

Atf İçin: Şahin K, Külekçi M, 2022. Örtü Altı Domates Üretiminde Enerji Kullanımı ve Sera Gazı Emisyonunun Girdi Optimizasyonu Yaklaşımı ile Azaltılması: Antalya İli Örneği. İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(3): 1808 - 1819.

To Cite: Şahin K, Külekçi M, 2022. Reducing Energy Use and Greenhouse Gas Emissions in Greenhouse Tomato Production with Input Optimization Approach: The Case of Antalya Province Journal of the Institute of Science and Technology, 12(3): 1808 - 1819.

Örtü Altı Domates Üretiminde Enerji Kullanımı ve Sera Gazı Emisyonunun Girdi Optimizasyonu Yaklaşımı ile Azaltılması: Antalya İli Örneği

Kadir ŞAHİN^{1*}, Murat KÜLEKÇİ¹

ÖZET: Bu çalışmada Antalya ilinde örtü altı domates üretiminde enerji kullanımı ve sera gazı (GHG) emisyonunun belirlenmesi, kullanılacak girdilerin optimize edilmesiyle enerji tüketimi ve GHG emisyonunda azalma sağlanması amaçlanmaktadır. Çalışmada enerji girdi ve çıktı miktarlarıyla GHG emisyon miktarları, örtü altı domates yetiştiriciliğinde kullanılan girdi miktarlarının enerji eşdeğerlik katsayıları ve GHG emisyon katsayılarıyla çarpımı sonucu bulunmuştur. Girdilerin enerji eşdeğer miktarları ve GHG emisyon eşdeğer miktarları veri zarflama analizi yardımıyla analiz edilerek optimum kullanım miktarları ve işletmelerin üretim etkinlikleri belirlenmiştir. Araştırma sonucunda sağlanan verilere göre Antalya ilinde örtü altı domates yetiştiren işletmelerde Toplam teknik etkinlik 0.833, saf teknik etkinlik 0.975 ve ölçek etkinliği 0.853 olarak belirlenmiştir. İşletmelerin mevcut enerji girdisi 7 583.8MJ olarak hesaplanmıştır. İşletmelerde etkinliğin sağlanması ile diğer bir deyişle optimum girdi kullanımı ile enerji girdisinde %9.50 GHG emisyonunda ise %7.81 oranında azalma gerçekleştirilebileceği belirlenmiştir. Bu sonuca göre işletmelerde teknik etkinliğin sağlanması ile aynı çıktı miktarının; %56.66 daha az kimyasal gübre, %15.08 daha az yakıt, %10.34 daha az elektrik, %8.45 daha az çiftlik gübresi, %3.96 daha az kimyasal ilaç, % 2.72 daha az makine, % 2.63 daha az iş gücü ve %0.15 daha az sulama suyu enerjisi kullanılarak elde edilebileceği ve GHG emisyonunda %7.81 azalma gerçekleştirilebileceği belirlenmiştir. Girdi kullanımı konusunda çiftçi eğitimi başta olmak üzere, iş gücü verimliliğini artırıcı tedbirler, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının özendirilmesi ve sürdürülebilir tarım için girdi kaynaklarının verimli kullanımı vb. önerilerde bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: VZA, etkinlik, enerji kullanımı, sera gazı emisyonu, optimizasyon

Reducing Energy Use and Greenhouse Gas Emissions in Greenhouse Tomato Production with Input Optimization Approach: The Case of Antalya Province

ABSTRACT: In this study, it is aimed to determine the energy use and greenhouse gas emission in greenhouse tomato production in Antalya and to reduce energy consumption and greenhouse gas emissions by optimizing the inputs to be used. In the study, the amount of energy input and output and the amount of greenhouse gas emissions were found by multiplying the amount of inputs used in greenhouse tomato cultivation with the energy equivalence coefficients and greenhouse gas emission coefficients. The energy equivalent amounts of the inputs and the greenhouse gas emission equivalent amounts were analyzed with the help of data envelopment analysis and the optimum usage amounts and production efficiency of the enterprises were determined. According to the data obtained as a result of the research, the total technical efficiency was determined as 0.833, the pure technical efficiency was 0.975 and the scale efficiency was 0.853 in the enterprises growing greenhouse tomatoes in Antalya. The current energy input of the enterprises is calculated as 7 583.8MJ. It has been determined that a decrease of 9.50% in energy input and 7.81% in GHG emission can be achieved with the provision of efficiency in the enterprises, in other words, with the use of optimum inputs. According to this result, the same output amount as providing technical efficiency in enterprises; 56.66% less chemical fertilizer, 15.08% less fuel, 10.34% less electricity, 8.45% less farm manure, 3.96% less chemical pesticides, 2.72% less machinery. It has been determined that 2.63% less labor and 0.15% less irrigation water energy can be obtained and a 7.81% reduction in GHG emissions can be achieved. Measures to increase labor productivity, especially farmer training on the use of inputs, encouraging the use of renewable energy sources and efficient use of input sources for sustainable agriculture, etc. recommendations are made.

Keywords: DEA, efficiency, energy use, GHG emission, optimization

¹ Murat KÜLEKÇİ (Orcid ID: 0000-0002-7696-7109), ^{1*}Kadir ŞAHİN (Orcid ID: 0000-0001-6508-5576), Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Erzurum, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Kadir ŞAHİN, e-mail: kdrshn491@gmail.com

Bu çalışma Kadir ŞAHİN'in Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

GİRİŞ

Dünya nüfusunun her geçen gün artması, beraberinde tarımsal ürünlerin talebinde bir artış meydana getirmektedir. Bu artan talebi karşılamak için kullanılan tarımsal alanlar ve kaynaklar ise sınırlıdır. Artan talebi karşılamak için başvurulan yegâne yöntem yoğun girdi kullanımı ile birim alana düşen verimi artırarak talebin karşılanmasıdır (Gökırmaklı, 2018). Girdi yoğunluğunun artırılmasında kimyasal gübreler, kimyasal ilaçlar, mazot vb. gibi yenilenemeyen enerji kaynakları kullanılmaktadır. Özellikle fosil yakıt içerikli yenilenemeyen enerji kaynakları ise yapısı gereği ayırışmakta ve çevreye yayılmaktadır. Bunun sonucunda toprak, su ve hava kirlenmekte, çevreye sera gazları(GHG) yayılmaktadır. Bu yayılım sonucu sera gazlarının çevreye ve insan sağlığına (iklim değişikliği, hastalık ve zararlıların ortaya çıkması, türlerin yok oluşu gibi) olumsuz etkileri olmaktadır. Yani birim alana girdi enerjisi kullanımının artmasıyla çevre ve doğa kirlenmekte, toprak, su gibi beslenme açısından temel olan kaynaklara zarar verilmektedir (Gökırmaklı, 2018; Anonim, 2020).

