

T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK PERSPEKTİFİNDEN TARIM ve
ENERJİ**

Esin ÖZÇELİK

HAZİRAN-2020

T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK PERSPEKTİFİNDEN TARIM ve
ENERJİ**

Esin ÖZÇELİK

TEZ DANIŞMANI:
Doç. Dr. Murat ÖZTÜRK

HAZİRAN-2020

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde bizzat elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada özgün olmayan tüm kaynaklara eksiksiz atıf yapıldığını, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ediyorum.

Esin ÖZÇELİK

ÖZET

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK PERSPEKTİFİNDEN TARIM ve ENERJİ

Özçelik, Esin

Yüksek Lisans, İktisat

Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Murat Öztürk

Haziran, 2020

Dünya nüfusunun gün geçtikçe artmasıyla gerek enerji kullanımı gerek insanların gıda ihtiyacında hızlı bir artış görülmüştür. Türkiye enerji gereksinimini ağırlıklı fosil yakıtlardan karşılamaktadır. Türkiye petrol ve doğal gaz ihtiyacını karşılamak için dışa bağımlıdır. Aynı zamanda çevreye zararı olan fosil yakıtların kullanılmasını azaltmaya yardımcı olan yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının artırılması hem çevresel hem ekonomik bakımdan oldukça önemlidir. Bunun yanında birçok sektörde olduğu gibi tarım sektöründe üretilen ürünün enerji maliyetinin azaltılması son derece önemlidir. Ürünün verimini ve kalitesini düşürmeden, kullanılan enerji miktarının azaltılması ve enerjinin etkin kullanılmasıyla toplam enerji maliyetinin azaltılmasının imkânları vardır.

Bu gerçeklikten hareketle, bu çalışma, artan enerji ve gıda gereksinimini sürdürülebilir perspektiften değerlendirmeyi amaçlamıştır. Çalışmada literatürün incelenmesi yanında bazı bilgilere kişilerle ve kurumlarla görüşülerek ulaşılmıştır.

Bu kapsamda öncelikle tarım, enerji ve sürdürülebilirlik ilişkisi, fosil ve yenilenebilir enerji kaynaklarının harcadığı enerji miktarı ve karbon salınımları incelenmiştir. Ardından Türkiye için seçilen birkaç teknikten hareketle olumsuz çevre etkisini, enerji miktarı ve maliyetini azaltarak üretimin gerçekleştirilmesine imkân veren alternatif teknik değerlendirme yapılmıştır. Sonuç olarak, tarım, yenilenebilir enerji ve sürdürülebilirlik ilişkisinin birbirini tamamlaması yönünde elde edilen ve edilebilecek önemli

potansiyel kazanımlar olduğu ileri sürölmüş ve bu amaca yönelik politika önerisinde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Tarım, Enerji, Sürdürülebilirlik, CO₂ Salınımı, İklim Değişikliği



ABSTRACT

AGRICULTURE AND ENERGY IN SUSTAINABILITY PERSPECTIVE

Ozcelik, Esin

Master of Arts, Economy

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Murat Ozturk

June, 2020

With the world population increasing day by day, a rapid increase has been observed in both the energy use and the food needs of the people. Turkey meets its energy needs from fossil fuel weight. Turkey is dependent on foreign oil and natural gas to meet its needs. At the same time, increasing the use of renewable energy sources, which helps to reduce the use of fossil fuels, which are harmful to the environment, is very important both environmentally and economically. In addition, as in many sectors, it is extremely important to reduce the energy cost of the product produced in the agricultural sector. There are possibilities to reduce the total energy cost by reducing the amount of energy used and efficient use of energy, without reducing the product's efficiency and quality.

Based on this reality, this study aimed to evaluate the increasing energy and food needs from a sustainable perspective. In addition to examining the literature, some information was obtained by discussing with individuals and institutions.

In this context, the relationship between agriculture, energy and sustainability, the amount of energy spent by fossil and renewable energy sources, and carbon emissions were examined. Than for selected a alternative few techniques examined in the side of negative environmental impact, allowing the realization of the amount of energy and reducing the cost of

production. As a result, it has been suggested that there are significant potential gains that can be achieved and complementary to the relationship between agriculture, renewable energy and sustainability, and a policy proposal has been made for this purpose.

