

Hayvansal Üretimde metan üretimini azaltmak için alınması gereken önlemler



Uygun rasyon tipinin seçimi: Yemlerin metan üretimleri diyetle ilgili olarak büyük dalgalanmalar göstermektedir. En uygun rasyon tipi seçildiğinde metan üretimi %90'lara kadar azaltılabilmektedir. Ancak asidozise dikkat edilmelidir. Düşük kalitede ve sindirilebilirliği zor olan kaba yemlerle beslemede rumende asetik asit oranı ve dolayısıyla metan üretimi artmaktadır. Sindirimi kolay yemlerle beslemede ise propiyonik asit oranı artar ve metan üretimi azalır. Yani lifli maddelerle besleme metan üretimini artırmaktadır (Wolin 1960; Kılıç, 2017).

Genetik ıslah ve seleksiyon uygulanması: Uygun hayvan seçimi (genetik ve ıslah çalışmaları) ile metan üretimi azaltılabilir (Lakamp ve ark., 2022).

Düşük verimli hayvan yerine yüksek verimli hayvan tercih edilmesi: Düşük verimli çok sayıda hayvan yerine yüksek verimli hayvanlardan oluşan sürüler oluşturulması ile verimlilik artmakta, böylece daha az sera gazı salınmaktadır.

Gübre yönetimi: Gübrenin sıvı olması sera gazları oluşumunu artırdığından, gübre depolamada kapalı sistemler önerilmektedir.

Yetersiz besleme: Yetersiz yem tüketimi toplam metan üretimini azaltmaktadır. Ancak, bu durum hayvan besleme bilimi açısından önerilmemektedir.

Metan Üretimini azaltıcı yem katkı maddelerinin kullanılması: Metan üretimini azaltmak için geliştirilen ve aşağıda yer alan yem katkı maddelerinin etkisi hayvanın ve rasyonun özelliklerine göre değişebilmekte olup, ekonomiklik ilkesi göz önüne alınarak kullanılmalıdır (Glasson ve ark., 2022; Dijkstra ve ark., 2023; Malyugina ve ark., 2025). Bunlar; **Probiyotikler, prebiyotikler, organik asitler, enzimler, maya, alg, fumarik asitler, tanenler, bitkisel ekstraktlar ve onların karışımları, sıvı yağlar, antibiyotikler** (monensin, lasalosid vb.), farklı isimlerle üretilen ticari metan inhibitörleri, **deniz yosunları ve 3-NOP** (3-Nitrooxypropanol)'dur.

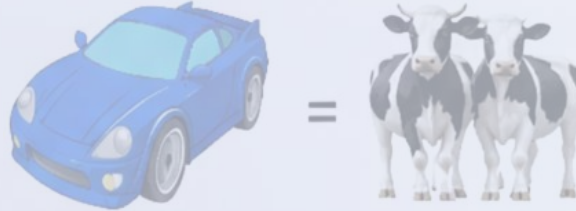
Biyoteknolojik yöntemler uygulanması: Modern biyoteknolojik yöntemlerle metan üretimi azaltılabilmektedir (Malyugina ve ark., 2025; Belanche ve ark., 2025). Transgenik mikroorganizmalar, aşı üretimi, rekombinant Enzim ve biyoaktif üretimi ve immünolojik preparatlar bu sınıfta yer almaktadır.

Metan emisyonu iki şekilde gerçekleşmektedir

1-Biyojenik Emisyon; Hayvancılıktan kaynaklanan metan emisyonları biyolojik döngünün doğal bir parçasıdır ve bundan endişe duyulmamalıdır. Bu şekilde üretilen metan ayrıştığında elde edilen CO₂, fotosentez yoluyla atmosferden çekilerek yaklaşık 10-12 yıl içinde yeniden kullanılabilir (Kısa vadeli döngü). Biyojenik metanın CO₂-e = 27.8 kg dir.

2-Biyojenik Olmayan Emisyon; Fosil yakıt üretimi ve kullanımından kaynaklanan endişe verici metan emisyonlardır. Çünkü fosil yakıtlardaki metan ayrıştıktan sonra atmosferde kalan CO₂, uzun ömürlüdür ve 100 yıllık sürenin üzerinde dahi parçalanmaz. Biyojenik olmayan metanın CO₂-e = 30.5 kg dir.

