

TARIMSAL ÜRETİMDE GÜNCEL GELİŞMELER

EDİTÖR
Dr. Öğr. Üyesi Zeynep DUMLU GÜL

İKSAD
Publishing House

TARIMSAL ÜRETİMDE GÜNCEL GELİŞMELER

EDİTÖR
Dr. Öğr. Üyesi Zeynep DUMLU GÜL

YAZARLAR
Prof. Dr. Bahri BAYRAM
Prof. Dr. Hatice KAYA
Prof. Dr. Mustafa TAN
Doç. Dr. Adem KAYA
Doç. Dr. Aycan Mutlu YAĞANOĞLU
Doç. Dr. Gökhan ARSLAN
Doç. Dr. Muhammed KÜPE
Doç. Dr. Nuray DEMİR
Dr. Öğr. Üyesi ÖZLEM YILMAZ
Dr. Öğr. Üyesi Sedat KARADAVUT
Dr. Öğr. Üyesi Zeynep DUMLU GÜL
Öğr. Gör. Adnan ÇOLAK
Arş. Gör. Ali KAYA
Arş. Gör. Oğuz Fatih ERGÜN
Arş. Gör Veysel Fatih ÖZDEMİR
Abdulkadir ERGÜN
Esra ZEREN DURSUN
Hanife ORHANGAZİ
Kübra FETTAHOĞLU
Kübra ÇİNAR TOPÇU

İKSAD
Publishing House

Copyright © 2023 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher,
except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other
noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social
Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TURKEY TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com
It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.
Iksad Publications – 2023©
ISBN: 978-625-367-149-5
Cover Design: İbrahim KAYA
June / 2023
Ankara / Türkiye
Size = 16 x 24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....1

BÖLÜM 1
KÖKBOYA (*Rubia tinctorum* L.)'DA ÇİMLENDİRME ÇALIŞMALARI
Prof. Dr. Mustafa TAN
Dr. Öğr. Üyesi Sedat KARADAVUT
Öğr. Gör. Adnan ÇOLAK.....3

BÖLÜM 2
KOLOSTRUMUN YAPISI VE BUZAĞI BESLENMESİNDEKİ ÖNEMİ
Arş. Gör Veysel Fatih ÖZDEMİR
Prof. Dr. Bahri BAYRAM.....27

BÖLÜM 3
KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE TARIMSAL KURAKLIĞIN HAYVANCILIK SEKTÖRÜNE ETKİSİ VE HAYVANCILIKTA SU SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ
Arş. Gör. Oğuz Fatih ERGÜN
Prof. Dr. Bahri BAYRAM.....47

BÖLÜM 4
MAKRO VE MİKRO MİNERALLERİN YUMURTA KABUK KALİTESİNE ETKİSİ
Doktora Öğr. Hanife ORHANGAZİ
Prof. Dr. Hatice KAYA.....81

BÖLÜM 5
TANENLERİN YAPISI VE RUMİNANT HAYVANLARDAKİ ROLÜ
Arş. Gör. Ali KAYA
Doç. Dr. Adem KAYA.....123

BÖLÜM 6
RUMİNANTLARDA ENTERİK METAN GAZININ OLUŞUMU VE ÖLÇÜM METOTLARI
Arş. Gör. Ali KAYA
Doç. Dr. Adem KAYA.....147

BÖLÜM 7
KIRSAL ALANIN KALKINMASINDA ÖNEMLİ BİR İTİCİ GÜÇ: KIRSAL TURİZM
Abdulkadir ERGÜN.....185

BÖLÜM 8
KAYSERİ 'DE KABAK ÇEKİRDEĞİ ÜRETİMDE ETKİLİ OLAN SOSYO- EKONOMİK FAKTÖRLER
Doç. Dr. Nuray DEMİR.....219

BÖLÜM 9
YAPAY ZEKÂ VE TARIM ALANINDA KULLANIMI
Doç. Dr. Aycan Mutlu YAĞANOĞLU
Doç. Dr. Gökhan ARSLAN.....241

BÖLÜM 10
KAHRAMANMARAŞ YEREL BAĞCILIĞINDA SON YILLARDAKİ GELİŞMELER VE MEVCUT DURUM
Doç. Dr. Muhammed KÜPE.....263

BÖLÜM 11
STAPHYLOCOCCAL PROTEAZ VE LİPAZLAR
Kübra ÇİNAR TOPÇU
Kübra FETTAHOĞLU.....295

BÖLÜM 12
TARIMSAL GIDA ATIKLARINDAN BİYOAKTİF BİLEŞENLERİN MİKRODALGA DESTEKLİ EKSTRAKSİYONU
Dr. Öğr. Üyesi ÖZLEM YILMAZ.....325

BÖLÜM 13
KÖPEKDİŞİ (CYNODON DACTYLON L. PERS) BİTKİSİ ÜZERİNE BAZI ABİYOTİK STRESLERİN ETKİSİ
Esra ZEREN DURSUN
Zeynep DUMLU GÜL.....359

ÖNSÖZ

Çok sayıda işleve sahip olan tarımsal üretim ülkemizde değişim ve dönüşüme bağlı olarak her dönem değişmektedir. Doğal çevrenin ve biyolojik çeşitliliğin korunması, güncel gelişimlerin takip edilmesi, arazilerin verimli kullanılması ve daha pek çok ihtiyacın karşılanması, tarımsal üretimde sürdürülebilirliği etkileyen gereklilikler arasında yer almaktadır. 'Tarımsal Üretimde Güncel Gelişmeler' başlığı altında ziraatın farklı kollarından toplanan tüm bölüm ve konular öğrenci, araştırmacı, akademisyen ve üreticilerin faydalanabileceği bir kaynak olması için hazırlanmıştır. Yazımda, düzenlemede ve basımda emeği geçen herkese teşekkür eder, ilgilenenlere faydalı olmasını dilerim…

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep DUMLU GÜL

Haziran, 2023

BÖLÜM 6

RUMİNANTLARDA ENTERİK METAN GAZININ OLUŞUMU VE ÖLÇÜM METOTLARI

Arş. Gör. Ali KAYA [1], Doç. Dr. Adem KAYA [2]

[1] Atatürk üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Erzurum
ORCID No: 0000-0002-7694-7220 e-mail: alikaya@atauni.edu.tr
[2] Atatürk üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Erzurum
ORCID No: 0000-0002-7726-6865 e-mail: akaya@atauni.edu.tr

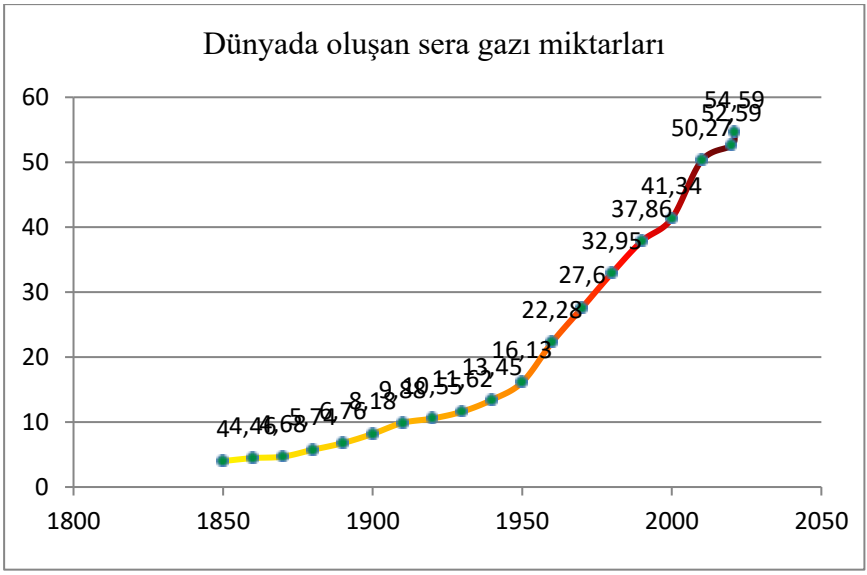
Giriş

Dünyamızda, her geçen gün insan nüfusunun artması gıda, enerji ve üretim temelli sektörlere olan talebi artırmakta olup daha yüksek kapasiteli üretim sistemlerinin kurulmasına ve entegre üretim faaliyetlerine yönelimi tetiklemektedir. Ulaştırma, sanayi, tarım sektörlerinde fosil yakıtların enerji amaçlı fazlaca kullanılması sonucunda doğal ve endüstriyel sera gazı oranları, atmosferde gün geçtikçe artmaktadır. Kyoto protokolünde, ısı tutma özelliği olan karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), nitröz oksit (N_2O), Ozon (O_3), Kloroflourkarbon (CFC_5), Su buharı (H_2O), Kükürt-hekzaflorür (SF_6) ve amonyak (NH_3) gibi gazların atmosferdeki birikimlerinin insan kaynaklı etkilerle aşırı derecede artması, güneşten gelen kısa ve uzun dalga boylarına sahip infrared ışınlarını atmosferde daha fazla süre tutulmasına ve sonuç olarak dünyanın daha fazla ısınmasına sebep olmaktadır (Arıkan, 2006; Steinfield ve ark., 2006; Sejian ve ark., 2011; Şahin ve Onurbaş Avcıoğlu, 2016). Dünyanın fazla ısınması; buzulların erimesi ve deniz seviyesinin yükselmesi, bölgesel ve yerel yağış yapılarının değişmesi, ekstrem hava olaylarının sayı ve sıklığının artması, ekosistemlerin değişmesi nedeniyle bazı hayvan ve bitki türlerinin yok olmasına, sel, fırtına, kasırga ve kuraklık gibi iklimle ilgili doğal felaketleri meydana getirmektedir (Bayraç ve Doğan, 2016). Sera gazlarının küresel ısınma etkinlikleri Change, (2006)'a göre Tablo 1'de verilmiştir.