Üretimdeki artışın, girdideki artışla birlikte sağlanacak verim artışıyla karşılanması düşüncesi, kaynakların israf edilmesinin yanı sıra çevre kirliliği ve insan sağlığını da olumsuz şekilde etkilemiştir. Dolayısıyla bugünkü teknolojiyle, üretim artışının sağlanması için kaçınılmaz olan girdi kullanımını engelleyemeyeceğimiz aşikârdır. Bu durumda kullanılan girdilerin optimumdan fazla kullanılmasını engellemek suretiyle aşırı girdi kullanımının sebep olduğu olumsuz etkileri azaltmak mümkün görülmektedir. Bu sayede verim artışı ve enerji kullanım etkinliği de sağlanmış olacaktır. İsfraf edilen girdi enerjisinin belirlenmesi ve azaltılması ile dolaylı olarak GHG emisyonu da azaltılmış olacaktır. Dünyada ve özellikle tarımda kullanılan kaynakların kıt olması sebebiyle mevcut üretimin en az girdi kullanımıyla yapılmasına dayanan etkinlik kavramı, girdi kullanımına bağlı olarak gelişen GHG emisyonunun da azaltılmasını sağlayacaktır (Anonim, 2021a).

Ana vatanı Güney Amerika olan domates bitkisi (*Solanum lycopersicum*) dünyada üretimi en fazla yapılan sebzelerden birisidir. Dünyadaki gıda talebinin karşılanmasında, açlık ve yoksulluğun önlenmesinde büyük öneme sahip domates bitkisi Türkiye’de de çokça üretilmekte, tüketilmekte ve ihraç edilmektedir. Bu üretimin sürdürülebilmesi için ise çevre ile uyum şarttır. Nitekim girdi kaynakları etkin kullanılmadığında israf edilen her bir birim girdi enerjisi küresel ısınma gibi dünyada canlılığı tehdit eden önemli bir sorunu, yaymış olduğu sera gazları sebebiyle beslemektedir. Kaynakların etkin kullanımında ise GHG salımı görece azaltılabilmekte ve insan-çevre ilişkisine katkıda bulunmaktadır (Anonim, 2021b).

Bu çalışmada örtü altı domates yetiştiren tarım işletmelerinin enerji kullanım etkinliği, girdi enerji miktarları ve GHG emisyonu miktarlarının tespiti, bununla birlikte girdi kullanım miktarlarının optimize edilerek enerji kullanımı ve GHG emisyonu miktarında sağlanacak azalmanın belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Bu çalışmada kullanılan veriler Antalya ili Gazipaşa, Alanya, Serik, Kumluca ve Aksu ilçelerinde yer alan serada yetiştiricilik yapan işletmelerden yüz yüze yapılan görüşmeler sonucunda doldurulan anket formlarından elde edilmiştir. Bunun yanında Tarım ve Orman bakanlığı, FAO, TÜİK ve DSİ gibi kurumların yayınlarından ve çeşitli araştırmacılar tarafından konu ile ilgili yapılmış çalışmalardan yararlanılmıştır.

Metot

Çalışmada incelenen işletmelerin belirlenmesinde örtü altı domates yetiştiriciliğinin yoğun olarak gerçekleştirildiği Gazipaşa, Alanya, Serik, Kumluca ve Aksu ilçelerinde bulunan 30 köy gayeli olarak seçilmiştir. Bu köylerde bulunan örtü altı domates yetiştiriciliği yapan toplam 2 198 işletmenin

0.5 dekarın altında domates üreten işletmeler ihmal edilerek belirlenen 2 129 işletme, çalışmanın popülasyonu oluşturmaktadır. Anket yapılacak işletme sayısı %90 güven aralığında ve %5 hata payı ile basit tesadüfî (sınırlandırılmamış) örnekleme yöntemine göre Eşitlik 1’de (Güneş ve Arıkan, 1988),

$$n = \frac{N \cdot S^2}{(N-1)S_x^2 + S^2} = \frac{2129 \cdot 1.93}{2128 \left(\frac{4.27 \cdot 0.05}{1.65} \right)^2 + 1.93} = 109 \quad (1)$$

109 olarak bulunmuştur. Bulunan örneklem sayısı %10 artırılarak anket yapılacak işletme sayısı 120 olarak belirlenmiştir. Çalışmada 120 işletme ile anket yapılarak veriler elde edilmiştir. Eşitlik 1’de;

n= Gerekli örnek büyüklüğü

N= Popülasyonda yer alan işletme sayısı

S= Örtü altı domates yetiştiren popülasyonda yer alan işletmelerin sahip oldukları sera genişliğinin standart sapması

Sx= Örnek ortalamasının standart sapması (d/z)

d= Örnek büyüklüğünde müsaade edilen hata (%5)

z= z tablo değerini göstermektedir.

Enerji ve GHG emisyonu değerlerinin hesaplanması

Domates üretiminde kullanılan girdi ve elde edilen çıktıların enerji eşdeğerliği ve GHG emisyonunun hesaplanması için kullanılan katsayılar Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Tarımsal üretimde girdi ve çıktıların enerji eşdeğerleri ve GHG emisyonu katsayıları

Girdiler	Birim	Enerji Eşdeğerleri (MJ)	GHG Emisyon Katsayıları*	Kaynaklar
İnsan iş gücü	saat	2.30	0.360	(Singh ve ark., 2002; Houshyar ve ark., 2015*)
Makine	saat/MJ*	62.70	0.071	(Singh ve ark., 2002; Khoshnevisan ve ark., 2013*)
Kimyasal gübreler	kg			
Azot (N)	kg	66.14	1.300	(Shrestha, 1998; Lal, 2004*)
Fosfor (P ₂ O ₅)	kg	12.44	0.200	(Shrestha, 1998; Lal, 2004*)
Potasyum (K ₂ O)	kg	11.15	0.200	(Shrestha, 1998; Lal, 2004*)
Çiftlik gübresi	ton	303.10	0.005	(Yaldız ve ark., 1993; Mohammadi ve ark., 2014*)
Kimyasal ilaçlar	kg			
Pestisitler	kg	199.00	5.100	(Özkan ve ark., 2004a; Lal, 2004*)
Fungusitler	kg	92.00	3.900	(Özkan ve ark., 2004a; Graefe ve ark., 2013*)
Herbisitler	kg	238.00	6.300	(Özkan ve ark., 2004a; Graefe ve ark., 2013*)
Tohum	kg/MJ*	1.00	0.270	(Singh, 2002; Houshyar ve ark., 2015*)
Yakıt (mazot)	l	56.31	2.760	(Singh, 2002; Dyer ve Desjardins, 2006*)
Sulama suyu	m ³	0.63	0.170	(Yaldız ve ark., 1993; Houshyar ve ark., 2015*)
Elektrik	kwh	3.60	0.608	(Rezvani ve ark., 2011; Lal, 2004*)

*GHG Emisyon katsayıları için geçerli birim ve kaynakları göstermektedir. (CO₂-eş: Sera gazlarının, en fazla salınan sera gazı olan CO₂ gazının eşdeğeri olarak ifade edilmesidir.

