



Azaltılmış Tarla Trafik ve Mekanik Yabancı Ot Yönetimi ile Bağcılık Üretim Modelinde Sera Gazı Emisyonlarına Etkilerin Değerlendirilmesi

Assessment of Effects on Greenhouse Gas Emissions in Viticulture Production Model with Reduced Field Traffic and Mechanical Weed Management

Ersin KARACABEY¹, Oğuzhan SOLTEKİN², Pınar DOĞAN³,
Nurdan GÜNGÖR SAVAŞ⁴, Mahmut AŞIK⁵

¹Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü, Manisa, Türkiye
· ersin.karacabey@tarimorman.gov.tr · ORCID > 0000-0003-4166-1553

²Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü, Manisa, Türkiye
· oguz.soltekin@tarimorman.gov.tr · ORCID > 0000-0001-7886-6531

³Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü, Manisa, Türkiye
· pinar.gorucuoglu@tarimorman.gov.tr · ORCID > 0000-0001-6460-7264

⁴Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü, Manisa, Türkiye
· nurdan.gungorsavas@tarimorman.gov.tr · ORCID > 0000-0002-3450-4747

⁵Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü, Manisa, Türkiye
· mahmut.asik@tarimorman.gov.tr · ORCID > 0009-0006-0205-5197

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 28 Ekim/October 2025

Kabul Tarihi/Accepted: 30 Mart/March 2026

Yıl/Year: 2026 | **Cilt-Volume:** 41 | **Sayfa/Pages:** 291-307

Atıf/Cite as: Karacabey, E., Soltekin, R.O., Doğan, P., Güngör Savaş, N., Aşık, M. "Azaltılmış Tarla Trafik ve Mekanik Yabancı Ot Yönetimi ile Bağcılık Üretim Modelinde Sera Gazı Emisyonlarına Etkilerin Değerlendirilmesi" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 41, Ocak 2026: 291-307.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ersin KARACABEY

AZALTILMIŞ TARLA TRAFİĞİ VE MEKANİK YABANCI OT YÖNETİMİ İLE BAĞCILIK ÜRETİM MODELİNDE SERA GAZI EMİSYONLARINA ETKİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZ

Bağcılık, tarımsal faaliyetler içerisinde en fazla girdi kullanımının gerçekleştiği üretim şekillerinden biri olarak toprak ve çevre üzerinde önemli etkilere sahiptir. Bu etkiler arasında ilaç, gübre, su gibi girdilerin kullanımı önemli paya sahip olmakla birlikte tarımsal sulamada tüketilen elektrik enerjisi ve tarım makineleri kullanımından kaynaklı yakıt tüketimi gibi yoğun enerji kullanımının da çevresel etkileri bulunmaktadır. Bağda sıra arası ve üzerinde yapılan toprak işleme faaliyetlerinde toprağa uygulanan çok fazla işlem nedeniyle toprak kayıpları ve sera gazı emisyonları artmaktadır. Üretim periyodu içerisinde ürünün korunması ve yabancı otların kontrolü için kullanılan kimyasalların hem üretiminin hem de kullanımının çevre üzerinde olumsuz etkilere sahip olduğu bilinmektedir. Bu nedenle bağcılık faaliyetlerinde sürdürülebilir ve çevreye duyarlı üretimin gerçekleştirilmesi üründe verim-kalite değerlerinin korunarak girdi ve enerji tüketiminin en düşük seviyede tutulmasıyla mümkün olabilmektedir. Bu çalışma kapsamında Manisa ilinde kurutmalık üzüm üretiminin gerçekleştirildiği bir bağda toprağa en az müdahale ve mekanik yöntemle yabancı ot kontrolün sağlanarak üretim periyodu içerisinde temel girdi ve enerji kullanım düzeyleri belirlenmiş, bunların sera gazı emisyonlarına etkileri temel matematik model ve çevrim faktörleri kullanılarak ortaya konulmuş ve üretici şartlarındaki uygulamalarla kıyaslanarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçüm ve hesaplamalar sonucunda bağda CO₂ emisyonları üzerine en büyük etkinin yakıt tüketiminden kaynaklı olduğu ve bunu sulama, ilaçlama ve gübreleme uygulamalarının izlediği saptanmıştır. Üretim sezonu boyunca toplam emisyon değerinin 1 dekar alan başına kontrollü şartlar altında 62.2 kg CO₂e olarak gerçekleştiği ve bu değer üretici şartlarında ortaya çıkan emisyon miktarına kıyasla %45.9 oranında daha az olduğu hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bağcılık, Üretim Modeli, Çevresel Etki, Sera Gazı Emisyonu.



ASSESSMENT OF EFFECTS ON GREENHOUSE GAS EMISSIONS IN VITICULTURE PRODUCTION MODEL WITH REDUCED FIELD TRAFFIC AND MECHANICAL WEED MANAGEMENT

ABSTRACT

Viticulture is one of the agricultural production systems with the highest input use, exerting significant impacts on soil and the environment. Among these impacts, the use of agricultural inputs such as pesticides, fertilizers, and water plays a major role; however, intensive energy consumption resulting from irrigation electricity and fuel use in agricultural machinery also contributes substantially to environmental effects. In vineyards, repeated tillage operations interrows and in-trarows lead to increased soil degradation and greenhouse gas (GHG) emissions. Moreover, the production and application of agrochemicals used for crop protection and weed control during the production period are known to have adverse environmental impacts. Therefore, achieving sustainable and environmentally friendly grape production requires minimizing input and energy consumption while maintaining yield and fruit quality. In this study, conducted in a vineyard producing raisin in Manisa Province (Türkiye), a production model involving reduced soil intervention and mechanical weed control was evaluated. Basic input and energy use levels during the production period were quantified, their effects on greenhouse gas emissions were calculated using fundamental mathematical models and conversion factors, and the results were compared with conventional grower practices. Measurement and calculation results revealed that fuel consumption was the primary source of CO₂ emissions, followed by irrigation, pesticide, and fertilizer applications. The total seasonal emission under controlled conditions was calculated as 62.2 kg CO₂e per decare, which was 45.9% lower than that observed under typical grower conditions.

Keywords: Viticulture, Production Model, Environmental Effect, Greenhouse Gas Emission.