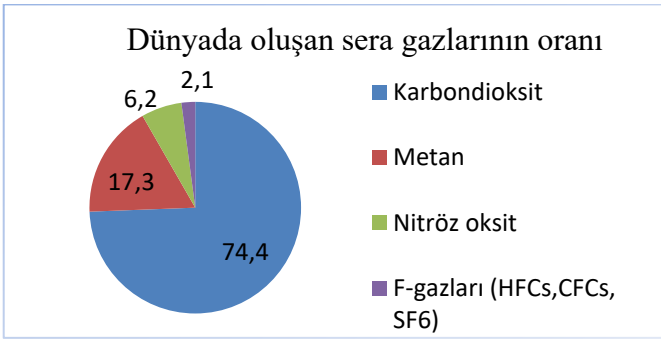
Tablo 1. Gazların küresel ısınma etkinlikleri (IPCC, 2006).

Gazlar	Küresel ısınma potansiyeli (GWP)
CO_2	1
CH_4	21
N_2O	310
HFCs	140-11,700
HFC-23	11,700
HFC-32	650
HFC-125	2,800
HFC-134a	1,300
HFC-143a	3,800
HFC-152a	140
HFC-227ea	2,900
HFC-236fa	6,300
HFC-43-10mee	1,300
PFCs	6,500-9,200
PFC-14	6,500
PFC-116	9,200
PFC-218	7,000
PFC-318	8,700
PFC-3-1-10	7,000
PFC-5-1-14	7,400
SF_6	23,900

Atmosfere yayılan gazların yıllık olarak ısınma etkinlikleri karbon dioksit (CO_2) gazına dönüştürülerek hesaplandığında dünyada 2021 yılında, 54,59 milyar ton sera gazı oluştuğu Friedlingstein ve ark., (2022) tarafından bildirilmektedir (Şekil 1). Dünyada oluşan sera gazlarının 2020 yılında dağılımı Şekil 2'de gösterilmektedir (IPCC, 2014).



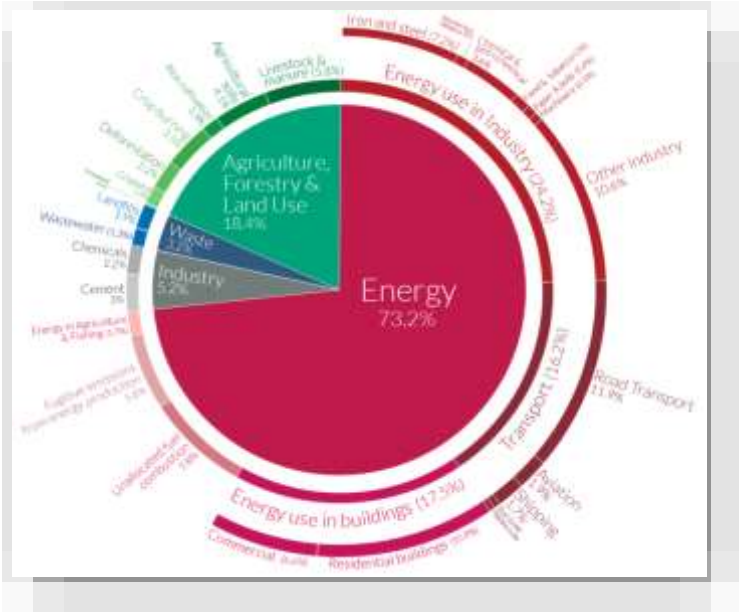
Şekil 1. 1850-2021 yılları arasında dünyada oluşan sera gazı miktarları (milyar ton), (Friedlingstein ve ark., 2022).



Şekil 2. Dünyada oluşan sera gazları oranları (IPCC, 2014).

Dünyada salınımı olan sera gazlarının %25,5'lik bölümünün tarımsal aktiviteler sonucunda olduğu bununda %18'lik bölümünün hayvansal kökenli sera gazı üretiminden kaynaklandığını bildirilmektedir (Lashof ve Ahuja, 1990; Sejian ve ark., 2011). Dünya kaynakları enstitüsünün (WRI) 2020 yılında doğal ve endüstriyel faaliyetler sonucunda açığa

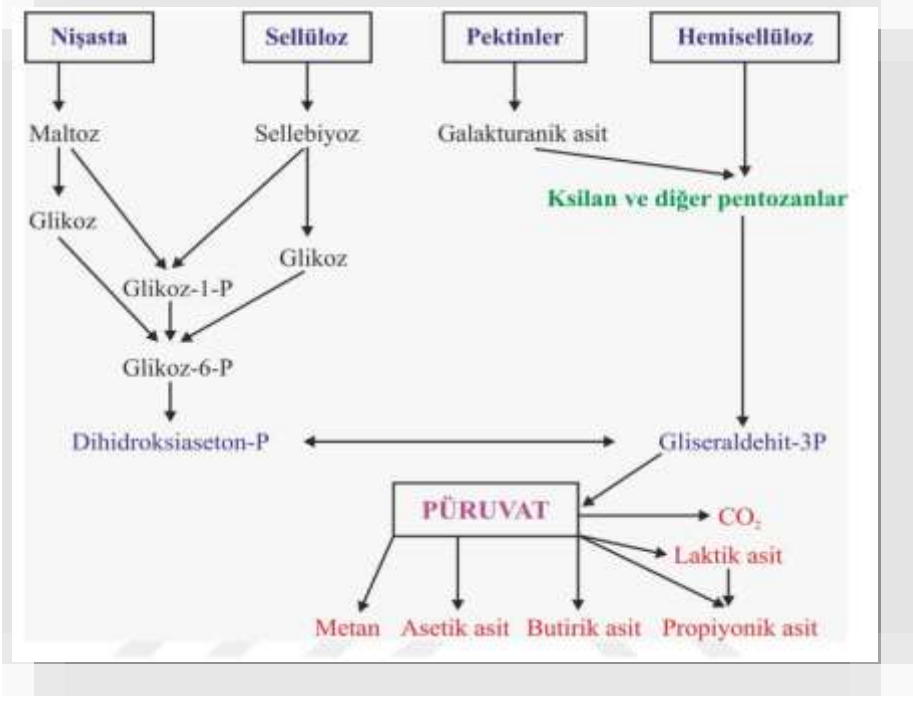
çıkan ve atmosfere yayılan sera gazlarının oranlarını Şekil 3'de gösterildiği gibi rapor etmiştir (IPCC, 2014). Görsele bakıldığında Tarımsal aktivitelerden kaynaklı sera gazlarının total gaza oranla %18,4 olduğu bununda % 5,8'inin hayvansal kaynaklı olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Dünyada doğada ve endüstriyel sektörlerdeki sera gazı dağılımı (Climate Watch, the World Resources Institute,2020)

Sera gazı özelliğine sahip olan metan ve nitröz oksit gazlarının genel olarak ana kaynağı ruminant hayvanlardan kaynaklı olduğu belirtilmektedir (Hristov ve ark., 2013; Hammond ve ark., 2016). Ruminant hayvanlar ile rumendeki mikroorganizmalar arasında simbiyotik bağlantı bulunmaktadır. Ruminant hayvanların rumen ve retikulo-rumen bölmelerinin ortam sıcaklığının 38-41 °C olması, pH'ı 5,5- 7 arasında olması, nemli olması ve %95-99'luk orandaki anaerobik

ortamın olması binlerce bakteri türü, metanojenik arkealer, protozoa, mantarlar ve virüsler için eşsiz bir ortam sağlamaktadır (Patterson, 1992; Akerholm ve Salmen, 2003; Özel ve Sarıçiçek, 2009; Wright ve Klieve, 2011;Knapp ve ark., 2014). Rumende bulunan fungus, protozoa ve bakteriler, salgıladıkları enzimler sayesinde ruminantların rasyonla aldığı yemlerde bulunan kompleks yapıları fermantasyona maruz bırakarak amonyak, H_2, CO_2, CH_4 ve asetik, bütirik, probiyonik, vs. uçucu yağ asitlerine dönüştürürler (Şekil 5; Canbolat, 2015).