Veri zarflama analizi

Veri Zarflama Analizi (VZA), parametrik olmayan ölçüm yöntemi ile birden çok karar verme biriminin (KVB) görelî etkinliğini ve bunların optimizasyonuna yönelik değerleri verebilen bir sınır tahmini tekniğidir (Hosseinzadeh-Bandbafha ve ark., 2017).

Veri zarflama analizi bir organizasyonda çeşitli KVB’lerin görelî etkinliğini değerlendirmek için kullanılan doğrusal bir programlama yöntemidir. VZA herhangi bir parametrik varsayım olmadan birden fazla girdi ve çıktının aynı anda değerlendirilmesine izin verir. Tüm analizlerde etkinlik değerleri, girdi ve çıktılarının bir etkileşimi olarak ortaya çıkmaktadır (Ji ve Lee, 2010).

Buna göre mevcut araştırma çalışmasında incelenecek olan etkinlik türleri, etkinlik skorları ve optimum değerlerin belirlenmesi için kullanılan model ve denklemler teknik etkinlik, saf teknik etkinlik ve ölççek etkinliği olarak aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

Teknik etkinlik, ilgili KVB'nin mevcut durumdaki teknoloji ile uygulanan girdi bileşiminden en fazla ürünü üretme yeteneğini ifade etmektedir. VZA'nın en önemli işlevlerinden birisi olan çoklu çıktı ve girdi bileşenlerinin olması durumunda etkinlik ölçümü, teknik etkinlik skoru olarak Eşitlik 2'ye göre hesaplanabilmektedir (Cooper ve ark., 2004). Teknik etkinlik skoru (θ):

$$\theta = \frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + u_3 y_{3j} + \dots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + v_3 x_{3j} + \dots + v_m x_{mj}} = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \quad (2)$$

Eşitlik 2'de:

m karşılaştırılan KVB sayısını,

s elde edilen çıktılarının sayısını,

m kullanılan girdilerin sayısını,

ur (r=1,2,3,...s) karşılaştırılan her bir çıktının ağırlıklandırılması,

vi (i=1,2,3,...m) mukayese edilen her bir girdinin ağırlıklandırılması,

Y_{rj} ve X_{ij} karar birimleri için sırasıyla girdi ve çıktıların değerini temsil etmektedir.

Saf teknik etkinlik, ölçeğe göre sabit getiri varsayımına uyan CCR modele eklenen bir kısıtlama ile elde edilir. Saf teknik etkinliğin elde edilmesi için CCR modele eklenen kısıt ile Banker, Charnes, Cooper (BCC) model ortaya çıkmıştır (Banker ve ark., 1984). BCC modeli en son ele alınan, CCR'nin çift yönlü doğrusal programlama modeli olarak bahsedilen model λ ($\lambda=1$) üzerinde bir sınırlandırma eklenerek sağlanmaktadır. Elde edilen yeni modelin farkı girdilerdeki 1 birimlik değişimin çıktılarda farklı oranlarda değişim yarattığını varsaymasıdır.

Ölçek etkinliği ise verimlilik ortalamasını mümkün olan en fazla değere ulaştırma amacıyla faaliyet gösteren KVB'lerin en etkin ölçekleriyle ilgilidir. Teknik etkinlik skorunun saf teknik etkinlik skoruna oranlanmasıyla elde edilen ölçek etkinliği,

Ölçek Etkinliği = Teknik Etkinlik / Saf Teknik Etkinlik şeklinde hesap edilmektedir.

Ölçeğe göre sabit getiri ve ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında, girdi odaklı olarak hesap edilen değerler ve enerji girdisinin optimizasyonu aşağıda incelenmektedir. Tarımda maliyet minimizasyonu prensibi ve kıt kaynakların optimum kullanımları gereği modeller girdi odaklı olarak kurulmuştur.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Enerji etkinliklerinin hesaplanması için kullanılan girdilere ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2'ye göre kullanılan girdilerin dekara ortalama değerleri iş gücü 202.35 saat, makine kullanımı 7.17 saat, kimyasal gübreler dekara ortalama 75.96 kg olarak belirlenmiş olup azot, fosfor ve potasyum kullanımı sırasıyla 35.98 kg, 24.90 kg ve 15.08 kg olarak belirlenmiştir. Çiftlik gübresi kullanımı dekara ortalama 2.74 ton iken kimyasal ilaçlar 1.22 litre olarak belirlenmiştir. Kimyasal ilaçlar içerisinde fungusit ve herbisit 0.41 kg insektisit ise 0.39 kg olarak tespit edilmiştir. Yakıt girdisi ortalaması dekara 34.61 litre, sulama suyu girdisi ise ortalama 67.15 m³'tür. Elektrik girdisi dekara ortalama 206.90 kwh olarak belirlenmiştir. İncelenen işletmelerin toplam teknik, saf teknik ve ölçek etkinlikleri Çizelge 3'te gösterilmektedir.

Örtü Altı Domates Üretiminde Enerji Kullanımı ve Sera Gazı Emisyonunun Girdi Optimizasyonu Yaklaşımı ile Azaltılması: Antalya İli Örneği

Çizelge 2. Enerji girdi ve çıktılarının dekara ortalama kullanım değerleri ve genel istatistikleri

Unsur	Birim	Ortalama	Standart Sapma	En düşük değer	En yüksek değer
Domates alanı	da	4.76	2.53	0.50	12.00
Domates verimi	kg	10 576.98	1 609.12	7 650.00	14 500.00
İnsan iş gücü	saat	202.35	19.11	127.00	278.00
Makine	saat	7.17	1.03	4.50	11.00
Kimyasal gübreler	kg	75.96	22.37	0.00	155.30
Azot (N)	kg	35.98	13.16	0.00	79.50
Fosfor (P ₂ O ₅)	kg	24.90	7.11	0.00	45.00
Potasyum (K ₂ O)	kg	15.08	4.97	0.00	30.80
Çiftlik gübresi	t	2.74	0.81	0.00	4.50
Kimyasal ilaçlar	kg	1.22	0.46	0.00	2.30
İnsektisit	kg	0.40	0.16	0.00	0.80
Fungusit	kg	0.41	0.15	0.00	0.80
Herbisit	kg	0.41	0.15	0.00	0.80
Fide	kg	0.82	0.05	0.60	1.20
Yakıt (Mazot)	l	34.61	6.08	24.00	90.00
Sulama suyu	m ³	67.15	14.57	55.00	128.00
Elektrik	kwh	206.90	41.64	140.00	350.00
Girdi Enerjisi	MJ	7 583.80	1 130.75	4 594.50	11 251.10

