ortak kuruluşu IPCC'yi onaylamıştır [89].

IPCC'nin temel faaliyetlerinden biri iklim değişikliği, sebepleri, potansiyel etkileri ve müdahale stratejileri hakkında bilimsel, teknik ve sosyo-ekonomik ayrıntılı değerlendirme raporları hazırlamaktır [89].

1992 yılından beri IPCC, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) ve Kyoto Protokolü taraflarına ulusal sera gazı emisyonu envanterlerinin hazırlanmasında yardımcı olmak amacıyla metodoloji ve kılavuzlar (IPCC Ulusal Sera Gazı Envanter Programı) hazırlamaktadır. IPCC'nin bu yönde en son büyük yayını IPCC 2006 Ulusal Sera Gazı Envanter Rehberi'dir [89].

IPCC 2006 Ulusal Sera Gazları Envanter Rehberi insan kaynaklı emisyonların ve sera gazı emisyonlarının ulusal envanterlerini tahmin etmek amaçlı metodolojiler sağlamaktadır [90].

IPCC 2006 Rehberi 5 ciltten oluşmaktadır:

Cilt 1 - Genel Rehber ve Raporlama

Cilt 2 - Enerji

Cilt 3 - Endüstriyel İşlemler ve Ürün Kullanımı

Cilt 4 - Tarım, Ormancılık ve Diğer Arazi Kullanımı

Cilt 5 - Atık

Tarım, Ormancılık ve Diğer Arazi Kullanımı cildi toplam 12 bölümden oluşmaktadır [12]. 5. Bölüm-Tarla, 5.5 Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Metan Emisyonları alt başlığında çeltik yetiştiriciliği kaynaklı metan emisyonunun hesaplanmasına ilişkin yöntemler açıklanmıştır. Bu yöntemler aşağıda belirtilmektedir.

**Tier 1 Yöntemi:** Çeltik yetiştiriciliği kaynaklı CH<sub>4</sub> emisyonlarının temel bir kategori olmadığı ülkelere ya da ülkeye özgü emisyon faktörlerinin mevcut olmadığı durumlarda uygulanır. Yıllık çeltik hasat alanının dağılımı; sulanan, yağmur suyuyla beslenen ve sulanmayan kategorilerinden oluşan en az üç temel su rejimi için gerçekleştirilmelidir. CH<sub>4</sub> emisyonlarına etki eden olabildiğince fazla sayıda koşulun (farklı ekosistemler, su rejimleri, organik ıslahın türü ve miktarı vb.) hesaba katılması teşvik edilmektedir. Emisyonlar, her bir alt birim için bir temel varsayılan emisyon faktörü (çeltik yetiştiriciliği sezonunun 180 günden daha az bir süre öncesinde sulama yapılmayan ve organik ıslahların yapılmadığı sürekli sulanan tarlalar için) çeşitli ölçekleme faktörleri ile çarpılarak belirlenir [91].

**Tier 2 Yöntemi:** Tier 1 yöntemi ile aynı metodolojik yaklaşımı uygulamaktadır fakat Tier 2 yönteminde ülkeye özgü emisyon ve/veya ölçekleme faktörleri kullanılmalıdır. Öncelikli olarak, bu yöntemi kullanmak için alan verilerinin toplanması ile geliştirilen, CH<sub>4</sub> emisyonlarını etkileyen koşulların (farklı ekosistemler, su rejimleri, organik ıslahın türü ve miktarı vb.) bölgesel etkisini yansıtmak için ülkeye özgü emisyon ve/veya ölçekleme faktörleri gerekmektedir [91].

**Tier 3 Yöntemi:** Çeltik yetiştiriciliğinin ulusal koşullarına göre oluşturulan, zamanla tekrarlanan, yüksek çözünürlüklü veri ile sürdürülen ve alt ulusal seviyede dağıtılmış model ve izleme ağlarını içerir. Modeller, çeltik yetiştiriciliği özelliklerini içeren ülke veya bölgesel özel çalışmalardan oluşan bağımsız gözlemler ile doğrulanmalıdır [92] [93] [94]. Kullanılan verilerin, varsayımların, eşitliklerin ve modellerin geçerliliğinin ve tamlığının doğru

belgelendirilmesi çok önemlidir. Tier 3 yöntemi şiddetli fırtına hasarı, kuraklık vb. tarafından tetiklenen yıllar arası değişkenliği de hesaba katabilir. İdeal olarak, değerlendirme son uydu verilerine dayandırılmalıdır [91].

IPCC 2006 Ulusal Sera Gazları Envanter Rehberi; Cilt 4. Tarım, Ormancılık ve Diğer Arazi Kullanımı, Bölüm 11. Toprak Yönetimi Kaynaklı N<sub>2</sub>O Emisyonları ve Kireç ve Üre Uygulaması Kaynaklı CO<sub>2</sub> Emisyonları, 11.2 Toprak Yönetimi Kaynaklı N<sub>2</sub>O Emisyonları alt başlığında belirtilen Tier 1 yöntemine göre çeltik yetiştiriciliği kaynaklı doğrudan ve dolaylı nitroz oksit (N<sub>2</sub>O) emisyonları hesaplanmıştır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları Hesaplama Yöntemi

Hesaplamalarda Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2004-2017 yılları arasındaki çeltik hasat edilen alan büyüklükleri esas alınarak Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 2006 [91] rehberindeki Tier 1 yöntemine göre metan ve nitroz oksit emisyon miktarları belirlenmiştir. Çizelge 3.1’de yer alan Tarım ve Orman Bakanlığı, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü’nden elde edilen verilere göre 2017 yılında Türkiye çeltik hasadının %94.8’inin gerçekleştiği 10 ile yönelik hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Bu iller Edirne, Samsun, Balıkesir, Çanakkale, Çorum, Tekirdağ, Sinop, Kırklareli, Çankırı ve Bursa olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada, çeltik yetiştiriciliği kaynaklı sera gazı emisyon miktarı hesaplamaları yapılırken CH<sub>4</sub>’ün küresel ısınma potansiyeli karbondioksit eşdeğeri 25, N<sub>2</sub>O’nun ise 298 [95] olarak alınmıştır.

Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü’nün Türkiye çeltik hasadının %94.8’inin gerçekleştiği 10 ile yönelik verilerine (Çizelge 3.1) göre:

- Türkiye’de genel olarak çeltik yetiştiriciliği 130-150 gün arasında yapılmaktadır.
- Çeltik yetiştirme döneminde su rejimi kesikli sulanan-birden fazla havalandırma şeklinde olmaktadır. Havalandırma; ilaçlama, gübreleme ve hasat zamanlarında gerçekleştirilmektedir.
- Türkiye’de çeltik yılda bir defa ekilmekte, ekim sezonu öncesi alanın sulanmayan dönemi 180 günden fazladır.
- Çeltik ekim alanlarında organik gübre kullanılmamaktadır.
- Bölgelere göre uygulanan kimyasal gübre çeşit ve miktarları benzerlik göstermektedir.
- Ekilen çeltik çeşitleri benzerlik göstermekte ve en fazla Baldo ve Osmancık çeşitleri ekilmektedir.

Çizelge 3.1. 2017 Yılında Türkiye Çeltik Hasadının %94.8'inin Gerçekleştiği 10 İle Ait Çeltik Yetiştiriciliği Verileri [96]

| No | İller     | Çeltik Yetiştirme Dönemi (gün) | Yetiştirme Dönemindeki Su Rejimi (Sürekli Sulanan, Kesikli Sulanan-tek havalandırma, Kesikli Sulanan-birden fazla havalandırma)  | Yetiştirme Dönemi Öncesi Su Rejimi (Sezon Öncesi Sulanmayan <180 gün, Sezon Öncesi Sulanmayan >180 gün) | Organik Gübre Çeşidi ve Miktarı (kg/da) | Kimyasal Gübre Çeşidi ve Miktarı (kg/da)                         | Çeltik Çeşidi   |
|----|-----------|--------------------------------|--|---|---|--|---|
| 1  | Edirne    | 130-150                        | Kesikli Sulanan-birden fazla havalandırma<br><br>(1-2 kez ilaçlama, 2-3 kez gübreleme için 3-4 kez, 2-3 gün süreli havalandırma) | Sulanmayan >180 gün   | -                                       | -15.15.15+Zn 30-40 kg/da<br>- % 21<br>Amonyum Sülfat 50-70 kg/da | Baldo, Osmancık, Cameo, Ronaldo, Luna CL, Meco, Nembo |
| 2  | Samsun    | 130-150                        | Kesikli Sulanan-birden fazla havalandırma<br><br>(1-2 kez ilaçlama, 2-3 kez gübreleme için 4-5 kez, 2-3 gün süreli havalandırma) | Sulanmayan >180 gün   | -                                       | -15.15.15+Zn 30-40 kg/da<br>- % 21<br>Amonyum Sülfat 50-70 kg/da | Baldo, Osmancık, Cameo, Ronaldo, Luna CL, Meco, Nembo |
| 3  | Balıkesir | 130-150                        | Kesikli Sulanan-birden fazla havalandırma<br><br>(1-2 kez ilaçlama, 2-3 kez gübreleme için 3-4 kez, 2-3 gün süreli havalandırma) | Sulanmayan >180 gün   | -                                       | -15.15.15+Zn 30-40 kg/da<br>- % 21<br>Amonyum Sülfat 50-70 kg/da | Baldo, Osmancık, Cameo, Ronaldo, Luna CL, Meco, Nembo |
| 4  | Çanakkale | 130-150                        | Kesikli Sulanan-birden fazla havalandırma<br><br>(1-2 kez ilaçlama, 2-3 kez gübreleme için 5-6 kez, 2-3 gün süreli havalandırma) | Sulanmayan >180 gün   | -                                       | -15.15.15+Zn 30-40 kg/da<br>- % 21<br>Amonyum Sülfat 50-70 kg/da | Baldo, Osmancık, Cameo, Ronaldo, Luna CL, Meco, Nembo |
| 5  | Çorum     | 130-150                        | Kesikli Sulanan-birden fazla havalandırma<br><br>(1-2 kez ilaçlama, 2-3 kez gübreleme için 3-5 kez, 2-3 gün süreli havalandırma) | Sulanmayan >180 gün   | -                                       | -15.15.15+Zn 30-40 kg/da<br>- % 21<br>Amonyum Sülfat 50-70 kg/da | Baldo, Osmancık, Cameo, Ronaldo, Luna CL, Meco, Nembo |



|    |            |         |   |                        |   |   |   |
|----|------------|---------|---|------------------------|---|---|---|
| 6  | Tekirdağ   | 130-150 | Kesikli Sulanan-<br>birden fazla<br>havalandırma<br><br>(1-2 kez ilaçlama,<br>2-3 kez<br>gübreleme için 3-<br>4 kez, 2-3 gün<br>sürelili<br>havalandırma) | Sulanmayan >180<br>gün | - | -15.15.15+Zn<br>30-40 kg/da<br>- % 21<br>Amonyum<br>Sülfat 50-70<br>kg/da | Baldo,<br>Osmancık,<br>Cameo,<br>Ronaldo,<br>Luna CL,<br>Meco,<br>Nembo |
| 7  | Sinop      | 130-150 | Kesikli Sulanan-<br>birden fazla<br>havalandırma<br><br>(1-2 kez ilaçlama,<br>2-3 kez<br>gübreleme için 5-<br>6 kez, 2-3 gün<br>sürelili<br>havalandırma) | Sulanmayan >180<br>gün | - | -15.15.15+Zn<br>30-40 kg/da<br>- % 21<br>Amonyum<br>Sülfat 50-70<br>kg/da | Baldo,<br>Osmancık,<br>Cameo,<br>Ronaldo,<br>Luna CL,<br>Meco,<br>Nembo |
| 8  | Kırklareli | 130-150 | Kesikli Sulanan-<br>birden fazla<br>havalandırma<br><br>(1-2 kez ilaçlama,<br>2-3 kez<br>gübreleme için 3-<br>4 kez, 2-3 gün<br>sürelili<br>havalandırma) | Sulanmayan >180<br>gün | - | -15.15.15+Zn<br>30-40 kg/da<br>- % 21<br>Amonyum<br>Sülfat 50-70<br>kg/da | Baldo,<br>Osmancık,<br>Cameo,<br>Ronaldo,<br>Luna CL,<br>Meco,<br>Nembo |
| 9  | Çankırı    | 130-150 | Kesikli Sulanan-<br>birden fazla<br>havalandırma<br><br>(1-2 kez ilaçlama,<br>2-3 kez<br>gübreleme için 3-<br>4 kez, 2-3 gün<br>sürelili<br>havalandırma) | Sulanmayan >180<br>gün | - | -15.15.15+Zn<br>30-40 kg/da<br>- % 21<br>Amonyum<br>Sülfat 50-70<br>kg/da | Baldo,<br>Osmancık,<br>Cameo,<br>Ronaldo,<br>Luna CL,<br>Meco,<br>Nembo |
| 10 | Bursa      | 130-150 | Kesikli Sulanan-<br>birden fazla<br>havalandırma<br><br>(1-2 kez ilaçlama,<br>2-3 kez<br>gübreleme için 3-<br>4 kez, 2-3 gün<br>sürelili<br>havalandırma) | Sulanmayan >180<br>gün | - | -15.15.15+Zn<br>30-40 kg/da<br>- % 21<br>Amonyum<br>Sülfat 50-70<br>kg/da | Baldo,<br>Osmancık,<br>Cameo,<br>Ronaldo,<br>Luna CL,<br>Meco,<br>Nembo |

### 3.1.1. Metan (CH<sub>4</sub>) Gazı Emisyonu Hesaplama Yöntemi

Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 ilin yıllara göre çeltik hasat edilen alan büyüklükleri ve sulama rejimleri esas alınarak hesaplanan metan (CH<sub>4</sub>) gazı emisyon miktarları IPCC 2006 rehberi referans alınarak tahmin edilmiştir. Bu hesaplamalar IPCC 2006 rehberi Cilt 4, Bölüm 5.5 Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Metan Emisyonları'nda yer alan Tier 1 yöntemine göre gerçekleştirilmiştir.

Çeltik kaynaklı CH<sub>4</sub> emisyonlarını öngörecek temel denklem, Eşitlik 3.1'de gösterilmiştir. CH<sub>4</sub> emisyonları, günlük emisyon faktörleri ile çeltik yetiştirme dönemi ve yıllık hasat edilen alanlar çarpılarak öngörülür. En basit haliyle bu eşitlik, ulusal veriler (örneğin, ulusal ortalama çeltik yetiştirme dönemi ve hasat alanı) ve sadece bir emisyon faktörü kullanılarak gösterilir [30]. Bu çalışmada, çeltik yetiştiriciliği kaynaklı metan (CH<sub>4</sub>) gazı emisyon miktarları Eşitlik 3.1 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$CH_4_{\text{Çeltik}} = \sum_{i,j,k} (EF_{i,j,k} \cdot t_{i,j,k} \cdot A_{i,j,k} \cdot 10^{-6}) \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte:

$CH_4_{\text{Çeltik}}$  = çeltik yetiştiriciliği kaynaklı yıllık metan emisyonları, Gg CH<sub>4</sub> yıl<sup>-1</sup>

$EF_{ijk}$  =  $i, j$  ve  $k$  koşulları için günlük bir emisyon faktörü, kg CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> gün<sup>-1</sup>

$t_{ijk}$  =  $i, j$  ve  $k$  koşulları için çeltik yetiştirme dönemi, gün

$A_{ijk}$  =  $i, j$  ve  $k$  koşulları için yıllık hasat edilen çeltik alanı, ha yıl<sup>-1</sup>

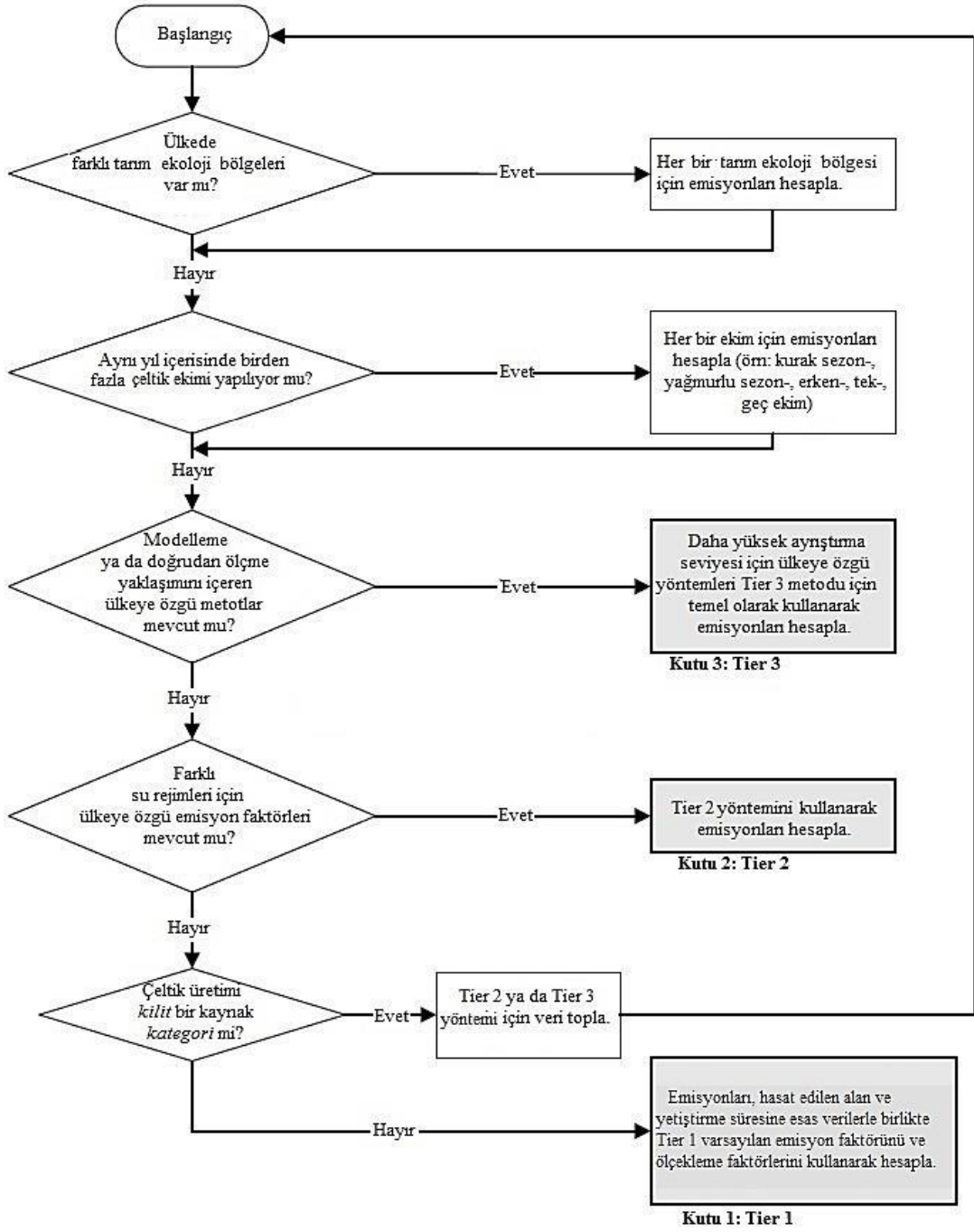
$i, j$  ve  $k$  = farklı ekosistemler, su rejimleri, organik ıslahın türü ve miktarı ve çeltik kaynaklı CH<sub>4</sub> emisyonlarının çeşitlilik gösterebileceği tüm diğer koşulları temsil eder [91].

#### CH<sub>4</sub> Emisyonu için Tier 1 Yöntemi

Tier 1, çeltik yetiştiriciliği kaynaklı CH<sub>4</sub> emisyonlarının kilit bir kategori olmadığı ülkelere ya da ülkeye özgü emisyon faktörlerinin mevcut olmadığı durumlarda uygulanır. Türkiye'de çeltik yetiştiriciliği kaynaklı CH<sub>4</sub> emisyonlarının kilit bir kategori olmaması ve Türkiye'ye özgü emisyon faktörlerinin olmaması nedeniyle bu çalışmada hesaplamalar Tier 1 yöntemine göre gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1.). Yıllık çeltik hasat alanının dağılımı; sulanan, yağmur suyuyla beslenen ve sulanmayan kategorilerinden oluşan en az üç temel su rejimi için gerçekleştirilmelidir. CH<sub>4</sub> emisyonlarına etki eden olabildiğince fazla sayıda koşulun ( $i, j, k$ , vs.) hesaba katılması teşvik edilmektedir. Emisyonlar, her bir alt birim için bir temel

varsayılan emisyon faktörü (çeltik yetiştiriciliği sezonunun 180 günden daha az bir süre öncesinde sulama yapılmayan ve organik ıslahın yapılmadığı sürekli sulanan tarlalar için) Eşitlik 3.2’de gösterildiği üzere çeşitli ölçekleme faktörleri ile çarpılarak belirlenir. Hesaplamalar her bir su rejimi ve organik ıslah için Eşitlik 3.1’de gösterildiği üzere ayrı ayrı hesaplanmaktadır [32].

Şekil 3.1’deki karar ağacı, IPCC yaklaşımındaki doğru uygulamayı yerine getirme süreci ile araştırmacılara rehberlik etmektedir. Bu karar ağacının içeriği IPCC yönteminin uygulanmasındaki bir dağılım sıralamasıdır.



Şekil 3.1. Çeltik Üretimi Kaynaklı CH<sub>4</sub> Emisyonları için Karar Ağacı [91]

$$EF_i = EF_c \cdot SF_w \cdot SF_p \cdot SF_o \cdot SF_{s,r} \quad (3.2)$$

Bu eşitlikte:

$EF_i$  = hasat edilen belirli bir alan için düzeltilmiş günlük emisyon faktörü

$EF_c$  = organik ıslahın olmadığı sürekli sulanan alanlar için referans emisyon faktörü

$SF_w$  = yetiştirme dönemindeki su rejimi farklılıklarını hesaba katmak için ölçekleme faktörü (Çizelge 3.3)

$SF_p$  = yetiştirme sezonu öncesindeki su rejimi farklılıklarını hesaba katmak için ölçekleme faktörü (Çizelge 3.4)

$SF_o$  = uygulanan organik ıslahın hem türü hem miktarı için çeşitlilik gösterebilecek ölçekleme faktörü (Eşitlik 3.3 ve Çizelge 3.5)

$SF_{s,r}$  = toprak türü, çeltik bitkisi çeşidi vs. için ölçekleme faktörü (varsa)

### **Emisyon ve Ölçekleme Faktörlerinin Seçimi**

IPCC'nin saha ölçüm verilerinin istatistiksel analizi sonucu  $EF_c$  için öngördüğü değer  $1.30 \text{ kg CH}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  olarak belirlenmiştir [74].