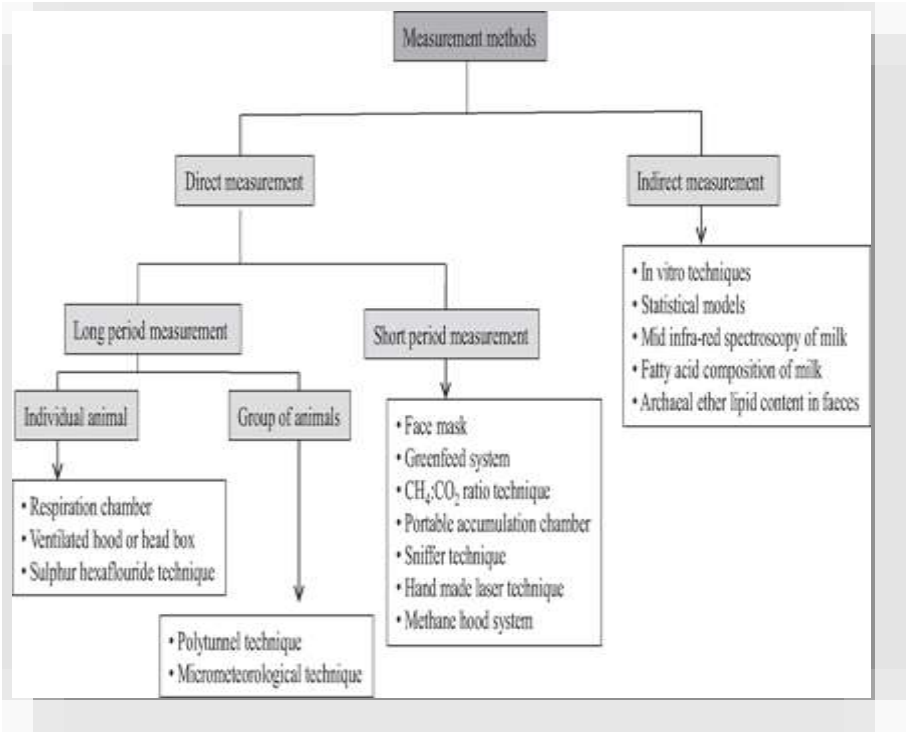


Şekil 5. Rumende bulunan mikroorganizmaların yemleri parçalaması sonucu açığa çıkan ürünler

Bütün bu yapım ve yıkım olaylarının gerçekleştiği ortamın yapısı sıkı bir biçimde sürekli olarak düzenlenmektedir. Rumende barınan mikroorganizmaların yemler üzerindeki parçalama etkinliği, fermantasyon sonucu açığa çıkan H^+ iyonlarının pH'ı düşürmesi sebebiyle azalmaktadır(McAllister ve Newbold, 2008). Bu sebeple fermantasyon neticesinde açığa çıkan H^+ iyonlarının ortamdan uzaklaştırılması rumendeki mikrobiyal popülasyon için önem arz etmektedir (Knapp ve ark., 2014). Mikrobiyal faaliyetin çalışma etkinliği için önem arz eden H^+ iyonlarının bir bölümü yağların hidrojenasyonunda değerlendirilirken bir bölümü de CO_2 ile arkeaların en önemli türleri olan *"Methanobrevibacter ruminantium", "Methanomicrobium mobile", "Methanosarcina mazei", "Methanosarcina barkeri" ve "Methanobacterium formicicum"* tarafından birleştirilerek CH_4 oluşturulmakta ve bu şekilde dışarı atılarak hidrojen'in olması mümkün etkileri giderilmiş ve rumendeki yoğunluğu bu şekilde azaltılmaktadır (Mitsumori ve ark., 2002; Leahy ve ark., 2010; Sejian ve ark., 2011). Rumen ortamında bu şekilde üretimi yapılan metana "enterik metan" denilmektedir (Knapp ve ark.,2014). Ruminantlarda oluşan metanı Hook ve ark.,(2010) tadı olmayan, rengi olmayan ve yanıcı özelliği olan özgül ağırlığının ise havadan daha hafif olduğu doğal bir gaz olarak tanımlamışlardır. Enterik metanın %10-13'lük bölümü kalın bağırsakta oluşurken önemli bir bölümü rumende mikrobiyal fermentasyon sonucu üretilmektedir. Hayvanlarda oluşan metanın % 90-95'lik kısmı geğirme ile dışarı atılırken % 5-10'luk kısmı ise rektumdan dışarı atıldığıbelirtilmektedir (Murray ve ark., 1999). Ergin bir sığırın rumeninde oluşan metan üretim

miktarı 300 litre/gün civarındadır. Bu bilgi dikkate alınarak hesaplama yapıldığında, dünyada bulunan ruminant hayvanlardan yılda yaklaşık olarak atmosfere 80-115 milyon ton metan gazı salındığı rapor edilmektedir (IPCC, 2001; Kaya ve ark., 2012).

Ruminantların rasyonla aldıkları yemlerin sindirilebilir enerjisinin %2-12'si enterik metan üretimi esnasında kaybolduğu belirtilmekte olup kalitesiz yemlerle beslenen ruminantlarda enterik metanın %15-18'e kadar çıktığını bildirilmektedir (Johnson ve Johnson, 1995; Steinfeld ve ark., 2006). Bu şekilde metan oluşturularak yüksek ölçüde enerjinin kullanılmadan dışarı atılması, hem ruminantların enerji kullanım etkiliğini düşürmekte hem de küresel ısınmaya sebep olmaktadır (Yurtseven, 2010; Navarro- Villa ve ark.,2013). Ruminantlardan kaynaklı, hem enerji kaybına hemde küresel ısınmaya sebep olan metan gazının hayvanlarda günlük dışarı atım miktarlarının belirlenmesi için doğrudan ve dolaylı olacak şekilde pek çok sayıda metotlar geliştirilmiştir. Bu metotlar Şekil 6'da gösterilmektedir.

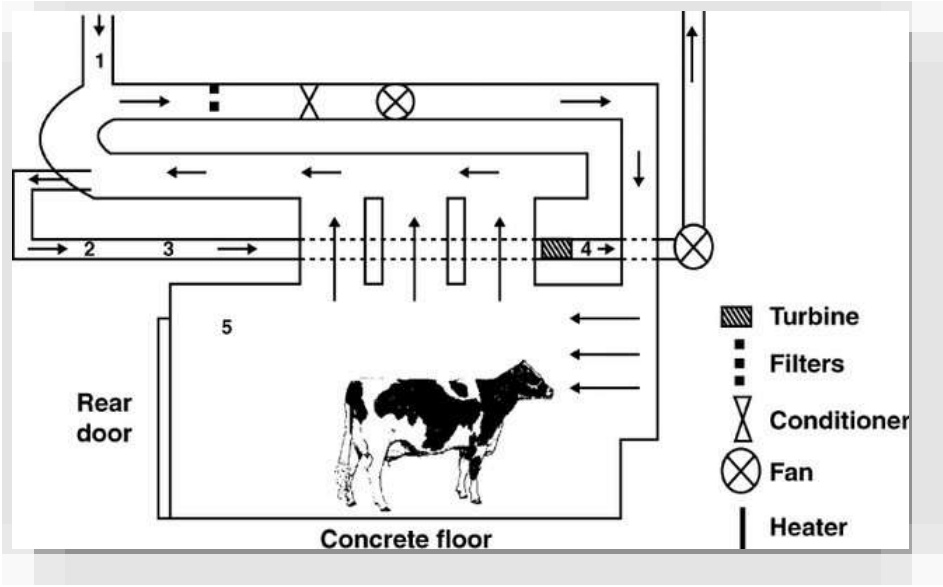


Şekil 6. Gaz ölçüm metotları (Patra, 2016)

Metan Gazı Ölçüm Metotları

Respiresyon çember metodu (Respiratory Chamber method)

Respiresyon çember (RC) metodu, uzun yıllar boyunca hayvanlarda enerji dengesini ve gaz değişimini tespit etmek için kullanılmaktadır. Bu metodun çalışma prensibi, şekil 7'de gösterildiği gibi gaz örneklerindeki CH_4 konsantrasyonlarını (ağız, burun delikleri ve rektum gibi enterik fermantasyondan kaynaklanan tüm yollardan çıkan) ve RC'den çıkarılan toplam hava hacmini ölçerek tespit edilmektedir (Armsby,1903; Broucek, 2014).



Şekil 7. Respiresyon çember ölçüm metodu (Grainger ve ark., 2007)

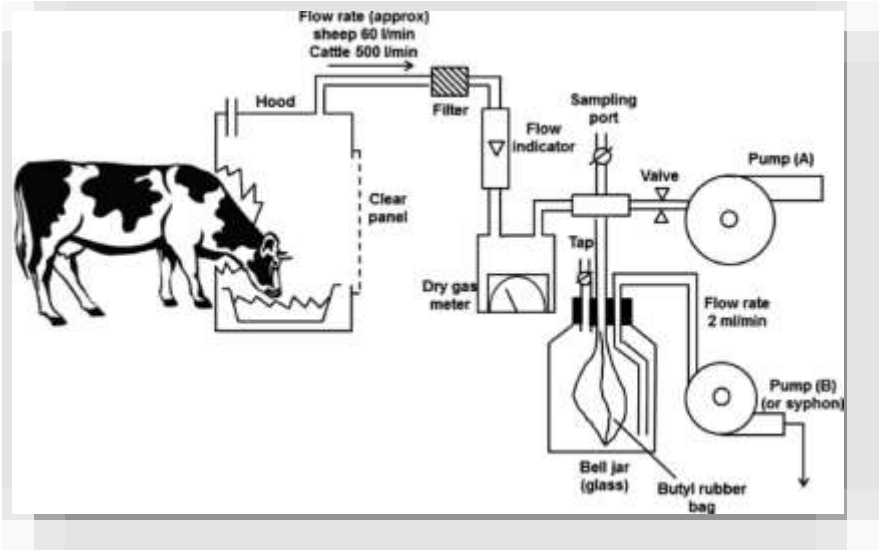
Enterik CH_4 üretiminin ölçümü için RC yöntemi, yüksek doğruluk ile tekrarlanabilirlik ve ölçüm esnasında hayvandan hayvana düşük varyasyon göstermesinden dolayı "altın standart" metot olarak kabul edilmektedir (Grainger ve ark., 2007; Williams ve ark., 2013). Bir hava pompası, çıkarılan hava hacmini hesaplamak için açık devre sistemindeki bir akış ölçer aracılığıyla RC'den sürekli olarak hava çıkarır. RC'den çıkan gaz, bir kanal sistemi aracılığıyla analiz için sürekli olarak örneklenir. RC sistemi, atılan gazların ve gelen havanın uygun şekilde karışması için oda içinde havalandırma fanlarıyla donatılmıştır. RC içerisinde uygun nem, sıcaklık ve hava akışının sağlaması klima sistemi vasıtasıyla olmaktadır. RC, standart sıcaklık ve basınca sahip ortamın gaz hacmini belirlemek için sıcaklık ve barometrik basınç ölçerlerle dizayn edilmiştir (Storm ve ark., 2012).