Çizelge 3. Etkinlik türlerinin tanımlayıcı istatistikleri

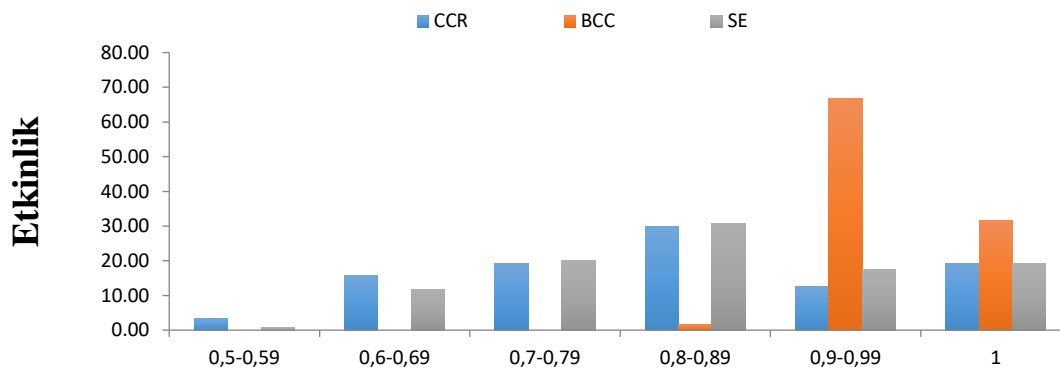
Model	Ortalama	Standart Sapma	En Küçük Değer	En Büyük Değer
CCR	0.833	0.125	0.541	1.000
BCC	0.975	0.026	0.883	1.000
SE	0.853	0.116	0.554	1.000

İncelenen işletmelerde ölçüğe sabit getiri altında hesaplanan toplam teknik etkinlik skoru ortalama olarak 0.833 olup işletmelerin %16.66 oranında etkinliklerini artırabileceklerini ifade etmektedir. Bu değer yanısıra ölçülen en küçük ve en büyük toplam teknik etkinlik değeri sırasıyla 0.541 ve 1.000 olması işletmelerin saf teknik etkinliklerinin iyileştirilmesi konusunda büyük potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Ölçüğe değişir getiri altında ölçülen saf teknik etkinliğin ise ortalama olarak 0.975 değerine sahiptir. Bu değer işletmelerin %2.50 oranında saf teknik etkinliklerini iyileştirebilecekleri anlamına gelmektedir.

Ölçek etkinliği, işletmelerin ölçek büyüklüğü bakımından sağladığı etkinliği ölçmektedir. Mevcut çalışmada ölçek etkinliği incelenen işletmelerin ortalama 0.853 olarak belirlenen ölçek etkinlikleri, incelenen işletmelerin %14.70 oranında ölçek ayarlaması yaparak etkinliklerini iyileştirebilecekleri anlamını taşımaktadır.

İşletmelerin etkinlik skorlarına göre dağılımları Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Teknik, saf teknik ve ölçek etkinliklerinin aralıklara göre yüzdesel dağılımı (%)

Tokat ilinde domates üretimi üzerine yapılmış bir çalışmada ölçek etkinliği, teknik etkinlik ve saf teknik etkinlik değerleri sırasıyla 0.78, 0.71 ve 0.91 olarak bulunmuştur (Külekcı ve Sarı, 2020).

İran Shahreza kentinde örtü altı domates üreticiliğinde TE, STE ve ÖE değerleri sırasıyla 0.79, 0.89 ve 0.88 olarak bulunmuştur (Abdi ve ark., 2019).

Enerji girdisinin belirlenmesi ve optimize edilmesi

İşletmelerde kullanılan girdi miktarlarına göre, enerji eşdeğerliği katsayıları yardımıyla hesaplanan enerji girdi miktarları ve optimum enerji girdileri Çizelge 4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4'e göre kullanılan mevcut enerji girdileri içerisinde en yüksek pay %37.68 ile kimyasal gübrelere aitken bunu sırasıyla %25.70 ile mazot, %10.96 ile çiftlik gübresi, %9.83 ile elektrik, %6.27 ile makine, %6.14 ile işgücü ve %2.85 ile kimyasal ilaçlar izlemektedir. Tohum ve sulama suyu sırasıyla %0.56 ve %0.01 ile oldukça düşük paya sahiptirler.

Antalya'da yapılmış bir çalışmada domates üretiminin enerji kullanım değerlendirilmiş ve kullanılan girdi enerjisi içerisinde en yüksek paya sahip girdiler %34.35 ile mazot, %27.59 ile gübre, %16.01 ile elektrik ve %10.19 ile kimyasal ilaçlar olarak belirlenmiştir (Hatırlı ve ark., 2006).

İran'da örtü altı domates yetiştiriciliğinde ise kullanılan girdi enerjisi içerisinde en yüksek payların %40.34 ile dizel yakıt, %30.02 ile elektrik, %12.26 ile kimyasal gübre ve %9.76 ile insan iş gücü girdilerine ait olduğu belirlenmiştir (Taki ve ark., 2012).

Enerji eşdeğerleri katsayıları yardımıyla hesaplanan toplam enerji girdisi ve enerji çıktısı (domates) ise dekar başına 7 583.81 MJ ve 8 461.58 MJ olarak hesaplanmıştır.

Tokat ilinde yapılan bir çalışmada açıkta domates üretiminde enerji girdisi dekara 4 435.04 MJ ve çıktı enerjisi dekara 5 458.88 MJ olarak bulunmuştur (Külekcı ve Sarı, 2020). Başka bir çalışmada ise domates üretiminin organik ve geleneksel tarım koşullarında girdi enerjisi sırasıyla 8 879.20 MJ ve 9 847.20 MJ olarak, çıktı enerjisi ise sırasıyla 2 893.60 MJ ve 5 971.00 MJ olarak bulunmuştur (Sağlam ve Çetin 2018).

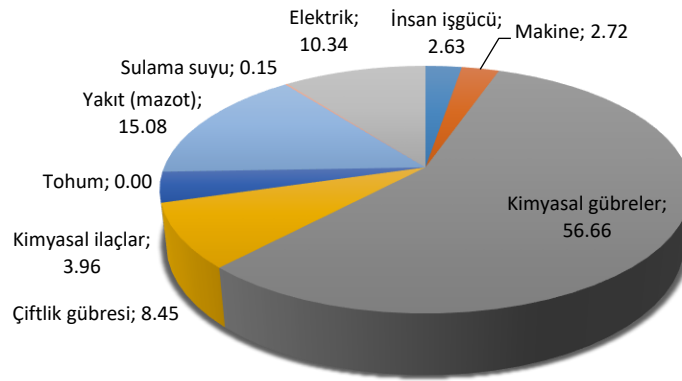
İran'da yapılan örtü altı domates yetiştiriciliğinde enerji girdisi 11 676.84 MJ. Enerji çıktısı 10 800.00 MJ olarak bulunmuştur (Taki ve ark., 2012).