Çizelge 3.2. Çeltik Üretiminden Önce 180 Günden Az Sulanmayan ve Çeltik Yetiştiriciliği Süresince Organik Islah Yapılmadan Sürekli Sulandığı Varsayılan  $\text{CH}_4$  Referans Emisyon Faktörü [74]

|   | <b>Emisyon Faktörü</b> | <b>Hata Aralığı</b> |
|---|------------------------|---------------------|
| <b><math>\text{CH}_4</math> Emisyonu (<math>\text{kg CH}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ d}^{-1}</math>)</b> | 1.30                   | 0.80 – 2.20         |

### Yetiştirme Dönemindeki Su Rejimi (SFw):

Çizelge 3.3. Sürekli Sulanan Alanlara İlişkin Yetiştirme Dönemindeki Su Rejimleri için Varsayılan CH<sub>4</sub> Emisyon Ölçekleme Faktörleri [74]

| Su Rejimi  |   | Toplu Durum             |              | Ayrılmış Durum          |              |
|--|---|-------------------------|--------------|-------------------------|--------------|
|  |   | Ölçekleme Faktörü (SFw) | Hata Aralığı | Ölçekleme Faktörü (SFw) | Hata Aralığı |
| Sulanmayan <sup>a</sup>                          |   | 0                       | -            | 0                       | -            |
| Sulanan <sup>b</sup>                             | Sürekli Sulanan                             | 0.78                    | 0.62-0.98    | 1                       | 0.79-1.26    |
|  | Kesikli Sulanan - Tek Havalandırma          |                         |              | 0.60                    | 0.46-0.80    |
|  | Kesikli Sulanan – Birden Fazla Havalandırma |                         |              | 0.52                    | 0.41-0.66    |
| Yağmur Suyuyla Beslenen ve Derin Su <sup>c</sup> | Düzenli Yağmurla Beslenen                   | 0.27                    | 0.21-0.34    | 0.28                    | 0.21-0.37    |
|  | Kuraklığa Yatkın                            |                         |              | 0.25                    | 0.18-0.36    |
|  | Derin Su                                    |                         |              | 0.31                    | ND           |

ND: belirlenmedi

<sup>a</sup> Belirli bir zaman aralığı için hiç sulanmamış alanlar.

<sup>b</sup> Belirli bir zaman aralığı için sulanan ve su rejimi tamamen kontrol altındaki alanlar.

- Sürekli sulanan: Çeltik büyüme sezonu boyunca sulu duran ve yalnızca hasat amacıyla (sezon sonu drenajı) kurutulabilen alanlar.
- Kesikli sulanan: Ekim sezonunda 3 günden fazla en az bir havalandırma süreci olan alanlar
  - Tek havalandırılma: Ekim sezonunun herhangi bir büyüme evresinde sadece bir havalandırma yapılan alanlar (sezon sonu drenajı hariç).
  - Birden fazla havalandırma: Ekim sezonunda birden fazla havalandırma dönemi olan alanlar (sezon sonu drenajı hariç)

<sup>c</sup> Belirli bir zaman aralığı için sulanan ve su rejimi yalnızca yağışa bağlı olan alanlar.

- Sürekli yağmurla beslenen: Su seviyesi ekim sezonunda 50 cm'ye kadar yükselebilir.
- Kuraklığa yatkın: Her ekim sezonunda kuraklık dönemleri meydana gelir.
- Derin su çeltiği: Ekim sezonunda belirli bir zaman aralığı için boyunca sel suyu 50 cm'nin üzerine yükselir.

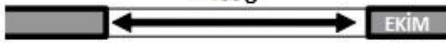


Not: Bataklıklar ve iç bölgeler, tuzlu ya da gelgit sulak alanları gibi diğer çeltik ekosistem kategorileri her bir alt kategoride ayrılabilir.

**Yetiştirme Döneminden Önceki Su Rejimi (SFp):** Çizelge 3.4, yetiştirme döneminden önceki su rejimi için ülkeye özgü veriler mevcut olmadığında kullanılacak varsayılan ölçekleme faktörlerini sağlar. Bu çizelge çeltik yetiştiriciliği öncesindeki üç farklı su rejiminin ayrımını yapmaktadır, bu su rejimleri:

1. Sezon öncesi sulanmayan < 180 gün, çeltik iki kez ekildiğinde genellikle meydana gelir;
2. Sezon öncesi sulanmayan > 180 gün, örneğin bir kuru nadas dönemini izleyen tek çeltik ekimi ve
3. Asgari sulama aralığının 30 gün olarak belirlendiği sezon öncesi sulanan; daha kısa sulama dönemleri (genellikle toprağı sürmeye hazırlanmak için yapılan) bu kategoriye dahil değildir.

Sezon öncesi su durumunun verileri mevcut olmadığında, toplu durum faktörleri kullanılabilir [32].

Çizelge 3.4. Yetiştirme Döneminden Önceki Su Rejimleri için Varsayılan Emisyon Ölçekleme Faktörleri [74]

| Çeltik Yetiştiriciliği Öncesi Su Rejimi (Sulanan Dönemleri Gölgeleştirilmiş Olarak Gösteren Şematik Sunu)                                    | Toplu Durum             |              | Ayrılmış Durum          |              |
|--|-------------------------|--------------|-------------------------|--------------|
|  | Ölçekleme Faktörü (Sfp) | Hata Aralığı | Ölçekleme Faktörü (Sfp) | Hata Aralığı |
| <b>Sezon Öncesi Sulanmayan &lt;180 gün</b><br>            | 1.22                    | 1.07 – 1.40  | 1                       | 0.88 – 1.14  |
| <b>Sezon Öncesi Sulanmayan &gt;180 gün</b><br>            |                         |              | 0.68                    | 0.58 – 0.80  |
| <b>Sezon Öncesinde Sulanan (&gt;30 g)<sup>a</sup></b><br> |                         |              | 1.90                    | 1.65 – 2.18  |

<sup>a</sup> 30 günden kısa olan sezon öncesi sulama dönemleri SFp seçimine dahil edilmemiştir.

**Organik Islahlar (SFo):** Eşit bir kütle temelinde, daha yüksek miktarda kolay ayrışan karbon içeren ıslahlardan daha fazla CH<sub>4</sub> yayılmaktadır ve emisyonlar her ıslah uygulandığında artmaktadır. Eşitlik 3.3 ve Çizelge 3.5, ölçekleme faktörlerini uygulanan farklı ıslah türlerinin miktarına göre çeşitlendiren bir yaklaşım sunmaktadır. Çeltik anızı genellikle toprağı hasattan

sonra karışır. Çeltik anızının karışmasından sonra toprağın uzun süre nadasa bırakıldığı durumda, bir sonraki çeltik yetiştirme sezonundaki CH<sub>4</sub> emisyonları, çeltik anızının çeltiğin tekrar ekilmesinden hemen önce toprağa karıştırıldığı duruma kıyasla daha az olacaktır [97]. Bu nedenle, çeltik anızı uygulama zamanı ayırt edilmiştir. 0.54-0.64 belirsizlik aralığı Eşitlik 3.3'teki 0.59 üs için uyarlanabilir [32].

$$SF_o = (1 + \sum_i ROA_i \cdot CFOA_i)^{0.59} \quad (3.3)$$

Bu eşitlikte:

SF<sub>o</sub> = uygulanan organik ıslahın türüyle miktarı için ölçekleme faktörü

ROA<sub>i</sub> = anız için kuru ağırlık, diğerleri içinse yaş ağırlık cinsinden organik ıslah *i*'nin uygulanma organı, ton ha<sup>-1</sup>

CFOA<sub>i</sub> = Çizelge 3.5'te gösterildiği üzere, *i* organik ıslahı için çevirme faktörü (yetiştirmeden kısa süre önce uygulanan anıza ilişkin etkisi bakımından)

Çizelge 3.5. Farklı Organik Islah Türleri için Varsayılan Çevirme Faktörü [74]

| Organik Islah  | Çevirme Faktörü (CFOA) | Hata Aralığı |
|--|------------------------|--------------|
| Yetiştirmeden Kısa Süre (<30 Gün) Önce Karışan Anız <sup>a</sup> | 1                      | 0.97 – 1.04  |
| Yetiştirmeden Uzun Süre (>30 Gün) Önce Karışan Anız <sup>a</sup> | 0.29                   | 0.20 – 0.40  |
| Kompost  | 0.05                   | 0.01 – 0.08  |
| Çiftlik Gübresi  | 0.14                   | 0.07 – 0.20  |
| Yeşil Gübre  | 0.50                   | 0.30 – 0.60  |

<sup>a</sup> Anız uygulaması, anızın toprağa karıştığı anlamına gelip toprağın sadece yüzeyinde bırakıldığı ya da tarlada yakıldığı durumları içermez.

**Toprak Türü (SFs) ve Çeltik Çeşidi (SFr):** Kimi ülkelerde farklı toprak türleri ve çeltik bitkisi çeşitlerine yönelik emisyon verileri mevcut olup sırasıyla SFs ile SFr'yi üretmek için kullanılabilir. Hem deneyler hem de mekanik bilgiler bu faktörlerin sahip olduğu önemi doğrulamaktadır ancak mevcut veriler arasındaki geniş çaplı farklılıklar, makul ölçüde kesin varsayılan değerlerin tanımlanmasına izin vermemektedir. Yakın gelecekte simülasyon



modellerinin SFs ve SFr için özel ölçekleme faktörlerini üretecek yeterliğe ulaşacağı beklenmektedir [32].

### 3.1.1.1. Metan (CH<sub>4</sub>) Gazı Emisyonları Hesaplamasında Kullanılan Parametreler

IPCC 2006 Tier 1 yöntemine göre çeltik yetiştiriciliği kaynaklı metan (CH<sub>4</sub>) gazı emisyonu hesaplanmasında Eşitlik 3.1 ve Eşitlik 3.2 kullanılarak:

1. 2004-2017 yılları arasındaki çeltik hasat edilen alan büyüklükleri **TÜİK**'ten alınmıştır (EK 1). Hesaplamalarda kullanılan alan büyüklükleri 2017 yılı için Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 ile yöneliktir (Çizelge 3.1). Bu iller Edirne, Samsun, Balıkesir, Çanakkale, Çorum, Tekirdağ, Sinop, Kırklareli, Çankırı ve Bursa olarak belirlenmiştir.
2. Çeltik yetiştirme dönemi Tarım ve Orman Bakanlığı, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü verilerine göre ortalama **140 gün** alınmıştır (Çizelge 3.1).
3. CH<sub>4</sub> referans emisyon faktörü **Efc = 1.3 kg CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>** olarak alınmıştır (Çizelge 3.2).
4. Kesikli sulanan-birden fazla havalandırma rejimine göre hesaplamalarda **SFw = 0.52** olarak alınmıştır (Çizelge 3.3).
5. Yetiştirme döneminden önceki su rejimi için **SFp = 0.68** alınmıştır (Çizelge 3.4).
6. Türkiye'de çeltik tarlalarında organik ıslah uygulama oranı düşük olduğu için **CFOAi = 0** olarak alınmıştır.
7. Türkiye'de farklı toprak türleri ve çeltik bitkisi çeşitlerine yönelik emisyon verileri mevcut olmadığı için **SFs,r = 1** alınmıştır.

Çizelge 3.6. Metan (CH<sub>4</sub>) Gazı Emisyonu Hesaplaması için Eşitlik 3.1 ve Eşitlik 3.2'de Kullanılan Parametreler

| <b>t (gün)</b> | <b>Efc (kg CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)</b> | <b>SFw</b> | <b>SFp</b> | <b>CFOAi</b> | <b>SFs,r</b> |
|----------------|---|------------|------------|--------------|--------------|
| 140            | 1.3   | 0.52       | 0.68       | 0            | 1            |

### 3.1.1.2. Çeltik Yetiştiriciliğinde Uygulanan Su Rejimlerinin Metan (CH<sub>4</sub>) Gazı Emisyon Miktarına Etkisinin Belirlenmesi

IPCC 2006 rehberi Cilt 4, Bölüm 5.5 Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Metan Emisyonları'nda yer alan çeltiğin yetiştirme dönemi ve öncesinde uygulanan su rejimi seçenekleri için varsayılan her bir emisyon ölçekleme faktörüne göre Tier 1 yöntemi kullanılarak

hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalar sonucu, yetiştirme dönemi ve öncesinde uygulanan farklı su rejimlerinin bu çalışma kapsamında değerlendirilen 10 ilin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı metan (CH<sub>4</sub>) gazı emisyon oranına etkisi belirlenmiştir.

**Çeltik yetiştirme dönemindeki** su rejimlerine göre Türkiye’de genel olarak *kesikli sulanan-birden fazla havalandırma* uygulanmaktadır (Çizelge 3.1). Buna göre, Çizelge 3.3’te sulanan rejim bölümünde yer alan diğer su rejimleri olan *sürekli sulanan, kesikli sulanan-tek havalandırma* uygulamalarına göre oluşacak metan gazı emisyon miktarları hesaplanmıştır. Bunun sonucunda çeltik yetiştirme döneminde uygulanan farklı su rejimlerinin metan gazı emisyon miktarına etkisi öngörülmüştür.

**Çeltik yetiştirme döneminden önceki** su rejimlerine göre Türkiye’de genel olarak *sezon öncesi sulanmayan >180 gün* uygulanmaktadır (Çizelge 3.1). Buna göre Çizelge 3.4’te yer alan diğer su rejimleri olan *sezon öncesi sulanmayan <180 gün, sezon öncesinde sulanan >30 gün* uygulamalarına göre oluşacak metan gazı emisyon miktarları hesaplanmıştır. Bunun sonucunda çeltik yetiştirme döneminden önce uygulanan farklı su rejimlerinin metan gazı emisyon miktarına etkisi öngörülmüştür.

Hesaplamalar ile Türkiye’de çeltik yetiştiriciliğinde, yetiştirme dönemi ve öncesinde uygulanan *kesikli sulanan-birden fazla havalandırma* ve *sezon öncesi sulanmayan >180 gün* su rejimleri sonucu hesaplanan metan miktarının, yetiştirme dönemi ve öncesinde uygulanan diğer su rejimleri sonucu oluşması öngörülen metan miktarlarına oranı belirlenmiştir.

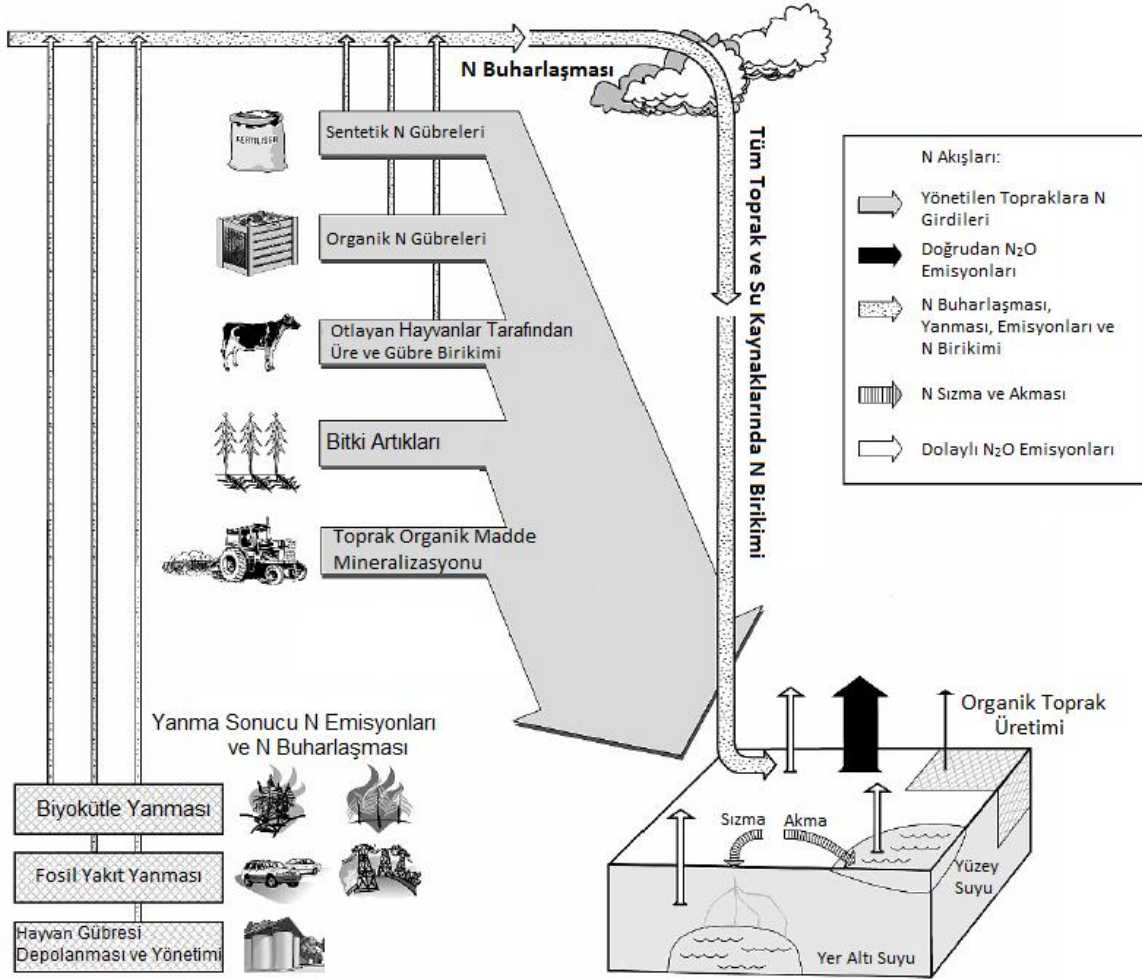
### **3.2. Nitröz Oksit (N<sub>2</sub>O) Gazı Emisyonları Hesaplama Yöntemi**

Türkiye’de çeltik hasat edilen alan büyüklükleri ve kullanılan azot içerikli gübre miktarları temelinde oluşan nitröz oksit (N<sub>2</sub>O) gazı emisyon miktarları, doğrudan ve dolaylı nitröz oksit emisyonları olarak, TÜİK çeltik verilerine göre 2017 yılında Türkiye çeltik hasadının %94.8’inin gerçekleştiği 10 il için IPCC 2006 rehberi referans alınarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar, 2004-2017 yılları arasını kapsamaktadır. Değerlendirilecek iller; Edirne, Samsun, Balıkesir, Çanakkale, Çorum, Tekirdağ, Sinop, Kırklareli, Çankırı ve Bursa olarak belirlenmiştir. Hesaplamalar IPCC 2006 rehberi Cilt 4, Bölüm 11.2 Toprak Yönetimi Kaynaklı N<sub>2</sub>O Emisyonları’nda yer alan Tier 1 yöntemine göre gerçekleştirilmiştir.

Nitröz oksit, nitrifikasyon ve denitrifikasyon ile toprakta doğal şekilde üretilir [98]. Nitrifikasyon, amonyumun nitrata oksijenli ortamda bakteriler tarafından yükseltgenmesi; denitrifikasyon ise nitratin nitrojene oksijensiz ortamda bakteriler tarafından indirgenmesidir

[98]. Nitröz oksit denitrifikasyon reaksiyonlarında oluşan bir ara gazdır ve topraktaki mikrobiyal hücreler tarafından sızan ve son olarak atmosfere salınan nitrifikasyon sonucu oluşan bir yan üründür. Bu reaksiyonda temel kontrol faktörlerinden biri inorganik azotun toprakta bulunmasıdır [98].

Antropojenik N (azot) girdileri veya N mineralizasyonu sonucu oluşan  $N_2O$  emisyonları bir doğrudan yoldan (örn. N eklenen/salınan topraklardan doğrudan) ve iki dolaylı yoldan: 1. Toprakta  $NH_3$  ve  $NO_x$ 'ın buharlaşmasıyla, fosil yakıt ve biyokütle yanmasıyla, bu gazların ve ürünleri olan  $NH_4$  ve  $NO_3$ 'ün toprakta ve suda tekrar birikmesi sonucuyla, 2. Azotun  $NO_3$  olarak topraktan sızması ve akması ile meydana gelir [98]. Doğrudan ve dolaylı  $N_2O$  emisyonlarına neden olan N (azot) kaynakları Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Doğrudan ve Dolaylı  $N_2O$  Emisyonlarına Neden Olan N (Azot) Kaynakları [98]

### 3.2.1. Doğrudan N<sub>2</sub>O Emisyonları

Toprakta mevcut azotun artışı, nitrifikasyon ve denitrifikasyon hızını arttırmakta ve bunun sonucunda N<sub>2</sub>O üretimi artmaktadır [98]. Mevcut azot artışı, insan kaynaklı azot eklemeleri veya toprak organik azotunu mineralize eden arazi kullanım değişikliği ve/veya yönetim uygulamaları sonucu oluşabilir [98].

Yönetilen topraklardan kaynaklanan doğrudan N<sub>2</sub>O emisyonlarını tahmin etmeye yönelik metodolojide aşağıdaki azot kaynakları yer almaktadır:

Sentetik azot gübreleri,

Gübre olarak organik azot uygulaması (örn. hayvan gübresi, kompost, arıtma çamuru),

Mera, otlak ve padokta otlayan hayvanlar tarafından üre ve gübre birikimi,

Azot tutan bitkilerden ve mera yenilenmesi sırasında otlardan kaynaklanan bitki artıklarındaki azot (yerin altında ve üstünde),

Arazi kullanım değişikliği veya mineral toprakların yönetimi sonucu toprak organik maddesinin kaybı ile ilgili N mineralizasyonu,

Drenaj/organik toprakların yönetimi [98].

#### Doğrudan N<sub>2</sub>O Emisyonu için Tier 1 Yöntemi

En temel haliyle, çeltik alanlarından oluşan doğrudan N<sub>2</sub>O emisyonları Eşitlik 3.4 kullanılarak tahmin edilmektedir [98]:

$$N_2O-N_{N \text{ girdiler}} = (F_{SN}+F_{ON}+F_{CR}+F_{SOM})_{FR} \cdot EF_{IFR} \quad (3.4)$$

Bu eşitlikte:

$F_{SN}$  = toprağa uygulanan sentetik gübre N yıllık miktarı, kg N yr<sup>-1</sup>

$F_{ON}$  = toprağa uygulanan hayvan gübresi, kompost, arıtma çamuru ve diğer organik N katkıları yıllık miktarı, kg N yr<sup>-1</sup>

$F_{CR}$  = N tutan bitkiler ve otlak/mera yenilenmesinden oluşan toprağa geri dönen bitki artıklarındaki (yerin altında ve üstünde) yıllık N miktarı, kg N yr<sup>-1</sup>

$F_{SOM}$  = arazi kullanım veya yönetimi değişikliği sonucu toprak organik maddesinden toprak karbonu kaybı ile bağlantılı mineral topraklardaki yıllık mineral N miktarı, kg N yr<sup>-1</sup>

$EF_{1FR}$  = sulanan çeltiğe N girdisinden kaynaklanan  $N_2O$  emisyonları için emisyon faktörü,  $kg N_2O-N (kg N girdi)^{-1}$  (Çizelge 3.7)

Bu çalışmaya kaynak oluşturan Türkiye'nin çeltik yetiştiriciliği yapılan 10 ili için  $F_{ON}$  ve  $F_{SOM}$  değerleri bulunmadığından, bu değerler hesaplamalara dahil edilmemiştir. Çizelge 3.1'e göre değerlendirilen 10 il için kimyasal gübre miktarları ortalama  $35 kg/da 15.15.15+Zn (5.25 kg N)$  ve  $60 kg/da \% 21$  Amonyum Sülfat ( $12.6 kg N$ )'ın toplamı şeklinde alınarak  $F_{SN}$  hesaplanmıştır.