Karbon ayak izi bakımından hangisi daha masum?



Geviş getiren hayvanlar: Geğirme (%95) ve bağırsaklar yoluyla (%5) gaz çıkarmaktadır, ayrıca bu hayvanların beslenmesinde kullanılan yemlerin yetiştirilmesi, hasat, nakliyat vb. süreçlerde üretilen sera gazları ile hayvanlardan elde edilen gübreler de karbon ayak izine katkı sunmaktadır.

Ruminantlarda; yemlerle alınan toplam enerjinin %2-15'si metan gazına dönüşerek kaybolmaktadır. (Johnson ve Johnson, 1995; Yurtseven, 2009). Metan yoluyla kaybedilen bu enerji önemli çevresel sorunlara neden olduğu kadar, hayvan besleme açısından da ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Atılan metanla birlikte aslında yem enerjisi israf edilmekte ve hayvanlarda yemden yararlanma ve verim düşmektedir.

Diğer taraftan fosil yakıtlar kullanılmasıyla üretilen CO₂ gazının sebep olduğu sera etkisi uzun yıllar sürebilmekte ve küresel ısınma üzerinde önemli çevresel sorunlara yol açmaktadır. Yapılan bir çalışmada 1 baş sağmal ineğe ait sera gazları emisyonunun, yıllık 15000 km yol yapan bir otomobilden çok daha az olduğu bildirilmektedir. Hatta bazı hesaplamalarda 1 otomobilin neden olduğu sera gazı miktarının, otomobillerin sayısı, üretim, tamir ve bakım aşamaları ile yakıt üretim ve nakliyat süreçleri dikkate alındığında iki baş ineğe eşdeğer olduğu bildirilmektedir (Duignan, 2025).



ZOOOTEKNI BÖLÜMÜ

"Hayvansal Üretimde Bilimsel Dokunuş"

Hayvansal Üretimde Karbon Ayak İzi ve Küresel Isınma



Prof. Dr. Ünal KILIÇ

Yemler ve Hayvan Besleme Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi

Günümüzde karbon ayak izi ve küresel ısınma üzerinde çok durulan çevresel açıdan oldukça önemli bir konudur. Dünyada ve okyanuslarının sıcaklıklarında görülen artışın dünya üzerindeki olumsuz etkisi her geçen gün daha fazla hissedilmektedir. Bu nedenle küresel ısınma üzerine özellikle 1990'lı yıllardan itibaren çok sayıda bilimsel çalışmalar, çevreci projeler ve bazı devletler tarafından ortak sözleşmelerle alınan bazı kararlar (Kyoto Protokolü 1997, Paris İklim Antlaşması 2015, Küresel Metan Taahhüdü 2021) bulunmaktadır.

İskoçya (Glasgow)'da 2021 yılında ABD ve Avrupa Birliği liderliğinde yürütülen Küresel Metan Taahhüdüne göre, 2030 yılına kadar küresel metan emisyonlarının 2020 yılına kıyasla en az %30 oranında azaltılması hedeflenmektedir. Türkiye'nin de yer aldığı toplam 150 ülke bu antlaşmayı imzalamıştır. Ancak; en çok metan üretimine sahip olan ilk 5 ülkeden üçü (Çin, Hindistan ve Rusya) bu antlaşmaya farklı gerekçelerle imza atmamıştır. Bununla birlikte, dünyanın en büyük metan üreticisi olan Çin, Ekonomisinin bel kemiği olan kömür madenciliğini ve piring tarımını kısıtlamak için resmi taahhüde girmemiş, ancak kendi ulusal azaltım planını uygulayacağını belirtmiştir.

Zootekni Bölümü Uygulama Ders Notu
Eğitim Serisi No: 1

Karbon ayak izi ve küresel ısınma nedir?

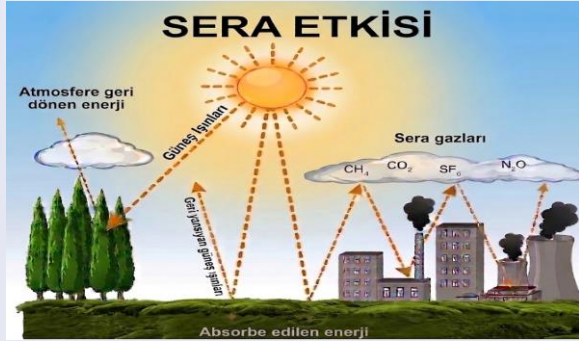


Karbon ayak izi; ulaşım, ısınma, enerji tüketimi gibi faaliyetler sonucu atmosfere salınan sera gazı miktarının karbondioksit eşdeğeri (CO₂-e) cinsinden toplamı olup, çevreye verilen zararın ve küresel ısınmaya olan etkinin rakamsal bir ifadesidir.