1. GİRİŞ

Dünya genelinde yaşanan iklim değişikliği ve ekstrem hava olayları toprak ve su kaynakları ile tarımsal üretimi olumsuz olarak etkilemektedir. Bununla birlikte 2010-2019 yıllarında küresel insan faaliyetlerinden kaynaklı sera gazı emisyonlarının %13-21'i tarımsal kaynaklı gerçekleşmiştir (Pölz ve Rosner, 2023). Dünyada önemli bir potansiyele sahip olan bağcılık sektörü son yıllarda iklimsel değişimlerin etkisi altındadır. Özellikle ülkemizin de içinde bulunduğu Akdeniz Havzası'nda iklim değişikliğine ait etkilerin daha yoğun olması beklenmektedir (Soltekin ve ark., 2021). Bağcılık faaliyetlerinin karbon ayak izine etkisinin ortalama %17 olduğu tahmin edilmektedir, ancak muhtemelen %50'ye varan değerlere ulaşmaktadır. Bu aşamanın en büyük sorunu çoğunlukla üretim sürecinde enerji ve yakıt tüketimi, nakliye faaliyetleri ve N bileşiklerinin yüksek emisyonu nedeniyle pestisit ve gübre kullanımınıdır (Süer ve Keskin, 2023).

Bağda yapılan toprak işleme uygulamalarının asma verim ve kalitesinin yanı sıra toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri ile sera gazı emisyonları üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Lazcano ve ark. (2022), üç yıl süreli bir saha denemesinde, sıfır toprak işlemenin bağdaki çevresel ve agronomik performansını, toprak fiziksel özelliklerindeki, C ve N rezervindeki değişikliklere ve ayrıca asma verimi ve üzüm kalitesine etkisini araştırmıştır. Asma verimi ve üzüm kalitesi, işlenmiş parsellere kıyasla toprak işlenmesiz parsellerde değişmemiştir. Toprak işlenmesiz tarım kısa vadede iklim değişikliğinin hafifletilmesine yol açmasa da, bu çalışmanın sonuçları ekolojik süreçlerde C birikimi ve mineralizasyonuna yol açan değişiklikler olduğunu ve bunun gelecekte C tutumuna yol açabileceğini göstermektedir. Tomaz ve ark. (2025) Güney Avrupa'nın kurak Akdeniz ikliminde sulanan bağlarda su ve karbon verimliliğinin iyileştirilmesine yönelik bir araştırma yapmıştır. Çalışma dönemi için toplam su ayak izi ortalama değeri $223 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$ iken ortalama toplam karbon ayak izi $98 \text{ kg CO}_2\text{e ton}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Karbon emisyonuna sebep olan ana unsurlar yakıt tüketimi, gübre ve sulama için tüketilen enerji olmuştur.

Bağda sera gazı emisyonlarına etkisi yüksek olan toprak işleme sistemlerinin etkinliği ile ilgili olarak çeşitli araştırmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalardan birinde Buesa ve ark. (2021), bağda toprak işlemeli ve toprak işlenmesiz sistemlerin 2 farklı su rejimi altında birleşik etkilerini incelemiş ve organik malç ile sıfır toprak işlemenin asma su durumunu iyileştirdiğini ancak toprak sertliği ile düşük su infiltrasyon oranı nedeniyle daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğunu bildirmiştir.

Toprak işleme sistemlerinin bağda organik karbon durumuna etkisinin önemli olduğu bilinmekte olup buna yönelik bir çalışmada Cengiz ve ark. (2025), toprak işlenmesiz tarımın geleneksel toprak işlemeyle karşılaştırıldığında organik karbon, azot mineralizasyonu, alkali fosfat, β -glukozidaz ve dehidrojenazı arttırdığını belirlemiştir.

Ghiglieno ve ark. (2023) Kuzey İtalya'da çok yıllık verileri karşılaştırarak, geleneksel ve organik bağ yönetimi arasındaki karbon emisyonları arasındaki gerçek farkları belirlemek üzere bir araştırma yürütmüştür. Geleneksel ve organik yönetimin genel ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını, organik olarak yetiştirilen bağlarda daha yüksek yakıt tüketimi gözlemlenirken, geleneksel olarak yetiştirilen bağlarda pestisit ve gübre gibi ürünlerin kullanımını nedeniyle daha yüksek emisyonların gözlemlendiğini bildirmiştir.

Bağcılık sektörünün sera gazı dengesi OIV'nin metodik önerilerinin konusu olmuştur (OIV, 2017). Diğer üretim sektörlerinde olduğu gibi, şarap üretimi ve tüketimi sera gazı emisyonlarına katkıda bulunmaktadır. Diğer ürünlerde olduğu gibi, şaraplık üzüm yetiştiriciliği de iklim, toprak kalitesi, kullanılabilir su miktarı vb. gibi çevresel koşulların ve bağın yönetim biçiminden (çeşit seçimi, gübre ve pestisit kullanımının türü ve kapsamı, su kaynağı ve miktarı gibi) etkilenmektedir. Yetiştirme aşamasına odaklanıldığında, sera gazı emisyonlarının ana kaynaklarının üç bileşen olduğu ortaya çıkmıştır: Yakıt kullanımı, pestisit ve gübre kullanımı ile bağ yönetimi (Hefler ve Kissinger, 2023).

Dünyanın farklı bölgelerinde üzüm üretiminden kaynaklı CO₂ emisyon değerlerine ilişkin çalışmalar yapılmış olmakla birlikte bunlara benzer şekilde Hefler ve Kissinger (2023) ortalama olarak bir ton üzümün, araziden çıkana kadar 280-360 kg CO₂ eşdeğeri emisyon ürettiğini ortaya koymuştur. Emisyonların çoğu, gübre kullanımı (%37), bağ metal altyapısı (%25), ulaşım ve mekanizasyon için yakıt (%19) ve su temini (%17) ile ilgilidir. Kurak bölgede, emisyonların önemli bir kısmı, diğer iki bölgeye göre iki kat daha yüksek olan sulama için elektrik üretimiyle ilgilidir. Ayrıca, bağın ilk 3 yılında kompost ve yakıt kullanımından kaynaklanan emisyonlar, diğer iki iklim bölgesine göre iki kat daha yüksektir. Bununla birlikte, kurak bölgelerde incelenen üzüm bağlarındaki birim alan emisyonlarının incelenmesi, ortalama olarak emisyon hacminin diğer bölgelere kıyasla düşük olduğunu ortaya koymuştur (yarı kurak bölgede 490 kg CO₂ eşdeğeri ve Akdeniz bölgesinde 491 kg CO₂ eşdeğeri ile karşılaştırıldığında 422 kg CO₂ eşdeğeri). Aynı zamanda, ton başına üzüm emisyonlarının analizi, kurak bölgedeki ortalamanın daha yüksek olduğunu göstermektedir (yarı kurak bölgede 300 kg CO₂ eşdeğeri ve Akdeniz bölgesinde 346 kg CO₂ eşdeğeri ile karşılaştırıldığında 360 kg CO₂ eşdeğeri). Bunun temel nedeni, kurak bölgede birim alan başına nispeten düşük verimdir.