$N_2O-N$  emisyonlarını raporlama amaçlı  $N_2O$  emisyonlarına çevirmek için aşağıdaki Eşitlik 3.5 kullanılır [98]:

$$N_2O = N_2O-N \bullet 44/28 \quad (3.5)$$

Çizelge 3.7. Doğrudan  $N_2O$  Emisyonlarını Tahmin Etmek için Varsayılan Emisyon Faktörü [99]

| Emisyon Faktörü  | Varsayılan Değer | Hata Aralığı  |
|--|------------------|---------------|
| Sulanan çeltik alanları için<br>$EF_{1FR} [kg N_2O-N (kg N)^{-1}]$ | 0.003            | 0.000 - 0.006 |

Otlak/Mera Yenilenmesi ve Bitki Artığı Kaynaklı Toprağa Dönen Azot, ( $F_{CR}$ )

Otlak/mera yenilenmesi ve bitki artığı kaynaklı toprağa dönen azot Eşitlik 3.6 kullanılarak tahmin edilmektedir [98]:

$$F_{CR} = \sum_T \left\{ \left[ \frac{Bitki_{(T)} \bullet Frac_{Renew(T)} \bullet \left( \left[ \left( Alan_{(T)} - Yakılan alan_{(T)} \bullet C_f \right) \bullet R_{AG(T)} \bullet N_{AG(T)} \bullet (1 - Frac_{Remove(T)}) + Alan_{(T)} \bullet R_{BG(T)} \bullet N_{BG(T)} \right] \right)}{1} \right] \right\} \quad (3.6)$$

$F_{CR}$  = N tutan bitkiler ve otlak/mera yenilenmesinden oluşan toprağa dönen bitki artıklarındaki (yerin altında ve üstünde) yıllık N miktarı,  $kg N yr^{-1}$

$T$  = bitki ya da ot çeşidi (Hesaplamalar çeltik için yapılmıştır.)

$Bitki_{(T)}$  = bitki T'nin yıllık hasat edilen kuru madde miktarı,  $kg d.m. ha^{-1}$

$Alan_{(T)}$  = bitki T'nin yıllık toplam hasat edilen alan büyüklüğü,  $ha yr^{-1}$

$Yakılan alan_{(T)}$  = yakılan yıllık bitki T alanı,  $ha yr^{-1}$

$C_f$  = yanma faktörü

$Frac_{Renew(T)} =$  yıllık yenilenen bitki T ekili toplam alan oranı

Tek yıllık bitkiler için  $Frac_{Renew}=1$

$R_{AG(T)} =$  yer üstü kuru madde kalıntısının ( $AG_{DM(T)}$ ) hasat edilen bitki T miktarına oranı, kg d.m. (kg d.m.)<sup>-1</sup>

$= AG_{DM(T)} \bullet 1000 / Bitki_{(T)}$  Çizelge 3.8'deki bilgilere göre  $AG_{DM(T)}$  hesaplanır.

$N_{AG(T)} =$  bitki t için yer üstü artıkların azot içeriği, kg N (kg d.m.)<sup>-1</sup> (Çizelge 3.8)

$Frac_{Remove(T)} =$  bitki t'nin besin, katman amaçlı yıllık alınan yer üstü kalıntıların oranı, kg N (kg çeltik-N)<sup>-1</sup>

$Frac_{Remove(T)}$  için veri bulunmuyorsa  $Frac_{Remove(T)}$  0 alınabilir.

$R_{BG(T)} =$  yer altı artıklarının hasat edilen bitki t miktarına oranı, kg d.m. (kg d.m.)<sup>-1</sup>

$= R_{BG-BIO} \bullet [(AG_{DM(T)} \bullet 1000 + Bitki_{(T)})/Bitki_{(T)}]$  (Çizelge 3.8)

$N_{BG(T)} =$  bitki t için yer altı artıkların azot içeriği, kg N (kg d.m.)<sup>-1</sup> (Çizelge 3.8)

Çizelge 3.8. Bitki Artıklarından Toprağa Eklenen Azotun Tahmini için Varsayılan Faktörler [98]

| Bitki  | Hasat edilen ürünün kuru madde oranı (KURU) | Yer üstü kuru madde kalıntısı<br>$AG_{DM(T)}$ (Mg/ha):<br>$AG_{DM(T)} = (Bitki_{(T)}/1000) \bullet$<br>$eğim_{(T)} + kesme noktası_{(T)}$ |               | Yer üstü artıkların azot içeriği ( $N_{AG}$ ) | Yer altı artıklarının yer üstü biyokütlesine oranı ( $R_{BG-BIO}$ ) | Yer altı artıklarının azot içeriği ( $N_{BG}$ ) |
|--------|---|---|---------------|---|---|---|
|        |   | Eğim  | Kesme noktası |   |   |   |
| Çeltik | 0.89  | 0.95  | 2.46          | 0.007   | 0.16  | NA  |

### Bitki Miktarlarının Kuru Ağırlık Düzeltmesi

$$Bitki(T) = Yaş\ miktar(T) \bullet KURU \quad (3.7)$$

$Bitki(T) =$  bitki T için hasat edilen kuru madde miktarı, kg d.m. ha<sup>-1</sup>

$KURU =$  hasat edilen bitki T'nin kuru madde oranı, kg d.m. (kg taze ağırlık)<sup>-1</sup> (Çizelge 3.8)

### $F_{CR}$ Hesaplamasında Kullanılan Parametreler

IPCC 2006 Tier 1 yöntemine göre bitki artığı kaynaklı toprağa dönen azot ( $F_{CR}$ ), Eşitlik 3.6 yardımıyla aşağıdaki parametreler kullanılarak hesaplanmıştır.

1. Bitki<sub>(T)</sub>, çeltiğin yıllık hasat edilen kuru madde miktarı; TÜİK illere göre çeltik verim değerleri (EK 1) kullanılarak Eşitlik 3.7 yardımıyla hesaplanmıştır.
2. Alan<sub>(T)</sub>, çeltiğin yıllık toplam hasat edilen alan büyüklüğü için TÜİK illere göre çeltik hasat edilen alan büyüklükleri (EK 1) kullanılmıştır.
3. Türkiye’de çeltik anızının giderimi için alanın yakıldığı varsayılarak, Yakılan alan<sub>(T)</sub> ve Alan<sub>(T)</sub> eşit alınmıştır.
4. Frac<sub>Renew(T)</sub>, yıllık yenilenen çeltik ekili toplam alan oranı, çeltik tek yıllık bitki olduğu için 1.0 alınmıştır.
5. N<sub>AG(T)</sub>, çeltik için yer üstü artıkların azot içeriği, Çizelge 3.8’e göre 0.007 kg N (kg d.m.)<sup>-1</sup> alınmıştır.
6. Frac<sub>Remove(T)</sub> değeri bulunmadığı için 0 alınmıştır.
7. R<sub>BG-BIO</sub>, yer altı artıklarının yer üstü biyokütlesine oranı, Çizelge 3.8’e göre 0.16 kg d.m. (kg d.m.)<sup>-1</sup> alınmıştır.
8. N<sub>BG(T)</sub>, çeltik için yer altı artıkların azot içeriği, Çizelge 3.8’e göre bulunmadığından 1.0 olarak alınmıştır.

### 3.2.2. Dolaylı N<sub>2</sub>O Emisyonları

Azot eklenen topraklardan doğrudan oluşan N<sub>2</sub>O emisyonlarına ek olarak, N<sub>2</sub>O emisyonları iki dolaylı yol ile meydana gelir. Birinci yol, azotun NH<sub>3</sub> ve azot oksitler (NO<sub>x</sub>) şeklinde buharlaşması ve bu gazların ve NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ve NO<sub>3</sub><sup>-</sup> şeklindeki ürünlerinin toprakta ve su yüzeyinde birikimidir. İkinci yol ise sentetik ve organik gübre eklemeleri sonucu azotun topraktan sızması ve akması, bitki artığı, toprak karbonunun mineral olarak kaybı ile azotun mineralleşmesi, arazi kullanım değişikliği/uygulamaları ile yönetilen organik topraklar ve otlayan hayvanlar tarafından üre ve gübre birikimi olarak sıralanabilir.

Bu çalışmada, çeltik yetiştiriciliği kaynaklı dolaylı N<sub>2</sub>O emisyonları, buharlaşma ve sızma/akma yoluyla oluşan N<sub>2</sub>O emisyon hesaplamalarını içermektedir.

#### Dolaylı N<sub>2</sub>O Emisyonu için Tier 1 Yöntemi

##### Buharlaşma, N<sub>2</sub>O<sub>(ATD)</sub>

Topraktan buharlaşan azotun atmosferik birikimiyle oluşan N<sub>2</sub>O emisyonları Eşitlik 3.8 kullanılarak tahmin edilmektedir.

$$N_{2O(ATD)-N} = (F_{SN} \cdot Frac_{GASF}) \cdot EF_4 \quad (3.8)$$

Bu eşitlikte:

$N_2O_{(ATD)-N}$  = Toprakta buharlaşan N'nin atmosferik birikimiyle üretilen yıllık  $N_2O-N$  miktarı,  $kg N_2O-N yr^{-1}$

$F_{SN}$  = toprağa uygulanan sentetik gübre N yıllık miktarı,  $kg N yr^{-1}$  (Çizelge 3.1)

$Frac_{GASF}$  =  $NH_3$  ve  $NO_x$  olarak buharlaşan sentetik gübre N oranı,  $kg N$  buharlaşan ( $kg N$  uygulanan) (Çizelge 3.9)

$EF_4$  = Toprak ve su yüzeyinde N'in atmosferik birikimi sonucu oluşan  $N_2O$  emisyonları için emisyon faktörü,  $[kg N-N_2O (kg NH_3-N + NO_x-N buharlaşan)^{-1}]$  (Çizelge 3.9)

$N_2O-N$  emisyonlarını raporlama amaçlı  $N_2O$  emisyonlarına çevirmek için aşağıdaki Eşitlik 3.9 kullanılır:

$$N_2O_{(ATD)} = N_2O_{(ATD)-N} \bullet 44/28 \quad (3.9)$$

Sızma/Akma,  $N_2O_{(L)}$

Sızma ve akmanın olduğu bölgelerde sızma ve akma sonucu oluşan  $N_2O$  emisyonları Eşitlik 3.10 kullanılarak tahmin edilir:

$$N_2O_{(L)-N} = (F_{SN} + F_{CR}) \bullet Frac_{LEACH-(H)} \bullet EF_5 \quad (3.10)$$

$N_2O_{(L)-N}$  = Sızma ve akmanın olduğu bölgelerde toprağa eklenen azottan sızma ve akma ile üretilen yıllık  $N_2O-N$  miktarı,  $kg N_2O-N yr^{-1}$

$F_{SN}$  = Sızma/akmanın olduğu bölgelerde toprağa uygulanan sentetik gübre N yıllık miktarı,  $kg N yr^{-1}$  (Çizelge 3.1)

$F_{CR}$  = Sızma/akmanın olduğu bölgelerde N tutan bitkiler ve otlak/mera yenilenmesinden oluşan toprağa dönen bitki artıklarındaki (yerin altında ve üstünde) yıllık N miktarı,  $kg N yr^{-1}$

$Frac_{LEACH-(H)}$  = Sızma/akmanın olduğu bölgelerde toprağa eklenen/mineralleşen sızma ve akma sonucu kaybedilen tüm N oranı,  $kg N (kg N ilavesi)^{-1}$  (Çizelge 3.9)

$EF_5$  = N sızma ve akmasından oluşan  $N_2O$  emisyonları için emisyon faktörü,  $kg N_2O-N (kg N sızan ve akan)^{-1}$  (Çizelge 3.9)

$N_2O-N$  emisyonlarını raporlama amaçlı  $N_2O$  emisyonlarına çevirmek için aşağıdaki Eşitlik 3.11 kullanılır:

$$N_2O_{(L)} = N_2O_{(L)-N} \bullet 44/28 \quad (3.11)$$



Çizelge 3.9. Dolaylı Toprak N<sub>2</sub>O Emisyonları için Varsayılan Emisyon, Buharlaşma ve Sızma Faktörleri

| Faktör  | Varsayılan Değer | Belirsizlik Aralığı |
|---|------------------|---------------------|
| EF <sub>4</sub> [N buharlaşma ve birikimi],<br>[kg N–N <sub>2</sub> O (kg NH <sub>3</sub> –N + NO <sub>x</sub> –<br>N buharlaşan) <sup>-1</sup> ] | 0.010            | 0.002 - 0.05        |
| EF <sub>5</sub> [sızma/akma], kg N <sub>2</sub> O–N<br>(kg N sızan/ akan) <sup>-1</sup>   | 0.0075           | 0.0005 - 0.025      |
| Frac <sub>GASF</sub> [Sentetik gübrelere<br>buharlaşma] (kg NH <sub>3</sub> –N +<br>NO <sub>x</sub> –N) (kg N uygulanan) <sup>-1</sup>            | 0.10             | 0.03 - 0.3          |
| Frac <sub>LEACH-(H)</sub> , kg N (kg N<br>ilavesi) <sup>-1</sup>  | 0.30             | 0.1 - 0.8           |

#### 4. TÜRKİYE’NİN ÇELTİK YETİŞTİRİCİLİĞİ KAYNAKLI SERA GAZI EMİSYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Çeltik yetiştiriciliği kaynaklı sera gazı olan CH<sub>4</sub> emisyon miktarının hesaplanmasında en önemli kriter olan çeltik hasat edilen alan büyüklükleri TÜİK [10] verileri kullanılarak elde edilmiştir.

TÜİK 2017 çeltik hasat edilen alan büyüklükleri ve üretim miktarları incelendiğinde Edirne ilinin Türkiye’nin en fazla çeltik yetiştirilen ili olduğu görülmektedir. Bunun nedenleri olarak, çeltik yetiştiriciliği için Meriç ve Ergene nehirlerinin önemli su kaynakları olması, tuzlu toprakların iyileştirilmesi ve taban suyu yüksek topraklarda çeltik tarımının yapılabilmesi sıralanabilir. Özellikle Meriç nehri kenarında bulunan 170 km’lik alanda taban suyunun yüksek olması nedeniyle çeltikten başka diğer tarla ürünleri yetiştirilemediği için bu alanlar çeltik yetiştirilerek değerlendirilmektedir. Birim alandan ekonomik getirisi diğer ürünlere göre daha yüksek olan çeltik bitkisinin yetiştiriciliği, özellikle Meriç ovasında İpsala, Meriç ve Uzunköprü ilçelerinde yoğun olarak gerçekleştirilmektedir [100].

TÜİK 2017 çeltik hasat edilen alan büyüklüklerine göre ilk 5 il Edirne, Samsun, Balıkesir, Çanakkale ve Çorum olarak görülmektedir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Türkiye’nin 2017 yılı Çeltik Hasat Edilen Alan Büyüklüklerine Göre İl Sıralaması [10]

| No | İl         | Hasat Edilen Alan (dekar) |
|----|------------|---------------------------|
| 1  | Edirne     | 456846                    |
| 2  | Samsun     | 165965                    |
| 3  | Balıkesir  | 144376                    |
| 4  | Çanakkale  | 82367                     |
| 5  | Çorum      | 69131                     |
| 6  | Sinop      | 41324                     |
| 7  | Bursa      | 25720                     |
| 8  | Kırklareli | 20831                     |
| 9  | Çankırı    | 22119                     |
| 10 | Diyarbakır | 13528                     |
| 11 | Mersin     | 11989                     |
| 12 | Kastamonu  | 10219                     |
| 13 | Tekirdağ   | 9439                      |
| 14 | Şanlıurfa  | 6000                      |
| 15 | Kırıkkale  | 3500                      |
| 16 | İstanbul   | 2900                      |
| 17 | Düzce      | 2200                      |
| 18 | Mardin     | 1500                      |

|               |               |                |
|---------------|---------------|----------------|
| 19            | Amasya        | 1238           |
| 20            | Ankara        | 1100           |
| 21            | Tokat         | 1000           |
| 22            | Hakkari       | 750            |
| 23            | Karabük       | 390            |
| 24            | Bingöl        | 250            |
| 25            | Bolu          | 185            |
| 26            | Osmaniye      | 152            |
| 27            | Kahramanmaraş | 30             |
| <b>Toplam</b> |               | <b>1095049</b> |

Çeltik yetiştiriciliği kaynaklı bir diğer sera gazı olan NO<sub>2</sub> emisyon miktarının hesaplanmasında en önemli kriter olan çeltik yetiştiriciliğinde kullanılan gübre çeşitleri ve miktarları Tarım ve Orman Bakanlığı, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü'nden elde edilmiştir. Çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam NO<sub>2</sub> emisyon miktarı, doğrudan ve dolaylı NO<sub>2</sub> emisyonlarının toplamı şeklinde hesaplanmıştır.

#### 4.1. Türkiye'nin Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Metan (CH<sub>4</sub>) Gazı Emisyon Sonuçları

Metan (CH<sub>4</sub>) gazı emisyonları IPCC 2006 kılavuzu Tier 1 yöntemine göre hesaplanmıştır [32].

Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 ilin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam CH<sub>4</sub> emisyonu 2017 yılı için yaklaşık 6.68 kt/yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2). CH<sub>4</sub> gazının CO<sub>2</sub>'den 25 kat daha fazla atmosferik etkisi olduğu hesaba katıldığında 2017 yılı için 167 kt CO<sub>2</sub>e/yıl metan emisyonu hesaplanmıştır. En fazla emisyon yaklaşık 73.5 kt CO<sub>2</sub>e/yıl ile Edirne ilinde oluşmaktadır (Çizelge 4.2). Bunun nedeni Edirne'nin çeltik hasat edilen alan büyüklüğü bakımından (Çizelge 4.1) ilk sırada yer almasıdır.

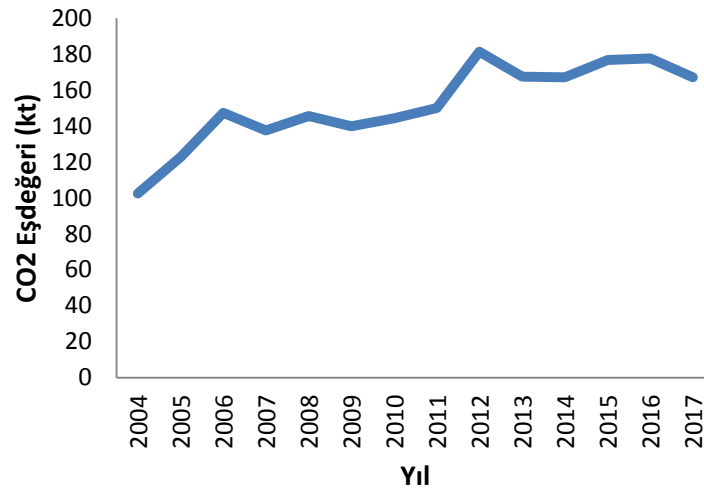
Çizelge 4.2. Değerlendirilen 10 İlin 2017 Yılı Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Metan (CH<sub>4</sub>) Emisyon Miktarları

| No            | İl         | CH <sub>4</sub> Emisyonu (kt/yıl) | CO <sub>2</sub> Eşdeğeri (kt/yıl) |
|---------------|------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1             | Edirne     | 2.94                              | 73.5                              |
| 2             | Samsun     | 1.07                              | 26.75                             |
| 3             | Balıkesir  | 0.93                              | 23.25                             |
| 4             | Çanakkale  | 0.53                              | 13.25                             |
| 5             | Çorum      | 0.44                              | 11.0                              |
| 6             | Sinop      | 0.27                              | 6.75                              |
| 7             | Bursa      | 0.17                              | 4.25                              |
| 8             | Çankırı    | 0.14                              | 3.5                               |
| 9             | Kırklareli | 0.13                              | 3.25                              |
| 10            | Tekirdağ   | 0.06                              | 1.5                               |
| <b>Toplam</b> |            | <b>6.68</b>                       | <b>167</b>                        |

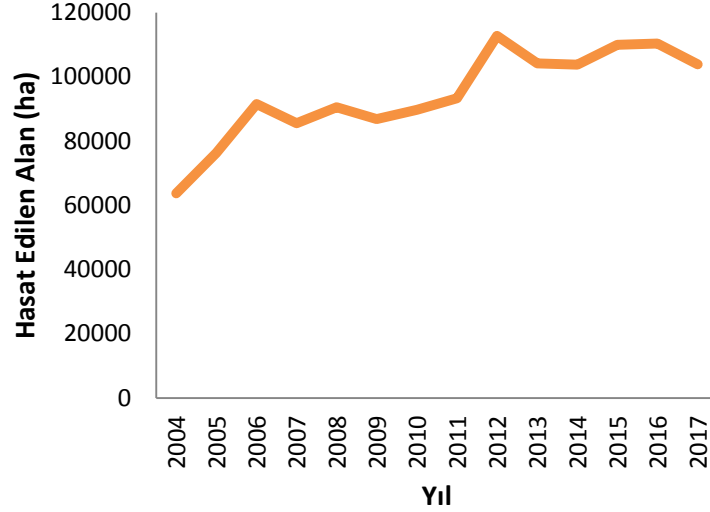
2007 yılında 10 il için 5.5 kt/yıl olarak hesaplanan metan emisyon miktarı, 2017 yılında 6.68 kt/yıl olarak %21.4 oranında artış göstermiştir. Bunun nedeni, değerlendirilen 10 ilin toplam çeltik hasat edilen alan büyüklüğünün 10 yıl içinde aynı orandaki artışıdır (Çizelge 4.3) (Şekil 4.1 ve 4.2).