Küresel ısınma ise, dünya atmosferi ve okyanuslarının sıcaklıklarında görülen artışı ifade eder ve dünya üzerindeki etkisi her geçen gün daha fazla hissedilmektedir.

Sera gazı nedir?

Dünyada farklı yollarla üretilen bazı gazların salınım miktarlarının artması sonucu bu gazlar güneşten gelen ışınların tekrar atmosfere ulaşmasına engel olmakta, ısıyı bir sera örtüsü gibi hapsedmektedir. Bu nedenle bunlara sera gazı denilmektedir. Hayatın devamlılığı için bir miktar sera etkisine ihtiyacımız olsa da aşırı sera etkisi sıcaklıkların yükselmesine neden olmaktadır.



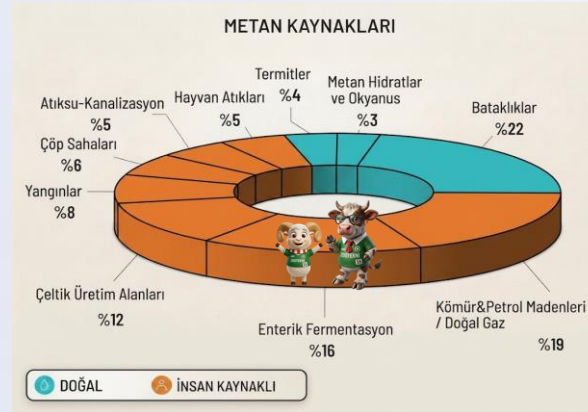
Sera gazları önemi ve kaynakları

Sera gazları arasında: karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazot monooksit (NO₂), su buharı (H₂O), ozon (O₃) ve bazı florlu gazlar (CFC, HFC) yer almaktadır. Sera gazlarının yaklaşık olarak %25'i doğal, %75'i ise insan kaynaklı faaliyetler sonucu oluşmaktadır. Tarımsal faaliyetleri yürütmek için kullanılan traktör, hasat makineleri, su motoru, nakliye vb. makinelerin harcadıkları fosil yakıtlar da tarımsal faaliyetlere girmekte olup, insan kaynaklı metan üretiminin %43'ü tarımsal faaliyetlere bağlı olarak gelişmektedir. Sığır, manda, koyun, keçi gibi ruminantların sindirim sistemlerinde doğal fizyolojileri gereği gerçekleşen enterik fermentasyon sonucu CO₂ ve CH₄ üretilirken, depolanan hayvan dışkıları tarafından ise N₂O üretimi gerçekleşmektedir.

Dünya ve Türkiye'de sera gazı emisyonları

Dünya tarım kaynaklı sera gazı emisyonları bakımından (JRC, 2025) en çok emisyonun Çin (%29.2), ABD (%11.1) ve Hindistan (%8.2)'da görüldüğü, Türkiye'nin sera gazı emisyonuna katkısının ise dünya genelinde %1.1 olduğu bilinmektedir. Ülkemizde sera gazları emisyonu 130.5 milyon ton CO₂-e (karbondioksit eşdeğeri) iken, Çin'de **1.8 milyar ton**, ABD'de 861.4 milyon ton ve Hindistan'da 848.5 milyon ton olduğu görülmektedir.

Her canlının sera gazına katkısı aynı değildir, sığırlarda yıllık metan üretimi 60-120 kg arasında değişirken, koyunlarda 8-15 kg, domuzda 1-1.5 kg, insanlarda ise 0.1-0.5 kg iken tavuklarda yok sayılmakta ve ihmal edilmektedir. Çiftlik hayvanları dünya sera gazlarının %14.(%12-20)'ünden sorumlu tutulmaktadır (Cardoso-Gutierrez ve ark., 2021).