Özetle sofralık, şaraplık ve kurutmalık üzüm üretiminde farklı seviyelerde karbon emisyonları ortaya çıkmakta olup genel olarak bağcılık yaşam döngüsü aşaması için belirlenen karbon ayak izi değerleri (fonksiyonel birim başına kg CO₂ eşdeğeri) da Silva ve da Silva (2022) tarafından Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Bağcılık yaşam döngüsü aşaması için belirlenen karbon ayak izi değerleri (fonksiyonel birim başına kg CO₂ eşdeğeri)

Table 1. Carbon footprint values determined for each viticulture life cycle stage (kg CO₂ equivalent per functional unit)

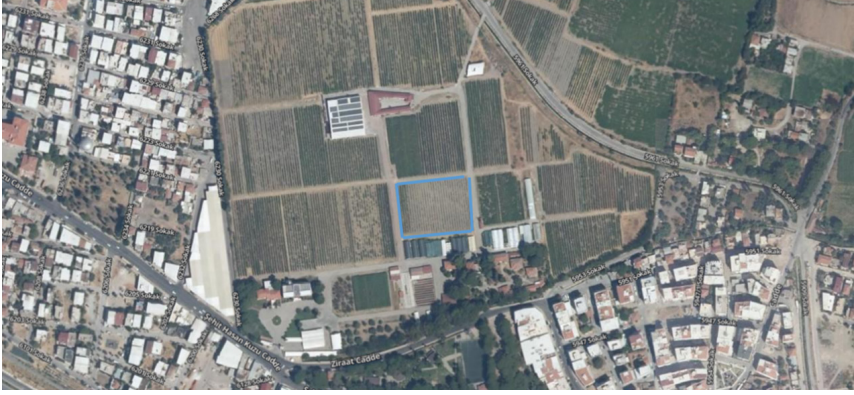
Çalışma	Fonksiyonel birim	Karbon ayak izi	Ülke
Steenwerth ve ark. (2015)	1 ton şaraplık üzüm	87-584	A.B.D.
Marras ve ark. (2015)	1 kg üzüm	0.39	İtalya
Litskas ve ark. (2017)	1 kg üzüm	0.28-0.85	Kıbrıs
Bartocci ve ark. (2017)	1 kg üzüm	0.31-0.47	İtalya
Gierling ve Blanke (2021)	Hektar	2990-4046	Almanya
Vázquez-Rowe ve ark. (2013)	0.75 L şarap	0.11-1.61	İtalya, İspanya ve Lüksemburg
Laca ve ark. (2021)	0.75 L şarap	1.42	İspanya
Neto ve ark. (2013)	0.75 L şarap	2.0	Portekiz
Taylor's (2018)	0.75 L şarap	0.30-0.33	Portekiz
Bosco ve ark. (2011)	0.75 L şarap	0.7-1.3	İtalya
Point ve ark. (2012)	0.75 L şarap	0.80	Kanada

Yapılan çalışmalarda bağcılıkta arazideki üretim faaliyetlerinden kaynaklı emisyonların en büyük sebeplerinin gübre ve motorin tüketimi olduğu ve hasattan sonra şarap üretimine kadar olan süreçlerde en büyük emisyon kaynağının cam şişe üretimine bağlı şişeleme işlemi olduğu belirtilmektedir. Sofralık ve şaraplık üzüm üretiminde karbon emisyonlarının belirlenmesine yönelik çeşitli çalışmalar bulunmakla birlikte kurutmalık üzüm üretimine ilişkin az sayıda çalışma yapılmıştır.

Bu bilgiler ışığında çalışmamızda Manisa ilindeki kurutmalık üzüm üretim bağında minimum toprak işleme ve mekanik yöntemle yabancı ot kontrolünün sağlanması hedeflenmiştir. Ayrıca, üretim sezonu içerisinde temel girdi ve enerji kullanım düzeylerinin tespit edilmesi, bunların temel matematik modelleri kullanılarak sera gazı emisyonlarına etkilerinin belirlenmesi ve üretici koşulları ile karşılaştırılarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında girdi ve enerji tüketimleri Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü arazisinde Sultan 7, Altın Sultani ve Saruhanbey üzüm çeşitlerinden oluşan ve genel olarak tın ve killi tın yapıda, pH bakımından alkali karakterli, toplam azot ve organik madde içeriği düşük toprak yapısına sahip 6.1 da alana sahip bağ alanında ölçülmüştür (Şekil 1).



Şekil 1. Deneme alanı

Figure 1. Experiment area

Enstitü Merkez arazisinde “Sultan 7” çeşidi 5 BB, “Altın Sultani” ve “Saruhanbey” çeşitleri ise 1103 Paulsen anacı üzerine aşıldır. Enstitü merkez arazisine kıyasla yoğun girdi kullanımının gerçekleştiği ve üretici koşullarını temsil ettiği düşünülen alan olarak “Sultani Çekirdeksiz” üzüm çeşidinin bulunduğu Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsüne bağlı Alaşehir üretim işletmesi bağ alanı ele alınmış, girdi ve enerji tüketimleri incelenmiştir.

Deneme alanında toprak işleme, ilaçlama, yabancı ot mücadelesi gibi işlemler iklim koşulları ve asmaların durumlarına göre planlanarak tarla trafiği en düşük seviyede olacak şekilde mekanizasyon planlaması yapılarak geçiş sayıları belirlenmiştir. Tüm üretim periyodunca ilaç, gübre ve su gibi girdilerin kullanım miktarları belirlenmiştir. Bununla birlikte parselde kullanılan her bir makine için yakıt tüketimi ve iş başarısı gibi işletme değerleri ölçülerek hesaplanmıştır (Eşitlik 1) (Çiçek ve Sümer, 2016). Yakıt tüketimlerinin ölçülmesinde depo tamamlama yöntemi kullanılmıştır (Yalçın ve Arslanoğlu, 2018).

$$S = B \times V \times \eta \quad (1)$$

Eşitlikte S makinenin iş başarısını (da/h), B makinenin iş genişliğini (m), V makinenin çalışma hızını (km/h) ve η zamandan faydalanma katsayısını (0.8) ifade etmektedir.

Deneme alanında minimum toprak işleme sistemi uygulanarak sezon içerisinde yalnızca 1 kez haziran ayında sıra arasında kültivatör ile yabancı ot kontrolü için yüzeysel bir işleme gerçekleştirilmiştir. Sıra üzerlerinde ise toprak işleme toprağa en az müdahale edecek şekilde yabancı ot köklerinin kesilmesi amacıyla mart, nisan ve mayıs aylarında olmak üzere bıçaklı ve duyargalı makine kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Sıra üzeri yabancı ot mücadelesinde kullanılan makine

Figure 2. Machine used in intrarow weed control

Sıra aralarında yabancı ot kontrolü yine mekanik yöntemle ve toprak işlemenin önüne geçmek amacıyla zincirli ot biçme makinesiyle üstten otların biçilerek serilmesiyle mart ve nisan aylarında olmak üzere 2 kez gerçekleştirilmiştir (Şekil 3). Bu şekilde toprak yüzeyi otlı bırakılmış ve doğal malç olarak kullanılmıştır.