Çizelge 4.3. Değerlendirilen 10 İlin 2004-2017 Yılları Arasında Çeltik Yetiştiriciliğinden Kaynaklanan Toplam Metan (CH<sub>4</sub>) Emisyon Miktarları

| Yıl  | Hasat Edilen Alan (ha) | CH <sub>4</sub> Emisyonu (kt) | CO <sub>2</sub> Eşdeğeri (kt) |
|------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 2004 | 63679.0                | 4.1                           | 102.5                         |
| 2005 | 76233.0                | 4.91                          | 122.75                        |
| 2006 | 91495.5                | 5.89                          | 147.25                        |
| 2007 | 85471.6                | 5.5                           | 137.5                         |
| 2008 | 90485.5                | 5.82                          | 145.5                         |
| 2009 | 86863.0                | 5.59                          | 139.75                        |
| 2010 | 89692.1                | 5.77                          | 144.25                        |
| 2011 | 93265.2                | 6.0                           | 150.0                         |
| 2012 | 112680.1               | 7.25                          | 181.25                        |
| 2013 | 104138.8               | 6.7                           | 167.5                         |
| 2014 | 103761.2               | 6.68                          | 167.0                         |
| 2015 | 109925.4               | 7.07                          | 176.75                        |
| 2016 | 110328.0               | 7.1                           | 177.5                         |
| 2017 | 103811.8               | 6.68                          | 167.0                         |



Şekil 4.1. Değerlendirilen 10 İlin 2004-2017 Yılları Arasında Çeltik Yetiştiriciliğinden Kaynaklanan Toplam Metan (CH<sub>4</sub>) Emisyon Miktarları



Şekil 4.2. Değerlendirilen 10 İlin 2004-2017 Yılları Arası Çeltik Hasat Edilen Alan Büyüklüğündeki Değişim

#### 4.2. Çeltik Yetiştiriciliğinde Uygulanan Farklı Su Rejimlerinin Türkiye'nin Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Metan (CH<sub>4</sub>) Gazı Emisyon Miktarına Etkisi

IPCC 2006 rehberi Cilt 4, Bölüm 5.5 Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Metan Emisyonları'nda yer alan çeltiğin yetiştirme dönemi ve öncesinde uygulanan su rejimi seçenekleri için varsayılan her bir emisyon ölçekleme faktörüne göre Tier 1 yöntemi kullanılarak 2017 yılında Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 ilin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı metan (CH<sub>4</sub>) gazı emisyon miktarları karşılaştırılmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda yetiştirme dönemi ve öncesinde uygulanan su rejimlerinin metan gazı emisyon miktarına etkisi tahmin edilmiştir.

#### 4.3. Yetiştirme Dönemindeki Su Rejimlerine Göre Metan (CH<sub>4</sub>) Gazı Emisyon Miktarları

Yetiştirme Dönemindeki Su Rejimlerine (Çizelge 3.3) göre SFw değerleri 1, 0.6 ve 0.52 alındığında, değerlendirilen 10 ilin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam metan (CH<sub>4</sub>) gazı emisyon miktarları 2017 yılı için 12.85 kt/yıl, 7.71 kt/yıl ve 6.68 kt/yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.4). Hesaplamaların yapıldığı 10 ilde yetiştirme döneminden önce *sezon öncesi sulanmayan*>180 gün su rejimi uygulandığı için SFp 0.68 olarak alınmıştır.

Çizelge 4.4. Değerlendirilen 10 İlin Çeltik Yetiştirme Dönemindeki Su Rejimlerine Göre 2004-2017 Yılları Arası Hesaplanan Metan (CH<sub>4</sub>) Gazı Emisyon Miktarları

| Yetiştirme Dönemindeki Su Rejimleri |                        | Sürekli Sulanan SFw=1         |                               | Tek Havalandırma SFw=0.6      |                               | Birden Fazla Havalandırma SFw=0.52 |                               |
|-------------------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| Yıl                                 | Hasat Edilen Alan (ha) | CH <sub>4</sub> Emisyonu (kt) | CO <sub>2</sub> Eşdeğeri (kt) | CH <sub>4</sub> Emisyonu (kt) | CO <sub>2</sub> Eşdeğeri (kt) | CH <sub>4</sub> Emisyonu (kt)      | CO <sub>2</sub> Eşdeğeri (kt) |
| 2004                                | 63679.0                | 7.88                          | 197.0                         | 4.73                          | 118.25                        | 4.1                                | 102.5                         |
| 2005                                | 76233.0                | 9.43                          | 235.75                        | 5.66                          | 141.5                         | 4.91                               | 122.75                        |
| 2006                                | 91495.5                | 11.32                         | 283.0                         | 6.79                          | 169.75                        | 5.89                               | 147.25                        |
| 2007                                | 85471.6                | 10.58                         | 264.5                         | 6.35                          | 158.75                        | 5.5                                | 137.5                         |
| 2008                                | 90485.5                | 11.2                          | 280.0                         | 6.72                          | 168.0                         | 5.82                               | 145.5                         |
| 2009                                | 86863.0                | 10.75                         | 268.75                        | 6.45                          | 161.25                        | 5.59                               | 139.75                        |
| 2010                                | 89692.1                | 11.1                          | 277.5                         | 6.66                          | 166.5                         | 5.77                               | 144.25                        |
| 2011                                | 93265.2                | 11.54                         | 288.5                         | 6.93                          | 173.25                        | 6.0                                | 150                           |
| 2012                                | 112680.1               | 13.95                         | 348.75                        | 8.37                          | 209.25                        | 7.25                               | 181.25                        |
| 2013                                | 104138.8               | 12.89                         | 322.25                        | 7.73                          | 193.25                        | 6.7                                | 167.5                         |
| 2014                                | 103761.2               | 12.84                         | 321.0                         | 7.70                          | 192.5                         | 6.68                               | 167                           |
| 2015                                | 109925.4               | 13.6                          | 340.0                         | 8.16                          | 204.0                         | 7.07                               | 176.75                        |
| 2016                                | 110328.0               | 13.65                         | 341.25                        | 8.19                          | 204.75                        | 7.1                                | 177.5                         |
| 2017                                | 103811.8               | 12.85                         | 321.25                        | 7.71                          | 192.75                        | 6.68                               | 167                           |

Yapılan hesaplamalara göre, yetiştirme dönemindeki su rejimlerine göre birden fazla havalandırma uygulanan çeltik tarlalarında metan (CH<sub>4</sub>) gazı emisyon miktarı en düşük seviyede belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

#### 4.3.1. Yetiştirme Döneminden Önceki Su Rejimleri

Yetiştirme Döneminden Önceki Su Rejimlerine (Çizelge 3.4) göre SFp 1, 0.68 ve 1.9 alındığında, değerlendirilen 10 ilin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam metan (CH<sub>4</sub>) gazı emisyon miktarları 2017 yılı için 9.82 kt/yıl, 6.68 kt/yıl ve 18.67 kt/yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.5). Hesaplamaların yapıldığı 10 ilde yetiştirme döneminde *kesikli sulanan-birden fazla havalandırma* su rejimi uygulandığı için SFw 0.52 olarak alınmıştır.

Çizelge 4.5. Değerlendirilen 10 İlin Çeltik Yetiştirme Döneminden Önceki Su Rejimlerine Göre 2004-2017 Yılları Arası Hesaplanan Metan (CH<sub>4</sub>) Gazı Emisyon Miktarları

| Yetiştirme Döneminden Önceki Su Rejimleri |                        | Sezon Öncesi Sulanmayan<180 gün SFp=1 |                               | Sezon Öncesi Sulanmayan>180 gün SFp=0.68 |                               | Sezon Öncesinde Sulanan>30 gün SFp=1.9 |                               |
|---|------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|--|-------------------------------|--|-------------------------------|
| Yıl                                       | Hasat Edilen Alan (ha) | CH <sub>4</sub> Emisyonu (kt)         | CO <sub>2</sub> Eşdeğeri (kt) | CH <sub>4</sub> Emisyonu (kt)            | CO <sub>2</sub> Eşdeğeri (kt) | CH <sub>4</sub> Emisyonu (kt)          | CO <sub>2</sub> Eşdeğeri (kt) |
| 2004                                      | 63679.0                | 6.03                                  | 150.75                        | 4.1                                      | 102.5                         | 11.45                                  | 286.25                        |
| 2005                                      | 76233.0                | 7.21                                  | 180.25                        | 4.91                                     | 122.75                        | 13.71                                  | 342.75                        |
| 2006                                      | 91495.5                | 8.66                                  | 216.5                         | 5.89                                     | 147.25                        | 16.45                                  | 411.25                        |
| 2007                                      | 85471.6                | 8.09                                  | 202.25                        | 5.5                                      | 137.5                         | 15.37                                  | 384.25                        |
| 2008                                      | 90485.5                | 8.56                                  | 214.0                         | 5.82                                     | 145.5                         | 16.27                                  | 406.75                        |
| 2009                                      | 86863.0                | 8.22                                  | 205.5                         | 5.59                                     | 139.75                        | 15.62                                  | 390.5                         |
| 2010                                      | 89692.1                | 8.49                                  | 212.25                        | 5.77                                     | 144.25                        | 16.13                                  | 403.25                        |
| 2011                                      | 93265.2                | 8.83                                  | 220.75                        | 6.0                                      | 150.0                         | 16.77                                  | 419.25                        |
| 2012                                      | 112680.1               | 10.66                                 | 266.5                         | 7.25                                     | 181.25                        | 20.26                                  | 506.5                         |
| 2013                                      | 104138.8               | 9.86                                  | 246.5                         | 6.7                                      | 167.5                         | 18.73                                  | 468.25                        |
| 2014                                      | 103761.2               | 9.82                                  | 245.5                         | 6.68                                     | 167.0                         | 18.66                                  | 466.5                         |
| 2015                                      | 109925.4               | 10.4                                  | 260.0                         | 7.07                                     | 176.75                        | 19.77                                  | 494.25                        |
| 2016                                      | 110328.0               | 10.44                                 | 261.0                         | 7.1                                      | 177.5                         | 19.84                                  | 496.0                         |
| 2017                                      | 103811.8               | 9.82                                  | 245.5                         | 6.68                                     | 167.0                         | 18.67                                  | 466.75                        |

Yapılan hesaplamalara göre, yetiştirme döneminden önceki su rejimlerine göre ekim sezonu öncesi 180 günden fazla süredir sulanmamış çeltik tarlalarında metan (CH<sub>4</sub>) gazı emisyon miktarı en düşük seviyede belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda, yetiştirme döneminde birden fazla havalandırılan; yetiştirme dönemi öncesinde ise 180 günden fazla süredir sulanmamış olan çeltik tarlalarında metan (CH<sub>4</sub>) gazı emisyon miktarlarının en düşük seviyede olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda, Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 ilde de *birden fazla havalandırma* ve *sezon öncesi sulanmayan>180 gün* su rejimleri uygulanmaktadır.

Çeltik yetiştirme döneminde uygulanan *kesikli sulanan–birden fazla havalandırma* su rejiminin *sürekli sulanan*'a göre %48, *kesikli sulanan–tek havalandırma*'ya göre %13.4 oranında CH<sub>4</sub> emisyonunu azaltma potansiyeli olduğu hesaplanmıştır (Çizelge 4.6).

Çeltik yetiştirme dönemi öncesinde uygulanan *sezon öncesi sulanmayan>180 gün* su rejiminin *sezon öncesi sulanmayan<180 gün*'e göre %32, *sezon öncesinde sulanan>30 gün*'e göre %64.2 oranında CH<sub>4</sub> emisyonunu azaltma potansiyeli olduğu hesaplanmıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Değerlendirilen 10 İlin Farklı Su Rejimlerine Göre 2017 Yılı Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Toplam CH<sub>4</sub> Emisyon Miktarları

| Su Rejimleri                      | Sezon Öncesi Sulanmayan>180 gün |                  |                           | Kesikli Sulanan – Birden Fazla Havalandırma |                                 |                                |
|-----------------------------------|---------------------------------|------------------|---------------------------|---|---------------------------------|--------------------------------|
|                                   | Sürekli Sulanan                 | Tek Havalandırma | Birden fazla Havalandırma | Sezon Öncesi Sulanmayan <180 gün            | Sezon Öncesi Sulanmayan>180 gün | Sezon Öncesinde Sulanan>30 gün |
| CH <sub>4</sub> (kt/yıl)          | 12.85                           | 7.71             | 6.68                      | 9.82  | 6.68                            | 18.67                          |
| CO <sub>2</sub> eşdeğeri (kt/yıl) | 321.25                          | 192.75           | 167                       | 245.5                                       | 167                             | 466.75                         |

#### 4.4. Türkiye'nin Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Nitröz Oksit (N<sub>2</sub>O) Gazı Emisyon Sonuçları

Nitröz Oksit (N<sub>2</sub>O) gazı emisyonları IPCC 2006 kılavuzu Tier 1 yöntemine göre doğrudan ve dolaylı nitröz oksit emisyonları olarak iki ayrı şekilde hesaplanmıştır [98].

##### 4.4.1. Doğrudan Nitröz Oksit (N<sub>2</sub>O) Emisyon Sonuçları

Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 ilin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam doğrudan N<sub>2</sub>O emisyonu 2017 yılı için yaklaşık 2.03 kt/yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.7). N<sub>2</sub>O gazının CO<sub>2</sub>'den 298 kat daha fazla atmosferik etkisi olduğu hesaba katıldığında 2017 yılı için yaklaşık 604.94 kt/yıl CO<sub>2</sub> eşdeğerinde toplam doğrudan N<sub>2</sub>O emisyonu olduğu hesaplanmıştır. En fazla emisyon yaklaşık 277.14 kt CO<sub>2</sub>e/yıl ile Edirne ilinde oluşmaktadır (Çizelge 4.7). Her ilde genel olarak aynı çeşit ve miktarda azot içeren gübre kullanıldığı (Çizelge 3.1) göz önünde bulundurulduğunda, en fazla emisyonun Edirne'de oluşmasının nedeni, Edirne'nin hasat edilen çeltik alan büyüklüğü ve çeltik miktarı (EK 1) bakımından ilk sırada yer alması olarak gösterilebilir.



Çizelge 4.7. Değerlendirilen 10 İlin 2017 Yılı Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Doğrudan Nitröz Oksit (N<sub>2</sub>O) Emisyon Miktarları

| No | İl            | Doğrudan<br>N <sub>2</sub> O Emisyonu (kt/yıl) | CO <sub>2</sub><br>Eşdeğeri (kt/yıl) |
|----|---------------|--|--------------------------------------|
| 1  | Edirne        | 0.93   | 277.14                               |
| 2  | Samsun        | 0.31   | 92.38                                |
| 3  | Balıkesir     | 0.27   | 80.46                                |
| 4  | Çanakkale     | 0.16   | 47.68                                |
| 5  | Çorum         | 0.13   | 38.74                                |
| 6  | Sinop         | 0.08   | 23.84                                |
| 7  | Bursa         | 0.05   | 14.9                                 |
| 8  | Çankırı       | 0.04   | 11.92                                |
| 9  | Kırklareli    | 0.04   | 11.92                                |
| 10 | Tekirdağ      | 0.02   | 5.96                                 |
|    | <b>Toplam</b> | <b>2.03</b>                                    | <b>604.94</b>                        |

2007 yılında 10 il için 1.44 kt/yıl olarak hesaplanan doğrudan nitröz oksit emisyon miktarı, 2017 yılında 2.03 kt/yıl olarak, yaklaşık %41 oranında artış göstermiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Değerlendirilen 10 İlin 2004-2017 Yılları Arasında Çeltik Yetiştiriciliğinden Kaynaklanan Toplam Doğrudan Nitröz Oksit (N<sub>2</sub>O) Emisyon Miktarları

| Yıl  | Hasat Edilen<br>Alan<br>(ha) | Doğrudan<br>N <sub>2</sub> O Emisyonu<br>(kt) | CO <sub>2</sub><br>Eşdeğeri<br>(kt) |
|------|------------------------------|---|-------------------------------------|
| 2004 | 63679.0                      | 1.08  | 321.84                              |
| 2005 | 76233.0                      | 1.3   | 387.4                               |
| 2006 | 91495.5                      | 1.55  | 461.9                               |
| 2007 | 85471.6                      | 1.44  | 429.12                              |
| 2008 | 90485.5                      | 1.67  | 497.66                              |
| 2009 | 86863.0                      | 1.64  | 488.72                              |
| 2010 | 89692.1                      | 1.88  | 560.24                              |
| 2011 | 93265.2                      | 2.0   | 596.0                               |
| 2012 | 112680.1                     | 1.98  | 590.04                              |
| 2013 | 104138.8                     | 2.02  | 601.96                              |
| 2014 | 103761.2                     | 1.88  | 560.24                              |
| 2015 | 109925.4                     | 2.07  | 616.86                              |
| 2016 | 110328.0                     | 2.07  | 616.86                              |
| 2017 | 103811.8                     | 2.03  | 604.94                              |

#### 4.4.2. Dolaylı Nitröz Oksit (N<sub>2</sub>O) Emisyon Sonuçları

Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 ilin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam dolaylı N<sub>2</sub>O emisyonu 2017 yılı için yaklaşık 1.54 kt/yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.9). Bu emisyonun yaklaşık 0.03 kt/yıl'ı buharlaşma, 1.52 kt/yıl'ı ise sızma ve akma sonucu oluşmaktadır. En fazla dolaylı nitröz oksit (N<sub>2</sub>O) emisyonu yaklaşık 211.58 kt CO<sub>2</sub>e/yıl ile Edirne ilinde oluşmaktadır (Çizelge 4.9). Her ilde genel olarak aynı çeşit ve miktarda azot içeren gübre kullanıldığı (Çizelge 3.1) göz önünde bulundurulduğunda, en fazla emisyonun Edirne'de oluşmasının nedeni, Edirne'nin hasat edilen çeltik alan büyüklüğü ve çeltik miktarı (EK 1) bakımından ilk sırada yer alması olarak gösterilebilir.

Çizelge 4.9. Değerlendirilen 10 İlin 2017 Yılı Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Dolaylı Nitröz Oksit (N<sub>2</sub>O) Emisyon Miktarları

| No | İl            | Buharlaşma<br>Yoluyla Oluşan<br>Dolaylı<br>N <sub>2</sub> O Emisyonu<br>(kt/yıl) | Sızma ve Akma<br>Yoluyla Oluşan<br>Dolaylı<br>N <sub>2</sub> O Emisyonu<br>(kt/yıl) | Toplam Dolaylı<br>N <sub>2</sub> O Emisyonu<br>(kt/yıl) | CO <sub>2</sub><br>Eşdeğeri<br>(kt/yıl) |
|----|---------------|--|---|---|---|
| 1  | Edirne        | 0.013  | 0.70  | 0.71  | 211.58                                  |
| 2  | Samsun        | 0.005  | 0.23  | 0.24  | 71.52                                   |
| 3  | Balıkesir     | 0.004  | 0.20  | 0.20  | 59.6                                    |
| 4  | Çanakkale     | 0.002  | 0.12  | 0.12  | 35.76                                   |
| 5  | Çorum         | 0.002  | 0.10  | 0.10  | 29.8                                    |
| 6  | Sinop         | 0.001  | 0.06  | 0.06  | 17.88                                   |
| 7  | Bursa         | 0.001  | 0.04  | 0.04  | 11.92                                   |
| 8  | Çankırı       | 0.001  | 0.03  | 0.03  | 8.94                                    |
| 9  | Kırklareli    | 0.001  | 0.03  | 0.03  | 8.94                                    |
| 10 | Tekirdağ      | 0.0003   | 0.01  | 0.01  | 2.98                                    |
|    | <b>Toplam</b> | <b>0.03</b>  | <b>1.52</b>   | <b>1.54</b>   | <b>461.9</b>                            |

2007 yılında 10 il için 1.11 kt/yıl olarak hesaplanan dolaylı nitröz oksit emisyon miktarı, 2017 yılında 1.54 kt/yıl olarak, %38.7 oranında artış göstermiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Değerlendirilen 10 İlin 2004-2017 Yılları Arasında Çeltik Yetiştiriciliğinden Kaynaklanan Toplam Dolaylı Nitröz Oksit (N<sub>2</sub>O) Emisyon Miktarları

| Yıl  | Hasat Edilen Alan (ha) | Dolaylı N <sub>2</sub> O Emisyonu (kt) | CO <sub>2</sub> Eşdeğeri (kt) |
|------|------------------------|--|-------------------------------|
| 2004 | 63679.0                | 0.83                                   | 247.34                        |
| 2005 | 76233.0                | 1.0                                    | 298.0                         |
| 2006 | 91495.5                | 1.19                                   | 354.62                        |
| 2007 | 85471.6                | 1.11                                   | 330.78                        |
| 2008 | 90485.5                | 1.28                                   | 381.44                        |
| 2009 | 86863.0                | 1.25                                   | 372.5                         |
| 2010 | 89692.1                | 1.43                                   | 426.14                        |
| 2011 | 93265.2                | 1.53                                   | 455.94                        |
| 2012 | 112680.1               | 1.52                                   | 452.96                        |
| 2013 | 104138.8               | 1.54                                   | 458.92                        |
| 2014 | 103761.2               | 1.44                                   | 429.12                        |
| 2015 | 109925.4               | 1.58                                   | 470.84                        |
| 2016 | 110328.0               | 1.59                                   | 473.82                        |
| 2017 | 103811.8               | 1.54                                   | 461.9                         |

#### 4.5. Türkiye'nin Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonları Sonuçları

Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 ilin 2017 yılı çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam sera gazı emisyonu yaklaşık 1230.86 kt CO<sub>2</sub>e/yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.11). Edirne ili toplamda yaklaşık 562.2 kt CO<sub>2</sub>e/yıl ile en fazla emisyonun olduğu ildir.