Keywords: Agriculture, Energy, Sustainability, CO₂ Emission, Climate Change.



ÖNSÖZ

Bilgi ve birikimiyle tezime ve eğitim hayatıma katkısı olan, tez konumun belirlenmesinde yardımcı olan ve daha önemlisi yalnızca tezimde değil, hayatımda açabileceğim farklı pencereler olduğunu gösteren tez danışmanım Doç. Dr. Murat ÖZTÜRK'e, tez konumun belirlenmesinde yardımcı olan, tezime yapıcı eleştirilerde bulunan, hayatımın her alanında, birçok kararında bana yol gösteren Doç. Dr. Ali ARI'ya, tezimin son aşamalarında, yazma şeklimde önemli katkısı olan ve bu dönemde birçok konuda bana destek olan Doç. Dr. Şevki IŞIKLI'ya, kaynak ve bilgi aktarımında yardımlarını esirgemeyen Ziraat Yüksek Mühendisi Ozan ÖZTÜRK'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bana olan güvenlerini ve desteklerini daima üzerimde hissettiğim aileme sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

BEYAN.....	iii
ÖZET.....	v
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ.....	xiii
İÇİNDEKİLER	xv
KISALTMALAR	xvii
TABLOLAR	xxiii
GRAFİKLER	xxvii
ŞEKİLLER	xxix
RESİMLER	xxxi
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

TARIM, ENERJİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

1.1.1800'lere Kadar Tarım Sistemleri.....	6
1.2. Enerji	15
1.3. Sürdürülebilirlik ve Göstergeleri	31
1.4.Tarım Enerji Sürdürülebilirlik İlişkisi.....	45

2. BÖLÜM

TARIM ENERJİ İLİŞKİSİ MAKRO VERİLER

2.1.Tarımda Kullanılan Enerji Türleri ve Miktarları	56
2.2. Diğer Tarım Girdileri ve Enerji Tüketimi.....	65
2.3. Tarımda Sulama ve Enerji.....	66
2.3.1. Hayvan Dışısından Yakıt Üretimi	69
2.3.2. Rotasyon ve Organik İlaç.....	74
2.3.3. Damla Sulama	80

2.3.4. Sürümsüz Tarım	82
2.3.5. Güneş Enerjisiyle Sulama	85
2.4. Yöntem	89
2.5. Seçilen Tekniklerle Yapılan Analiz ve Değerlendirme	90
2.6. Seçilen Teknikler İçin Devlet Teşvikleri	96
SONUÇ	99
KAYNAKÇA	101



KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
BM	: Birleşmiş Milletler
cal	: kalori
CAN	: Kalsiyum Amonyum Nitrat
cm	: santimetre
cm²	: santimetre kare
CO₂	: karbondioksit
da	: dekar
DC	: Doğru Akım
DKM	: Doğa Koruma Merkezi
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
DSİ	: Devlet Su İşleri
DSW	: Almanya Dünya Nüfusu Vakfı
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
Gj	: Bir milyar (10 ⁹) Joule'ye eşittir.
gr	: Gram
GSYH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
Gt	: Milyar ton
Gw	: Gigawatt (1 milyar watt)
Gwh	: Gigawatt saat
ha	: Hektar
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı

IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
kcal	: kilokalori
kg	: kilogram
kJ	: kalorijoule (1 cal=4.184 joule)
km/h	: kilometre/saat
km³	: kilometre küp
KTO	: Konya Ticaret Odası
kw	: kilowatt
kwh	: kilowatt saat
kwp	: kilowatt fotovoltaik pil
L	: Litre
m/s	: metre/saniye
m²	: metre kare
m³	: metre küp
mj/kg	: Bir joule'nin binde biri/kilogram
mm	: milimetre
MÖ	: Milattan önce
MS	: Milattan sonra
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
MTEP	: Milyon ton eşdeğer petrol
Mton	: Metrik ton
mw	: Megawatt
NPK	: Azot-Fosfor-Potasyum
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
P₂O₅	: 100 kilo kompoze gübrede 20 kilo Azot, 20 kilo Fosfor
pj	: Bir katrilyon (10 ¹⁵) Joule'ye eşittir.