Şekil 3. Sıra aralarında yabancı otların biçilmesinde kullanılan makine

Figure 3. Machine used in mowing weeds interrows

Üretim sezonu boyunca kullanılan gübre miktarları takip edilerek Çizelge 2'de belirtilen çevrim faktörleri kullanılarak emisyon değerleri hesaplanmıştır. Pestisit üretim ve nakliyesinden kaynaklı CO₂ emisyon değerleri Eşitlik 2 ile hesaplanmıştır (Lal, 2004).

$$\text{CO}_2\text{-C (kgC/ha)} = (\text{Herbisit kg/ha}) \times 6.3 + (\text{İnsektisit (kg/ha)} \times 5.1 + \text{Fungusit (kg/ha)} \times 3.9) \quad (2)$$

Eşitlik 2'deki katsayılar 6.3; 5,1 ve 3.9; 1 kg herbisit, insektisit ve fungusitin üretim ve nakliyesinden kaynaklı CO₂-C miktarlarını ifade etmektedir.

Deneme alanının sulanması için gerekli olan sulama suyu, enstitü bünyesinde yer alan yeraltı su kaynağından (kuyudan) hali hazırda ortalama 100 m derinlikten sağlanmaktadır. Sulamalar yüzey altı damla sulama yöntemi ile yapılmaktadır. Yüzey altı damla sulama sistemi; kontrol ünitesi, yan boru hattı (manifold) ile su dağıtım boruları (lateral) ve damlatıcılardan oluşturulmuştur. Kontrol ünitesinde; hidrosiklon, basınç düzenleyici vana, gübreleme sistemi, otomatik filtre ve manometre yer almaktadır. Sıra arası ve üzeri mesafelerin 3x2 m olduğu parselde lateraller çift hat şeklinde yaklaşık 40 cm derinliğe ve asmaların sağından ve solundan 50 cm uzaklığa yerleştirilmiştir (Zoldoske, 1997). Damlatıcı aralığı 50 cm ve 2 L h⁻¹ debiye sahiptir. Sulama sonrasında ortaya çıkan CO₂ emisyon miktarı Eşitlik 3 ile hesaplanmıştır (Nelson ve ark., 2009).

$$\text{CO}_2\text{-C (kgC/ha)} = \text{Uygulanan sulama suyu miktarı (m}^3\text{/ha)} \times (2.724/1000) \times (\text{Taban suyu derinliği (m)}) \times (100/\text{pompa verimi (\%)}) \times (100/\text{iletimde güç kaybı (\%)}) \times 0.4062 \quad (3)$$

Eşitlik 3'deki katsayılardan 2.724; 1000 m³ suyun 1 m derinlikten pompa veriminde herhangi bir kayıp olmadığında ihtiyaç duyulan kWh enerjisi; 0.4062 ise kömür bazlı elektrik üretiminde kWh başına kg C yoğunluğunu ifade etmektedir.

Toprak sera gazı (GHG) emisyonlarını, NO₃ sızıntısını ve diğer karbon ve besin emisyonlarını bölgesel ve daha büyük ölçeklerde ölçmek için gerekli ölçüm yoğunluğunu uygulamak çok zor olduğundan modellere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla şu anda kullanılan modeller, örneğin N₂O emisyonlarının N girdileriyle orantılı olduğunu varsayan basit elektronik tablo hesaplayıcılarından, emisyonları kontrol eden süreçleri temsil eden daha karmaşık modellere kadar çeşitlilik gösterir. Bu bağlamda, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli tarafından, sera gazı emisyonlarını hesaplamak için farklı yaklaşımlar tanımlanmıştır (Grosso ve ark., 2012).

Atmosfere sera gazı salınımına en fazla etkide bulunan yetiştiricilik şekillerinden olan bağcılık faaliyetlerinde gübre, ilaç, su gibi girdilerin miktarlarının belirlenmesiyle daha önce yapılmış çalışmalarla ortaya konulan sera gazı emisyon

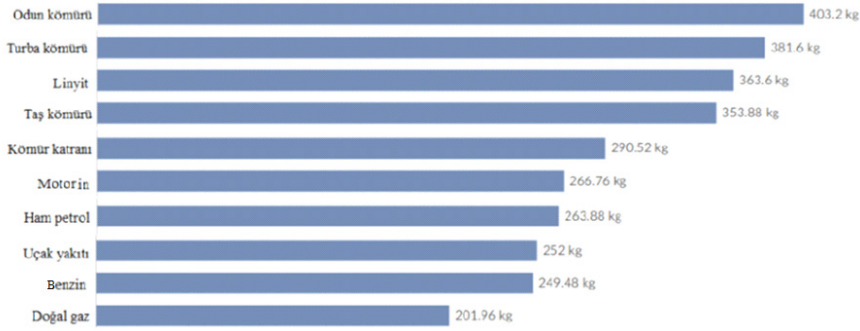
faktörleri kullanılarak karbon ayak izi saptanabilmektedir. Bu çalışmada da yararlanılan ve Tomaz ve ark. (2023) tarafından verilen çevrim faktörleri Çizelge 2’de belirtilmiştir.

Çizelge 2. Karbon ayak izi hesaplamaları için bağıcılık faaliyetlerinde kullanılan sera gazı emisyon faktörleri

Table 2. Greenhouse gas emission factors used in viticulture activities for carbon footprint calculations

Emisyon Kaynağı	Birim	Sera Gazı Emisyon Faktörü	Kaynak
Yakıt	kg CO ₂ e L ⁻¹	3.12	(Cool Farm Alliance 2023)
Sulama için elektrik enerjisi	kg CO ₂ e kWh ⁻¹	0.34	(APA 2023)
N ₂ O direk emisyonlar	kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹	0.01	(IPCC 2006; Marras ve ark. 2015; Hefler ve Kissinger, 2023)
N ₂ O dolaylı emisyonlar	kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹	0.01	(IPCC 2006; Marras ve ark. 2015; Hefler ve Kissinger, 2023)
Üre gübresinden kaynaklı CO ₂ emisyonları	kg CO ₂ -C (kg üre) ⁻¹	0.20	(IPCC 2006; Hefler ve Kissinger, 2023)
N gübresi	kg CO ₂ e kg ⁻¹	2.78	(Cool Farm Alliance 2023)
P ₂ O ₅ gübresi	kg CO ₂ e kg ⁻¹	0.12	(Cool Farm Alliance 2023)
K ₂ O gübresi	kg CO ₂ e kg ⁻¹	0.41	(Cool Farm Alliance 2023)
Herbisit	kg CO ₂ e kg ⁻¹	4.70	(West ve Marland 2002; Cheng ve ark., 2011, 2015)
Fungusit	kg CO ₂ e kg ⁻¹	5.18	(West ve Marland 2002; Cheng ve ark. 2011, 2015)
İnsektisit	kg CO ₂ e kg ⁻¹	4.93	(West ve Marland 2002; Cheng ve ark. 2011, 2015)