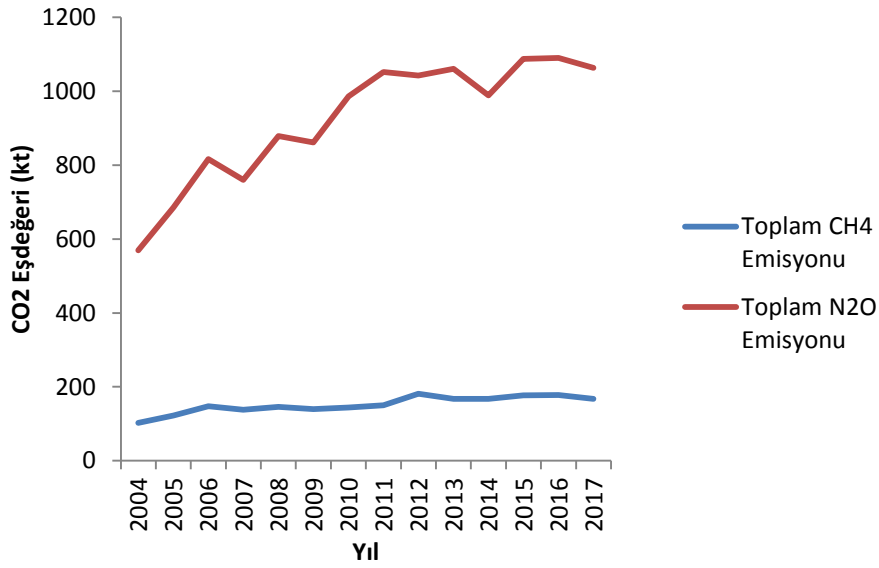
Çizelge 4.11. Türkiye Çeltik Hasadının %94.8'inin Gerçekleştiği 10 İlin 2017 Yılı Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Toplam Sera Gazı Emisyonları Sonuçları

| No | İl            | CH <sub>4</sub>                          | N <sub>2</sub> O                            |  |   | CO <sub>2</sub> e                 |
|----|---------------|--|---|--|---|-----------------------------------|
|    |               | Toplam CH <sub>4</sub> Emisyonu (kt/yıl) | Doğrudan N <sub>2</sub> O Emisyonu (kt/yıl) | Dolaylı N <sub>2</sub> O Emisyonu (kt/yıl) | Toplam N <sub>2</sub> O Emisyonu (kt/yıl) | Toplam CO <sub>2</sub> e (kt/yıl) |
| 1  | Edirne        | 2.94                                     | 0.93  | 0.71                                       | 1.64                                      | 562.22                            |
| 2  | Samsun        | 1.07                                     | 0.31  | 0.24                                       | 0.55                                      | 190.65                            |
| 3  | Balıkesir     | 0.93                                     | 0.27  | 0.2  | 0.47                                      | 163.31                            |
| 4  | Çanakkale     | 0.53                                     | 0.16  | 0.12                                       | 0.28                                      | 96.69                             |
| 5  | Çorum         | 0.44                                     | 0.13  | 0.1  | 0.23                                      | 79.54                             |
| 6  | Sinop         | 0.27                                     | 0.08  | 0.06                                       | 0.14                                      | 48.47                             |
| 7  | Bursa         | 0.17                                     | 0.05  | 0.04                                       | 0.09                                      | 31.07                             |
| 8  | Çankırı       | 0.14                                     | 0.04  | 0.03                                       | 0.07                                      | 24.36                             |
| 9  | Kırklareli    | 0.13                                     | 0.04  | 0.03                                       | 0.07                                      | 24.11                             |
| 10 | Tekirdağ      | 0.06                                     | 0.02  | 0.01                                       | 0.03                                      | 10.44                             |
|    | <b>Toplam</b> | <b>6.68</b>                              | <b>2.03</b>                                 | <b>1.54</b>                                | <b>3.57</b>                               | <b>1230.86</b>                    |

2007 yılında 10 il için 897.4 kt CO<sub>2</sub>e/yıl olarak hesaplanan çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam sera gazı emisyon miktarı, 2017 yılında 1230.86 kt CO<sub>2</sub>e/yıl olarak yaklaşık %37 oranında artış göstermiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Türkiye Çeltik Hasadının %94.8'inin Gerçekleştiği 10 İlin 2004-2017 Yılları Arasında Çeltik Yetiştiriciliğinden Kaynaklanan Toplam Sera Gazı Emisyonları Sonuçları

| Yıl  | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O                     |   |  | CO <sub>2</sub> e |
|------|-----------------|--------------------------------------|---|--|-------------------|
|      |                 | Toplam CH <sub>4</sub> Emisyonu (kt) | Doğrudan N <sub>2</sub> O Emisyonu (kt) | Dolaylı N <sub>2</sub> O Emisyonu (kt) |                   |
| 2004 | 4.1             | 1.08                                 | 0.83                                    | 1.91                                   | 671.68            |
| 2005 | 4.91            | 1.3                                  | 1.0                                     | 2.3                                    | 808.15            |
| 2006 | 5.89            | 1.55                                 | 1.19                                    | 2.74                                   | 963.77            |
| 2007 | 5.50            | 1.44                                 | 1.11                                    | 2.55                                   | 897.4             |
| 2008 | 5.82            | 1.67                                 | 1.28                                    | 2.95                                   | 1024.6            |
| 2009 | 5.59            | 1.64                                 | 1.25                                    | 2.89                                   | 1000.97           |
| 2010 | 5.77            | 1.88                                 | 1.43                                    | 3.31                                   | 1130.63           |
| 2011 | 6.0             | 2.0                                  | 1.53                                    | 3.53                                   | 1201.94           |
| 2012 | 7.25            | 1.98                                 | 1.52                                    | 3.5                                    | 1224.25           |
| 2013 | 6.7             | 2.02                                 | 1.54                                    | 3.56                                   | 1228.38           |
| 2014 | 6.68            | 1.88                                 | 1.44                                    | 3.32                                   | 1156.36           |
| 2015 | 7.07            | 2.07                                 | 1.58                                    | 3.65                                   | 1264.45           |
| 2016 | 7.1             | 2.07                                 | 1.59                                    | 3.66                                   | 1268.18           |
| 2017 | 6.68            | 2.03                                 | 1.54                                    | 3.57                                   | 1230.86           |



Şekil 4.3. Türkiye Çeltik Hasadının %94.8'inin Gerçekleştiği 10 İlin 2004-2017 Yılları Arasında Çeltik Yetiştiriciliğinden Kaynaklanan Toplam Sera Gazı Emisyonları Değişimi

Türkiye Sera Gazı Envanteri 1990-2016'da, Türkiye'nin tarım kaynaklı toplam sera gazı emisyonunun 2016 yılında 56486 kt CO<sub>2</sub> eşdeğeri (CO<sub>2</sub>e) olduğu belirtilmiştir [16]. Bu çalışmada Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 ilin 2016 yılı çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam sera gazı emisyonu yaklaşık 1268 kt CO<sub>2</sub>e/yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.12). Buna göre 2016 yılı için, bu çalışmada hesaplanan Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 ilin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam sera gazı emisyonunun, Türkiye'nin tarım kaynaklı toplam sera gazı emisyonu içinde %2.24 oranında bir paya sahip olduğu tahmin edilmiştir.

#### 4.6. Tartışma

Bu çalışmada, çeltik yetiştiriciliği kaynaklı metan (CH<sub>4</sub>) ve nitröz oksit (N<sub>2</sub>O) emisyonları IPCC 2006 kılavuzu Tier 1 yöntemine göre hesaplanmıştır. Çeltik yetiştiriciliği, Türkiye'nin sera gazı emisyonları için kilit kategori kapsamında değildir [16]. Aynı zamanda çeltik yetiştiriciliği için Türkiye'ye özgü emisyon faktörleri bulunmamaktadır. Bu nedenle hesaplamalar Tier 1 yöntemine göre yapılmıştır.

Türkiye'de uygulanan çeltik yetiştiriciliğinde bölgeler arası büyük oranda aynı yöntemler uygulanmaktadır (Çizelge 3.1). 2017 yılında Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 ilin sulama rejimi, kesikli sulanan-birden fazla havalandırma olarak değerlendirilmiştir. Havalandırma sıklığı, uygulanan ilaçlama ve gübreleme sayısı ile doğru orantılıdır. Bununla birlikte, gübre fiyatlarındaki artış, çiftçinin alana uyguladığı gübreleme

sayısını etkilemektedir. Bölgelerde genel olarak, Baldo ve Osmancık çeşitleri yetiştirilmektedir. Türkiye'nin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı sera gazı emisyonlarını daha detaylı ve kesin ortaya koyabilmek için arazi çalışmaları ve ülkeye özgü parametrelerin geliştirilmesi gerekmektedir.

#### Metan (CH<sub>4</sub>) Emisyonu

Çeltik yetiştiriciliği kaynaklı metan (CH<sub>4</sub>) emisyonu hesaplamalarında IPCC 2006 rehberinde belirtilen düzeltilmiş günlük emisyon faktörü, yetiştirme dönemi ve öncesi su rejimleri için ayrılmış durum ölçekleme faktörleri kullanılmıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü'nün 2017 yılı verilerine göre Türkiye'de genel olarak çeltik alanları yetiştirme döneminde kesikli sulanarak birden fazla havalandırılmaktadır. Aynı zamanda çeltik yılda bir defa ekilmektedir ve ekim sezonu öncesi alanın sulanmayan dönemi 180 günden fazladır. Türkiye'de çeltik yetiştiriciliğinde organik ıslah uygulama oranı düşük olduğu, toprak türü ve çeltik çeşitlerine yönelik emisyon verileri bulunmadığı için bu etkenler hesaplamalara dahil edilmemiştir. Bu varsayımlar sonucunda Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 ilin 2017 yılı için çeltik yetiştiriciliği kaynaklı metan gazı emisyon miktarı 6.68 kt/yıl (167 kt CO<sub>2</sub>e/yıl) olarak hesaplanmıştır.

#### - Ulusal Sera Gazı Envanteri Raporları Hesaplamaları

TUİK'in hazırladığı 1990-2016 Ulusal Sera Gazı Envanteri Raporu'nda 2016 yılı için çeltik yetiştiriciliği kaynaklı metan emisyonu değeri 243 kt CO<sub>2</sub>e/yıl olarak yer almaktadır [16]. Bu tez çalışmasında ise Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 ilin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı metan emisyonu 2016 yılı için 177.5 kt CO<sub>2</sub>e/yıl olarak hesaplanmıştır. İki değer arasında yaklaşık %27 oranında fark bulunmaktadır. Söz konusu farkın sebepleri; bu tez çalışmasındaki hesaplamaların Türkiye çeltik hasadının %94.8'ini içermesi, TUİK'in hesaplamalarında kullandığı bölgelere özgü çeltik yetiştirme dönemlerinin ve su rejimlerinin bu çalışmada kullanılan Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü'ne ait verilerle farklılık gösterebilmesi olarak sıralanabilir. Bu çalışmada değerlendirilen 10 il için Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü'nden alınan verilere göre çeltik yetiştirme dönemi ortalama 140 gün alınmışken, TUİK'in hesaplamalarında her il için farklı yetiştirme süresi [16] alınabilmektedir. Bu çalışmada ve TUİK'in hesaplamalarında, çeltik yetiştirme dönemi öncesi su rejimi, sezon öncesi sulanmayan >180 gün olarak aynı şekilde değerlendirilmiş fakat yetiştirme dönemi su rejimi; TUİK hesaplamalarında çeltik alanlarına göre sürekli sulanan/kesikli sulanan-tek havalandırma, birden fazla havalandırma şeklinde ayrılmış, bu

çalışmada ise değerlendirilen 10 il için Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü verilerine göre kesikli sulanan-birden fazla havalandırma şeklinde öngörülmüştür (Çizelge 4.13).

Türkiye 1990-2016 Ulusal Sera Gazı Envanteri Raporu'na göre, 1990-2016 yılları arası 26 yılda çeltik yetiştiriciliği kaynaklı CH<sub>4</sub> emisyonu %142.5 oranında artmıştır [16]. Bu çalışmada ise Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 il için toplam hesaplanan değerlere göre 2004-2016 yılları arası 12 yılda çeltik yetiştiriciliği kaynaklı CH<sub>4</sub> emisyonunun %73.2 oranında arttığı tahmin edilmiştir (Çizelge 4.3).

Farklı ülkelerin hazırladığı 1990-2016 Ulusal Sera Gazı Envanteri Raporları incelendiğinde Japonya'nın, IPCC 2006 rehberinde belirtildiği gibi ulusal detaylı verilere dayanarak uygulanan Tier 3 (T3) yöntemi ile çeltik yetiştiriciliği kaynaklı metan gazı emisyonunu hesapladığı görülmüştür [101] (Çizelge 4.13). Japonya'nın 1990-2016 Ulusal Sera Gazı Envanteri Raporunda, çeltik yetiştiriciliği kaynaklı metan gazı emisyonunda 1990 yılına göre %8.9 olan artışın temel sebebinin çeltik alanlarındaki organik madde uygulamasındaki artış olduğu belirtilmiştir [101].

Çizelge 4.13'te, 5 farklı ülkenin 1990-2016 Ulusal Sera Gazı Envanteri Raporlarına göre İtalya'da çeltik alanlarında organik madde uygulamasının olduğu görülürken; Türkiye, Yunanistan ve Portekiz'de organik madde uygulamasının olmadığı görülmektedir. Karşılaştırılan 5 farklı ülkenin verilerine göre çeltik yetiştirme döneminden önceki su rejiminin, sezon öncesi sulanmayan>180 gün olduğu görülmüştür. Ülkelerin çeltik yetiştirme dönemi su rejimleri ise değişiklik göstermektedir. Karşılaştırılan 5 ülke içinde çeltik yetiştiriciliği kaynaklı metan gazı emisyonunun tarım kaynaklı sera gazı emisyonları içindeki yüzdesi %41.5 olarak, en fazla Japonya'dadır.

Çizelge 4.13. Türkiye ve Farklı Ülkelerin 1990-2016 Ulusal Sera Gazı Envanteri Raporlarına Göre 2016 Yılı Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı CH<sub>4</sub> Emisyon Verileri

| Ülke              | Yöntem    | Hasat Edilen Alan (ha) | Yetiştirme Dönemi Su Rejimi   | Yetiştirme Döneminden Önceki Su Rejimi    | Organik Gübre Kullanımı | CH <sub>4</sub> Emisyon Miktarı (kt CO <sub>2</sub> e/yıl) | Tarım Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları İçindeki Yüzdesi (%) | 1990 Yılına Göre Değişim Oranı (%) | Kaynak |
|-------------------|-----------|------------------------|---|---|-------------------------|--|---|------------------------------------|--------|
| Japonya           | T3        | 1611000                | Sürekli sulanan/Kesikli sulanan   | Sezon öncesi sulanmayan>180 gün           | Var                     | 13907  | 41.5  | 8.9                                | [101]  |
| İtalya            | T2        | 234133                 | Kesikli sulanan-tek havalandırma, birden fazla havalandırma                 | Sezon öncesi sulanmayan>180 gün           | Var                     | 1710   | 5.6   | -8.9                               | [102]  |
| Türkiye           | T1        | 116056.3               | Sürekli sulanan/Kesikli sulanan-tek havalandırma, birden fazla havalandırma | Sezon öncesi sulanmayan>180 gün           | Yok                     | 243  | 0.43  | 142.5                              | [16]   |
| <b>Bu Çalışma</b> | <b>T1</b> | <b>110328</b>          | <b>Kesikli sulanan-birden fazla havalandırma</b>                            | <b>Sezon öncesi sulanmayan&gt;180 gün</b> | <b>Yok</b>              | <b>177.5</b>   | -   | -                                  | -      |
| Yunanistan        | T1        | 29436                  | Sürekli sulanan   | Sezon öncesi sulanmayan>180 gün           | Yok                     | 150  | 1.9   | 76                                 | [103]  |
| Portekiz          | T1        | 29149                  | Kesikli sulanan-tek havalandırma  | Sezon öncesi sulanmayan>180 gün           | Var                     | 138.2  | 2.06  | 7.7                                | [104]  |



Japonya'nın 1990-2016 Ulusal Sera Gazı Envanteri Raporunda çeltik yetiştiriciliği kaynaklı CH<sub>4</sub> emisyonu hesaplaması için kullandığı yöntem aşağıda özetlenmektedir.

#### *Hesaplama Yöntemi*

IPCC 2006 rehberindeki hesaplama yöntemi temelinde, emisyonlar DeNitrification-DeComposition-Çeltik modeli (DNDC-Çeltik modeli)'i kullanarak yapılan hesaplamalar ile geliştirilen emisyon faktörlerini kullanarak tahmin edilmiştir [101]. DNDC-Çeltik modeli, çeltik tarlasındaki organik madde uygulama ve/veya su rejimi yöntemleriyle ve aşağıda bu model yardımıyla belirlenen formül ile CH<sub>4</sub> emisyon değişimlerini tahmin eden matematiksel bir modeldir. Geliştirilen model olan DNDC-Çeltik modeli, DNDC modeline dayanır ve Japonya'daki çeltik alanlarından oluşan CH<sub>4</sub> emisyonlarının tahmini için Japonya'da geliştirilmiştir [101].

Tier 3 yöntemi (DNDC-Çeltik modeli) emisyon faktörünü belirlemek için kullanılmıştır. Değiştirilen Tier 2 yöntemi ise emisyonların tahmininde kullanılmıştır [101].

Tahmin yöntemi, Sera Gazı Emisyonları Tahmin Yöntemleri Komitesi tarafından Katayanagi ve ark. (2016), Katayanagi ve ark. (2017) ve ilgili dokümanları temel alarak geliştirilmiştir [101]. Emisyonları tahmin etmek için oluşturulan Eşitlik 4.1 ve Eşitlik 4.2 aşağıda yer almaktadır.

$$E = \sum_{i,j,k,l} \{ (A_i \times f_{D,i,j} \times f_{W,i,k} \times f_{O,l}) \times EF_{i,j,k,l} \} \times 16/12 \quad (4.1)$$

$$EF = aX + b \quad (4.2)$$

Eşitlik 4.1 ve Eşitlik 4.2'de:

*E*: Çeltik alanı kaynaklı CH<sub>4</sub> emisyonu [kgCH<sub>4</sub>/yıl]

*i*: Bölge (7 bölge)

*j*: Drenaj çeşidi (Yetersiz drenaj, bir gün drenajı, 4 saat drenajı)

*k*: Su rejimi çeşidi (Kesikli sulama, sürekli sulama)

*l*: Uygulanan organik madde çeşidi (çeltik anızı, kompost, uygulama olmayan)

*A*: Bölgelere göre çeltik alanı [ha]

*f<sub>D</sub>*: Drenaj oranı

*f<sub>w</sub>*: Su rejimi oranı

$f_o$ : Çeşide göre organik madde uygulama oranı

$EF$ : Bölge, drenaj, su rejimi, organik madde uygulama yöntemine göre EFs [kgCH<sub>4</sub>-C/ha/yıl]

$X$ : Organik madde miktarı [tC/ha/yıl]

$a$ : Eğim (DNDC-Çeltik modeli ve organik madde miktarı ile hesaplanan CH<sub>4</sub> emisyonları ile regresyon formülü yardımıyla hesaplanmıştır.)

$b$ : Kesim noktası (DNDC-Çeltik modeli ve organik madde miktarı ile hesaplanan CH<sub>4</sub> emisyonları ile regresyon formülü yardımıyla hesaplanmıştır.)

### *Emisyon Faktörleri*

Emisyon faktörlerini hesaplamak için DNDC-Çeltik modeli kullanılmıştır [101]. Emisyon faktörleri (EFs) ulusal düzeyde 986 çeltik alanındaki bilgilere dayanarak oluşturulmuştur. Girdi verileri şunlardır: toprak (toprak organik karbon içeriği, Ph, kil içeriği, kuru yoğunluk vb.), alan drenajı (maksimum drenaj hızı), meteorolojik veriler (sıcaklık, yağış) ve alan yönetim bilgileri (ekim günü, hasat dönemi, sürüm dönemi, sürüm yöntemi, gübreleme dönemi, gübre miktarı, organik madde uygulama dönemi, organik madde uygulama miktarı, organik C/N oranı, sulanan dönem, drenaj dönemi) [101].

#### - Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) Hesaplamaları

Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) 2016 yılı Türkiye'nin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı metan gazı emisyon miktarını 682.41 kt CO<sub>2</sub>e/yıl olarak hesaplamıştır [105]. Bu tez çalışmasında ise Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 ilin 2016 yılı için çeltik yetiştiriciliği kaynaklı metan gazı emisyon miktarı yaklaşık 177.5 kt CO<sub>2</sub>e/yıl olarak hesaplanmıştır. İki değer arasında yaklaşık %74 oranında fark bulunmaktadır. Bu fark, Çizelge 4.14'te yer alan FAO ve Türkiye'nin 1990-2016 Ulusal Sera Gazı Envanter Raporunda hesaplanan değerler arasındaki fark olan %64.4'e yakın büyük bir orandır.

Çizelge 4.14'te Türkiye ve farklı ülkelerin 2016 yılı çeltik yetiştiriciliği kaynaklı CH<sub>4</sub> emisyon miktarlarının, FAO'nun hesapladığı değerleri ile Ulusal Sera Gazı Envanter Raporlarında hesaplanan değerleri karşılaştırılmıştır [101] [102] [16] [103] [104] [106]. Bu değerlere göre FAO hesaplamalarıyla ülkelerin Ulusal Sera Gazı Envanteri raporları hesaplamaları arasında ciddi oranda farklar bulunmaktadır. Çizelge 4.14'te, hasat edilen alan değerlerinin aynı olmasına rağmen FAO'nun Türkiye için hesapladığı çeltik yetiştiriciliği kaynaklı CH<sub>4</sub> emisyon değerinin, TÜİK'in hazırladığı 1990-2016 Ulusal Sera Gazı Envanteri

Raporu'nda hesaplanan değere göre %64.4 oranında daha yüksek olduğu görülmektedir. Benzer şekilde FAO değeriyle, Ulusal Sera Gazı Envanteri raporlarına göre hesaplanan değerler karşılaştırıldığında Japonya'nın %115.37, İtalya'nın %31, Yunanistan'ın %51.9 ve Portekiz'in %55.2 oranında farka sahip olduğu görülmektedir. Aynı zamanda bu ülkeler arasında sadece Japonya'nın Ulusal Sera Gazı Envanteri raporunda yer alan çeltik hasat edilen alan değeri, FAO'nun hesaplamalarında kullandığı değer ile %8.92 oranında farklılık göstermektedir.

Çizelge 4.14. Türkiye ve Farklı Ülkelerin 2016 Yılı Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı CH<sub>4</sub> Emisyon Miktarlarının FAO ve Ulusal Sera Gazı Envanteri Raporu Değerleri [101] [102] [16] [103] [104] [106]

| Ülke           | Hasat Edilen Alan (ha) |                            |  | CH <sub>4</sub> Emisyon Miktarı<br>(kt CO <sub>2</sub> e/yıl) |                            |  |
|----------------|------------------------|----------------------------|--|---|----------------------------|--|
|                | FAO                    | Ulusal Sera Gazı Envanteri | FAO-Ulusal Sera Gazı Envanteri Farkı (%) | FAO   | Ulusal Sera Gazı Envanteri | FAO-Ulusal Sera Gazı Envanteri Farkı (%) |
| Japonya        | 1479000                | 1611000                    | 8.92                                     | 6457.17   | 13907                      | 115.37                                   |
| İtalya         | 234133                 | 234133                     | 0  | 2478.06   | 1710                       | -31                                      |
| <b>Türkiye</b> | <b>116056</b>          | <b>116056.3</b>            | <b>0.3</b>                               | <b>682.41</b>   | <b>243</b>                 | <b>-64.4</b>                             |
| Yunanistan     | 29436                  | 29436                      | 0  | 311.55  | 150                        | -51.9                                    |
| Portekiz       | 29149                  | 29149                      | 0  | 308.51  | 138.2                      | -55.2                                    |

FAO, hesaplamalarında Revize 1996 IPCC Rehberi (IPCC, 1997), IPCC 2000 Ulusal Sera Gazı Envanterlerinde İyi Uygulama Rehberi ve Belirsizlik Yönetimi (IPCC, 2000) ve IPCC Arka Plan Belgeleri (IPCC, 2002) yardımıyla Tier 1 metodunu kullanmıştır [107].

FAOSTAT veri tabanı, öncelikli olarak üye ülkelerin emisyonlarını değerlendirmelerine ve raporlamalarına yardımcı olmaya ve aynı zamanda uluslararası bir referans noktası olmaya yönelik tasarlanmıştır. FAOSTAT emisyon verileri FAO tarafından tahmin edildiği için üye

ülkeler tarafından UNFCCC'ye bildirilen sera gazı emisyon verileriyle tutarlı olmayabilir [107].