Çizelge 4. İşletmelerde kullanılan ve optimum enerji girdileri

Girdiler/Çıktı	Birim	Kullanılan Miktar	Enerji Eşdeğeri (MJ)	Mevcut Enerji Girdisi (MJ da ⁻¹)	Payı (%)	Optimum Enerji Girdisi (MJ da ⁻¹)	Değişim (%)
İnsan iş gücü	saat	202.36	2.30	465.42	6.14	446.46	-4.07
Makine	saat	7.59	62.70	475.78	6.27	456.17	-4.11
Kimyasal gübreler	kg	75.96		2 857.73	37.68	2 449.37	-14.28
Azot (N)	kg	35.98	66.14	2 379.80	31.38	2 023.92	-14.95
Fosfor (P ₂ O ₅)	kg	24.90	12.44	309.77	4.08	279.57	-9.74
Potasyum (K ₂ O)	kg	15.08	11.15	168.16	2.22	145.87	-13.25
Çiftlik gübresi	ton	2.74	303.10	831.50	10.96	770.57	-7.32
Kimyasal ilaçlar	kg	1.22	-	216.25	2.85	187.70	-13.20
Pestisitler	kg	0.40	199.00	78.67	1.04	68.23	-13.27
Fungusit	kg	0.41	92.00	38.36	0.51	33.30	-13.16
Herbisitler	kg	0.41	238.00	99.23	1.30	86.16	-13.16
Tohum	kg	0.82	1.00	0.82	0.01	0.80	-2.37
Yakıt (mazot)	l	34.61	56.31	1 948.80	25.70	1 840.12	-5.57
Sulama suyu	m ³	67.16	0.63	42.31	0.56	41.22	-2.57
Elektrik	kwh	206.90	3.60	745.20	9.83	670.65	-10.00
Girdi (Toplam)	MJ	-	-	7 583.81	100.00	6 863.10	-9.50
Çıktı (Domates)	kg	10 576.98	0.80	8 461.58	-	8 461.58	0.00

Mevcut kullanılan ve optimum girdi enerjileri arasındaki değişim oranı en fazla olan girdi %14.95 azalmayla azot enerjisi olarak belirlenmiştir. Azot enerjisini %13.27 ile pestisitler, %13.25 ile potasyum girdisi oluşturmaktadır. En az değişim %2.37 ile tohum ve %2.57 ile sulama suyu olarak belirlenmiştir.

Girdilerin optimum kullanımı ile diğer bir deyişle işletmelerde teknik etkinliğin sağlanması ile elde edilebilecek 720.71 MJ enerjinin girdilere dağılımı Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Tasarruf edilen enerjinin elde edilen girdilere dağılımı (%)

Optimizasyon ile girdi enerjisinde yapılabilecek tasarruf oranları içerisindeki en büyük payı, %56.66 ile kimyasal gübreler alırken, bunu sırasıyla %15.08 ile yakıt, %10.34 ile elektrik, %8.45 ile çiftlik gübresi enerjisi takip etmektedir. Kimyasal ilaçlar, makine, iş gücü enerjisinden yapılabilecek tasarruf oranları ise sırasıyla %3.96, %2.72 ve 2.63 oranlarında olduğu hesaplanmıştır. Sulama suyu ve tohum enerjisi kullanımında yapılabilecek tasarruf oranları oldukça küçük olup bu girdiler mevcut kullanımda en etkin enerji girdileri olarak belirlenmiştir.

Küleççi (2014) antep fıstığı üretiminde, çıktı miktarında bir değişiklik olmaksızın girdi miktarında yaklaşık %20 oranında bir tasarruf yapılabileceğini belirtmiştir. Bu tasarruf içerisinde en büyük pay %33.55 ile iş gücü girdisine aitken onu sırasıyla %31.08 ile gübre ve ilaç, %29.23 ile yakıt enerjisi takip etmiştir.

Etkin ve etkin olmayan işletmelerin karşılaştırılması

Bir dekar alanda domates üretmek için kullanılan girdilerin etkinsizliğe etkilerinin belirlenmesi, kaynakların israf edilmeden kullanılması amacıyla alınacak önlemlerin belirlenmesi açısından önemlidir. Bu amaçla incelenen işletmelerin girdi enerjisi etkinliğinin belirlenmesi amacıyla yapılan analiz sonucunda saf teknik etkinlik altında etkin olan işletmelerin girdi kullanımları ile etkinsiz olarak belirlenen işletmelerin girdi kullanımları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaya ait istatistik veriler Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Etkin ve etkinsiz işletmelerin enerji girdilerinin karşılaştırılması

Girdi enerjileri	Etkin İşletmeler (A)	Etkin olmayan işletmeler (B)	Fark (%) (100*(B-A)/A)
İş gücü	462.37	467.68	1.15
Makine	471.37	479.03	1.62
Kimyasal gübre	2 588.61	3 056.64	18.08
Azot (N)	2 161.22	2 541.36	17.59
Fosfor (P ₂ O ₅)	277.91	333.31	19.93
Potasyum (K ₂ O)	149.48	181.97	21.74
Çiftlik gübresi	753.29	889.31	18.06
Kimyasal ilaç	193.42	233.13	20.53
İnsektisit	69.77	85.25	22.20
Fungusit	34.47	41.23	19.59
Herbisit	89.18	106.65	19.59
Fide	0.81	0.83	1.65
Yakıt (Mazot)	1 885.83	1 995.33	5.81
Sulama	42.53	42.15	-0.91
Elektrik	675.88	796.43	17.84
Verim	8 614.60	8 348.48	-3.09

Etkin olmayan işletmelerin etkin işletmelere göre girdi kullanımlarının karşılaştırıldığı Çizelge 5'e göre etkin olmayan işletmeler etkin işletmelerden %20.53 daha fazla kimyasal ilaç, %18.08 daha fazla kimyasal gübre, %18.06 daha fazla çiftlik gübresi, %17.84 daha fazla elektrik ve %5.81 oranında daha fazla mazot kullanmaktadırlar. Bununla birlikte iş gücü, makine, fide alanlarında aradaki fark

%2'yi bulmamaktadır. Sulama enerjisinde ise etkin olmayan işletmeler etkin olan işletmelerden diğer girdilerin aksine daha az yararlanmışlardır. Bu durumun nedeni etkin olmayan işletmelerin maddi kaynak yetersizliği sebebiyle daha az oranda sulama yapması olarak değerlendirilmiştir. İki grubun verim değerleri kıyaslandığında etkin olmayan işletmelerin dekara domates verimleri etkin işletmelerin dekara domates verimlerinden %3.09 oranında daha azdır. Etkinlik skorlarının arasındaki yüzdesel fark ise etkin işletmelere göre etkinsiz işletmelerin %3.65 oranında etkinsiz olduğunu ortaya koymaktadır.