Çizelge 2’deki değerler incelendiğinde tarımda sera gazı emisyon kaynaklarının en önemlilerinden birisinin tarım makineleri kullanımından kaynaklı yakıt tüketimleri olduğu görülmektedir. Bu nedenle üretim periyodunda kullanılan her bir makinenin belirlenen iş başarısı koşullarındaki yakıt tüketimleri ölçüldükten sonra L yakıt tüketimi değerlerinin MWh enerji karşılıkları belirlenmiş (OECD, 2004) ve IPCC – Emisyon faktörü veri tabanı (2023)’da belirtilen ve Şekil 4’de verilen bazı fosil yakıtların birim enerji değeri başına CO₂ emisyon değerleri hesaplanmıştır (OECD enerji istatistiklerine göre 1 L motorin enerji karşılığı 0.0107 MWh olarak alınmıştır).



Şekil 4. Fosil yakıtların MWh enerji başına kg CO₂ emisyonları

Figure 4. Kg CO₂ emissions per MWh energy of fossil fuels

Şekil 4'deki değerlere göre tarımsal amaçlı kullanılan motorin fosil yakıtlar içerisinde kıyaslandığında orta seviyede emisyon değerlerine sahip olmakla birlikte tarımsal alanda ve üzüm üretimi özelinde çok yoğun kullanımı ile çevresel açıdan ciddi bir risk teşkil etmektedir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Deneme alanında özellikle toprak işleme gibi yoğun tarla trafiğine yol açan uygulamaların sayısının azaltılarak geçiş sayısının en düşük seviyeye indirildiği üretim modeli elde edilmeye çalışılmıştır. Tüm sezon boyunca tarım makinelerinden kaynaklı emisyon değerlerinin hesaplanması için arazide kullanılan makinelerin geçiş sayıları ve bunların arazide ölçülen işletme değerleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Deneme alanında kullanılan tarım makineleri geçiş sayıları ve işletme değerleri

Table 3. Number of passes and operating values of agricultural machinery used in the experiment area

Alet-Makine	Bağ Alanına Giriş Sayısı	Yakıt Tüketimi (L da ⁻¹)	İş Başarısı (da h ⁻¹)
Pülverizatör	12	0.40	12.0
Sıra üzeri duyarlı çapa makinesi	3	0.60	8.4
Sıra arası zincirli ot biçme makinesi	2	0.40	8.4
Kültivatör	1	1.20	12.0
Toprak altı gübre dağıtma makinesi	1	0.80	8.4

Minimum toprak işlemeyle mekanik yabancı ot kontrolünde diskaro ve toprak frezesi gibi tarım makinalarının kullanılmaması sayesinde aşırı seviyede yakıt tüketiminin önüne geçilmeye ve toprakta organik C tutumunu sağlayarak erozyona karşı daha dirençli tutulmaya çalışılmıştır. Çizelge 3'de verilen tarım alet ve makinelerinin deneme alanındaki sezon boyunca ortaya çıkan toplam yakıt tüketimleri ile bunların MWh enerji ve kg CO₂ karşılıkları Şekil 4'de belirtilen değerler yardımıyla hesaplanarak Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Tarım makinelerinin birim alana toplam yakıt tüketimi, enerji ve CO₂ emisyonu karşılıkları

Table 4. Total fuel consumption, energy and CO₂ emissions per unit area of agricultural machinery

Tarım makinesi	Toplam yakıt tüketimi (L da ⁻¹)	Yakıt tüketiminin MWh enerji karşılığı	CO ₂ emisyonu (kg da ⁻¹)
Pülverizatör	4.8	0.0513	13.70
Sıra üzeri duyarlı çapa makinesi	1.8	0.0190	5.06
Sıra arası zincirli ot biçme makinesi	0.8	0.0085	2.27
Kültivatör	1.2	0.0130	3.46
Toprak altı gübre dağıtma makinesi	0.8	0.0085	2.26

Enstitü merkez arazisinde kontrollü tarla trafiği sonucunda ortaya çıkan yakıt tüketimi değerlerine göre toplam 9.4 L da⁻¹ mazot tüketimi gerçekleşmiş ve bu durumda Şekil 4'deki emisyon faktörü kullanılarak yakıttan kaynaklı emisyon değeri 26.75 kg CO₂e da⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

Deneme alanında sezon başında taban gübresi olarak 13-24-12+ME gübresi 25 kg da⁻¹ olarak toprak altına verilmiştir. Diğer gübrelemeler damla sulama sisteminden 2 kez Terra FAP4 ve 1 kez Opifol Equilibrium gübreleri ile verilmiştir. Kullanılan gübrelerin besin içerikleri dikkate alındığında toprakta dekara verilen toplam N gübresi 3.66 kg, P₂O₅ gübresi 6.34 kg ve K₂O miktarı 3.62 kg olarak hesaplanmıştır. Bu koşullarda Çizelge 2'deki çevrim faktörleriyle N gübresinden kaynaklı emisyonlar 10.17 kg CO₂e, N₂O direk emisyonları 0.036 kg N₂O, N₂O dolaylı emisyonları 0.036 kg N₂O, P₂O₅ gübresinden kaynaklı emisyonlar 0.76 kg CO₂e ve K₂O gübresinden kaynaklı emisyonlar 1.48 kg CO₂e olarak hesaplanmıştır.

Sulama uygulamaları yüzey altı damla sulama sistemi ile yapılarak tüm sezon boyunca 15 kez olmak üzere toplam 156 m³ da⁻¹ su verilmiştir. Bu uygulamalar ile Eşitlik 3 yardımıyla pompa verimi ve iletim hattındaki kayıplarla %60 sistem

randımanı kabulü ile sulama için harcanan elektrik enerjisi miktarı Eşitlik 2 ile 63.56 kWh da⁻¹ ve bu enerji kullanımından kaynaklı olarak ortaya çıkan emisyon değeri Çizelge 2'de verilen çevrim faktörü kullanılarak 24.15 kg CO₂e da⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Bu değer kömür bazlı elektrik enerjisi üretiminden kaynaklanan emisyon miktarlarını ifade etmektedir.