PK	: Alüminyum Kalsiyum Fosfat içeren gübre
ppm	: Milyonda bir anlamına gelen kütleli yoğunluk birimi
PV	: Fotovoltaik
SSP	: Süper fosfatlar
SKD	: İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği
TC	: Türkiye Cumhuriyeti
TDK	: Türk Dil Kurumu
TEP	: Ton eşdeğer petrol
TET	: Ton eşdeğer taşkömürü
TİGEM	: Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü
TL	: Türk Lirası
TREDAŞ	: Trakya Elektrik Dağıtım A.Ş.
TSP	: Üçlü süper fosfat
TUBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TUİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TÜREB	: Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği
UN	: Birleşmiş Milletler
UNSCD	: Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Komisyonu
USD	: Amerika Birleşik Devletleri Doları
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
watt	: Enerji dönüşümü oranını ölçen güç birimi
WEO	: Dünya Enerji Görünümü
WEF	: Dünya Ekonomik Forumu

TABLolar

Tablo 1.1: Geçmişten Günümüze Belirli Dönemlerde Kullanılan Tarım Teknikleri ve Özellikleri	8
Tablo 1.2: Hidrolik Tarım Sistemiyle Belli Dönemler Ekimi Yapılan Ürünler	12
Tablo 1.3: Enerji Üretim Türlerine Göre CO ₂ Emisyon Oranları	20
Tablo 1.4: 2015-2017 Yılında Dünya Genelinde Güneş Enerji Sistemlerinin Üretim Kapasitelerinin Karşılaştırması.....	22
Tablo 1.5: Farklı Kaynaklardan Elde Edilen Biyogaz Verimleri ile Biyogaz Metan Miktarı.....	28
Tablo 1.6: Sürdürülebilirlik İçin Atılan Uluslararası Adımlar.....	32
Tablo 1.7: UN Sürdürülebilirlik Çevresel Göstergeleri	37
Tablo 1.8: UN Sürdürülebilirlik Sosyal Göstergeleri.....	40
Tablo 1.9: UN Sürdürülebilirlik Ekonomik Göstergeleri	42
Tablo 1.10: Dünya Geneli Yenilenebilir Enerji Kullanımı (MTEP).....	46
Tablo 1.11: Global Yenilenebilir Enerji Senaryosu (Gwh).....	47
Tablo 1.12: 1990-2014 Yıllarında Sektörlerdeki Sera Gazı Salınımı (Mton)	48
Tablo 1.13: Biyokütle Kaynaklarının Kullanıldığı Çevrim Yöntemleri ve Bu Yöntemlerle Elde Edilen Yakıtlar ile Uygulama Alanları	50
Tablo 1.14: Türkiye'nin 2019 Yılındaki Arazi Varlığı İle Biyokütle Enerjisinin Hammaddesi Olan Bitkisel Üretimin Potansiyeli.....	51
Tablo 1.15: Türkiye'de Mevcut Hayvan Sayısı, Atık ve Biyogaz Miktarları, Isıl Değerleri.....	52
Tablo 2. 1: İnsanın İşgücü ve Çeşitli Tarım İşlemleri Esnasında Harcanan Enerji Değerleri.....	56
Tablo 2. 2: 1970-2018 Yılları Arasında Türkiye'deki Tarım Alet ve Makine Sayıları	58
Tablo 2. 3: Türkiye Tarımında Alet ve Makinelerin Kullanılmaya Başladığı Dönemler.....	60
Tablo 2. 4: 1936-1963 Yılları Arası Türkiye Traktör Sayıları.....	63