Türkiye, FAOSTAT çeltik yetiştiriciliği bölümünde Asya ülkeleri kapsamında değerlendirilmiştir. Emisyon faktörü için varsayılan değer olmayan ülkelerde, Asya ülkeleri için alan ağırlıklı ortalama alınarak emisyon faktörü  $15.7 \text{ CH}_4 \text{ m}^{-2}\text{y}^{-1}$  olarak kullanılmıştır. Yağmur suyuyla beslenen rejim için ölçekleme faktörü 0.7, sulanmayan veya kuru koşullar için ölçekleme faktörü 0 alınmıştır. Organik ıslah için düzeltme faktörü varsayılan değer olarak tüm ülkeler için 2 alınmıştır [107]. FAO'nun kullandığı bu değerler, bu çalışmanın sonuçları ile FAO'nun hesaplamaları arasındaki farkın nedenleri olarak gösterilebilir.

#### - Çeltik Yetiştirme Dönemi ve Öncesi Su Rejimleri

Çeltik yetiştiriciliğinde su rejimlerinin, değerlendirilen 10 ilin 2004-2017 yılları arası metan ( $\text{CH}_4$ ) gazı emisyon miktarına etkisini belirlemeye yönelik; çeltik yetiştirme dönemi ve öncesindeki farklı su rejimlerine göre IPCC 2006 rehberinde yer alan ayrılmış durum ölçekleme faktörleri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

Bu hesaplamalara göre, çeltik yetiştirme dönemindeki *sürekli sulanan* ve *tek havalandırma* su rejimlerine göre *birden fazla havalandırma* uygulanan çeltik tarlalarında metan ( $\text{CH}_4$ ) gazı emisyon miktarı en düşük seviyede belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Çeltik yetiştirme döneminden önceki *sezon öncesi sulanmayan <180 gün* ve *sezon öncesinde sulanan >30 gün* su rejimlerine göre *sezon öncesi sulanmayan >180 gün* uygulamasının en düşük miktarda metan gazı salınımına neden olacağı belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Çeltik yetiştiriciliğinde su rejiminin sera gazı emisyon miktarına etkisini belirlemeye yönelik çalışmalar, sürekli sulama nedeniyle çeltik tarlalarında oksijensiz ortam yaratan uygulamanın metan emisyonu artışı için en yüksek potansiyele sahip olduğunu göstermiştir [108]. Metan emisyonları sürekli sulanan çeltik tarlalarında ara dönem sulanan çeltik tarlalarına oranla daha fazla ortaya çıkmaktadır [109] [29].

Kesikli sulanan çeltik tarlalarında sera gazı emisyonları büyük ölçüde azaltılabilir [110]. Çeltik tarlalarındaki suyun drenajı bu tarlalarda oluşan metan emisyonunu azaltmaktadır. Çünkü drenaj, toprağı oksijensiz durumdan oksijenli duruma getirir ve bu da metanın oksidasyonunu kolaylaştırır [111].

Yetiştirme sırasında çeltik tarlasındaki suyun drenajı, toprağın havalanmasını ve bitki büyümesinin hızlanmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte drenaj sırasındaki havalanma

toprağın redoks potansiyelini ve toprak ekosistemini etkileyerek metan ve nitroz oksit emisyonlarını değiştirmektedir [112].

Minamikawa ve ark.'a [113] göre sezon ortası drenajı çeltik yetiştirme döneminde toplam CH<sub>4</sub> emisyonlarını %30.5 oranında azaltabilmektedir. Sezon ortası drenajın ilave faydaları; gereksiz kök filizlerinin azaltılması, toksik maddelerin uzaklaştırılması ve kök çürümesinin önlenmesi ile verimin artması ve su kullanımının azalması olarak sıralanabilir [57].

Towprayoon ve ark.'a [112] ait çalışmada Tayland'ın orta kesimindeki çeltik tarlalarında 4 farklı su drenaj sistemi denenmiştir. Bunlar sürekli sulama, sezon ortası drenaj, birden fazla drenaj ve yerel drenajdır. Sezon ortası drenaj ve birden fazla drenajın ürün veriminde az miktarda düşüşe neden olduğu, sürekli sulama ve yerel drenaja göre ise 2 kat daha az metan emisyonuna neden olduğu gözlemlenmiştir.

Towprayoon ve ark.'na [112] göre çeltiğin çiçeklenme döneminde birden fazla drenaj ve sezon ortası drenajı metan emisyonunun azaltılmasına yardım edebilir. Bununla birlikte bu iki sulama sistemi %40'dan fazla bir oranda metan azaltımı sağlarken sezon ortası drenajda %6.8 ve birden fazla drenajda %11.4 oranında çeltik veriminde düşüş gözlenmiştir. Nitroz oksit emisyonu yapılan drenajın sayısından çok drenaj gün süresinin uzunluğundan etkilenmiştir. Kısa drenaj zamanları daha az metan emisyonuna yol açmıştır. Yüksek çeltik verimi ve düşük metan ve nitroz oksit emisyonları için çiçeklenme döneminde uygulanan kısa süreli (3 gün) sezon ortası drenajı önerilmektedir.

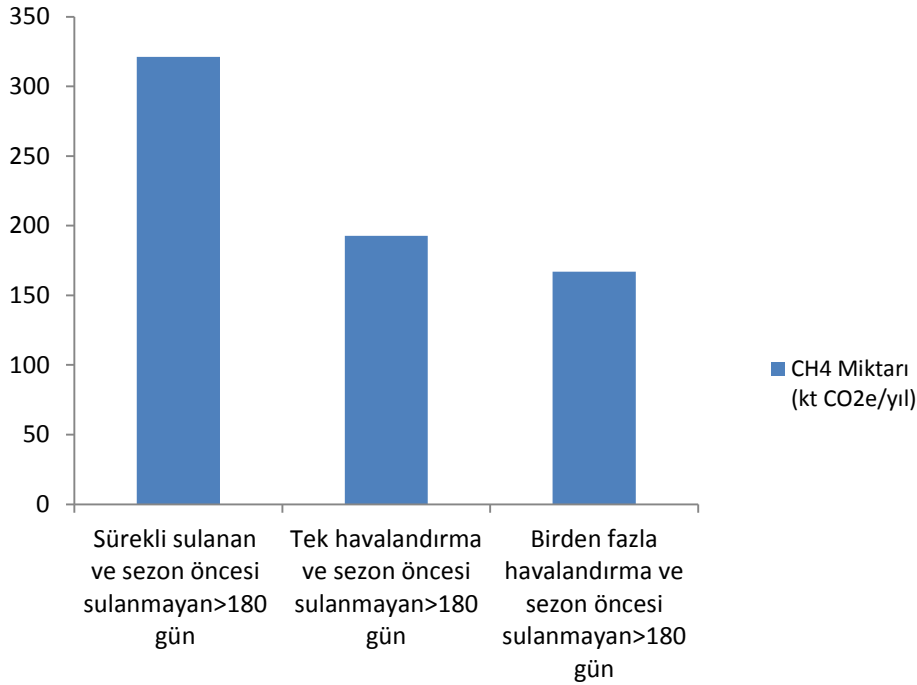
Islam ve ark.'na [114] ait çalışmada zamanı ve uygulama aralığı değişen (erken drenaj ve sezon ortası drenaj birleşimleriyle) yedi drenaj rejiminin CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyonlarını azaltmaya yönelik etkisi belirlenmiştir.

Erken sezon drenajı ve sezon ortası drenajı birlikte uygulandığında sürekli sulamaya göre %85-90 ve sadece sezon ortası drenaja göre %75-77 oranında CH<sub>4</sub> azaltım potansiyelinin olabileceği görülmüştür. Birlikte uygulanan erken sezon drenajı ve sezon ortası drenajının küçük ölçekli çiftçiler için sera gazı emisyonlarını azaltma ve su tasarrufu sağlamada etkin bir seçenek olabileceği öngörülmüştür [114].

Çiftçilerin tarlalarını düzenli bir şekilde drenaj yapmaları için sınırlı teknik imkanlarının olduğu ve suya erişimde, çok fazla yağışlı mevsimde veya engebeli tarlalarda sıkıntı yaşadığı bölgelerde, dönüşümlü sulama ve kurutma uygulaması elverişli değildir. Erken sezon ve sezon ortası drenajın birlikte uygulandığı basit alternatif rejimler, sera gazı emisyonlarını

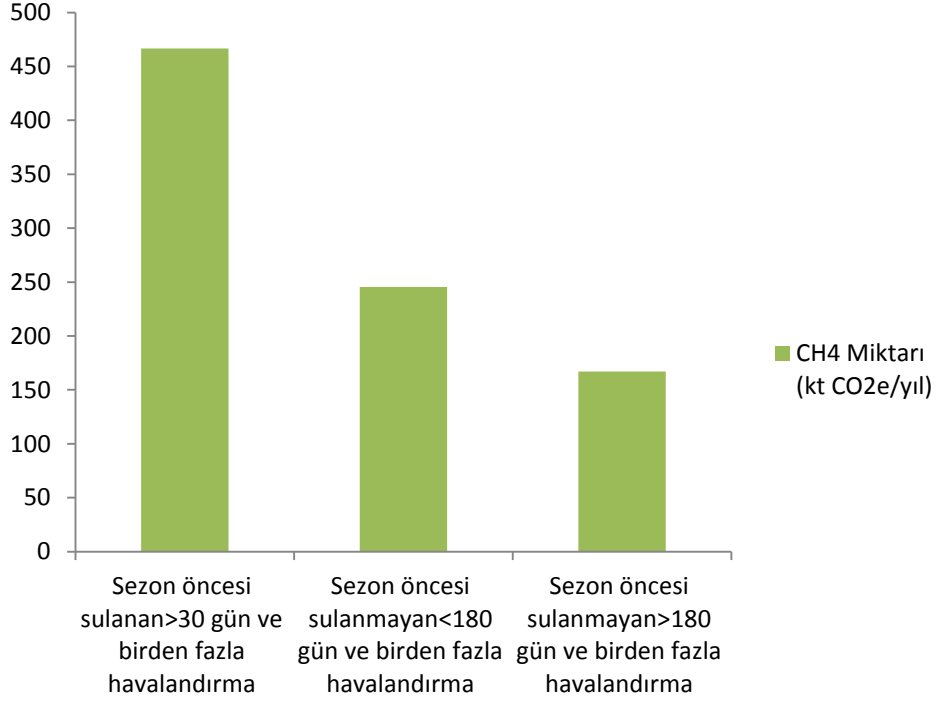
düşürmek ve suyu korumak amacıyla küçük ölçekli çiftçiler için düşük teknoloji içeren etkili bir seçenek olabilir [114].

Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği, çeltik yetiştirme döneminde *birden fazla havalandırma*, yetiştirme dönemi öncesinde *sezon öncesi sulanmayan>180 gün* su rejimlerinin uygulandığı 10 ilin 2017 yılı çeltik yetiştiriciliği kaynaklı metan emisyonu 167 kt CO<sub>2</sub>e/yıl olarak hesaplanmıştır. *Sezon öncesi sulanmayan>180 gün-sürekli sulanan* ve *tek havalandırma* varsayımlarına göre CH<sub>4</sub> emisyon miktarları sırasıyla 321.25 kt CO<sub>2</sub>e/yıl ve 192.75 kt CO<sub>2</sub>e/yıl olarak hesaplanmıştır. Buna göre *birden fazla havalandırma* su rejiminin *sürekli sulanan* ve *tek havalandırma* su rejimlerine göre metan gazı emisyonunu sırasıyla %48 ve %13.4 oranında azaltma potansiyelinin olduğu tahmin edilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Çeltik Yetiştirme Dönemindeki Su Rejimlerine Göre Türkiye Çeltik Hasadının %94.8'inin Gerçekleştiği 10 İlin 2004-2017 Yılları Arası Hesaplanan Metan (CH<sub>4</sub>) Gazı Emisyon Miktarları

*Birden fazla havalandırma-sezon öncesi sulanmayan<180 gün* ve *sezon öncesinde sulanan>30 gün* varsayımlarına göre CH<sub>4</sub> emisyon miktarları sırasıyla 245.5 kt CO<sub>2</sub>e/yıl ve 466.75 kt CO<sub>2</sub>e/yıl olarak hesaplanmıştır. Buna göre *Sezon öncesi sulanmayan>180 gün* su rejiminin *sezon öncesi sulanmayan<180 gün* ve *sezon öncesinde sulanan>30 gün* su rejimlerine göre metan gazı emisyonunu sırasıyla %32 ve %64.2 oranında azaltma potansiyelinin olduğu tahmin edilmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Çeltik Yetiştirme Döneminden Önceki Su Rejimlerine Göre Türkiye Çeltik Hasadının %94.8'inin Gerçekleştiği 10 İlin 2004-2017 Yılları Arası Hesaplanan Metan (CH<sub>4</sub>) Gazı Emisyon Miktarları

#### Nitröz Oksit (N<sub>2</sub>O) Emisyonu

Çeltik yetiştiriciliği kaynaklı nitröz oksit (N<sub>2</sub>O) emisyonu hesaplamalarında, çeltik alanlarında uygulanan kimyasal gübre çeşidi ve miktarı, hasat edilen çeltik miktarı, çeltik hasat edilen alan büyüklüğü ve IPCC 2006 rehberinde yer alan faktörler kullanılmıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü'nün Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 ile yönelik verilerine göre çeltik ekim alanlarında azot içeren 15.15.15+Zn ve % 21 amonyum sülfat gibi kimyasal gübre çeşitleri kullanılmaktadır. Çeltik bölgelerinde kullanılan kimyasal gübre çeşit ve miktarları benzerlik göstermektedir. Bu varsayımlar sonucunda Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 ilin 2017 yılı için çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam nitröz oksit gazı emisyon miktarı 1063.86 kt CO<sub>2</sub>e/yıl olarak hesaplanmıştır.

- Türkiye 1990-2016 Ulusal Sera Gazı Envanteri Raporu Hesaplamaları

TUİK'in hazırladığı 1990-2016 Ulusal Sera Gazı Envanteri Raporunda 5.5 Tarım Toprakları kategorisi altında sentetik, organik gübre kullanımı ve bitki artığı kaynaklı toplam N<sub>2</sub>O emisyonları hesaplanmıştır [16]. Aynı zamanda bu bölümde mera, otlak ve padok kaynaklı hayvan gübresinin neden olduğu N<sub>2</sub>O emisyonları, organik toprak yetiştiriciliği, atmosferik birikim ve azot sızma ve akmasını içeren dolaylı emisyonlar tahmin edilmiştir [16]. Tarım toprakları kategorisinde, çeltik yetiştiriciliği kaynaklı N<sub>2</sub>O emisyonları ayrı bir değer olarak gösterilmeden toplam emisyonlar içinde yer almaktadır.

1990-2016 Ulusal Sera Gazı Envanteri Raporuna göre 2016 yılında tarım toprakları, 21.6 milyon ton CO<sub>2</sub> eşdeğeri N<sub>2</sub>O emisyonu üretmiştir (Çizelge 4.15) ve tarım toprakları Türkiye'de N<sub>2</sub>O emisyonlarının en büyük kaynağıdır [16].

Bu çalışma kapsamında ise Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 ilin 2016 yılı için çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam nitroz oksit gazı emisyon miktarı 1090.68 kt CO<sub>2</sub>e olarak hesaplanmıştır. Buna göre, 1990-2016 Ulusal Sera Gazı Envanteri Raporunda hesaplanan 2016 yılı tarım toprakları kaynaklı toplam N<sub>2</sub>O emisyon miktarı olan 21561 kt CO<sub>2</sub>e içinde, bu çalışmaya göre Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 il için hesaplanan çeltik yetiştiriciliği kaynaklı N<sub>2</sub>O emisyonlarının yaklaşık %5.06 oranında payı olduğu öngörülebilir.

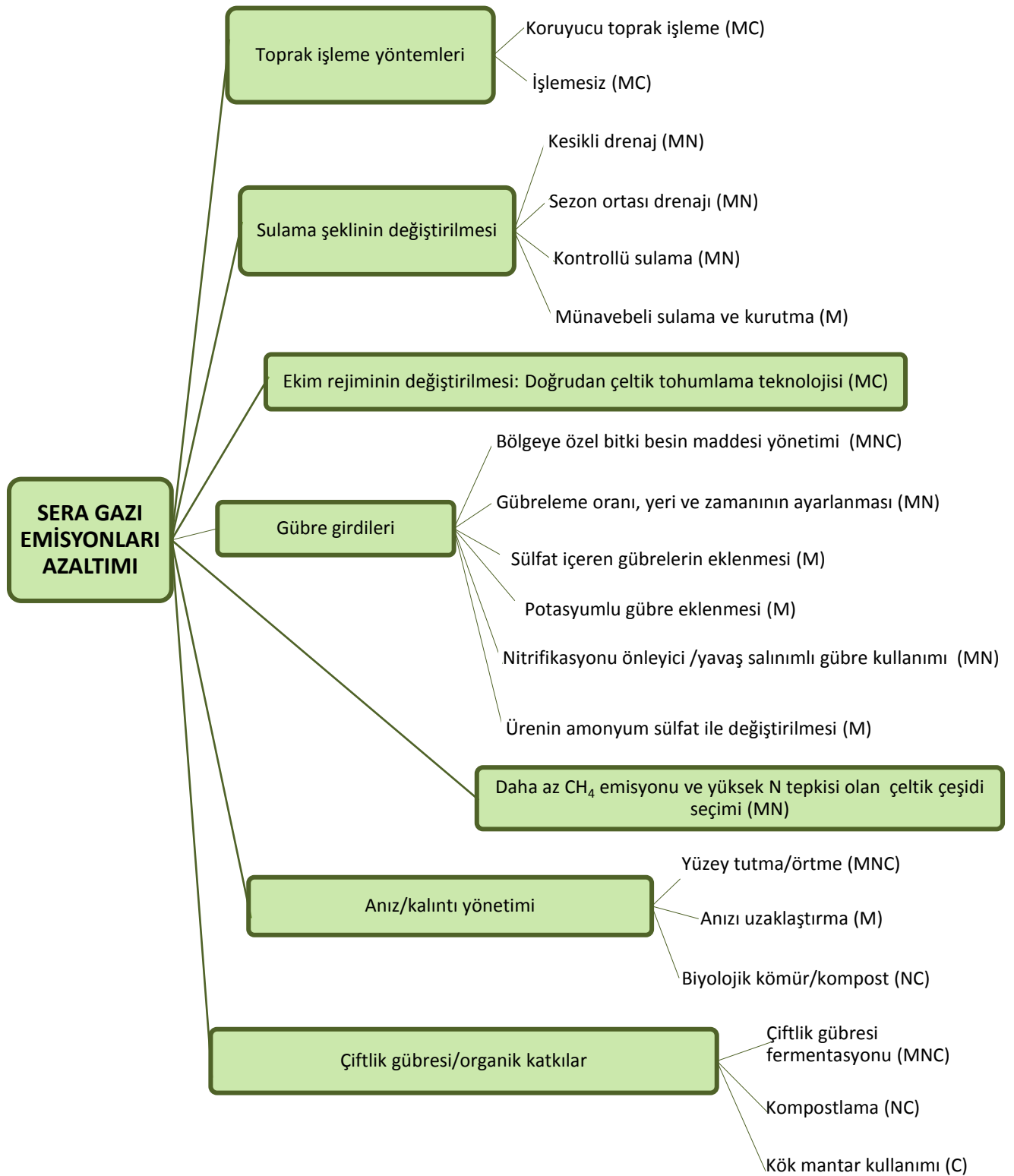


Çizelge 4.15. 1996-2016 Yılları Arası Türkiye'nin Yönetilen Topraklar Kaynaklı N<sub>2</sub>O Emisyonları [16]

| Yıl  | Tarım Toplam<br>(kt CO <sub>2</sub> eq.) | Tarım Toprakları         |      |                           |      |                          |     |
|------|--|--------------------------|------|---------------------------|------|--------------------------|-----|
|      |  | Toplam                   |      | Doğrudan N <sub>2</sub> O |      | Dolaylı N <sub>2</sub> O |     |
|      |  | (kt CO <sub>2</sub> eq.) | (%)  | (kt CO <sub>2</sub> eq.)  | (%)  | (kt CO <sub>2</sub> eq.) | (%) |
| 1990 | 42 402                                   | 15 085                   | 35.6 | 13 346                    | 31.5 | 1 739                    | 4.1 |
| 1991 | 43 283                                   | 14 922                   | 34.5 | 13 201                    | 30.5 | 1 722                    | 4.0 |
| 1992 | 43 438                                   | 15 368                   | 35.4 | 13 605                    | 31.3 | 1 763                    | 4.1 |
| 1993 | 44 009                                   | 16 011                   | 36.4 | 14 198                    | 32.3 | 1 812                    | 4.1 |
| 1994 | 41 682                                   | 13 964                   | 33.5 | 12 351                    | 29.6 | 1 613                    | 3.9 |
| 1995 | 40 987                                   | 14 000                   | 34.2 | 12 415                    | 30.3 | 1 585                    | 3.9 |
| 1996 | 41 722                                   | 14 557                   | 34.9 | 12 920                    | 31.0 | 1 637                    | 3.9 |
| 1997 | 39 828                                   | 14 467                   | 36.3 | 12 857                    | 32.3 | 1 610                    | 4.0 |
| 1998 | 41 247                                   | 15 911                   | 38.6 | 14 165                    | 34.3 | 1 745                    | 4.2 |
| 1999 | 41 808                                   | 16 273                   | 38.9 | 14 468                    | 34.6 | 1 805                    | 4.3 |
| 2000 | 40 033                                   | 15 598                   | 39.0 | 13 882                    | 34.7 | 1 716                    | 4.3 |
| 2001 | 37 695                                   | 13 884                   | 36.8 | 12 344                    | 32.7 | 1 540                    | 4.1 |
| 2002 | 35 538                                   | 13 935                   | 39.2 | 12 424                    | 35.0 | 1 511                    | 4.3 |
| 2003 | 38 913                                   | 15 285                   | 39.3 | 13 595                    | 34.9 | 1 689                    | 4.3 |
| 2004 | 39 824                                   | 15 802                   | 39.7 | 14 110                    | 35.4 | 1 692                    | 4.2 |
| 2005 | 40 772                                   | 15 894                   | 39.0 | 14 211                    | 34.9 | 1 683                    | 4.1 |
| 2006 | 41 968                                   | 16 202                   | 38.6 | 14 501                    | 34.6 | 1 701                    | 4.1 |
| 2007 | 41 687                                   | 15 680                   | 37.6 | 14 007                    | 33.6 | 1 672                    | 4.0 |
| 2008 | 39 740                                   | 14 309                   | 36.0 | 12 787                    | 32.2 | 1 522                    | 3.8 |
| 2009 | 40 557                                   | 15 566                   | 38.4 | 13 953                    | 34.4 | 1 613                    | 4.0 |
| 2010 | 42 826                                   | 16 020                   | 37.4 | 14 387                    | 33.6 | 1 632                    | 3.8 |
| 2011 | 45 126                                   | 16 297                   | 36.1 | 14 628                    | 32.4 | 1 670                    | 3.7 |
| 2012 | 50 610                                   | 18 000                   | 35.6 | 16 124                    | 31.9 | 1 876                    | 3.7 |
| 2013 | 53 628                                   | 19 448                   | 36.3 | 17 433                    | 32.5 | 2 015                    | 3.8 |
| 2014 | 53 742                                   | 19 134                   | 35.6 | 17 125                    | 31.9 | 2 009                    | 3.7 |
| 2015 | 53 650                                   | 19 375                   | 36.1 | 17 358                    | 32.4 | 2 017                    | 3.8 |
| 2016 | 56 486                                   | 21 561                   | 38.2 | 19 327                    | 34.2 | 2 233                    | 4.0 |

#### Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları Azaltım Yöntemleri

Dünya nüfusunun artışıyla birlikte çeltik ihtiyacına olan artış, öngörülen küresel iklim değişikliğini azaltmak amaçlı gelecekte oluşacak sera gazı emisyonlarını dengelemeye yönelik önlemler gerektirmektedir [36]. Bu kapsamda, Şekil 4.6'da çeltik yetiştiriciliği kaynaklı metan, nitroz oksit ve karbondioksit azaltımına yönelik uygulamalar özetlenmiştir.