Deneme alanında üretim sezonu boyunca hastalık-zararlı mücadelesi amacıyla 12 kez ilaçlama işlemi yapılmış ve dekar 4.11 kg fungusit ve 1.38 kg insektisit uygulaması yapılmıştır. Bu koşullar altında Eşitlik 2 ile pestisit kullanımından kaynaklı olarak ortaya çıkan emisyon değeri 23.06 kg CO₂e olarak hesaplanmıştır.

Bağda üretim sezonu boyunca arazi faaliyetleri nedeniyle ortaya çıkan emisyon değerleri incelendiğinde yakıt tüketiminden sonra en yüksek emisyon kaynağının sulama için harcanan elektrik enerjisinin üretiminden kaynaklandığı görülmektedir. Bu durum büyük ölçüde taban suyu derinliğinin yıldan yıla giderek düşmesi ve suyun kaynaktan çekilerek basılması için yüksek düzeyde elektrik enerjisi kullanılmasını gerektirmesinden kaynaklanmaktadır. Bu durumda sulama kaynaklı olarak ortaya çıkan emisyon değerlerinin yakıt tüketiminin önüne geçmesinde, kuraklık kaynaklı su kıtlığı ve suya ulaşımındaki zorlukların etkisi çarpıcı şekilde görülmektedir.

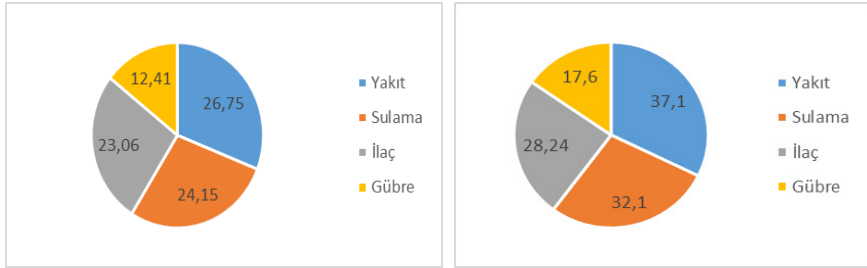
Üretici şartlarını temsilen ele alınan Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü Alaşehir üretim işletmesindeki uygulamalar da incelenmiş ve kontrollü şartlarla kıyaslanmıştır. Toprak işleme uygulamaları açısından arazide çok fazla geçiş olduğu görülmüş, sıra üzerinde duyarlı çapa makinası ile toprak devrilerek işlenmiş sonrasında goble diskaro ile boğaz kapatma işlemleri yapılmıştır. Sıra aralarında yabancı ot kontrolünde çizel kullanılmış ve bu işlemler sonrasında toprak yüzeyinin düzeltilmesinde 4 kez diskaro çekilmiştir. Toplam 22 kez alet-makine geçişi ile 1 dekar alana 13 L yakıt tüketilmiş ve emisyon değeri Şekil 4'de belirtilen emisyon faktörleri kullanılarak 37.10 kg CO₂e da⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

Sulama uygulamalarında 2025 üretim sezonunda 208 m³ da⁻¹ sulama suyu verilmiş ve bu durumda tüketilen elektrik enerjisi kaynaklı emisyon değeri Eşitlik 3 yardımıyla 32.1 kg CO₂e da⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

Gübre kullanımı açısından da üretici şartlarında yoğun girdi kullanılmış, taban gübresinin yanı sıra damla sulama sisteminde Vermis, Terra FAP4, çinko sülfat, potasyum nitrat, potasyum sülfat ve yapraktan Vermis ile çinko sülfat gübreleri verilmiştir. Tüm uygulamalar ile 1 dekar alana 4.78 kg toplam N, 5.98 kg P₂O₅ ve 8.78 kg K₂O gübresi verilmiştir. Bu şartlar altında gübre uygulamalarından kaynaklı emisyon değeri Çizelge 2'deki çevrim faktörleri kullanılarak 17.6 kg CO₂e da⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

Üretici şartlarında yapılan ilaçlama işlemlerinde kontrollü şartlardakine benzer şekilde 12 kez uygulama yapılmış olup dekara 4.11 kg fungusit, 1.16 kg insektisit ve 1.00 kg herbisit kullanılmıştır. Bu koşullar altında Eşitlik 2 ile pestisit kullanımından kaynaklı olarak ortaya çıkan emisyon değeri 28.24 kg CO₂e olarak hesaplanmıştır.

Tüm bu veriler ışığında Enstitü merkez arazisi ile üretici şartlarında gerçekleştirilen yetiştiricilik uygulamalarında emisyon kaynaklarına göre ortaya çıkan CO₂ emisyon değerlerinin dağılımları Şekil 5'de verilmiştir.



a) Enstitü merkez arazisi

b) Üretici şartları

Şekil 5. Enstitü merkez arazisi ve üretici şartlarında yetiştiricilikte emisyon kaynakları ve dağılımları (kg CO₂e)

Figure 5. Emission sources and distributions in cultivation under the Institute's central field and grower conditions (kg CO₂e)

Şekil 5'deki değerler incelendiğinde hem kontrollü hem de üretici şartlarında ana emisyon kaynağının yakıt tüketimi olduğu ve bunu sulama, ilaçlama ve gübreleme uygulamalarının izlediği görülmektedir. Girdi kullanımına bağlı olarak tüm emisyon kaynaklarında üretici şartlarında Enstitü merkez arazisine kıyasla daha yüksek değerler ortaya çıkmıştır.

Kontrollü ve üretici şartları altındaki CO₂ emisyonu değerleri emisyon kaynağına göre karşılaştırıldığında ise kontrollü şartlarda gübre kullanımından kaynaklı olarak %29.5; yakıt tüketimi açısından %27.9; sulama uygulamasından kaynaklı olarak %24.8 ve ilaçlama uygulamaları açısından %18.3 oranında daha düşük değerler ortaya çıkmıştır. Elde edilen değerlerin üretim sezonu içerisindeki iklimsel parametreler, vejetatif gelişim, su kaynağının durumu, kullanılan enerji kaynakları gibi değişkenlerden büyük oranda etkilenebileceği öngörülmekle birlikte kontrollü ve üretici şartlarının kendi aralarındaki farklar yapılacak uygulamaların toplam değer üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır.