Tablo 2. 5: 1956 Yılına Kadar Marshall Planı Çerçevesinde Getirilen Traktör ve Bazı Tarım Alet ve Makine Ekipmanları	63
Tablo 2. 6: Gübre Üretiminde Enerji Tüketimi.....	65
Tablo 2. 7: Bazı Biyolojik Girdilerin Enerji Eşdeğerleri	65
Tablo 2. 8: Türkiye’de Mevcut Yeraltı-Yerüstü Su Kaynaklarının Potansiyeli	67
Tablo 2. 9: Tarım Bölgelerine Göre Türkiye’de Tarımsal İşletmeler ve Sulama Faaliyetleri.....	68
Tablo 2. 10: Değişik Hayvan Gübrelerinin Miktarı İle Elde Edilen Biyogaz Miktarı.....	72
Tablo 2. 11: Hayvansal Atık Özellikleri ve Biyogaz Verimleri.....	72
Tablo 2. 12: Değişik Hayvanlardan Sağlanabilecek Biyogaz Verimi İle Biyogazın Metan Miktarı	73
Tablo 2. 13: 2009 Yılı Biyogaz Potansiyeli ve Yıllık Gelirler	73
Tablo 2. 14: Dünya Bitki Koruma İlacı Talebi (Milyon ABD Doları)	75
Tablo 2. 15: Türkiye’de Tarımsal İlaç Kullanımı (Ton).....	76
Tablo 2. 16: Bitki Üretiminde Biyolojik Mücadele ve Biyoteknik Destekleme Ödemesinin Uygulama Tebliği	77
Tablo 2. 17: Tarım Bakanlığınca İzinli Organik İlaçlar ve Etkileri	78
Tablo 2. 18: 1 Dekar Arazide Patates Üretiminde Karşılaştırmalı Üretim Maliyeti	81
Tablo 2. 19: Türkiye’de Güneşin Aylık Ortalama Enerjisi ve Potansiyeli .	87
Tablo 2. 20: 1 Dekar veya Türkiye Geneli İçin Seçilmiş Tekniklerle Su, Enerji, CO ₂ Tasarruf Analizi.....	91
Tablo 2. 21: Dışkıdan Enerji Üretim Tekniği İle Türkiye Geneli İçin Enerji ve CO ₂ Tasarruf Analizi.....	94

GRAFİKLER

Grafik 1. 1: Dünya Geneline Ülkelerin Kurulu Rüzgar Enerjisi Güç Kapasiteleri İle Elektrik Enerjisinin Üretimi (2017).....	25
Grafik 1. 2: Türkiye’de Kurulu Rüzgar Enerjisi Güç Miktarı ve Üretim Miktarı (2008-2017).....	26
Grafik 1. 3: Türkiye İşletmedeki Rüzgar Enerjisi Santrallerinin Bölgelere Göre Dağılımı (2017).....	27
Grafik 1. 4: Sürdürülebilir Kalkınma Senaryosunda Nihai Enerji Karbon Yoğunluğu.....	48



ŞEKİLLER

Şekil 1.1: Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyelinin Haritası.....	23
Şekil 1.2: Rüzgâr Enerjisi Santrali Düzenegi	25
Şekil 1.3: Hayvan Atıklarından Biyogaz Elde Etme	52
Şekil 2. 1: Biyogaz Tesisi Kurulum Şeması	71
Şekil 2. 2: Ülkelere Göre Doğrudan Ekim Alanları (1000 Hektar).....	83



RESİMLER

Resim 2. 1: McComirk Marka Orak Makinesi.....	62
Resim 2. 2: Türkiye'ye İthal Edilen İlk Traktör.....	62
Resim 2. 3: Mısır Gıdasında Damla Sulama	81
Resim 2. 4: Güneş Enerjisiyle Tarımsal Sulama.....	86



GİRİŞ

Dünyada nüfusun hızlı artışı, kırdan kente göçün artışı, ekilebilir tarım alanlarının gittikçe azalması, tarım sektöründe birim alandan daha çok ürün elde edilmesi ihtiyacını doğurmuştur. Bu ihtiyacın karşılanması için yapılan gübreleme, aşırı zirai ilaç kullanımı, makineleşme gibi uygulamalar kısa vadede verimliliği artırırken uzun vadede gıda güvenliği ve çevrenin sürdürülebilirliği için tehlike oluşturmuştur. Ayrıca nüfus artışı, makineleşme ve enerji kullanımındaki artış, çevre kirliliğini de arttırmıştır. Dolayısıyla tarım ile enerji arasında sürdürülebilirlik bakımından güçlü bir ilişki vardır.