CH_4 emisyon ölçümleri elde etmek için RC metodu, büyük teknik uzmanlık gerektirir. RC'de emziren hayvanlarda ölçüm yapılması, yem alımı ve süt üretimi üzerinde olumsuz etki göstereceğinden hayvanların sisteme uygun şekilde adapte edilerek ölçüm yapılması olumsuz etkileri en aza indirgeyebilir bu hususun ölçüm esnasında dikkate alınması gerekmektedir. RC metodu titizlikle kullanıldığında son derece hassas ve doğru sonuçlar vermektedir. Sindirilebilirlik, azot dengesi ve enerji metabolizması gibi diğer besinsel değerlendirmelerin araştırılmasına RC metodu imkân sağlamaktadır. RC metodunun uygun kalibrasyon prosedürleri düzenli olarak takip edilmediği sürece bu yöntem CH_4 ölçümünde önemli hatalar ile sonuçlanmaktadır (Patra,2016).

Havalandırmalı Davlumbaz Odası veya Başlık Kutusu Metodu (Ventilated Hood Chambers or Head Box System)

Bu metodun çalışma prensibi , Respiresyon çember metodu ile aynı olup günlük CH_4 emisyonların ölçümü için kullanılmaktadır (Place ve ark., 2011). Bu metot ’da ölçüm, hayvanların başını yerleştirmek için bir kutu veya başlık bulunmaktadır.

Başlığa giren ve çıkan havadaki CH_4 konsantrasyonları, şekil 8’de gösterildiği gibi reseptörlere alınan hava örneklerinden tespit edilmektedir (Bhatta ve ark., 2007).



Şekil 8. Havalandırmalı Davlumbaz Odası veya Başlık Kutusu Metodu çalışma prensibi (Zaman ve ark., 2021)

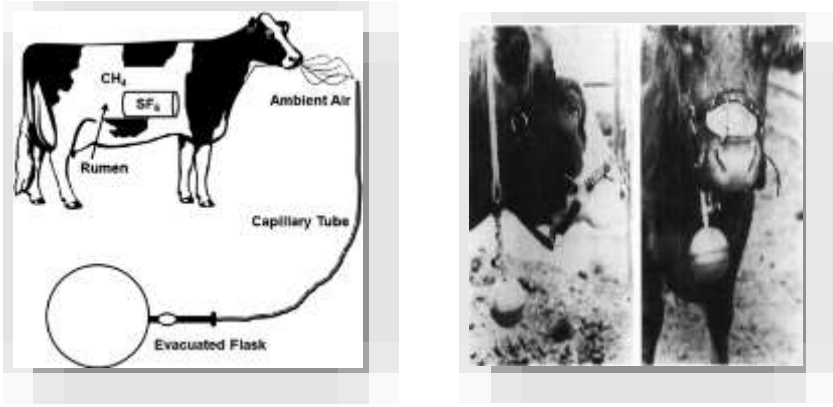
RC metodundan farkı, bağırsakta oluşan CH_4 miktarını ölçmez. Davlumbaz odasının veya baş kutusunun, bir hayvanın başını sınırsız bir şekilde hareket ettirmesi ile yem ve su almasına izin verecek kadar büyüklükte olmasına dikkat edilmelidir. Bu metot'da, RC metodunda olduğu gibi birbirini izleyen 24 saatlik dönemler boyunca sürekli olarak ölçüm elde etmek için kullanılabilir özelliğe sahiptir. Beslenme çalışmalarında kullanılacak deneme hayvanının türüne göre farklı tasarım ve ebatlara sahip havalandırmalı başlıklar, geliştirilmiştir (Patra ve ark., 2009).

Hayvanların baş kutusundaki konforu ve çıkan havanın akış hızı gaz analizinin doğruluğu açısından çok önemlidir (Takahashi ve ark.,1999). Bu sistem aynı zamanda yemlerin beslenme değerlendirmesi ve enerji

metabolizması için de kullanılabilir özelliğe sahiptir (Patra ve ark.,2009). Bu teknik, RC'ye kıyasla düşük maliyetlidir, ancak hayvanların başlığa adapte olabilmeleri için kapsamlı bir eğitim almaları gerekmekte olup, bu da genetik seçim amacıyla çok sayıda hayvanın taranması için yaygın kullanımını kısıtlamaktadır (Patra, 2016).

Sülfür Hekzaflorid İzleyici Metodu (Sulfur Hexafluoride Tracer Method)

Sülfür heksaflorid (SF6) izleyici metodu, Zimmerman, (1993) tarafından geliştirilmiş olup ilk olarak Johnson ve ark., (1994) otlayan sığırlarda CH_4 ölçümü için kullanmıştır. SF_6 metodu kullanımı son yirmi yılda ruminantlardan kaynaklanan CH_4 emisyonlarının ölçümü için yaygınlaştığı bildirilmektedir (Zaman ve ark., 2021). Bu metodun çalışma prensibi, rumendeki SF_6 gazı üretim miktarı biliniyorsa CH_4 üretim miktarının ölçülebilmesidir (Johnson ve ark.,1994; Williams ve ark., 2011). Küçük permeasyon tüpleri SF6 ile doldurulur ve daha sonra hayvanların rumenine yerleştirilir. Test hayvanlarına, girişleri buruna yakın yerleştirilecek kılcal boruları desteklemek için bir yular ve gaz örneklerini toplamak için şekil 9'da gösterildiği gibi boşaltılmış bir teneke kutudan oluşan gaz örnekleme aparatı takılır (Grainger ve ark., 2007).



Şekil 9. Sülfür Hekzaflorid İzleyici Metodu çalışma prensibi (Grainger ve ark., 2007)

Solunan ve erüte (geğirme) yoluyla dışarı atılan gazı içeren temsili gaz numuneleri 24 saat boyunca boşaltılmış bir kanistere bağlı kapiler tüp aracılığıyla toplanmaktadır. Gaz örnekleme hızını hortum düzenlemektedir (Lassey ve ark., 2001; Pinares-Patiño ve ark., 2007). Kanisterde toplanan gaz örneklerindeki SF_6 ve CH_4 konsantrasyonları gaz kromatografisi ile analiz edilmektedir. CH_4 emisyonu, SF_6 salım hızından ve havadaki konsantrasyonlarını aşan teneke kutudaki gazın içerisinde bulunan SF_6 ve CH_4 konsantrasyonlarından aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmaktadır (Johnson ve ark., 1994).

$$\mathbf{CH_4(g/day)=SF_6(g/day)\times([CH_4]c-[CH_4]b)/([SF_6]c-[SF_6]b)}$$

Burada $(CH_4)c$ ve $(SF_6)c$ sırasıyla kanisterdeki CH_4 ve SF_6 konsantrasyonlarıdır; $(CH_4)b$ ve $(SF_6)b$ ise sırasıyla arka plan havasındaki CH_4 ve SF_6 konsantrasyonlarıdır. RC metodun aksine, SF_6 metodu hem otlayan hem de otlamayan hayvanlardan kaynaklanan CH_4

emisyonlarını nispeten daha az zaman ve maliyetle ölçmek için çok sayıda hayvan üzerinde aynı anda uygulanabilir özellikte olup hayvan davranışları üzerinde daha az etki yarattığı belirtilmektedir (Johnson ve ark., 1994; Zaman ve ark., 2021). SF_6 metodun 'da CH_4 ölçümündeki deneysel hataları en aza indirmek için büyük teknik uzmanlık ve yoğun emek gerekmektedir. Permeasyon tüplerinin uzun vadede salım hızının istikrarsızlığı, uzun süreli deneylerin yapıldığı çalışmalarda kullanım için bir endişe kaynağı olduğu rapor edilmiştri (Pinares-Patiño ve ark., 2011; Deighton ve ark., 2013) arka plan atmosferik gaz konsantrasyonları, rüzgarın yönü ile hızı ve çevredeki diğer hayvanlar SF6 tekniğinin başarısını önemli ölçüde etkileyebilir (Williams ve ark., 2011). SF_6 metodu ile CH_4 emisyonlarının ölçümü yapılması durumunda tavsiyelere uyulduğunda yüksek düzeyde hassasiyetli sonuçlar elde edilebileceği belirtilmektedir (Patra, 2016).