4. SONUÇ

Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü deneme alanında 2025 üretim sezonu boyunca kontrollü arazi trafiği şartlarında tarım makineleri yakıt tüketiminden kaynaklı olarak $26.75 \text{ kg CO}_2\text{e da}^{-1}$, sulama için gerekli elektrik enerjisi kullanımından kaynaklı olarak $24.15 \text{ kg CO}_2\text{e da}^{-1}$, zirai ilaç kullanımından kaynaklı $23.06 \text{ kg CO}_2\text{e da}^{-1}$ ve gübre kaynaklı $12.41 \text{ kg CO}_2\text{e da}^{-1}$ olmak üzere toplam $86.37 \text{ kg CO}_2\text{e da}^{-1}$ emisyon değeri hesaplanmıştır. Benzer şekilde kurutmalık üzüm üretiminin gerçekleştirildiği üretici şartlarında ise gerçekleşen emisyon değeri toplam $115.04 \text{ kg CO}_2\text{e da}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır.

Emisyon kaynakları incelendiğinde en büyük etkinin tarım makineleri kullanımıyla yakıt tüketiminden kaynaklandığı görülmektedir. Bu durumda bağ alanına traktör ve ekipmanla giriş sayılarının kontrollü şekilde planlanmasının hem bağcılık hem de genel tarımsal üretimin olumsuz çevresel etkisinin azaltılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Toprak işleminin azaltılması, yabancı ot kontrolünde etkin mekanik yöntemlerin kullanılması ve araziye giriş sayısının kontrollü şekilde planlanmasıyla yakıt tüketiminden kaynaklı emisyon değerleri %27.9 oranında düşüş göstermiştir.

Sulama uygulamaları için tüketilen akaryakıt veya kömür bazlı üretilen elektrik enerjisi kullanımından kaynaklı emisyon seviyelerinin yüksekliği, temel olarak kuraklık ve su kıtlığı sebebiyle taban suyu seviyelerinin düşmesi ve pompaj için yüksek seviyede enerji kullanımını gerektirmiştir. Bu durumda değişen iklim koşulları çevresel anlamda da su kaynaklarının daha etkin kullanımını zorunlu kılmaktadır. Enstitü bünyesinde kontrollü şartlar altında yapılan sulama uygulamalarında üretici şartlarına kıyasla birbirine yakın taban suyu seviyeleri olmasına karşın emisyon miktarı su kullanımındaki düşüş sebebiyle önemli düşüş göstermiştir. Bu düşüşte deneme alanında yüzey altı sulama sisteminin de etkisi bulunmakta olup bu durum uygun sulama sisteminin kullanımıyla çevresel anlamda da pozitif etkilerin sağlanabileceğini göstermektedir.

Enstitü bünyesindeki deneme alanında gerçekleştirilen hesaplamalarda elektrik enerjisinin kömür bazlı kullanımı baz alınmış olmasına karşın uygulamada bu enerji fotovoltaik sistem kullanılarak güneş enerjisinden karşılanmaktadır. Bu durumda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının çevre korunumuna önemli katkı sağlayacağı ifade edilebilir.

Enstitü bünyesinde kontrollü şartlarda yürütülen denemelerde araziye traktör girişinin minimum seviyede tutulması, sulama uygulamalarında elektrik enerjisi kaynağı olarak fotovoltaik sistem kullanımı, etkin su kullanımı açısından yüzey altı sisteminden yararlanılması karbon emisyon değerlerinde %45.9 düşüş sağlamıştır. Tüm değerler incelendiğinde 1 dekar alan başına $62.20 \text{ kg CO}_2\text{e da}^{-1}$ emisyon

değerlerine karşılık yakın ürün veriminin gerçekleştiği üretici şartlarındaki uygulamalarda 115.04 kg CO₂e da⁻¹ emisyon değerleri ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak uygun yetiştirme teknikleri ve yenilenebilir kaynaklarının kullanımıyla kontrollü şartların sağlanmasının çevresel açıdan önemli avantajlar sağladığı görülmektedir. Sonuçlar 2025 üretim yılını kapsayan 1 yıllık veri içerdiğinden çok genelleştirilmeden araştırmacılara temel bilgi ve fikir kazanımı sağlamaktadır.

Ülkemizde sera gazı emisyonları açısından en yüksek değerlerin enerji sektöründen sonra tarımsal kaynaklı olduğu bilinmektedir. Tarım sektöründe kimyasal girdi kullanımlarındaki artışlar emisyon değerlerinde yükselişe sebep olmakta ve bu durum iklim değişikliği süreci de göz önüne alındığında ciddi riskler taşımaktadır. Toplam sera gazı emisyonu değerlerinin yaklaşık %13'ünün tarımsal kaynaklı olduğu düşünüldüğünde bağıcılık gibi yoğun girdi ve enerji kullanımının olduğu tarımsal faaliyetlerde yukarıda sözü edilen kontrollü uygulamaların yapılmasıyla ülkesel anlamda ekonomi ve çevre sağlığına katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması: EK (%50), OS (%30), PD (%20)

Veri Toplanması: EK (%30), OS (%20), PD (%20), NGS (%15), MA (%15)

Veri Analizi: EK (%50), OS (%30), PD (%20)

Makalenin Yazımı: EK (%40), OS (%30), PD (%15), NGS (%15)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu: EK (%60), OS (%30), PD (%10)