Bunların yanında sınırlı miktardaki fosil yakıtın tükenmesi, gelecek nesillerin gıda ihtiyacını karşılamak için de tarımın sürdürülebilir olmasını ve gıda güvencesinin sağlanmasını zorunlu kılmaktadır. Dolayısıyla tarımsal üretim yöntemlerinin ve enerjinin tüketiminin doğa üzerindeki olumsuz etkisinin düşürülerek sürdürülebilirlik hedefine uygun hale getirilmesi gerekir. Alternatif enerji kaynağı arayışı, bu meseleler etrafında şekillenmektedir.

Güncelliği devam eden bir gelişme olarak Koronavirüs (COVID-19) salgınında ülkelerin sınırlarını kapatmalarından sonra gıda güvencesi daha önemli hale gelmiştir. Çünkü kapalı sınır kapıları, kendi kendine yeterli ülke tartışmasını gündeme getirmiştir. Ülkelerin gıda ihtiyacını güvence altına almak için tarım sektörünü geliştirmeleri gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında, tarımda sürdürülebilirlik açısından, tarımsal faaliyetler ile tarımda kullanılan enerjinin çevresel sonuçlarına ve alternatif tarım tekniklerinin bu çevresel etkiyi azaltıcı etkisine odaklanılmıştır.

Günümüzdeki çevre sorunlarının temelinde, insanın çevreyi sadece kendi istek ve ihtiyaçlarına göre dönüştürme çabasının yattığı genel olarak kabul edilmektedir. Bu dönüştürmenin ortaya çıkardığı önemli sorunlardan biri küresel ısınma ve buna bağlı iklim değişikliğidir. Küresel ısınmaya, en önemlisi sera gazı olan birçok faktörün yol açtığı tespit edilmiştir. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 2007 Raporuna göre 20. yüzyıl ortasından itibaren küresel sıcaklıktaki artışın nedeni, %90'dan fazlası

sera gazları salınımındaki artıştan kaynaklanmıştır (Demir ve Cevger, 2007: 14).

İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkına Derneği (SKD) 2018 Raporunda bildirildiğine göre, “Dünya Ekonomik Forumu (WEF), 2030 yılında 8,5 milyar insanın doğru ve sürdürülebilir beslenebilmesi için dört muhtemel senaryo ortaya koymuştur. 2030 yılında karşılaştığımız yüksek nüfus ve yetersiz tarımsal üretim sonucu ortaya çıkan **ilk senaryo**, yalnızca yüksek ödeme gücü olan kesimlerin yeterli gıdaya erişebilmesi olarak belirtiliyor. **İkinci senaryo**, nüfus artışı ile paralel gelişecek olan kontrolsüz tüketimin küresel iklim değişikliğini de tetikleyeceği, bunun ise doğal kaynaklar üzerinde çok yüksek baskıya yol açacağı ve gezegenin taşıma kapasitesinin aşıldığı bir kaosu işaret ediyor. **Üçüncü senaryo**, gıda atığının azaltılması, verimli tarımsal üretim yöntemlerine gerekli yatırımların yapılması, doğal kaynakların korunması, iklim değişikliği mücadele stratejilerinin geliştirilmesi ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin önceliğe alınması durumunda açık kaynaklı bir sürdürülebilir tarımın sağlanabileceği yönünde. **Dördüncü senaryo** ise tarım ve hayvancılıkta güçlü yerel pazarların oluşacağı, ancak bu bölgeler ile sağlıklı bir ticaret ilişkisine geçemeyecek nüfusun beslenme konusunda ciddi sıkıntılara maruz kalacağı yönünde” (SKD, 2018: 3).

Küresel ısınmanın olumsuz etkileri, önlem alınmadığı takdirde dünyanın yaşanılmaz bir yere dönüşeceğini ortaya çıkarmıştır. Bu durum, bilim insanlarını, hükümetleri, politika yapıcıları ve sivil toplum örgütlerini ülkelerde alınacak önlemlerin saptanması ile bu amaçla uluslararası iş birliğine gidilmesi için çalışmalar yapmaya yöneltmiştir. Birçok toplantı, uluslararası konferans ve değişik çalışmalar düzenlenmiş, küresel ısınma ve sera gazı salınımlarını azaltmayla ilgili uluslararası sözleşmeler imzalanmıştır.