GHG emisyonu

Girdi kullanımına bağlı GHG emisyonu miktarı, dekara girdi kullanımı ve bu girdilere ait GHG emisyonu katsayıları yardımıyla hesaplanarak Çizelge 6'da gösterilmiştir. Dekar başına girdi kullanımları birimsel olarak hesap edilmiş ve GHG emisyonu katsayıları ile çarpılarak girdi kalemlerine göre ve toplam GHG emisyonları içerisindeki payları hesaplanmıştır.

Çizelge 6. Domates üretiminde kaynaklarına göre GHG emisyonları

Emisyon kaynakları	Birim	Kullanım Miktarı	GHG Emisyonu Katsayıları (kg CO ₂ -eş birim ⁻¹)	GHG Emisyonu Miktarı (kg CO ₂ -eş da ⁻¹)	Pay (%)
İnsan iş gücü	saat	202.36	0.36	72.85	18.18
Makine	MJ	475.78	0.07	33.78	8.43
Kimyasal gübreler	kg	75.96	-	54.78	13.97
Azot (N)	kg	35.98	1.30	46.78	11.67
Fosfor (P ₂ O ₅)	kg	24.90	0.20	4.98	1.24
Potasyum (K ₂ O)	kg	15.08	0.20	3.02	0.75
Çiftlik gübresi	ton	2.74	0.01	0.01	0.00
Kimyasal ilaçlar	kg	1.22	-	6.28	1.57
Pestisitler	kg	0.40	5.10	2.02	0.50
Fungusit	kg	0.41	3.90	1.63	0.41
Herbisitler	kg	0.41	6.30	2.63	0.66
Tohum	MJ	0.82	0.27	0.22	0.06
Yakıt (Mazot)	l	34.61	2.76	95.52	23.84
Sulama suyu	m ³	67.16	0.17	11.42	2.85
Elektrik	kwh	207.00	0.61	125.86	31.41
Girdi (Toplam)	-	-	-	400.70	100.00

Domates üretimi için kullanılan girdilerin bir sonucu olarak doğaya salınan GHG emisyonlarının %31.41'ini elektrik, %23.84'ünü yakıt (mazot), %18.18'ini insan iş gücü, %13.97'sini kimyasal gübre, %8.43'ünü makine, %2.85'ini sulama suyu ve %1.57'sini kimyasal ilaçlar oluşturmaktadır.

Bir da alanda domates üretmek için çevreye salınan GHG emisyonu içerisinde payı %0.07'den daha az olan çiftlik gübresi ve tohum en az GHG emisyonuna neden olan girdi kalemleri olarak belirlenmiştir. İşletme ortalaması temel alındığında işletme başına GHG emisyonu dekara 400.70 kg CO₂-eş olarak bulunmuştur. İncelenen işletmelerde bir kilogram domates üretimi için atmosfere salınan GHG miktarı ise ortalama 0.0192 kg CO₂-eş olarak belirlenmiştir.

İran'ın Kermaşah, Esfahan, Tahran ve Batı Azerbaycan bölgelerinde örtü altı ve açık tarlada domates üretiminin GHG emisyonları dekara 499.47 kg CO₂-eş, 433.27 kg CO₂-eş, 1 366.14 kg CO₂-eş ve 127.40 kg CO₂-eş olarak hesap edilmiştir (Shamsabadi ve ark., 2017).

Domates üretiminde teknik etkinliğin sağlanması ve girdi kullanımının optimize edilmesi sonucu doğaya salınan GHG emisyonunun hesaplanan miktar ve oranları Çizelge 7'de verilmiştir. Optimizasyon çalışması sonrası belirlenen girdi miktarı ve dağılımı sonucu hesap edilen GHG emisyonunun %30.66'sını elektrik, %24.41'ini yakıt (mazot), %18.92'sini insan iş gücü, %8.77'sini makine, %3.01'ini sulama suyu ve %1.47'sini kimyasal ilaçlar oluşturmaktayken toplam %0.70'ten daha az paya sahip çiftlik gübresi ve tohum mevcut girdi durumunda olduğu gibi yine en az GHG emisyonuna sebep olan girdilerdir. Çevreye zararlı olan GHG emisyonlarını yaymayan çiftlik gübresinin CO₂-eş katsayısı da oldukça düşüktür.

Örtü Altı Domates Üretiminde Enerji Kullanımı ve Sera Gazı Emisyonunun Girdi Optimizasyonu Yaklaşımı ile Azaltılması: Antalya İli Örneği

Çizelge 7. Domates üretiminde girdi optimizasyonunun GHG emisyonuna etkisi

Emisyon kaynakları	Birim	Optimum Miktar	GHG Emisyonu	Optimum GHG	Pay (%)
			Katsayıları (kg CO ₂ -eş birim ⁻¹)	Emisyonu (kg CO ₂ -eş da ⁻¹)	
İnsan iş gücü	saat	194.12	0.36	69.88	18.92
Makine	MJ	456.18	0.07	32.39	8.77
Kimyasal gübreler	kg	66.16	-	46.89	12.70
Azot (N)	kg	30.60	1.30	39.78	10.77
Fosfor (P ₂ O ₅)	kg	22.47	0.20	4.49	1.22
Potasyum (K ₂ O)	kg	13.08	0.20	2.62	0.71
Çiftlik gübresi	ton	2.54	0.01	0.01	0.00
Kimyasal ilaçlar	kg	1.07	-	5.44	1.47
Pestisitler	kg	0.34	5.10	1.75	0.47
Fungusit	kg	0.36	3.90	1.41	0.38
Herbisitler	kg	0.36	6.30	2.28	0.62
Tohum	MJ	0.80	0.27	0.22	0.06
Yakıt (Mazot)	l	32.68	2.76	90.19	24.41
Sulama suyu	m ³	65.43	0.17	11.12	3.01
Elektrik	kwh	186.29	0.61	113.27	30.66
Toplam	-	-	-	369.42	100.00

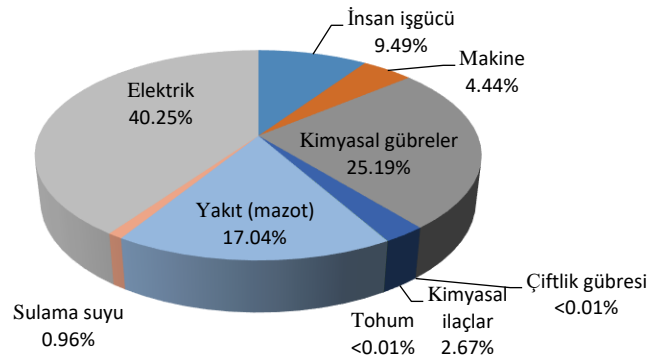
Etkinsiz işletmelerin etkinlik sınırına getirilmesi için gerekli optimizasyon çalışması sonucu GHG emisyonu miktarı dekara 400.70 kg CO₂-eş'ten 369.42 kg CO₂-eş'e kadar düşürülerek %7.81'lik bir tasarruf sağlanabileceğini göstermektedir. Veri zarflama analiziyle yapılan optimizasyon sonucu girdi kalemlerinin GHG emisyonu miktarlarında meydana gelen değişim Çizelge 8'de gösterilmiştir.