Hayvansal üretim kaynaklı sera gazları

Karbondioksit (CO₂) fosil yakıtların yakılmasıyla açığa çıkmakta ve yüzyıllarca atmosferde kalabilmektedir.

Metan (CH₄) karbondioksitten daha fazla enerji (ısı) hapsedmekte (Katariya, 2015), hem fosil yakıtlar (doğal gaz sızıntıları) hem de biyolojik süreçler (enterik fermentasyon) yoluyla açığa çıkmaktadır. CH₄ yaklaşık 10-12 yıl içinde atmosferde parçalanmaktadır. Küresel ısınma üzerine metan, karbondioksitin yaklaşık 21-28 katı kadar daha olumsuz etki göstermektedir. Ruminantlar içerisinde tek başına sığırların dünya metan emisyonlarının %72'sini (Türkiye'de %76) oluşturdukları, manda ve küçükbaş hayvanlarda ise bu oranın sırasıyla %8.7 ve %6.7 olduğu bildirilmektedir (Królciewska ve ark., 2023).

Diazot monooksit (N₂O) ise gübre kullanımı gibi tarımsal uygulamalar ve hayvan dışkılarından açığa çıkmaktadır, metan emisyonlarının küçük bir kısmını oluşturmaktadır.

Sonuç

Dünya çapında üretilen sera gazlarının kaynağının ve küresel ısınmanın sebebinin sadece ruminantlar olmadığı öncelikle dikkate alınmalıdır. Bununla birlikte küresel ısınma üzerinde gerek doğal gerekse insan kaynaklı bir çok faktörle birlikte ruminantların doğal fizyolojilerinin bir sonucu olarak ortaya çıkan sera gazlarının dünyamıza etkileri oldukça büyüktür.

Ruminantlardan kaynaklanan sera gazları üretimini azaltarak ekonomik ve çevresel kazanımlar elde etmek için uzun yıllardır, bilim insanları tarafından yoğun çalışmalar yapılmakta olup, etkisi kanıtlanmış pek çok yemleme stratejisi ve katkı maddesine ait bilgi literatüre kazandırılmıştır. Bu konu çevresel yönü yanında hayvansal üretimde verimliliği artırmak açısından da önem taşımaktadır, nitekim metan üretimi yem enerjisinin israfı anlamına gelmektedir. Bu bakımdan günümüzde bilinçli üreticiler tarafından hayvan beslemede metan üretimini azaltıcı tedbirler alınmaktadır. Metan üretimini azaltabilmek için hayvanlar özelliklerine göre en uygun yemleme stratejileriyle beslenmeli veya ekonomik ikesi göz önüne alınarak en uygun katkı maddeleri kullanılmalıdır. Böylece, metan üretiminin ve **çevre kirliliğinin azaltılması mümkün olacaktır. Ayrıca, yem enerjisinin israfı önenebilecektir.**

Bununla beraber, hayvan yetiştiricileri sürü oluştururken, düşük verimli hayvanlar yerine yüksek verimli hayvanları tercih etmeli ve böylece **1 litre süt üretimi için salınan metan miktarı azaltılmalıdır. Nitekim, yapılan bir çalışmada yıllık süt veriminin 3200 litreden 7000 litreye yükselmesi durumunda, 1 litre süt üretimi için düşen metan miktarının 35 gramdan 21 grama düştüğü yani %40 azaldığı bildirilmektedir.** Böylece, daha az sayıda inekle aynı miktar sütü üretmek, daha az metan salınımı ile küresel ısınmayı azaltmak mümkündür.

Sonuç olarak, unutulmamalıdır ki, ruminantlardan kaynaklanan sera gazları salınımı tamamen doğal bir fermentasyon sonucudur ve dünyada sera gazlarının tek sorumlusu ruminantlar değildir. Çevresel kazanımlar için sera gazları salınımını etkileyen doğal ve insan kaynaklı bütün faktörler birlikte ele alınmalıdır. Bununla birlikte, ruminantlardan kaynaklanan sera gazları salınımını önemli ölçüde azaltmak mümkündür ve bunun için, yukarıda özetlenen yemleme stratejilerinin uygulanması ve en uygun katkı maddelerinin kullanılması gerekmektedir. Bu bağlamda, insanlarla et ve süt tüketimini terketmesine ve sığır sürülerinin imha edilmesine asla gerek yoktur. Yani **«sorun varsa, çözüm de mevcuttur».**