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) Türkiye Temsilcisi Dr. Viorel GUTU, tarımsal mücadelede alternatif uygulamaların FAO için önemini şöyle ifade etmiştir:

“FAO, dünyanın çoğu bölgesinde herkes için gıda güvencesinin sağlanması hedefine yönelik çalışmalar gerçekleştiriyor ve bu çalışmalarını devletler ve üreticilerle işbirliği içinde yaşama geçiriyor. Bu çerçevede, ülkelerin iklim değişikliğine daha iyi uyum sağlayabilmesi ve iklim değişikliğinin etkilerinin hafifletilebilmesi amacıyla çok ölçekli ve çok ortaklı proje ve programlar tasarlıyor ve uyguluyoruz. Aynı zamanda, dünyanın beslenmesini sağlama ihtiyacıyla dünyanın geleceğini koruma amacı arasında iyi bir denge oluşturulmasını mümkün kılmak için bilgi üretiyoruz. Ve tabii, kaliteli, sağlıklı gıdanın ulaşılabilir ve erişilebilir olması için çaba sarf ediyoruz” (SKD-Türkiye, 2018, s. 7). Fosil enerjinin tükenme ihtimaline karşın alternatif kaynakların kullanılması gerekir fakat bunun doğaya zarar vermeksizin sürdürülebilirliğini sağlamak çok önemlidir.

Bu yüzden bu araştırmada genel olarak tarım-enerji-sürdürülebilirlik ilişkisine odaklanılmıştır. Araştırmanın birinci bölümünde; geçmişten günümüze tarımsal teknolojilerin gelişiminin tarihi, tarımda da kullanılan enerji çeşitleri, sürdürülebilirlik çerçevesinde uluslararası gelişmeler; tarım-enerji-sürdürülebilirlik ilişkinin çevre üzerindeki etkisi ele alınmıştır. İkinci bölümde, geçmişten günümüze tarım sektöründe kullanılan enerji türleri ile miktarları, enerji tasarrufu sağlayan tarım yöntemleri, Türkiye'nin potansiyel tarım ve enerji kaynakları ile alternatif tarım yöntemlerinin sürdürülebilirliği analiz edilmiştir. Son olarak da belli tarımsal üretim ve alternatif enerji teknikleri ile ne kadar enerji, su, CO₂ ve maliyet tasarrufu yapılabileceği; bu tekniklerin sürdürülebilirlik açısından çevre üzerine etkisine dair bir projeksiyon sunulmuştur.

1. BÖLÜM

TARIM, ENERJİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Hızla artan nüfus, küreselleşme ve gelişen sanayi nedeniyle tarım ürünlerine ve enerjiye olan talep artmaktadır. Dünya nüfusunun 7 milyarı aşmış olması, Alman Dünya Nüfusu Vakfı (DSW)'nın tahminlerine göre, 2050 yılında nüfusun 9 milyar olacağı, bilim insanlarını, hükümetleri ve politika yapıcılarını artacak olan popülasyonun gıda gereksiniminin karşılanması, hastalık ve açlık faktörleriyle mücadele için tarım sektöründe ve doğal kaynakların kullanımında alternatif tekniklere yönelmiştir.¹ Tarımın sürdürülmesi için vazgeçilmez bir kaynak olan enerjinin sürekliliği ile tarımsal ürünlerin düşük maliyetle üretilmesi büyük bir önem taşımaktadır. Ancak enerjiyle ilgili sürdürülmekte olan pek çok faaliyet çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir ve küresel sorunlara neden olmaktadır. Günümüzde oldukça önemli olan küresel çevresel sorunlardan biri iklim değişikliğidir. Küresel ısınmaya sebep olan sera gazlarının çoğu enerji, tarım, sanayi, hizmetler gibi alanlarda fosil yakıt kullanımından dolayı meydana gelmektedir. Kurulan büyük sanayi işletmelerinin bacalarından çıkan kirli dumanların insan sağlığını ve iklimi olumsuz yönde etkilemesi bu olumsuz sonuçlardan bir tanesidir. Çevrenin, endüstri atıklarıyla kirlenmesinin sonucunda da doğanın dengesi git gide bozulmaktadır. Teknolojiyle birlikte, fiziksel çevre hızlı bir şekilde değişmiştir ve değişmeye devam etmektedir. Teknoloji, bedenin emek gücüne alternatif yaratırken, doğal kaynak miktarını azaltmaktadır. Bu nedenle, günümüzde tarımda ve enerji alanında, ekonomik, teknolojik ve sürdürülebilirlik kapsamında bir geçiş süreci yaşanmaktadır (Karaca, 2013: 2). Bu geçiş süreci; kaliteli ve yeterli miktarda gıdanın uygun maliyetle üretimini, dünyada tarımın ekonomik canlılığını, tarım kaynaklarının ve çevrenin korunmasını, dünyada nüfusun refahını geliştirebilecek uygulamaları ve sistemsel çalışmaları kapsamaktadır. Ekonomik, sosyal, çevresel sürdürülebilirlik beraber sağlandığında,