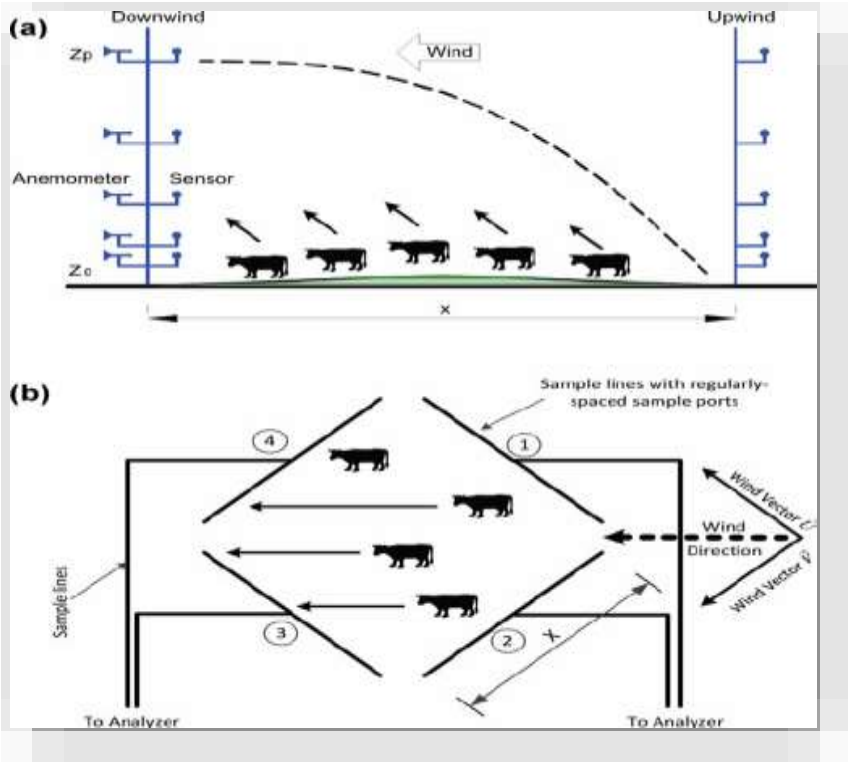
Politünel metodu (Polytunnel method)

Politünel metodu, Lockyer ve Jarvis, (1995) tarafından Şekil 10'da gösterildiği polietilen malzeme ile üç tarafı kapatılıp geniş çaplı portlara (dedektör) sahip bir tünel olarak tarif edilmiştir. Merada otlayan hayvanların bulunduğu ortama yerleştirilen büyük tünele sokulup sürekli olarak ölçülü hacimde hava üflenmekte ve tünelden çekilmekte, gelen ve giden hava arasındaki CH_4 konsantrasyonu düzenli olarak ölçülmekte ve sıcaklık ile nem takip edilerek kaydedilmektedir. Ortamdaki rüzgar yönü ve hızı, ölçümü etkilemektedir (Lockyer, 1997). Politünel metodu, bir veya birden fazla hayvanın hem kısa hemde uzun süreli olarak CH_4 konsantrasyonlarını ölçmeye elverişli bir metot

olduğu belirtilmektedir. Murray ve ark., (1999) politünel metodunda aynı yerde uzun süre CH_4 ölçümünün CH_4 konsantrasyonlarını azalttığını belirtmiş ve bunun sebebinin ortamdaki besinin azalamasından kaynaklandığını bildirmiştir. Bundan dolayı mevcut yem miktarı tükendiğinde yeni bir yere tünelin taşınması gerektiğini vurgulamıştır. Bu metodun çalışması, diğer metotlara göre daha basit ve taşınabilirdir, ancak tünel içindeki sıcaklık ve nemi kontrol etmede zorluk vardır (Patra, 2016; Zaman ve ark., 2021).

Mikrometerolojik metodu (Micrometeorological Method)

Son 10-15 yılda, mikrometerolojik değişkenlere dayalı tüm çiftlikler ile besi alanlarından ve padoklardan bir dizi CH_4 emisyon ölçüm metodu geliştirilmiştir (McGinn ve ark., 2006; Lassey, 2007; Harper ve ark., 2011; Tomkins ve ark., 2011). Mikrometerolojik metot, geniş bir alanda serbest bulunan birden fazla hayvandan kaynaklanan gaz emisyonlarını ve atmosfere yayılan gazların akışlarını şekil 10'da gösterildiği gibi ölçmeyi hedeflemektedir.



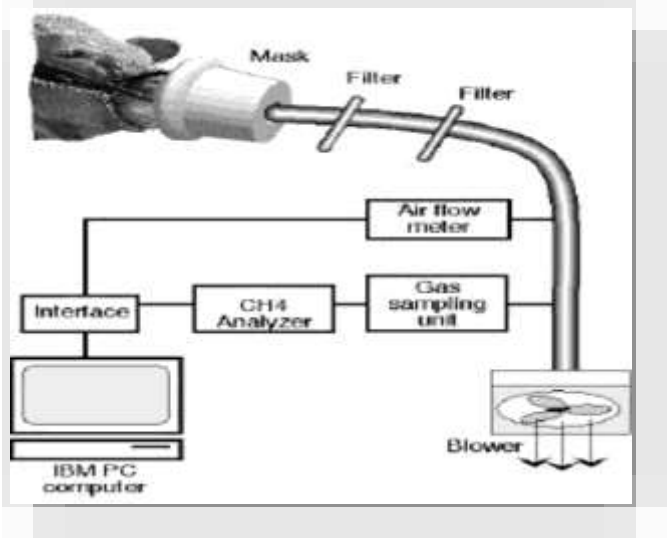
Şekil 10. Mikrometerolojik metodun çalışma prensibi (Hu ve ark., 2014)

Mikrometerolojik metot ile mera veya ahırda ölçülecek CH_4 konsantrasyonu rüzgar hızı ile yönü ve ölçüm noktalarının sayısıyla doğrudan ilişkili olduğu belirtilmektedir (Flesch ve ark.,2004; Patra, 2016). Doğal olarak havalandırılan binalardaki hava değişim oranları sıcaklık gradyanına, sıcaklık-nem indeksine ve rüzgar hızına bağlı olduğundan dolayı mekanik olarak havalandırılan kapalı ahırlarda emisyon oranlarını tespit etmek, doğal olarak havalandırılan binalara nazaran daha kolay olmaktadır (Derno ve ark., 2009). Mikrometerolojik ölçümdeki doğruluğu, rüzgar hızı ve yönü, arazinin topografyası ve

hayvanların padoktaki konumu gibi belirli meteorolojik ve peyzaj koşulları etkilemektedir (Laubach ve ark., 2008). Mikrometerolojik metot, pahalı olup ve CH_4 konsantrasyonunu analiz etmek için hassas detektörlere gerek duymaktadır.

Yüz Maskesi Metodu (Face Mask Method)

Sığır, koyun ve keçilerde uzun yıllardır solunum değişimi ve CH_4 emisyonunun nokta örneklemesini yapmak için yüz maskeleri kullanılmaktadır (Washburn ve Brody, 1937). Bu metodun kullanılabilmesi için hayvanların 24 saatlik periyotlar boyunca tekrarlanan 30 dakikalık ölçüm sürelerinde şekil 11'de olduğu gibi sternal yatış pozisyonunda kalmaları için eğitilmeleri gerekmektedir.



Şekil 11. Yüz maskesi metodu

Bu metodu kullanan araştırmacıların CH_4 emisyon değerleri, beslenme döngüsü ve CH_4 emisyonunun günlük modellerine göre alınan solunum değişimi ölçümlerinin sayısına ile zamanlamasına büyük ölçüde bağlı olduğu belirtilmektedir (Patra, 2016). Bununla birlikte, 24 saatlik ölçüm süresi boyunca birkaç hayvandan alınacak olan örneklemenin artırılarak daha fazla veri toplanması, tipik bir CH_4 emisyon modeli elde edilmesine yardımcı olacaktır. Yüz maskesi, kısa vadeli ölçüm olması sebebiyle çok sayıda hayvanın taranmasına imkân vermektedir. Fakat aynı hayvandan gün içinde ölçüm sayısı artırılması, belirgin rahatsızlık ve sıkıntıya neden olabilir hatta hayvanların davranışlarını ve gaz ölçüm sonuçlarını değiştirebilir.

GreenFeed metodu (GreenFeed Method)

GreenFeed (GF), hayvanlardan kaynaklı CH_4, CO_2 ve H_2 üretiminin ölçümü için Zimmerman, (2011) tarafından geliştirilen patentlenmiş bir metotdur. Bu metot bir hayvanın üniteyi ziyareti sırasında hayvanın tespit edilir ve otomatik yemleme sistemi aktif olur. Bu esnada hava akışı ve gaz konsantrasyonu ölçüm sistemleri bir gaz izleyici cihaz ile verileri kaydetmektedir (Şekil 12).



Şekil 12. Greenfeed metodu işleyişi (Hristov ve ark.,2015)

GF metodunda, CH_4 emisyonu hayvanların yemleri tüketmek için sistemi ziyaret ettiklerinde kısa bir süre içinde ölçülür. GF metodunun konsepti, tek bir hayvandan gün içinde farklı zamanlarda ölçülen çok sayıda kısa vadeli CH_4 emisyon değerini, hayvandan kaynaklanan ortalama günlük CH_4 emisyonunu tahmin etmek için bir araya getirilmesiyle elde edilmektedir. Günlük CH_4 emisyonu, RC yönteminde olduğu gibi aynı prensip kullanılarak hesaplanır; burada CH4 emisyon oranı, Huhtanen ve ark., (2015) gaz ölçüm miktarı için düzeltilmiş hacimsel hava akış hızı kullanılarak hesaplanması gerektiğini bildirmiştir.