Şekil 4.6. Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları Azaltmaya Yönelik Uygulamalar (M: Metan, N: Nitroz Oksit, C: Karbon dioksit) [36]

## SONUÇLAR

Bu çalışmada, Türkiye'nin 2004-2017 yılları arasında çeltik yetiştiriciliğinden kaynaklanan metan (CH<sub>4</sub>) ve nitroz oksit (N<sub>2</sub>O) gazı emisyon miktarları TÜİK çeltik verilerine göre 2017 yılında Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 il için IPCC 2006 rehberinde önerilen Tier 1 yöntemi kullanılarak hesaplanmış ve çeltik yetiştiriciliğinde uygulanan su rejimlerine göre metan (CH<sub>4</sub>) gazı emisyon miktarları karşılaştırılmıştır. Hesaplamalar, Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 il için yapılmıştır. Bu iller Edirne, Samsun, Balıkesir, Çanakkale, Çorum, Tekirdağ, Sinop, Kırklareli, Çankırı ve Bursa illerini kapsamaktadır. Hesaplamalar sonucu aşağıdaki verilere ulaşılmıştır.

Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 ilin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam CH<sub>4</sub> emisyonu 2017 yılı için yaklaşık 6.68 kt/yıl olarak hesaplanmıştır. CH<sub>4</sub> gazının CO<sub>2</sub>'den 25 kat daha fazla atmosferik etkisi olduğu hesaba katıldığında bu değer yaklaşık 167 kt/yıl CO<sub>2</sub> eşdeğerine karşılık gelmektedir. 2007 yılı için ise bu değer 137.5 kt CO<sub>2</sub>e/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu durum Türkiye'de çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 ilin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam CH<sub>4</sub> emisyonunun 10 yıl içinde %21.4 oranında arttığını göstermektedir.

Türkiye'de 2017 yılı çeltik yetiştiriciliği kaynaklı metan gazı emisyonunun en fazla olduğu il 73.5 kt CO<sub>2</sub>e/yıl ile Edirne olarak belirlenmiştir. Bunun nedeni Türkiye çeltik hasadı büyüklüğünde Edirne'nin ilk sırada yer almasıdır. Edirne ili için hesaplanan 73.5 kt CO<sub>2</sub>e/yıl, 10 il için belirlenen çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam metan gazı emisyon miktarının %44.01'ini oluşturmaktadır. Edirne ilini Samsun, Balıkesir, Çanakkale ve Çorum izlemektedir. Türkiye çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 il içinde metan emisyon miktarının en düşük olduğu il ise Tekirdağ'dır.

Bu çalışmada çeltik yetiştiriciliğinde uygulanan farklı su rejimlerinin Türkiye'nin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı metan (CH<sub>4</sub>) gazı emisyon miktarına etkisi belirlenmiştir. Yetiştirme döneminden önce alanın sulanmayan dönemi 180 günden fazla olan ve yetiştirme dönemindeki *sürekli sulanan, tek havalandırma, birden fazla havalandırma* su rejimlerine göre 10 ilin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam metan (CH<sub>4</sub>) gazı emisyon miktarları 2017 yılı için sırasıyla 12.85 kt/yıl, 7.71 kt/yıl ve 6.68 kt/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre, yetiştirme döneminde birden fazla havalandırma uygulanan çeltik tarlalarında metan (CH<sub>4</sub>) gazı emisyon miktarının en düşük seviyede olduğu görülmüştür. Yetiştirme döneminde kesikli sulanan-birden fazla havalandırma uygulanan, yetiştirme döneminden önce *sezon*

*öncesi sulanmayan<180 gün, sezon öncesi sulanmayan>180 gün ve sezon öncesinde sulanan>30 gün* su rejimlerine göre değerlendirilen 10 ilin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam metan (CH<sub>4</sub>) gazı emisyon miktarları 2017 yılı için sırasıyla 9.82 kt/yıl, 6.68 kt/yıl ve 18.67 kt/yıl olarak hesaplanmıştır. Yetiştirme döneminden önceki su rejimlerine göre ekim sezonu öncesi 180 günden fazla süredir sulanmamış çeltik tarlalarında metan (CH<sub>4</sub>) gazı emisyon miktarı en düşük seviyede hesaplanmıştır.

Bu çalışma kapsamında değerlendirilen 10 ilin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı 2017 yılı toplam CH<sub>4</sub> emisyonu miktarına göre *kesikli sulanan–birden fazla havalandırma* su rejiminin; *sürekli sulanan*'a göre %48, *kesikli sulanan–tek havalandırma*'ya göre %13.4 oranında CH<sub>4</sub> emisyonunu azaltma potansiyeli olduğu öngörülmüştür. Aynı zamanda çeltik yetiştirme dönemi öncesinde uygulanan *sezon öncesi sulanmayan>180 gün* su rejiminin; *sezon öncesi sulanmayan<180 gün*'e göre %32, *sezon öncesinde sulanan>30 gün*'e göre %64.2 oranında CH<sub>4</sub> emisyonunu azaltma potansiyeli olduğu hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre çeltik yetiştirme döneminde *kesikli sulanan–birden fazla havalandırma*, yetiştirme dönemi öncesinde ise *sezon öncesi sulanmayan>180 gün* su rejimleri uygulandığında en düşük CH<sub>4</sub> emisyonunun ortaya çıktığı öngörülmüştür.

Bu çalışma kapsamında değerlendirilen 10 ilin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam doğrudan N<sub>2</sub>O emisyonu 2017 yılı için yaklaşık 2.03 kt/yıl olarak hesaplanmıştır. N<sub>2</sub>O gazının CO<sub>2</sub>'den 298 kat daha fazla atmosferik etkisi olduğu hesaba katıldığında 2017 yılı için yaklaşık 604.94 kt/yıl CO<sub>2</sub> eşdeğerinde toplam doğrudan N<sub>2</sub>O emisyonu olduğu hesaplanmıştır. 2007 yılı için ise bu değer 429.12 kt CO<sub>2</sub>e/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu durum Türkiye'de çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 ilde çeltik yetiştiriciliği kaynaklı doğrudan N<sub>2</sub>O emisyonunun 10 yıl içinde %41 oranında arttığını göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında değerlendirilen 10 ilin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam dolaylı N<sub>2</sub>O emisyonu 2017 yılı için yaklaşık 1.54 kt/yıl (461.9 kt CO<sub>2</sub>e/yıl) olarak hesaplanmıştır. Bu emisyonun yaklaşık 0.03 kt/yıl (8.94 kt CO<sub>2</sub>e/yıl)'ı buharlaşma, 1.52 kt/yıl (452.96 kt CO<sub>2</sub>e/yıl)'ı ise sızma ve akma sonucu oluşmaktadır. 2007 yılı için toplam dolaylı N<sub>2</sub>O emisyon 330.78 kt CO<sub>2</sub>e/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu durum Türkiye'de çeltik hasadının %94.8'inin gerçekleştiği 10 ilde çeltik yetiştiriciliği kaynaklı dolaylı N<sub>2</sub>O emisyonunun 10 yıl içinde %39.6 oranında arttığını göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında değerlendirilen 10 ilin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı dolaylı ve doğrudan toplam N<sub>2</sub>O emisyonu 2017 yılı için yaklaşık 1063.86 kt CO<sub>2</sub>e/yıl olarak

hesaplanmıştır. 2007 yılı için ise bu değer 759.9 kt CO<sub>2</sub>e/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu durum Türkiye’de çeltik hasadının %94.8’inin gerçekleştiği 10 ilde çeltik yetiştiriciliği kaynaklı doğrudan ve dolaylı toplam N<sub>2</sub>O emisyonunun 10 yıl içinde %40 oranında arttığını göstermektedir. Türkiye’de 2017 yılı çeltik yetiştiriciliği kaynaklı doğrudan ve dolaylı toplam N<sub>2</sub>O emisyonunun en fazla olduğu il 488.72 kt CO<sub>2</sub>e/yıl ile Edirne olarak belirlenmiştir. Bu miktar, hesaplanan toplam N<sub>2</sub>O emisyon miktarının %46’sını oluşturmaktadır. Bunun nedeni olarak Edirne’nin hasat edilen çeltik alan büyüklüğü ve çeltik miktarı bakımından ilk sırada yer alması gösterilebilir. Edirne ilini Samsun, Balıkesir, Çanakkale ve Çorum izlemektedir. Türkiye çeltik hasadının %94.8’inin gerçekleştiği 10 il içinde toplam N<sub>2</sub>O emisyon miktarının en düşük olduğu il ise Tekirdağ’dır.

Sonuç olarak bu çalışma kapsamında değerlendirilen Türkiye çeltik hasadının %94.8’inin gerçekleştiği 10 ilin 2017 yılı çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam sera gazı (CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O) emisyonu yaklaşık 1230.86 kt CO<sub>2</sub>e/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu emisyonun; %13.57’si olan 167 kt CO<sub>2</sub>e/yıl kadarını CH<sub>4</sub> (metan) emisyonu, %86.43’ü olan 1063.86 kt CO<sub>2</sub>e/yıl kadarını ise N<sub>2</sub>O (nitroz oksit) emisyonu oluşturmaktadır. Edirne ili toplamda yaklaşık 562.2 kt CO<sub>2</sub>e/yıl ile en fazla emisyonun olduğu il olarak belirlenmiştir. Bunun nedeni olarak Edirne’nin hasat edilen çeltik alan büyüklüğü ve çeltik miktarı bakımından ilk sırada yer alması gösterilebilir. 2007 yılında 10 il için 897.4 kt CO<sub>2</sub>e/yıl olarak hesaplanan çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam sera gazı emisyon miktarı, 2017 yılında 1230.86 kt CO<sub>2</sub>e/yıl olarak yaklaşık %37 oranında artış göstermiştir.

Türkiye Sera Gazı Envanteri 1990-2016’da, Türkiye’nin tarım kaynaklı toplam sera gazı emisyonunun 2016 yılında 56486 kt CO<sub>2</sub> eşdeğeri olduğu belirtilmiştir [16]. Bu çalışmada Türkiye çeltik hasadının %94.8’inin gerçekleştiği 10 ilin 2016 yılı çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam sera gazı emisyonu yaklaşık 1268 kt CO<sub>2</sub>e/yıl olarak hesaplanmıştır. Buna göre 2016 yılı için, bu çalışmada hesaplanan Türkiye çeltik hasadının %94.8’inin gerçekleştiği 10 ilin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı toplam sera gazı emisyonunun, Türkiye’nin tarım kaynaklı toplam sera gazı emisyonu içinde %2.24 oranında bir paya sahip olduğu tahmin edilmiştir.

Su rejimi yönetimiyle birlikte toprak işlesiz tarım, fermente gübre kullanımı, nitrifikasyonu önleyici veya yavaş salımlı gübre kullanımı, çeltik çeşidinin seçimi gibi uygulamalarla çeltik yetiştiriciliği kaynaklı sera gazı emisyonlarının seviyesinin düşürülebilmesi mümkündür. Çeltik alanlarında uygulanan metan (CH<sub>4</sub>) emisyonlarını azaltmaya yönelik

kesikli sulama rejimi gibi stratejiler, nitroz oksit ( $N_2O$ ) emisyonlarını arttırıcı etkiye sahip olabilmektedir. Nitroz oksitin metana göre küresel ısınma potansiyelinin daha yüksek olduğu göz önünde bulundurularak, çeltik alanlarında gerçekleştirilen uygulamalarda bu iki sera gazı arasındaki dengeyi izlemek önem taşımaktadır.

IPCC 2006 rehberine göre, Tier 2 yöntemi Tier 1 yöntemi ile aynı metodolojik yaklaşımı uygulamaktadır fakat Tier 2 yönteminde, ülkeye özgü emisyon ve/veya ölçekleme faktörleri kullanılmaktadır. Öncelikli olarak, bu yöntemi kullanmak için alan verilerinin toplanması ile geliştirilen,  $CH_4$  emisyonlarını etkileyen koşulların (farklı ekosistemler, su rejimleri, organik ıslahın türü ve miktarı vb.) bölgesel etkisini yansıtmak için ülkeye özgü emisyon ve/veya ölçekleme faktörleri gerekmektedir. IPCC 2006 rehberine göre Tier 3 yöntemi ise çeltik yetiştiriciliğinin ulusal koşullarına göre oluşturulan, zamanla tekrarlanan, yüksek çözünürlüklü veri ile sürdürülen ve alt ulusal seviyede dağıtılmış model ve izleme ağlarını içermektedir. Tier 3 yönteminde kullanılan verilerin, varsayımların, eşitliklerin ve modellerin geçerliliğinin ve tamlığının doğru belgelendirilmesi çok önemlidir. İdeal olarak, değerlendirme son uydurularına dayandırılmalıdır. Bu kapsamda, ülkelerin sera gazı emisyonu hesaplamalarında Tier 2 ve/veya Tier 3 yöntemlerini kullanmaları daha kesin sonuçlar için teşvik edilmektedir. Bu nedenle Türkiye'nin çeltik yetiştiriciliği kaynaklı sera gazı emisyonlarını Tier 2, Tier 3 ve benzeri yöntemlerle daha detaylı belirleyebilmek için arazi çalışmaları, model ve izleme ağları ve ülkeye özgü emisyon ve/veya ölçekleme faktörlerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] S. Solomon and D. Qin, *Climate Change 2007 The Physical Science Basis The*, vol. 53, no. 9, **2013**.
- [2] U. Cubasch *et al.*, “Introduction in Climate Change 2013,” *Intergov. Panel Clim. Chang. 2013 Phys. Sci. Basis. Contrib. Work. Gr. I to Fifth Assess. Rep. Intergov. Panel Clim. Chang.*, pp. 119–158, **2013**.
- [3] IPCC, *Summary for Policymakers*. **2014**.
- [4] Ipcc, “2006 Ipcc Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories,” *Main*, vol. 2, no. OVERVIEW, p. 12, **2006**.
- [5] F. N. Tubiello, M. Salvatore, S. Rossi, A. Ferrara, N. Fitton, and P. Smith, “The FAOSTAT database of greenhouse gas emissions from agriculture,” *Environ. Res. Lett.*, vol. 8, no. 1, **2013**.
- [6] T. N. Maraseni, R. C. Deo, J. Qu, P. Gentle, and P. R. Neupane, “An international comparison of rice consumption behaviours and greenhouse gas emissions from rice production,” *J. Clean. Prod.*, vol. 172, pp. 2288–2300, **2018**.
- [7] Intergovernmental Panel on Climate Change, “IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Workbook V2. Pag. 1-20,” *IPCC Guidel. Natl. Greenh. Gas Invent.*, **1996**.
- [8] G. Xing *et al.*, “Nitrous oxide emission from paddy fields in China,” *Acta Ecol. Sin.*, vol. 29, no. 1, pp. 45–50, **2009**.
- [9] Anonim, “Crops.” [Online]. Available: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> (**Mayıs, 2018**).
- [10] Anonim, “TÜİK-2017 Bitkisel Üretim İstatistikleri.” [Online]. Available: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (**Mayıs, 2018**).
- [11] R. M. Rees, S. Flack, K. Maxwell, and A. Mistry, “Air: Greenhouse Gases from Agriculture,” *Encycl. Agric. Food Syst.*, vol. 1, pp. 293–304, **2014**.
- [12] Keith Paustian *et al.*, “Introduction,” *2006 IPCC Guidel. Natl. Greenh. Gas Invent. Vol. 4 Agric. For. Other L. Use*, no. Suppl, pp. 11–29, **2006**.
- [13] Food and Agriculture Organization of the United Nations, “Greenhouse Gas Emissions from Agriculture, Forestry and Other Land Use,” **2016**.
- [14] Anonim, “Agriculture Total.” [Online]. Available: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/GT/visualize> (**Mayıs, 2018**).
- [15] Anonim, “Agriculture Total.” [Online]. Available: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/GT> (**Mayıs, 2018**).
- [16] Türkiye İstatistik Enstitüsü, “Turkish Greenhouse Gas Inventory 1990 - 2016,” **2018**.
- [17] A. Saikrishna, S. Dutta, V. Subramanian, J. A. Moses, and C. Anandharamakrishnan, “Ageing of rice: A review,” *J. Cereal Sci.*, vol. 81, pp. 161–170, **2018**.
- [18] Anonim, “Çeltik Hastalık ve Zararlıları ile Mücadele.” [Online]. Available: [https://www.tarim.gov.tr/GKGM/Belgeler/Bitki Hizmetleri/hastalik\\_zararilari\\_ile\\_mucadele\\_dokumanlari/celtik.pdf](https://www.tarim.gov.tr/GKGM/Belgeler/Bitki%20Hizmetleri/hastalik_zararilari_ile_mucadele_dokumanlari/celtik.pdf) (**Nisan, 2018**).

- [19] H. Sürek, “Çeltik Yetiştiriciliği,” Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Edirne, **2018**.
- [20] F. A. Nunes, M. Seferin, V. G. Maciel, S. H. Flôres, and M. A. Z. Ayub, “Life cycle greenhouse gas emissions from rice production systems in Brazil: A comparison between minimal tillage and organic farming,” *J. Clean. Prod.*, vol. 139, pp. 799–809, **2016**.
- [21] Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü, “2016 Yılı Hububat Raporu,” **2016**.
- [22] A. Lagomarsino, A. E. Agnelli, R. Pastorelli, G. Pallara, D. P. Rasse, and H. Silvennoinen, “Management of rice paddy fields affects greenhouse gas emissions,” *Soil Biol. Biochem.*, vol. 93, pp. 17–27, **2016**.
- [23] D. C. Lowe and N. Zealand, “Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing (IPCC 2007),” *Change*, vol. 30, no. 22, pp. 129–234, **2007**.
- [24] S. D. Bridgham, H. Cadillo-Quiroz, J. K. Keller, and Q. Zhuang, “Methane emissions from wetlands: Biogeochemical, microbial, and modeling perspectives from local to global scales,” *Glob. Chang. Biol.*, vol. 19, no. 5, pp. 1325–1346, **2013**.
- [25] N. Van Nguyen and A. Ferrero, “Meeting the challenges of global rice production,” *Paddy Water Environ.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–9, **2006**.
- [26] Y. Takai, “The mechanism of methane fermentation in flooded paddy soil,” *Soil Sci. Plant Nutr.*, vol. 16, no. 6, pp. 238–244, **1970**.
- [27] I. Nouchi, S. Mariko, and K. Aoki, “Mechanism of Methane Transport from the Rhizosphere to the Atmosphere through Rice Plants,” *Plant Physiol.*, vol. 94, no. 1, pp. 59–66, **1990**.
- [28] R. Neue, H.U. and Sass, “Trace gas emissions from rice fields,” *Prinn R.G. Glob. Atmos. Biosph. Chem. Environ. Sci. Res. 48 Plenum Press*, pp. 119–148, **1994**.
- [29] K. Minami, “The effect of nitrogen fertilizer use and other practices on methane emission from flooded rice,” *Fertil. Res.*, vol. 40, no. 1, pp. 71–84, **1995**.
- [30] R. Conrad, “Microbial Ecology of Methanogens and Methanotrophs,” *Acad. Press*, vol. 96, pp. 1–63, **2007**.
- [31] S. Krause, C. Lüke, and P. Frenzel, “Succession of methanotrophs in oxygen-methane counter-gradients of flooded rice paddies,” *ISME J.*, vol. 4, no. 12, pp. 1603–1607, **2010**.
- [32] K. Ma, R. Conrad, and Y. Lu, “Dry/wet cycles change the activity and population dynamics of methanotrophs in rice field soil,” *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 79, no. 16, pp. 4932–4939, **2013**.
- [33] J. G. Ferry, “Biochemistry of methanogenesis,” *CRC Crit. Rev. Biochem. Mol. Biol.*, vol. 27, no. 6, pp. 473–503, **1992**.
- [34] H. A. C. Denier Van Der Gon and H. U. Neue, “Oxidation of methane in the rhizosphere of rice plants,” *Biol. Fertil. Soils*, vol. 22, no. 4, pp. 359–366, **1996**.
- [35] G. X. Xing, Y. C. Cao, S. L. Shi, G. Q. Sun, L. J. Du, and J. G. Zhu, “Denitrification in underground saturated soil in a rice paddy region,” *Soil Biol. Biochem.*, vol. 34, no. 11, pp. 1593–1598, **2002**.
- [36] S. Hussain *et al.*, “Rice management interventions to mitigate greenhouse gas emissions: a review,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 22, no. 5, pp. 3342–3360, **2015**.