¹“2019’a Girerken Dünya Nüfusu 7,5 Milyarı Aşacak”, Basnews, <http://www.basnews.com/index.php/tr/news/489111>, (Erişim: 02.05.2020).

sürdürülebilir gelişmişliğe ulaşabilmektedir. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının yerine yenilenebilir enerji kaynakları ikamesi, bu kaynakların verimli kullanılması ve doğa için sorumluluk bilincinin sağlanması sürdürülebilirliğin çevresel boyutu için gereklidir.

Bilim insanlarına göre, 21. Yüzyılın ilk çeyreği ile 18. Yüzyılın başları karşılaştırıldığında atmosferdeki karbon dioksit oranı %40 artmıştır.² “Dünya Bankası verilerine göre, en fazla sera gazını atmosfere salan ülkeler sırasıyla Çin, ABD, AB ülkeleri, Hindistan, Rusya’dır. Türkiye İstatistik Kurumu’nun 2018 yılında paylaştığı verilere göre, Türkiye’nin 2016 yılında sera gazı salınım miktarında, 1990 yılına göre %135,4 artış olmuştur” (Tatar ve Özer, 2018: 3997). Bu bağlamda, ormancılık ve tarımdan elde edilen biyoenerjinin, iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir rolü vardır. Biyoenerji; güneş, rüzgâr, hidrolik vb. gibi yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Biyoenerji, kolay bir şekilde bulunabilen biyoyakıt, biyokütle gibi yakıtlardan sağlanmaktadır. Biyokütlenin kaynağı organik atık, tarım, ormanlardır. Dolayısıyla sürdürülebilirlik perspektifinden tarım ve enerji, dünya üzerinde hızlı bir artış halinde olan nüfusun açlık tehlikesiyle baş edebilmek, gereksinimi olan kaliteli ve yeterli gıdayı doğal kaynakları yitirmeden, daha az enerjiyle daha çok verim elde ederek karşılayabilmek için çok önemlidir. Tüm bunların uyumlu bir ilişki içerisinde yürütülmesini öncelikli ihtiyaç haline gelmiştir. Bu nedenle bu bölümde tarım, enerji, sürdürülebilirlik kavramları ve birbirleriyle olan ilişkileri ele alınacaktır. Tarımın ve enerjinin geçmişten günümüze gelişimi anlatılacak ve buna bağlı olarak ortaya çıkan çevresel sorunlar sürdürülebilirlik perspektifinden ele alınacaktır.

1.1.1800'lere Kadar Tarım Sistemleri

Tarım, “Bitkisel ve hayvansal ürünlerin; üretilmesi, kalite ve veriminin yükseltilmesi, uygun koşullarda korunması, işlenip değerlendirilmesi ile pazarlanması” olarak tanımlanmaktadır.³

² “Atmosferdeki Karbondioksit Miktarı Kritik Seviyeye Ulaştı”, World Wide Fund For Nature, <http://www.surdurulebilirlik.gov.tr/>, (Erişim: 02.05.2020).

³ TDK, <https://sozluk.gov.tr/?kelime=>, (Erişim: 02.05.2020).