CH_4(L/dak)=Cp(i)×(CH_4)c(i)-(CH_4)b(i))×Fair(i)/106

Burada, Cp(i) i zamanında havanın fraksiyonel yakalama oranıdır. (CH_4)c(i) ve (CH_4)b(i) sırasıyla i zamanında yakalanan gaz (ppm) ve arka plan CH_4 gazı (ppm) konsantrasyonlarıdır; ve Fair(i) i zamanında kuru gaz bazında ölçülen hacimsel hava akış hızıdır (L/dak). Bu metodun prensibi, doğru tahminlerini elde etmek için günlük emisyonun zaman içinde yeterli sayıda ölçüm yapılmasını gerektiğine ve hayvanların üniteyi gönüllü olarak ziyaret etmesine dayanmaktadır (Velazco ve ark., 2016). Fakat bazı hayvanlar yem kısıtlanmamasına rağmen GF ünitesini yeterli süre ziyaret etmeyebilir, ölçüm esnasında buna dikkat edilmelidir. GF yöntemi, hem kapalı hem de açık veya otlatma koşullarında SF_6 ve RC yöntemlerine göre bireysel hayvandan CH_4 emisyonlarının ölçümü için otomatik bir metod olarak daha düşük maliyetli bir alternatif sunmaktadır.

CH_4/CO_2 Oranı Metodu (CH_4/CO_2 Ratio Method)

CH_4:CO_2 oranı metodu, Madsen ve ark., (2010) hesaplanan CO_2 emisyonuna ve bir gaz analizörü kullanılarak ölçülen CH_4 ve CO_2 konsantrasyonlarına dayanarak bireysel hayvanlardan açığa çıkan CH_4 emisyonunu tespit etmektedir. Metod, Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) algılamaya dayalı bir gaz analizörü ile CH_4 ve CO_2 için hava örneklerinin aynı anda ölçülmesine dayanır ve izleyici gaz olarak hayvanların nefesinden alınan CO_2'yi kullanır. Hayvanlarda CO_2 emisyonu, enerji metabolizması, ısı üretimi ve solunum bölümü (RQ)

veya karbon dengesi tahminlerine dayanarak tahmin edilebilmektedir. (Madsen ve ark., 2010).

CH_4(g/gün)=CO_2×(g/gün)×(CH_4)BS-(CH_4)BG)/(CO_2)BS-(CO_2)BG

Burada (CH_4)BS ve (CO_2)BS sırasıyla nefes örneklerindeki CH_4 ve CO_2 konsantrasyonlarıdır; (CH_4)BG ve (CO_2)BG ise sırasıyla arka plan havasındaki CH_4 ve CO_2 konsantrasyonlarıdır. Yem alımı ve yemleme sıklığı ile ilişkili sindirim ve metabolik aktivite ve rumen fermantasyon modelindeki farklılıklardan kaynaklanan CH_4:CO_2 oranındaki günlük değişimler ve gaz örneklerinin kaynağı (örneğin, solunan hava, flatus ve gübre veya yataklık fermantasyonu) gibi çeşitli faktörler CH_4 emisyon ölçümünü etkileyebilir. Bununla birlikte, bu metot CH_4 üretimi yönünden genetik değerlendirmesi için büyük ölçekli veriler üretmek üzere kullanılabilir.

Taşınabilir Akümülasyon Odası metodu (Portable Accumulation Chamber Method)

Hava akışı olmayan bir RC metoduna benzetilen taşınabilir biriktirme odası (PAC) sistemi, 1-2 saatlik toplama süresi boyunca oksijen tükenirken dışarı verilen tüm gazları (CH_4, CO_2 ve diğer gazlar) yakalama görevi görür ve toplama süresinin sonunda tek bir CH_4 veya diğer gaz ölçümü alınır(Şekil 13).



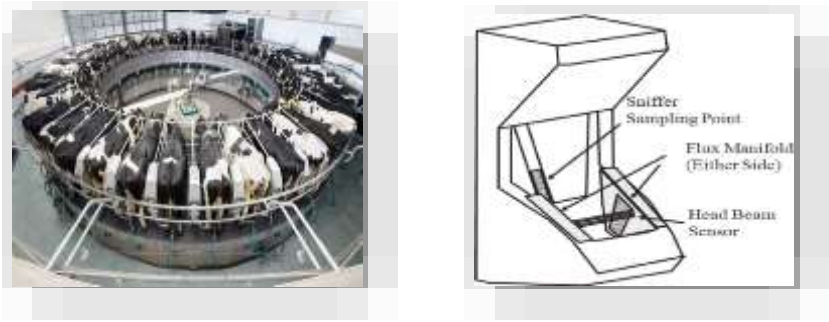
Şekil 13. Taşınabilir Akümülasyon Odası metodu (Pickett,2017)

CH4 emisyonu, CH4 konsantrasyonunun (arka plan için düzeltilmiş) Ölçülen değer, ayarlanmış net oda hacmiyle çarpılıp ölçüm süresine bölünmesiyle hesaplanır (Goopy ve ark., 2011; Hegarty, 2013). Artan oda CO_2 konsantrasyonunun olumsuz etkilerini göz ardı etmek için kullanım süresi kısıtlanmalıdır. Bu metot, genetik iyileştirme amacıyla büyük sürülerden düşük CH_4 üreten hayvanların taranması için yararlı olabileceği bildirilmektedir(Patra, 2016).

Sniffer Metodu (Sniffer Method)

ve ark., (2012), sağım sırasında sığırların çıkardığı havayı toplamak için otomatik sağım sisteminin yemliğine bir örnekleme girişi(genellikle "koklayıcı" tekniği olarak adlandırılan) yerleştirilmektedir. Yemliğin içerisine hayvanın ağzına yakın olacak şekilde CH_4 ve CO_2

konsantrasyonlarını ölçmek için veri kaydediciler yerleştirilir ve 1 saniyelik aralıklarla Şekil 13'de olduğu gibi kaydedilir.



Şekil 13. Sniffer metodu işleyişi

Bireysel hayvan tarafından salınan CH_4 oranını tahmin etmek için geğirme sıklığı ve geğirme başına salınan CH_4 değerleri kullanılmaktadır. Hayvanlardan salınan CH4 değerleri, yem teknelerinin geometrisinden, ağızlık hareketinden, ağızlık pozisyonundan ve yem teknelerindeki tutarsız hava karıştırma koşullarından etkilenmektedir (Huhtanen ve ark., 2015). Bu nedenle, bu tür bir koklama yönteminin CH4'ün belirli bir tutarlılıkla ölçülmesi için kullanılıp kullanılamayacağı konusunda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir (Patra,2016).

El Lazer CH4 Dedektörü (Hand Laser CH4 Detector)

El lazer CH4 dedektörü (LMD) metodu, normal ortamdaki bir hayvanın burnuna veya ağzına yakın havadaki solunum ve geğirme sonucunda açığa çıkan CH4 konsantrasyonlarını ölçmektedir (Chagunda, 2013; Ricci ve ark., 2014). Elde edilen veriler, hayvanın solunum döngüsünü

temsil eden bir dizi tepe noktasından oluşmaktadır. Ölçümler hayvanın burun deliklerine yakın havada yapıldığından, Garnsworthy ve ark., (2012) sniffer metodundan farklı olarak ölçümler baş pozisyonundan etkilenmeyebilir. LMD sistemi; rüzgar hızı ve yönü, sıcaklık, nem ve atmosferik basınç gibi meteorolojik faktörlerden dolayı ölçümlerin doğruluğu ve hassasiyeti için yoğun emek gerekmektedir (Chagunda ve Yan, 2011).

Metan Başlık metodu (Methane Hood System)

Hayvanların beslenmesi esnasındaki CH4 emisyonlarını ölçmek için Troy ve ark., (2016) geliştirmiş olduğu bir metottur. Bu metot, grup halinde barındırılan bir ortamda bireysel hayvanlardan CH_4 çıkışını ölçmek için kullanılmaktadır. Prensipte bu yöntem GF sistemine benzemektedir ancak GF sisteminde olduğu gibi bir hayvanı ölçüm alanına çekmek için ekstra yem takviyesi sağlamaya gerek yoktur. Metan başlık metotu, CH_4 konsantrasyonlarını bir yem kutusunun üzerindeki hacmi kısmen kapatacak şekilde tasarlanmış bir başlıkta ölçer. Bu sistemin "doğal" ortamlarda grup halinde barındırılan bireysel hayvanlardan kaynaklanan CH_4 emisyonlarını ölçmek için daha iyi bir alternatif seçenek olabileceği bildirilmektedir (Patra,2016; Troy ve ark., 2016).