- [37] K. Boateng, G. Obeng, and E. Mensah, "Rice Cultivation and Greenhouse Gas Emissions: A Review and Conceptual Framework with Reference to Ghana," *Agriculture*, vol. 7, no. 1, p. 7, **2017**.
- [38] R. Wassmann *et al.*, "Mechanisms of crop management impact on methane emissions from rice fields in Los Banos, Philippines," *Nutr. Cycl. Agroecosystems*, vol. 58, pp. 107–119, **2000**.
- [39] L. Y. Wassmann R., Lantin R.S., Neue H.U., Buendia L.V., Corton T.M., "Characterization of methane emissions from rice fields in Asia. III. Mitigation options and future research needs," *Dev. Plant Soil Sci.*, vol. 91, **2000**.
- [40] S. Yang, S. Peng, J. Xu, Y. Luo, and D. Li, "Methane and nitrous oxide emissions from paddy field as affected by water-saving irrigation," *Phys. Chem. Earth*, vol. 53–54, pp. 30–37, **2012**.
- [41] H. Hou, S. Peng, J. Xu, S. Yang, and Z. Mao, "Seasonal variations of CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions in response to water management of paddy fields located in Southeast China," *Chemosphere*, vol. 89, no. 7, pp. 884–892, **2012**.
- [42] S. Peng, H. Hou, J. Xu, Z. Mao, S. Abudu, and Y. Luo, "Nitrous oxide emissions from paddy fields under different water managements in southeast China," *Paddy Water Environ.*, vol. 9, no. 4, pp. 403–411, **2011**.
- [43] C. C. Ahmad S, Li CF, Dai GZ, Zhan M, Wang JP, Pan SG, "Greenhouse gas emission from direct seeding paddy field under different rice tillage systems in central China," *Soil Tillage Res*, vol. 106, pp. 54–61, **2009**.
- [44] C. Li, Z. Zhang, L. Guo, M. Cai, and C. Cao, "Emissions of CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> from double rice cropping systems under varying tillage and seeding methods," *Atmos. Environ.*, vol. 80, pp. 438–444, **2013**.
- [45] P. A. Jacinthe and R. Lal, "Labile carbon and methane uptake as affected by tillage intensity in a Mollisol," *Soil Tillage Res.*, vol. 80, no. 1–2, pp. 35–45, **2005**.
- [46] C.-T. T. Sainju UM, Jabro JD, "Tillage, cropping sequence, and nitrogen fertilization effects on dry land soil carbon dioxide emission and carbon content," *J Env. Qual*, vol. 39, pp. 935–945, **2010**.
- [47] M. H. Beare, E. G. Gregorich, and P. St-Georges, "Compaction effects on CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O production during drying and rewetting of soil," *Soil Biol. Biochem.*, vol. 41, no. 3, pp. 611–621, **2009**.
- [48] M. G. Khaliq A, Gondal MR, Matloob A, Ullah E, Hussain S, "Chemical Weed Control In Wheat Under Different Rice Residue Management Options," vol. 19, no. 1, pp. 1–14, **2013**.
- [49] H. D. Van De Gon, "Changes in CH<sub>4</sub> emission from rice fields from 1960 to 1990s 1. Impacts of modern rice technology," *Global Biogeochem. Cycles*, vol. 14, no. 1, pp. 61–72, **2000**.
- [50] H. M. Naser, O. Nagata, S. Tamura, and R. Hatano, "Methane emissions from five paddy fields with different amounts of rice straw application in central Hokkaido, Japan," *Soil Sci. Plant Nutr.*, vol. 53, no. 1, pp. 95–101, **2007**.
- [51] A. Khaliq, M. Shakeel, A. Matloob, S. Hussain, A. Tanveer, and G. Murtaza, "Influence of Tillage and Weed Control Practices on Growth and Yield of Wheat,"

- Philipp. J. Crop Sci.*, vol. 38, no. 3, pp. 0–0, **2013**.
- [52] R. Wassmann *et al.*, “Quantification of Methane Emissions from Chinese Rice Fields ( Zhejiang Province ) as Influenced by Fertilizer Treatment,” pp. 83–101, **1993**.
- [53] T. M. Corton *et al.*, “Methane emission from irrigated and intensively managed rice fields in Central Luzon (Philippines),” *Nutr. Cycl. Agroecosystems*, vol. 58, no. 1–3, pp. 37–53, **2000**.
- [54] J. N. GALLOWAY *et al.*, “The Nitrogen Cascade,” *Bioscience*, vol. 53, no. 4, p. 341, **2003**.
- [55] K. G. Cassman, A. Dobermann, D. T. Walters, and H. Yang, “Meeting Cereal Demand While Protecting Natural Resources and Improving Environmental Quality,” *Annu. Rev. Environ. Resour.*, vol. 28, no. 1, pp. 315–358, **2003**.
- [56] W. H. Schlesinger, “Carbon sequestration in soils,” *Science (80-. )*, vol. 284, no. 5423, p. 2095, **1999**.
- [57] J. Zou, Y. Huang, J. Jiang, X. Zheng, and R. L. Sass, “A 3-year field measurement of methane and nitrous oxide emissions from rice paddies in China: Effects of water regime, crop residue, and fertilizer application,” *Global Biogeochem. Cycles*, vol. 19, no. 2, pp. 1–9, **2005**.
- [58] Q. Shang *et al.*, “Net annual global warming potential and greenhouse gas intensity in Chinese double rice-cropping systems: A 3-year field measurement in long-term fertilizer experiments,” *Glob. Chang. Biol.*, vol. 17, no. 6, pp. 2196–2210, **2011**.
- [59] C. M. Pittelkow, M. A. Adviento-Borbe, J. E. Hill, J. Six, C. van Kessel, and B. A. Linquist, “Yield-scaled global warming potential of annual nitrous oxide and methane emissions from continuously flooded rice in response to nitrogen input,” *Agric. Ecosyst. Environ.*, vol. 177, pp. 10–20, **2013**.
- [60] S. Ghosh, D. Majumdar, and M. C. Jain, “Methane and nitrous oxide emissions from an irrigated rice of North India,” *Chemosphere*, vol. 51, no. 3, pp. 181–195, **2003**.
- [61] B. Linquist, K. J. Van Groenigen, M. A. Adviento-Borbe, C. Pittelkow, and C. Van Kessel, “An agronomic assessment of greenhouse gas emissions from major cereal crops,” *Glob. Chang. Biol.*, vol. 18, no. 1, pp. 194–209, **2012**.
- [62] M. A. Ali, M. G. Farouque, M. Haque, and A. U. Kabir, “Influence of soil amendments on mitigating methane emissions and sustaining rice productivity in paddy soil ecosystems of Bangladesh,” *J. Environ. Sci. Nat. Resour.*, vol. 5, no. 1, pp. 179–185, **2012**.
- [63] Z. Q. Jin F, Yang H, “Research progress of soil organic carbon reserves and its impacting factors,” *Soil*, vol. 1, pp. 11–17, **2000**.
- [64] C. D. Zhang A, Cui L, Pan G, Li L, Hussain Q, Zhang X, Zheng J, “Effect of biochar amendment on yield and methane and nitrous oxide emissions from a rice paddy from Tai Lake plain, China,” *Agric Ecosyst Env.*, vol. 139, no. 469–475, **2010**.
- [65] P. W. Reddy KR, “Yield and nitrogen utilization by rice as affected by method and time of application of labeled nitrogen,” *Agron J*, vol. 68, pp. 965–969, **1976**.
- [66] Freney JR, “Emission of nitrous oxide from soils used for agriculture,” *Nutr Cycl Agroecosyst*, vol. 49, pp. 1–6, **1997**.

- [67] E. G. Gregorich, P. Rochette, A. J. VandenBygaart, and D. A. Angers, "Greenhouse gas contributions of agricultural soils and potential mitigation practices in Eastern Canada," *Soil Tillage Res.*, vol. 83, no. 1 SPEC. ISS., pp. 53–72, **2005**.
- [68] Z. Cai *et al.*, "Methane and nitrous oxide emissions from rice paddy fields as affected by nitrogen fertilisers and water management," *Plant Soil*, vol. 196, no. 1, p. 7, **1997**.
- [69] H. a Denier Van Der Gon *et al.*, "Optimizing grain yields reduces CH<sub>4</sub> emissions from rice paddy fields," *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, vol. 99, no. 19, pp. 12021–12024, **2002**.
- [70] B. P. Lindau CW, "Methane emissions from Louisiana first and ratoon crop rice," *Soil Sci*, vol. 156, pp. 42–48, **1993**.
- [71] N. H. Denier van der Gon HAC, "Impact of gypsum application on methane emission from a wetland rice field," *Glob. Biogeochem cycles*, vol. 8, pp. 127–134, **1994**.
- [72] M. Tenuta and E. G. Beauchamp, "Nitrous oxide production from granular nitrogen fertilizers applied to a silt loam soil," *Can. J. Soil Sci.*, vol. 83, no. Crutzen 1981, pp. 521–532, **2003**.
- [73] X. Xu *et al.*, "Nitrous oxide and methane emissions during rice growth and through rice plants: Effect of dicyandiamide and hydroquinone," *Biol. Fertil. Soils*, vol. 36, no. 1, pp. 53–58, **2002**.
- [74] X. Yan, K. Yagi, H. Akiyama, and H. Akimoto, "Statistical analysis of the major variables controlling methane emission from rice fields," *Glob. Chang. Biol.*, vol. 11, no. 7, pp. 1131–1141, **2005**.
- [75] S. K. McTaggart IP, Clayton H, "Nitrous oxide flux from fertilized grassland: strategies for reducing emissions," pp. 421–426, **1994**.
- [76] A. Dobermann *et al.*, "Site-specific nutrient management for intensive rice cropping systems in Asia," *F. Crop. Res.*, vol. 74, no. 1, pp. 37–66, **2002**.
- [77] K. E. Ma, Q. Qiu, and Y. Lu, "Microbial mechanism for rice variety control on methane emission from rice field soil," *Glob. Chang. Biol.*, vol. 16, no. 11, pp. 3085–3095, **2010**.
- [78] B. Wang, H. U. Neue, and H. P. Samonte, "Effect of cultivar difference ('IR72', 'IR65598' and 'Dular') on methane emission," *Agric. Ecosyst. Environ.*, vol. 62, no. 1, pp. 31–40, **1997**.
- [79] M. S. Aulakh, R. Wassmann, and H. Rennenberg, "Methane transport capacity of twenty-two rice cultivars from five major Asian rice-growing countries," *Agric. Ecosyst. Environ.*, vol. 91, no. 1–3, pp. 59–71, **2002**.
- [80] J. Armstrong and W. Armstrong, "*Phragmites australis*- a preliminary study of soil-oxidizing sites and internal gas transport pathways," *New Phytol.*, vol. 108, no. 4, p. 373, **1988**.
- [81] P. KludzeHK, Delaune RD, "Aerenchyma formation and methane and oxygen exchange in rice," *Soil Sci Soc Am J*, vol. 57, pp. 386–200, **1993**.
- [82] M. S. Aulakh, J. Bodenbender, R. Wassmann, and H. Rennenberg, "Methane transport capacity of rice plants. II. In variations among different rice cultivars and relationship with morphological characteristics," *Nutr. Cycl. Agroecosystems*, vol. 58, pp. 367–375, **2000**.

- [83] H. M. Win KT, Nonaka R, Toyota K, Motobayashi T, “Effects of option mitigating ammonia volatilization on CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from a paddy field fertilized with anaerobically digested cattle slurry,” *Biol Fertil Soils*, vol. 46, pp. 589–595, **2010**.
- [84] Z. W. Jiang Y, Wang L, Yan X, Tian Y, Deng A, “Super rice cropping will enhance rice yield and reduce CH<sub>4</sub> emission: a case study in Nanjing, China,” *Rice Sci*, vol. 20, pp. 427–433, **2013**.
- [85] O. Kerdchoechuen, “Methane emission in four rice varieties as related to sugars and organic acids of roots and root exudates and biomass yield,” *Agric. Ecosyst. Environ.*, vol. 108, no. 2, pp. 155–163, **2005**.
- [86] K. N. Mitra S, JainMC, Kumar S, Bandyopadhyaya SK, “Effect of rice cultivars on methane emission,” *Agric Ecosyst Env.*, vol. 73, pp. 177– 183, **1999**.
- [87] Y. Lu, R. Wassmann, and H. U. Neue, “Response of methanogenesis in anaerobic rice soils to exogenous substrates,” *Soil Biol. Biochem.*, vol. 32, pp. 1683–1690, **2000**.
- [88] P. Setyanto, a K. Makarim, a M. Fagil, R. Wassmann, and L. V Buendia, “Crop management affecting methane emissions from irrigated and rainfedrice in Central Java (Indonesia),” *Nutr. Cycl. Agroecosystems*, vol. 58, pp. 85–93, **2000**.
- [89] Food and Agriculture Organization of the United Nations, *Estimating greenhouse gas emissions in agriculture. A manual to address data requirements for developing countries*. **2015**.
- [90] K. Rypdal *et al.*, “Chapter 1: Introduction to the 2006 Guidelines,” *2006 IPCC Guidel. Natl. Greenh. Gas Invent.*, p. 12, **2006**.
- [91] IPCC, “Chapter 5 Cropland,” *IPCC Guidel. Natl. Greenh. Gas Invent.*, pp. 1–66, **2006**.
- [92] Z. Cai, H. Tsuruta, M. Gao, H. Xu, and C. Wei, “Options for mitigating methane emission from a permanently flooded rice field,” *Glob. Chang. Biol.*, vol. 9, no. 1, pp. 37–45, **2003**.
- [93] C. Li *et al.*, “Modeling greenhouse gas emissions from rice-based production systems: Sensitivity and upscaling,” *Global Biogeochem. Cycles*, vol. 18, no. 1, p. n/a-n/a, **2004**.
- [94] Y. Huang, W. Zhang, X. Zheng, J. Li, and Y. Yu, “Modeling methane emission from rice paddies with various agricultural practices,” *J. Geophys. Res. D Atmos.*, vol. 109, no. 8, pp. 1–12, **2004**.
- [95] Anonim, “Terimler Sözlüğü: Karbondioksit Eşdeğeri.” [Online]. Available: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Carbon\\_dioxide\\_equivalent](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Carbon_dioxide_equivalent) (**Ekim, 2018**).
- [96] B. Ü. G. M. Tarım ve Orman Bakanlığı, “2017 Yılında Türkiye Çeltik Hasadının %94.8’inin Gerçekleştiği 10 İle Ait Çeltik Yetiştiriciliği Verileri,” **2017**.
- [97] G. J. Fitzgerald, K. M. Scow, and J. E. Hill, “Fallow season straw and water management effects on methane emissions in California rice,” *Global Biogeochem. Cycles*, vol. 14, no. 3, pp. 767–776, **2000**.
- [98] IPCC, “N<sub>2</sub>O Emissions From Managed Soils, and CO<sub>2</sub> Emissions From Lime and Urea application,” *Guidel. Natl. Greenh. Gas Invent.*, p. 54, **2006**.
- [99] H. Akiyama, K. Yagi, and X. Yan, “Direct N<sub>2</sub>O emissions from rice paddy fields: Summary of available data,” *Global Biogeochem. Cycles*, vol. 19, no. 1, pp. 1–10,

**2005.**

- [100] Ö. A. Oğuzhan Adil, “Trakya’da Çeltik Üretimine İlişkin Logit Model Denemesi,” *Trak. Üniversitesi Sos. Bilim. Derg.*, vol. 6, no. 1, pp. 23–36, **2005**.
- [101] Y. Nojiri *et al.*, “National Greenhouse Gas Inventory Report of Japan,” p. 504, **2009**.
- [102] Institute for Environmental Protection and Research, “Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2016 National Inventory Report 2018,” **2018**.
- [103] Ministry of Environment and Energy, “Annual Inventory Submission of Greece Under The Convention Kyoto Protocol for Greenhouse and Other Gases For The Years 1990-2016,” no. April, **2018**.
- [104] APA, “Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990 - 2016,” p. 750, **2018**.
- [105] Anonim, “Rice Cultivation.” [Online]. Available: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/GR/visualize> (**Eylül, 2018**).
- [106] Anonim, “Rice Cultivation.” [Online]. Available: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/GR> (**Ekim, 2018**).
- [107] Anonim, “README\_Methodological\_Note.” [Online]. Available: [http://fenixservices.fao.org/faostat/static/documents/GR/GR\\_e.pdf](http://fenixservices.fao.org/faostat/static/documents/GR/GR_e.pdf) (**Eylül, 2018**).
- [108] L. V. Buendia *et al.*, “Understanding the nature of methane emission from rice ecosystems as basis of mitigation strategies,” *Appl. Energy*, vol. 56, no. 3–4, pp. 433–444, **1997**.
- [109] H. Haraguchi, M. Kimura, S. G. Nugroho, J. Lumbanraja, H. Suprpto, and W. S. A. Sunyoto, “Effect of intermittent irrigation on methane emission from an indonesian paddy field,” *Soil Sci. Plant Nutr.*, vol. 40, no. 4, pp. 609–615, **1994**.
- [110] J. Feng *et al.*, “Impacts of cropping practices on yield-scaled greenhouse gas emissions from rice fields in China: A meta-analysis,” *Agric. Ecosyst. Environ.*, vol. 164, pp. 220–228, **2013**.
- [111] M. Sass, R., Fisher, F., Wang, Y., Turner, F., Jund, “Methane emission from rice fields: the effect of floodwater management,” *Glob. Biogeochem. Cycles*, vol. 6, pp. 249–262, **1992**.
- [112] S. Towprayoon, K. Smakgahn, and S. Poonkaew, “Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from drained irrigated rice fields,” *Chemosphere*, vol. 59, no. 11, pp. 1547–1556, **2005**.
- [113] K. Minamikawa, T. Fumoto, M. Itoh, M. Hayano, S. Sudo, and K. Yagi, “Potential of prolonged midseason drainage for reducing methane emission from rice paddies in Japan: A long-term simulation using the DNDC-Rice model,” *Biol. Fertil. Soils*, vol. 50, no. 6, pp. 879–889, **2014**.
- [114] S. F. U. Islam, J. W. van Groenigen, L. S. Jensen, B. O. Sander, and A. de Neergaard, “The effective mitigation of greenhouse gas emissions from rice paddies without compromising yield by early-season drainage,” *Sci. Total Environ.*, vol. 612, no. September, pp. 1329–1339, **2018**.

## EKLER

### EK 1: 2017 Yılında Türkiye Çeltik Hasadının %94.8'inin Gerçekleştiği 10 İlin 2004-2017 Yılları Arasındaki Çeltik Verileri [10]

|                                  | Yıl  | Balıkesir | Bursa | Edirne | Kırklareli | Samsun | Sinop | Tekirdağ | Çanakkale | Çankırı | Çorum |
|----------------------------------|------|-----------|-------|--------|------------|--------|-------|----------|-----------|---------|-------|
| <b>Hasat Edilen Alan - Dekar</b> | 2004 | 73850     | 11180 | 292140 | 3200       | 91950  | 24070 | 16440    | 18530     | 36710   | 68720 |
|                                  | 2005 | 93550     | 17960 | 337300 | 9840       | 102780 | 36040 | 17500    | 33180     | 36320   | 77860 |
|                                  | 2006 | 121076    | 28618 | 398812 | 13308      | 98596  | 35392 | 35353    | 61834     | 40541   | 81425 |
|                                  | 2007 | 118801    | 8863  | 423169 | 13293      | 73641  | 27853 | 32824    | 38488     | 40340   | 77444 |
|                                  | 2008 | 135662    | 11614 | 443097 | 15643      | 85822  | 19871 | 35862    | 34138     | 42952   | 80194 |
|                                  | 2009 | 133834    | 17370 | 403595 | 11106      | 98950  | 17949 | 20600    | 52966     | 38100   | 74160 |
|                                  | 2010 | 120109    | 22175 | 350875 | 14443      | 144638 | 20161 | 27153    | 97651     | 22297   | 77419 |
|                                  | 2011 | 127487    | 23055 | 394019 | 17344      | 135622 | 28442 | 25686    | 98304     | 18037   | 64656 |
|                                  | 2012 | 154444    | 25500 | 486006 | 24980      | 153695 | 39918 | 37800    | 111355    | 24880   | 68223 |
|                                  | 2013 | 129714    | 25000 | 430401 | 26105      | 144128 | 39600 | 31000    | 113477    | 24700   | 77263 |
|                                  | 2014 | 163020    | 24500 | 439180 | 22499      | 160375 | 38208 | 35575    | 63906     | 22220   | 68129 |
|                                  | 2015 | 149966    | 22830 | 480466 | 26510      | 149821 | 38830 | 38176    | 110519    | 19789   | 62347 |
|                                  | 2016 | 149921    | 26469 | 467304 | 26003      | 156297 | 40789 | 41491    | 107444    | 23018   | 64544 |
|                                  | 2017 | 144376    | 25720 | 456846 | 20831      | 165965 | 41324 | 9439     | 82367     | 22119   | 69131 |
| <b>Verim - Kg/Dekar</b>          | 2004 | 708       | 847   | 759    | 761        | 618    | 573   | 745      | 726       | 753     | 713   |
|                                  | 2005 | 698       | 680   | 789    | 893        | 588    | 565   | 741      | 752       | 747     | 677   |
|                                  | 2006 | 619       | 694   | 770    | 891        | 722    | 605   | 729      | 636       | 714     | 722   |
|                                  | 2007 | 620       | 611   | 762    | 829        | 683    | 646   | 972      | 570       | 663     | 646   |
|                                  | 2008 | 694       | 718   | 839    | 919        | 762    | 713   | 835      | 736       | 714     | 703   |
|                                  | 2009 | 742       | 745   | 872    | 952        | 822    | 800   | 858      | 765       | 567     | 656   |
|                                  | 2010 | 847       | 759   | 973    | 1072       | 865    | 938   | 970      | 812       | 820     | 783   |
|                                  | 2011 | 828       | 793   | 962    | 1065       | 927    | 958   | 861      | 872       | 787     | 951   |
|                                  | 2012 | 705       | 667   | 751    | 913        | 727    | 842   | 820      | 741       | 701     | 785   |
|                                  | 2013 | 767       | 760   | 841    | 987        | 851    | 870   | 932      | 796       | 602     | 848   |
|                                  | 2014 | 750       | 801   | 755    | 876        | 715    | 886   | 780      | 834       | 763     | 861   |
|                                  | 2015 | 760       | 811   | 805    | 909        | 818    | 774   | 700      | 831       | 763     | 839   |
|                                  | 2016 | 755       | 778   | 804    | 884        | 824    | 820   | 771      | 811       | 755     | 811   |
|                                  | 2017 | 788       | 786   | 872    | 884        | 802    | 804   | 776      | 818       | 704     | 826   |

## ÖZGEÇMİŞ

### Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Zeynep TOKAY

Doğum Tarihi : 01.07.1985

E-posta : zeynep.tokay5@gmail.com

### Eğitim

Lisans : Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 2004-2008

Lise : Hacı Ömer Tarman Anadolu Lisesi, 2000-2003

### Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce : İleri Seviye

### İş Deneyimi

Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu, 2010-

### Deneyim Alanları

Tarım ve kırsal kalkınmaya yönelik yatırım destekleri, tarım-çevre tedbirleri

### Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

### Tezden Üretilmiş Yayınlar

-



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
GEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

Tarih: 25/10/2018

Tez Başlığı / Konusu: Türkiye'nin Gelişik Yeterlilikleri Kaynaklı Sera Gazı  
Emisyonlarının Değerlendirilmesi

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 93 sayfalık kısmına ilişkin, 25/10/2018 tarihinde ~~gözetim~~/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 6 tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç/dâhil
- 2- Alıntılar hariç/dâhil
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

25.10.2018

[İmza]  
Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Zeynep TOKAY  
Öğrenci No: N08224836  
Anabilim Dalı: Gevre Mühendisliği  
Programı: Tezli Yüksek Lisans  
Statüsü:  Y.Lisans  Doktora  Bütünleşik Dr.

**DANIŞMAN ONAYI**

UYGUNDUR.

[İmza]

Prof. Dr. Ayşenur UĞURLU  
(Unvan, Ad Soyad, İmza)