Çizelge 8. Optimizasyon ile GHG emisyonunda meydana gelen değişim

Emisyon kaynakları	Birim	Optimum Miktar	GHG Emisyonu	Optimum GHG	Pay (%)
			Katsayıları (kg CO ₂ -eş birim ⁻¹)	Emisyonu (kg CO ₂ -eş da ⁻¹)	
İnsan iş gücü	saat	194.12	0.36	69.88	18.92
Makine	MJ	456.18	0.07	32.39	8.77
Kimyasal gübreler	kg	66.16	-	46.89	12.70
Azot (N)	kg	30.60	1.30	39.78	10.77
Fosfor (P ₂ O ₅)	kg	22.47	0.20	4.49	1.22
Potasyum (K ₂ O)	kg	13.08	0.20	2.62	0.71
Çiftlik gübresi	ton	2.54	0.01	0.01	0.00
Kimyasal ilaçlar	kg	1.07	-	5.44	1.47
Pestisitler	kg	0.34	5.10	1.75	0.47
Fungusit	kg	0.36	3.90	1.41	0.38
Herbisitler	kg	0.36	6.30	2.28	0.62
Tohum	MJ	0.80	0.27	0.22	0.06
Yakıt (Mazot)	l	32.68	2.76	90.19	24.41
Sulama suyu	m ³	65.43	0.17	11.12	3.01
Elektrik	kwh	186.29	0.61	113.27	30.66
Toplam	-	-	-	369.42	100.00

Çizelge 8'e göre girdi kalemlerinin GHG emisyonları azalması kimyasal gübrelerde %14.38 (7.88 kg CO₂-eş da⁻¹), kimyasal ilaçlarda %13.19 (0.83 kg CO₂-eş da⁻¹), elektrikte %10.00 (12.59 kg CO₂-eş da⁻¹), çiftlik gübresinde %7.32 (0.00 kg CO₂-eş da⁻¹), yakıtta (mazot) %5.57 (5.33 kg CO₂-eş da⁻¹), makine kullanımında %4.11 (1.39 kg CO₂-eş da⁻¹), sulama suyunda %2.57 (2.97 kg CO₂-eş da⁻¹) ve tohumda %2.37 (0.00 kg CO₂-eş da⁻¹) oranında gerçekleşmiştir.

GHG emisyonlarında tasarruf edilen miktar içerisinde çeşitli girdilerin payları Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Optimizasyon ile GHG emisyonunda meydana gelen azalmanın girdilere dağılımı (%)

Şekil 3'e göre girdilerin optimum miktarda kullanılması ile aynı üretim miktarının kullanılan enerji girdilerine göre daha az GHG emisyonu yapılarak üretilmesinin mümkün olduğu görülmektedir. Buna göre GHG emisyonunda optimizasyonla azaltılabilecek emisyon oranları enerji girdilerine göre; elektrik %40.25, kimyasal gübreler %25.19, yakıt (mazot) %17.04, insan iş gücü %9.49, makine %4.44 ve kimyasal ilaçlar %2.67 daha az GHG emisyonu yapacağı belirlenmiştir. Azaltılabilecek GHG emisyonunun %0.98'inden daha azını oluşturan sulama suyu, tohum ve çiftlik gübresi azaltılabilecek GHG emisyonu içerisinde en az paya sahip girdiler olmuştur.

SONUÇ

Antalya ilinde örtü altı domates yetiştiren işletmelerde toplam teknik etkinlik 0.833, saf teknik etkinlik 0.975 ve ölçek etkinliği 0.853 olarak belirlenmiştir. İşletmelerin mevcut enerji girdisi 7 583.8MJ olarak hesaplanmıştır. İşletmelerde etkinliğin sağlanması ile diğer bir deyişle optimum girdi kullanımı ile enerji girdisinde %9.50 GHG emisyonunda ise %7.81 oranında azalma gerçekleştirilebileceği belirlenmiştir. Bu sonuca göre işletmelerde teknik etkinliğin sağlanması ile aynı çıktı miktarının; %56.66 daha az kimyasal gübre. %15.08 daha az yakıt. %10.34 daha az elektrik. %8.45 daha az çiftlik gübresi. %3.96 daha az kimyasal ilaç. % 2.72 daha az makine. % 2.63 daha az iş gücü ve %0.15 daha az sulama suyu enerjisi kullanılarak elde edilebileceği belirlenmiştir. Yine girdilerin optimum kullanımı ile GHG emisyonunda dekara 31.28 kg CO₂-eş azalma gerçekleşebileceği belirlenmiştir.

En etkinsiz kullanılan girdiler sırasıyla kimyasal gübre, kimyasal ilaç, elektrik, çiftlik gübresi ve yakıttır. Girdilerin kullanımındaki bu etkinsiz oran, çiftçinin girdi kullanımı hakkında yeteri kadar bilinçli olmadığını ortaya koymaktadır. İncelenen alanda zirai kimyasal kullanımında çevredeki üretim alanlarının tavsiyeleri ve zirai bayilerin reklamları sıklıkla dile getirilen unsurlar olmuştur. Kimyasal kullanımındaki bu bilinçsiz durumun yanı sıra aşırı kimyasal kullanımı üretimde negatif bir etkiye neden olmaktadır. Bu negatif etki aynı zamanda toprak, insan ve çevre sağlığına da yansımaktadır. Nitekim en etkinsiz kullanılan girdilerin başında kimyasal içerikli girdiler gelmektedir. Buna ek olarak üreticilerin eğitim durumları ile etkinlik skorları arasında bir korelasyon saptanmıştır.