***In Vitro* Ölçüm Metodları (*In Vitro* Measurement Methods)**

Yemlerin besleyici değerini belirlemek için uzun yıllardır *in vitro* rumen fermantasyon teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır (McBee, 1953). İn vitro metotlar, rumen koşullarını simüle etmek için

geliştirilmiştir. Bu metotlarda yemler, rumen mikrobiyal faaliyetleri tarafından kontrollü bir şekilde laboratuvar koşulları altında uzun süreli veya kısa süreli fermente edilmektedir. İnkübasyon sırasında toplam gaz üretim hacmi belirlenir ve in vitro CH_4 üretim hacmini elde etmek için gazdaki CH_4 konsantrasyonu analiz edilir. Bu sistemle, toplam gaz üretiminin ve CH_4 üretiminin maksimum seviyesi ve gaz üretiminin kinetiği belirlenebilir. Gaz hacimleri, Hohenheim gaz üretim metodu veya Menke metodu (Menke ve ark.,1979) ve sıvı yer değiştirme sistemi (Beuvink ve ark.,1992) gibi atmosferik basınçtaki hacmini belirleyerek doğrudan veya manometrik bir cihaz, bilgisayarlı ve manuel, kayıtlara sahip bir basınç dönüştürücü cihaz ve basınç dönüştürücü ile gaz salma cihazının bir kombinasyonu kullanılarak sabit hacimli bir kapta gaz birikimine bağlı basınç değişikliklerini belirleyerek farklı tekniklerle ölçülmektedir. İn vitro rumen fermantasyon sisteminde gaz üretimini etkileyen faktörler; ortamdaki bikarbonat konsantrasyonları ve tepe boşluğu gaz bileşimi, kapalı ve havalandırmalı rumen kesikli kültür sistemi ve ortamda dağılan ve filtre torbalarında tutulan substrat gibi birçok faktörlerden CH_4 üretiminin etkilendiği belirtilmektedir (Patra, 2016). İn vitro metotlarda gaz ve CH_4 üretimini etkileyen birçok faktör olmasına rağmen, bu uygun maliyetli basit metotların kullanılarak CH_4 üretimi için yem maddelerinin ve katkı maddelerinin hızlı bir şekilde taramanın mümkün olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmektedir (Patra, 2016).

Sonuç

Genetik seçim için hayvanların taranması ile yemlerin ve yem katkı maddelerinin besinsel değerlendirmesi gibi farklı amaçlarla CH_4 üretimini ölçmek için mevcut birçok metot geliştirilmiş ve ölçümlerin doğruluğunu artırmak için araştırılmıştır. Mevcut yöntemlerin kısıtlamalarının üstesinden gelmek için birçok yeni metot geliştirilmektedir. Ancak, geliştirilen metotların her koşulda, CH_4 emisyonlarının güvenilir ölçümü için uygun değildir. Her yöntemin avantajları ve sınırlamaları vardır. Çalışmalarda, titizlik ve teknik uzmanlığın olması durumunda en tutarlı metodun RC metodu olduğu görülmektedir. Kısa süreli ölçüm metotları, SF6 veya RC gibi diğer tekniklere kıyasla nispeten daha ucuz, daha basit ve mobil olması nedeniyle avantajlara sahiptir. Tüm kısa vadeli ölçümler, yem alımına göre ölçüm zamanı ve ölçümden önceki aktivite seviyesi gibi çeşitli noktalarda değişkenlikler ile sonuçlanmaktadır. CH_4 emisyonlarında, hayvan içi ve hayvanlar arası günlük varyasyonların yüksek olması, kısa vadeli ölçüm metotları arasında farklılıklara neden olacaktır. Bu farklılıkları azaltmak için daha kısa süreli metotlarda, daha fazla sayıda hayvan ve ölçüm günü gerekmektedir. Geliştirilen tüm yeni metotların doğruluğunu artırmak için daha fazla araştırma kaynaklarına ihtiyaç vardır**.**

KAYNAKÇA

Åkerholm, M., Salmén, L. (2003). The oriented structure of lignin and its viscoelastic properties studied by static and dynamic FT-IR spectroscopy

Arıkan Y. (2006). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü, metinler ve temel bilgiler, Bölgesel Çevre Merkezi REC Türkiye, Ankara.

Armsby, H. P. (1903). *The principles of animal nutrition: with special reference to the nutrition of farm animals*.

J. Wiley Bayraç, N. H., Doğan, E. (2016). Türkiye'de iklim değişikliğinin tarım sektörü üzerine etkileri.

Beuvink, J. W. M., Spoelstra, S. F., & Hogendorp, R. J. (1992). An automated method for measuring time-course of gas production of feedstuffs incubated with buffered rumen fluid. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, *40*(4), 401-407.

Bhatta, R., Enishi, O. (2007). Measurement of methane production from ruminants. *Asian-australasian journal of animal sciences*, *20*(8), 1305-1318.

Brouček, J. (2014). Methods of methane measurement in ruminants. *Slovak Journal of Animal Science*, *47*(1), 51-60.

Canbolat, Ö. (2015). Süt sığırlarının beslenmesi ve rasyon hazırlama yöntemleri. Bursa. Medyay Kitabevi. ss: 450-458.

Chagunda, M. G. G., Yan, T. (2011). Do methane measurements from a laser detector and an indirect open-circuit respiration calorimetric chamber agree sufficiently closely?. *Animal Feed Science and Technology*, *165*(1-2), 8-14.

Chagunda, M. G. G. (2013). Opportunities and challenges in the use of the Laser Methane Detector to monitor enteric methane emissions from ruminants. *Animal*, *7*, 394-400.

Deighton, M. H., O'Loughlin, B. M., Williams, S. R. O., Moate, P. J., Kennedy, E., Boland, T. M., Eckard, R. J. (2013). Declining sulphur hexafluoride permeability of polytetrafluoroethylene membranes causes overestimation of calculated ruminant methane emissions using the tracer technique. *Animal Feed Science andTechnology*, *183*(3-4), 86-95.

Derno, M., Elsner, H. G., Paetow, E. A., Scholze, H., & Schweigel, M. (2009). A new facility for continuous respiration measurements in lactating cows. *Journal of dairy science*, *92*(6), 2804-2808.

Flesch, T. K., Wilson, J. D., Harper, L. A., Crenna, B. P., & Sharpe, R. R. (2004). Deducing ground-to-air emissions from observed trace gas concentrations: A field trial. *Journal of Applied Meteorology*, *43*(3), 487-502.

Friedlingstein, P., O'sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Gregor, L., Hauck, J., ... & Zheng, B. (2022). Global carbon budget 2022. *Earth System Science Data Discussions*, *2022*, 1-159.

Garnsworthy, P. C., Craigon, J., Hernandez-Medrano, J. H., & Saunders, N. (2012). On-farm methane measurements during milking correlate with total methane production by individual dairy cows. *Journal of dairy science*, *95*(6), 3166-3180.

Goopy, J. P., Woodgate, R., Donaldson, A., Robinson, D. L., & Hegarty, R. S. (2011). Validation of a short-term methane measurement using portable static chambers to estimate daily methane production in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, *166*, 219-226.

Grainger, C., Clarke, T., McGinn, S. M., Auldist, M. J., Beauchemin, K. A., Hannah, M. C., ... & Eckard, R. J. (2007). Methane emissions from dairy cows measured using the sulfur hexafluoride (SF6) tracer and chamber techniques. *Journal of dairy science*, *90*(6), 2755-2766.

Hammond, K. J., Crompton, L. A., Bannink, A., Dijkstra, J., Yáñez-Ruiz, D. R., O'Kiely, P., ... & Reynolds, C. K. (2016). Review of current in vivo measurement techniques for quantifying enteric methane emission from ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, *219*, 13-30.

Harper, L. A., Denmead, O. T., & Flesch, T. K. (2011). Micrometeorological techniques for measurement of enteric greenhouse gas emissions. *Animal Feed Science and Technology*, *166*, 227-239.

Hegarty, R. S. (2013). Applicability of short-term emission measurements for on-farm quantification of enteric methane. *Animal*, *7*, 401-408.

Hook, S. E., Wright, A. D. G., & McBride, B. W. (2010). Methanogens: methane producers of the rumen and mitigation strategies. *Archaea*, *2010*.

Hristov, A. N., Oh, J., Firkins, J. L., Dijkstra, J., Kebreab, E., Waghorn, G., ... & Tricarico, J. M. (2013). Special topics—Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *Journal of animal science*, *91*(11), 5045-5069.

Hristov, A. N., Oh, J., Giallongo, F., Frederick, T., Weeks, H., Zimmerman, P. R., ... & Branco, A. F. (2015). The use of an automated system (GreenFeed) to monitor enteric methane and carbon dioxide emissions from ruminant animals. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, (103), e52904.

Hu, E., Babcock, E. L., Bialkowski, S. E., Jones, S. B., & Tuller, M. (2014). Methods and techniques for measuring gas emissions from agricultural

and animal feeding operations. *Critical reviews in analytical chemistry*, *44*(3), 200-219.

Huhtanen, P., Cabezas-Garcia, E. H., Utsumi, S., & Zimmerman, S. (2015). Comparison of methods to determine methane emissions from dairy cows in farm conditions. *Journal of dairy science*, *98*(5), 3394-3409.

IPCC (2001). Cliamte change 2001. The scientific basis. Cambridge University Press, Cambridge, UK

IPCC. (2006). Guidelines for national greenhouse gas inventories. Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Kanagawa, Japan.

IPCC. (2014) Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

Johnson, K., Huyler, M., Westberg, H., Lamb, B., & Zimmerman, P. (1994). Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a sulfur hexafluoride tracer technique. *Environmental science & technology*, *28*(2), 359-362.

Johnson, K. A., & Johnson, D. E. (1995). Methane emissions from cattle. *Journal of animal science*, *73*(8), 2483-2492.