Teşekkür

Kurum imkanları ile yürütülen bu çalışma için Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- APA, 2023. Fator de emissão de gases de efeito de estufa para a eletricidade produzida em Portugal. Agência Portuguesa de Ambiente, Amadora, Portugal.
- Bartocci, P., Fantozzi, P., Fantozzi, F., 2017. Environmental impact of Sagrantino and Grechetto grapes cultivation for wine and vinegar production in central Italy. *Journal of Cleaner Production*, Volume 140, Part 2, 2017, 569-580. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.090>.
- Bosco, S., Di Bene, C., Galli, M., Remorini, D., Massai, R., Bonari, E., 2011. Greenhouse gas emissions in the agricultural phase of wine production in the Maremma rural district in Tuscany, Italy. *Italian Journal of Agronomy*, 2011, 6, 93-100.
- Buesa, I., Mirás-Avalos, J. M., De Paz, J. M., Visconti, F., Sanz, F., Yeves, A., Guerra, D., Intrigliolo, D. S., 2021. Soil management in semi-arid vineyards: Combined effects of organic mulching and no-tillage under different water regimes. *European Journal of Agronomy*, Volume 123, 2021, 126198, ISSN 1161-0301, <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126198>.
- Cengiz, A., Çakilli, H., Ateş, Ö., Taşpınar, K., Yalçın, G., Polat, M., Yücel, E., 2025. Effects of different tillage techniques on soil enzymes and organic carbon in semi-arid conditions. *Chemistry and Ecology*, <https://doi.org/10.1080/02757540.2025.2533274>.
- Cheng, K., Pan, G., Smith, P., Luo, T., Li, L., Zheng, J., Xuhui, Z., Han, X., Yan, M., 2011. Carbon footprint of China's crop production—An estimation using agro-statistics data over 1993–2007. *Agr Ecosyst Environ*, 142:231–237. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.05.012>
- Cheng, K., Yan, M., Nayak, D., Pan, G. X., Smith, P., Zheng, F., Zheng, J. W., 2015. Carbon footprint of crop production in China: an analysis of National Statistics data. *J Agric Sci*, 153:422–431. <https://doi.org/10.1017/S0021859614000665>.
- Cool Farm Alliance, 2023. Cool Farm Tool. Available from URL: <https://coolfarm.org/> (Erişim tarihi: 20 Eylül 2025).
- Çiçek, G., Sümer, S.K., 2016. Çeltik üretiminde alana bağlı olarak makina sayısındaki değişimin doğrusal denklemler yardımı ile incelenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31 (2016): 233-239.
- Da Silva, L. P., da Silva, J. C. G. E., 2022. Evaluation of the carbon footprint of the life cycle of wine production: a review. *Cleaner and Circular Bioeconomy* 2022, 2, 100021.
- Ghigliero, I., Simonetto, A., Facciano, L., Tonni, M., Donna, P., Valenti, L., Gilioli, G., 2023. Comparing the carbon footprint of conventional and organic vineyards in northern Italy. *Sustainability* 2023, 15, 5252. <https://doi.org/10.3390/su15065252>.
- Gierling, F., Blanke, M. 2021. Lower carbon footprint from grapevine cultivation on steep slopes compared with flat terrain? A case study. *Acta Hortic.* 1327, 703-706 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1327.93>
- Grosso, S. J. D., Parton, W. J., Adler, P. R., Davis, S. C., Keough, C., Marx, E., 2012. DayCent model simulations for estimating soil carbon dynamics and greenhouse gas fluxes from agricultural production systems. Book Chapter, Elsevier Inc., New York, 241-250. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-386897-8.00014-0>.
- Hefler, Y. T., Kissinger, M., 2023. Grape wine cultivation carbon footprint: embracing a life cycle approach across climatic zones. *Agriculture*, <https://doi.org/10.3390/agriculture13020303>.
- IPCC, 2006. Guidelines for national greenhouse gas inventories, Institute for Global Environmental Strategies (IGES). Hayama, Japan.
- IPCC, 2023. Emission factor database with minor processing by our world in data. Available from URL: <https://ourworldindata.org/grapher/carbon-dioxide-emissions-factor> (Erişim tarihi: 20 Eylül 2025).
- Laca, A., Gancedo, S., Laca, A., Díaz, M., 2021. Assessment of the environmental impacts associated with vineyards and winemaking. A case study in mountain areas. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 1204–1223. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10567-9>.
- Lal, R., 2004. Carbon emission from farm operations. *Environment International*, 30, 981-990. doi:10.1016/j.envint.2004.03.005.
- Lazcano, C., Gonzalez-Maldonado, N., Yao, E. H., Wong, C. T. F., Falcone, M., Peterson, J. D., Casassa, L. F., Malama, B., Decock, C., 2022. Assessing the short-term effects of no-till on crop yield, greenhouse gas emissions, and soil C and N pools in a cover-cropped, biodynamic Mediterranean vineyard. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, Volume 2022, Article ID 8100818, 12 pages. <https://doi.org/10.1155/2022/8100818>.
- Marras, S., Masia, S., Duce, P., Spano, D., Sirca, C., 2015. Carbon footprint assessment on a mature vineyard. *Agric Meteorol*, 214–215:350–356. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.08.270>.
- Nelson, G. C., Robertson, R., Msangi, S., Zhu, T., Liao, X., Jawajar, P., 2009. Greenhouse gas mitigation issues for Indian agriculture. *IPFRID Discussion Paper 00900*, 1–52.

- Neto, B., Dias, A. C., Machado, M., 2013. Life cycle assessment of the supply chain of a Portuguese wine: from viticulture to distribution. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18, 590-602 (2013), <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0518-4>.
- OECD&IEA, 2004. Energy statistics manual. France (URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2004/11/energy-statistics-manual_g1gh4bd8/9789264033986-en.pdf).
- OIV, 2017. International organization of vine and wine 2017: Methodological recommendations for accounting for GHG balance in the vitivinicultural sector. OIV Collective expertise.
- Point, E., Tyedmers, P., Naugler, C., 2012. Life cycle environmental impacts of wine production and consumption in Nova Scotia, Canada. *Journal of Cleaner Production*, Volume 27, 2012, 11-20. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.12.035>.
- Pözl, W., Rosner, F. G., 2023. Calculation of the CO₂ footprint using the example of Austrian wine. *Mitteilungen Klosterneuburg*, 73 (2023): 152-167.
- Soltekin, O., Altındişli, A., Işçi, B., 2021. İklim değişikliğinin Türkiye'de bağcılık üzerine etkileri. *Ege Univ. Ziraat Fak. Derg.*, 58 (3):457-467. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.882893>.
- Steenwerth, K. L., Strong, E. B., Greenhut, R. F., Williams, L., Kendall, A., 2015. Life cycle greenhouse gas, energy, and water assessment of wine grape production in California. *Int J Life Cycle Assess*, 20, 1243-1253. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0935-2>
- Süer, S., Keskin, N., 2023. Sürdürülebilir bağ ve şarap turizmi uygulamaları. *Bahçe* 52 (Özel Sayı 1): 258-268.
- Taylor's, 2018. Carbon footprint. Retrieved from URL: <https://www.taylor.pt/en/about/sustainable-practices/carbon-footprint> (September 29, 2025).
- Tomaz, A., Dôres, J., Martins, I., Catarino, A., Boteta, L., Santos, M., Patanita, M., Palma, P., 2025. Water and carbon footprints in irrigated vineyards: an on-farm assessment. *Irrig Sci* 43, 971-987. <https://doi.org/10.1007/s00271-024-00926-6>.
- Vázquez-Rowe, I., Rugani, B., Benetto, E., 2013. Tapping carbon footprint variations in the European wine sector. *Journal of Cleaner Production*, Volume 43, 146-155. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.036>.
- West, T.O., Marland, G., 2002. A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 91:217-232. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00233-X](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00233-X).
- Yalçın, M., Arslanoğlu, M. C., 2018. Traktörle arazide çalışmada yerinde yakıt tüketiminin ölçülebilirliği. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 14 (3): 189-192.
- Zoldoske, D. F., Norum, E. M., 1997. Final report. progress report on the lehman farms project: a case study in the conversion of an old vineyard from flood to surface drip (sdi) and subsurface drip (ssdi) irrigation. Center for Irrig. Tech., Pub. No:970702, Fresno, Calif: California State University.