Örtü altı domates yetiştiren işletmelerde bir da alanda salınan GHG emisyonu içerisinde elektrik, yakıt, insan iş gücü ve kimyasal gübre en fazla paya sahip girdilerdir. Bu sorunların azaltılması için çiftçi eğitimi ve bilinç oluşturma konusunda:

- Çevre ve toprak sağlığı açısından özellikle yenilenemeyen enerji kaynaklarının neden olduğu etkiler, küresel ısınma, GHG ve çevre ile uyumlu sürdürülebilir tarım konularında çiftçilerin bilinçlendirilmesi,
- Kimyasal gübre, toprak analizi ve ilaç kullanımı konularında çiftçilerin bilinçlendirilmesi,
- İşletmelerin hangi girdiyi ne oranda kullanmasıyla ne düzeyde enerji kullanımı ve GHG emisyonuna neden olunacağına dair istatistikî verilerin çiftçiye aktararak bilinç oluşturulması,

• Toprak işleme ve bakım çalışmaları konusunda çiftçilerin bilinçlendirilmesini sağlamak amacıyla il-ilçe tarım müdürlüklerindeki görevli mühendislerce yayım ve eğitim programlarının düzenlenmesi önerilmektedir.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Abdı R, Takı M, Jalali A, 2019. Study on Energy Use Pattern, Optimization of Energy Consumption and Co2 Emission For Greenhouse Tomato Production. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 7(1), 42–49.
- Anonim, 2020. Enerji, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Enerji> (Erişim Tarihi: 06.10.2021).
- Anonim, 2021a. Sera Gazları, https://tr.wikipedia.org/wiki/Sera_gazlar%C4%B1 (Erişim Tarihi: 13.09.2021).
- Anonim, 2021b. Domates, [https://tr.wikipedia.org/wiki/Domates#:~:text=Domates%20\(Solanum%20lycopersicum\)%2C%20patl%C4%B1cangiller,meyvesi%20yenebilen%20otsu%20bitki%20t%C3%BCr%C3%BC](https://tr.wikipedia.org/wiki/Domates#:~:text=Domates%20(Solanum%20lycopersicum)%2C%20patl%C4%B1cangiller,meyvesi%20yenebilen%20otsu%20bitki%20t%C3%BCr%C3%BC) (Erişim Tarihi: 17.11.2021).
- Banker RD, Charnes A, Cooper WW, 1984. Veri Zarflama Analizinde Teknik ve Ölçek Verimsizliklerini Tahmin Etmek İçin Bazı Modeller. *Yönetim Bilimi*, 30 (9), 1078-1092.
- Cooper WW, Seiford L, Thanassoulis E, Zanakis SH, 2004. DEA and Its Uses in Different Countries. *European Journal of Operational Research*, 154(2), 337-344.
- Dyer JA, Desjardins RL, 2006. Carbon Dioxide Emissions Associated With The Manufacturing of Tractors and Farm Machinery in Canada. *Biosystems Engineering*, 93(1), 107-118.
- Gökırmaklı Ç, Bayram M, 2018. Gıda İçin Gelecek Öngörüler: Yıl 2050. *Akademik Gıda*, 16(3), 351-360.
- Graefe S, Tapasco J, Gonzalez A, 2013. Kolombiya'da Yetiştirilen Sekiz Tropikal Meyve Türünün Kaynak Kullanımı ve Sera Gazı Emisyonları. *Meyveler*, 68 (4), 303-314.
- Güneş T, Arıkan R, 1988. Tarım Ekonomisi İstatistiği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 1049. Ders Kitapları No: 305, Ankara.
- Hatırlı S, Özkan B, Fert C, 2006. Energy Inputs and Crop Yield Relationship in Greenhouse Tomato Production. *Renewable Energy*. 31. 427-438. 10.1016/j.renene.2005.04.007.
- Hosseinzadeh-Bandbafha H, Safarzadeh D, Ahmadi E, Nabavi-Pelesarai A, Hosseinzadeh-Bandbafha E, 2017. Besi Çiftliklerinin Enerji Verimliliğinin ve Sera Gazı Emisyonlarının Azaltılmasının Değerlendirilmesinde Veri Zarflama Analizinin Uygulanması. *Enerji*, 120, 652-662.
- Houshyar E, Dalgaard T, Tarazkar MH, Jørgensen U, 2015. Energy Input for Tomato Production What Economy Says, and What Is Good for the Environment. *Journal of Cleaner Production*, 89, 99-109.
- Ji YB, Lee C, 2010. Veri Zarflama Analizi. *The Stata Journal*, 10 (2), 267-280.
- Khoshnevisan B, Rafiee S, Omid M, Mousazadeh H, 2013. Applying Data Envelopment Analysis Approach to Improve Energy Efficiency and Reduce GHG (Greenhouse Gas) Emission of Wheat Production. *Energy*, 58, 588-593.
- Külekcı M, 2014. Antepfıstığı Üretiminde Kâr Etkinliğinin Belirlenmesi; Veri Zarflama Analizi Uygulanması. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 31 (1), 94-103.
- Külekcı M, Sari MM, 2020. Reduction of The Greenhouse Gas Emission and Energy Optimization For Tomato Production. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29(7 A), 6168-6180.
- Lal R, 2004. Çiftlik Operasyonlarından Kaynaklanan Karbon Emisyonu. *Çevre Uluslararası*, 30 (7), 981-990.

- Mohammadi A, Rafiee S, Jafari A, Keyhani A, Mousavi-Avval SH, Nonhebel S, 2014. Energy Use Efficiency and Greenhouse Gas Emissions of Farming Systems in North Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 724-733.
- Ozkan B, Akcaoz H, Karadeniz F, 2004a. Energy Requirement and Economic Analysis of Citrus Production in Turkey. *Energy Conversion and Management*, 45(11-12), 1821-1830.
- Ozkan B, Kurklu A, Akcaoz H, 2004b. An Input–Output Energy Analysis in Greenhouse Vegetable Production: A Case Study For Antalya Region of Turkey. *Biomass and Bioenergy*, 26(1), 89-95.
- Rezvani Moghaddam P, Feizi H, Mondani F, 2011. Evaluation of tomato Production Systems in Terms of Energy Use Efficiency and Economical Analysis in Iran. *Notulae scientia biologicae*, 3(4), 58-65.
- Sağlam C, Çetin N, 2018. Organik ve Geleneksel Bahçe Tarımında Enerji Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi. *Research Gate*, 47. 84-90.
- Shamsabadi H, Abedi M, Ahmad D, Taheri-Rad A, 2017. Comparison of Energy Consumption and Greenhouse Gas Emission Footprint Caused By Agricultural Products in Greenhouses and Open Fields in Iran. *Energy Equipment and Systems*, 5(2), 157-163.
- Shrestha DS, 1998. Energy Use Efficiency Indicator for Agriculture.
- Singh H, Mishra D, Nahar NM, 2002. Kurak Bölgedeki Tipik Bir Köyün Üretim Tarımında Enerji Kullanım Modeli, Hindistan—bölüm I. *Enerji Dönüşümü ve Yönetimi*, 43 (16), 2275-2286.
- Singh JM, 2002. On Farm Energy Use Pattern in Different Cropping Systems in Haryana, India. Master of Science. Germany: International Institute of Management, University of Flensburg
- Taki M, Ajabshirchi Y, Mobtaker HG, Abdi R, 2012. Energy Consumption, Input–Output Relationship and Cost Analysis for Greenhouse Productions in Esfahan Province of Iran. *Journal of Experimental Agriculture International*, 485-501.
- Yaldiz O, Ozturk HH, Zeren Y, Bascetincelik A, 1993. Energy Usage in Production of Field Crops in Turkey. In 5th International Congress on Mechanisation and Energy Use in Agriculture. Turkey: Kusadasi (pp. 11-14).