Kaya, A., Kaya, H.,Çelebi, Ş. (2012). Ruminant Hayvanlarda Metan Üretimini Azaltmaya Yönelik Çalışmalar/Studies to Reduce The Production of Methane from Ruminant. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *43*(2), 197-204.

Knapp, J. R., Laur, G. L., Vadas, P. A., Weiss, W. P., & Tricarico, J. M. (2014). Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal of dairy science*, *97*(6), 3231-3261.

Lashof, D. A., & Ahuja, D. R. (1990). Relative contributions of greenhouse gas emissions to global warming. *Nature*, *344*(6266), 529-531.

Lassey, K. R., Walker, C. F., McMillan, A. M. S., & Ulyatt, M. J. (2001). On the performance of SF6 permeation tubes used in determining methane emission from grazing livestock. *Chemosphere-Global Change Science*, *3*(4), 367-376.

Lassey, K. R. (2007). Livestock methane emission: From the individual grazing animal through national inventories to the global methane cycle. *Agricultural and forest meteorology*, *142*(2-4), 120-132.

Laubach, J., Kelliher, F. M., Knight, T. W., Clark, H., Molano, G., & Cavanagh, A. (2008). Methane emissions from beef cattle–a comparison of paddock-and animal-scale measurements. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, *48*(2), 132-137.

Leahy, S. C., Kelly, W. J., Altermann, E., Ronimus, R. S., Yeoman, C. J., Pacheco, D. M., ... & Attwood, G. T. (2010). The genome sequence of the rumen methanogen Methanobrevibacter ruminantium reveals new possibilities for controlling ruminant methane emissions. *PloS one*, *5*(1), e8926.

Lockyer, D. R., & Jarvis, S. C. (1995). The measurement of methane losses from grazing animals. *Environmental Pollution*, *90*(3), 383-390.

Lockyer, D. R. (1997). Methane emissions from grazing sheep and calves. *Agriculture, ecosystems & environment*, *66*(1), 11-18.

Madsen, J., Bjerg, B. S., Hvelplund, T., Weisbjerg, M. R., & Lund, P. (2010). Methane and carbon dioxide ratio in excreted air for quantification of the methane production from ruminants. *Livestock Science*, *129*(1-3), 223-227.

McAllister, T. A., & Newbold, C. J. (2008). Redirecting rumen fermentation to reduce methanogenesis. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, *48*(2), 7-13.

McBee, R. H. (1953). A Manometric Method for the Evaluation of the Microbial Activity of the Rumen with an Application to the Utilization of Cellulose and Hemicelluloses. *Applied microbiology*, *1*(2), 106-110.

McGinn, S. M., Beauchemin, K. A., Iwaasa, A. D., & McAllister, T. A. (2006). Assessment of the sulfur hexafluoride (SF6) tracer technique for measuring enteric methane emissions from cattle. *Journal of environmental quality*, *35*(5), 1686-1691.

Menke, K. H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., & Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *The Journal of Agricultural Science*, *93*(1), 217-222.

Mitsumori, M., & Sun, W. (2008). Control of rumen microbial fermentation for mitigating methane emissions from the rumen. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *21*(1), 144-154.

Murray, P. J., Moss, A., Lockyer, D. R., & Jarvis, S. C. (1999). A comparison of systems for measuring methane emissions from sheep. *The Journal of Agricultural Science*, *133*(4), 439-444.

Navarro-Villa, A., O'Brien, M., López, S., Boland, T. M., & O'Kiely, P. (2013). In vitro rumen methane output of grasses and grass silages differing in fermentation characteristics using the gas-production technique (GPT). *Grass and Forage Science*, *68*(2), 228-244.

Özel, O., & Sariçiçek, B. (2009). Ruminantlarda rumen Mikroorganizmalarının varlığı ve önemi (derleme). *Tübav Bilim Dergisi*, *2*(3), 277-285.

Patterson, J. A. (1992). Rumen microbiology. *in-Chief Lederberg, J. Encyclopedıa of Microbiology. Academic press. Inc. Harcourt Brace Jovanovich Publishers. New York*, *3*, 623-542.

Patra, A. K., Puchala, R., Animut, G., Gipson, T. A., Sahlu, T., & Goetsch, A. L. (2009). Effects of acclimatization on energy expenditure by meat goats. *Small Ruminant Research*, *81*(1), 42-54.

Patra, A. K. (2016). Recent advances in measurement and dietary mitigation of enteric methane emissions in ruminants. *Frontiers in veterinary science*, *3*, 39.

Pinares-Patiño, C. S., Lassey, K. R., Martin, R. J., Molano, G., Fernandez, M., MacLean, S., ... & Clark, H. (2011). Assessment of the sulphur hexafluoride (SF6) tracer technique using respiration chambers for estimation of methane emissions from sheep. *Animal Feed Science and Technology*, *166*, 201-209.

Pinares-Patiño, C. S., D'hour, P., Jouany, J. P., & Martin, C. (2007). Effects of stocking rate on methane and carbon dioxide emissions from grazing cattle. *Agriculture, ecosystems & environment*, *121*(1-2), 30-46.

Place, S. E., Pan, Y., Zhao, Y., & Mitloehner, F. M. (2011). Construction and operation of a ventilated hood system for measuring greenhouse gas and volatile organic compound emissions from cattle. *Animals*, *1*(4), 433-446.

Ricci, P., Chagunda, M. G. G., Rooke, J., M. Houdijk, J. G., Duthie, C. A., Hyslop, J., ... & Waterhouse, A. (2014). Evaluation of the laser methane detector to estimate methane emissions from ewes and steers. *Journal of Animal Science*, *92*(11), 5239-5250.

Sejian, V., Lal, R., Lakritz, J., & Ezeji, T. (2011). Measurement and prediction of enteric methane emission. International journal of biometeorology, 55(1), 1-16.

Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T. D., Castel, V., Rosales, M., Rosales, M., & de Haan, C. (2006). Livestock's long shadow: environmental issues and options. Food & Agriculture Org

Şahin, G., & Avcıoğlu, A. O. (2016). Tarımsal üretimde sera gazları ve karbon ayak izi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, *12*(3), 157-162.

Storm, I. M., Hellwing, A. L. F., Nielsen, N. I., & Madsen, J. (2012). Methods for measuring and estimating methane emission from ruminants. *Animals*, *2*(2), 160-183.

Takahashi, J., Chaudhry, A. S., Beneke, R. G., & Young, B. A. (1999). An open-circuit hood system for gaseous exchange measurements in small ruminants. *Small Ruminant Research*, *32*(1), 31-36.

Tomkins, N. W., McGinn, S. M., Turner, D. A., & Charmley, E. (2011). Comparison of open-circuit respiration chambers with a micrometeorological method for determining methane emissions from beef cattle grazing a tropical pasture. *Animal Feed Science and Technology*, *166*, 240-247.

Troy, S. M., Duthie, C. A., Ross, D. W., Hyslop, J. J., Roehe, R., Waterhouse, A., & Rooke, J. A. (2016). A comparison of methane emissions from beef cattle measured using methane hoods with those measured using respiration chambers. *Animal Feed Science and Technology*, *211*, 227-240.

Velazco, J. I., Mayer, D. G., Zimmerman, S., & Hegarty, R. S. (2016). Use of short-term breath measures to stimate daily methane production by cattle. *Animal*, *10*(1), 25-33.

Yurtseven, S., 2010. Küresel Isınma Hayvancılık Metan. http://www.lansydanismanlik.com.tr/cevre/index.php?option=com_content&view=article&id=149:hayvancilik-vekuresel-isinma&catid=3:makaleler 23.02.2012

Zaman, M., Kleineidam, K., Bakken, L., Berendt, J., Bracken, C., Butterbach-Bahl, K., ... & Müller, C. (2021). Methane Production in Ruminant Animals. *Measuring Emission of Agricultural Greenhouse Gases and*

Developing Mitigation Options using Nuclear and Related Techniques: Applications of Nuclear Techniques for GHGs, 177-211.

Zimmerman, P. R. (1993). *U.S. Patent No. 5,265,618*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Zimmerman, P. R. (2011). *U.S. Patent No. 7,966,971*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Washburn, L. E., & Brody, S. (1937). Growth and development with special reference to domestic animals. XLII, Methane, hydrogen and carbon dioxide production in the digestive tract of ruminants in relation to the respiratory exchange.

Williams, M., Amann, M. Anenberg, S. Emberson, L. Flanner, M. Klimont, Z. Kuylenstierra, J., Muller, N. Rosenthal, E. Schwartz, J. Shindell, D. Van Dingenen, R. Vallack, H. Vignati, E. Aunan, K. Cifuentes, L. Faluvegi, G. Milly, G. Oanh, N.T.K. Panwar, T.S. Walsh, M. & Zusman, E. (2011). Options for policy responses and their impacts. In Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone, United Nations Environment Programme and World Meteorological Organization, pp. 158-233.

Williams, S. R. O., Clarke, T., Hannah, M. C., Marett, L. C., Moate, P. J., Auldist, M. J., & Wales, W. J. (2013). Energy partitioning in herbage-fed dairy cows offered supplementary grain during an extended lactation. *Journal of Dairy Science*, *96*(1), 484-494.

Wright, A. D. G., & Klieve, A. V. (2011). Does the complexity of the rumen microbial ecology preclude methane mitigation?. *Animal feed science and technology*, *166*, 248-253.