Doğan ve Ark'a. göre tarım; ülkelerdeki nüfusun hayatını sürdürmesi, milli gelirdeki rolü, çeşitli sektörlere ekonomik kesimlere hammadde kaynağı olması, ihracattaki etkisi, biyolojik çeşitlilik ve ekolojik denge üzerindeki rolünden dolayı dünyada çok önemli bir sektördür. Bu yüzden tarım faaliyetleri evre, sosyal, ekonomik perspektiften toplumdaki bütün kesimleri doğrudan ilgilendirmektedir (Doğan ve ark., 2015: 30).

Tarım, ayrıca, gıda maddeleri üretimi yapan ve bu gıda maddelerini çeşitlendiren, bireylerin gıda gereksinimini karşılaması nedeniyle ülke nüfusunun sağlığı ve istihdamı üzerinde önemli etkiye sahiptir. Sosyo-ekonomik kalkınma ve toplum sağlığı yeterli ve dengeli beslenmeyle mümkündür. Yeterli ve dengeli beslenmek için yeterli miktarda, türde ve kalitede gıdanın bulunması, bu gıdayı alacak gelirin sağlanması gerekmektedir. Tarım faaliyetleri, bugüne kadar toplumların sosyal gelişimi ve ekonomisinde büyük bir rol oynamış, ileride de bu rolü üstlenmeyi sürdürecektir.

Yaklaşık olarak 14.000 yıl önce başlayan tarım faaliyetlerinden bugüne kadar çeşitli tarım teknikleri geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Tarımda uygulanan her teknik enerji kullanımını gerektirir. Eski tekniklerin yerini alan yeni teknikler aynı zamanda verimlilik üzerinde de etkili olmuştur. Diğer yandan uygulanan yeni tekniklerin sürdürülmesine son verecek olan eğilimler de zamanla gelişir, süreklilik kazanır. Aşağıda tarım sektöründe uygulanan ilk tekniklerden günümüze kadar olan tekniklerin temel özelliklerine yer verilerek tarım teknikleri ile onların verimlilikleri ve enerji kullanımının etkilerini değerlendirmek amacıyla tarihsel bir tablo oluşturulmuştur.

Tablo 1.1: Geçmişten Günümüze Belirli Dönemlerde Kullanılan Tarım Teknikleri ve Özellikleri

<i>Tarım Sistemi</i>	<i>Dönem</i>	<i>Teknikler Aletler</i>	<i>Kullanılan Enerji</i>	<i>Verimlilik</i>	<i>Sistemin Sınırlarına Varma Sebebi</i>	<i>Sistemin Doğal Sürekliliğe Olumlu/Olumsuz Katkısı</i>
<i>Kesme-Yakma</i>	Neolitik Çağ Günümüzden 10.000-5.000 Yıl Önce	Kesme kılıcı, kesme baltası, budama baltası, çapa, kazma, vs. Rotasyon ve almaşık ekim	İnsanın beden gücü	Kilometrek areye 30 kişinin düştüğü bir nüfusta Yılda kişi başı 2 kental (1 kental=100 kg) tahıl ya da Baklagiller	Ağaçlı biyomasın tahribatı, verimlilik oranında düşüş, nüfus yoğunluğu	Olumsuz: Ağaçsızlaşma, erozyon, iklimin kuraklaşması
<i>Hidrolik</i>	Neolitik Çağ Günümüzden 8.500 Yıl Önce	Askıyla testi taşıma, Arşimet vidası, hayvan gücüyle kuyudan su çekme, su yükseltme makinaleri	İnsan ve hayvanın beden gücü, rüzgar, küçük barajlar	Kilometrek areye 300'den fazla insanın düştüğü bir nüfusta, yılda kişi başı 2 kental tahıl ya da baklagiller.	İlaç ve gübrenin aşırı kullanımı- nın getirdiği sorun, kabarmaların yetersizliği böceklerin ve bitki parazitlerin çoğalması, barajın arkasında biriken çamurlar	Olumsuz: Özel mülkiyetin yaygınlaşması Olumlu: Ticari ağ gelişti, uyarlanabilir tarım ve hayvancılık geliştirildi, toprağı iyileştirici çeşitler

<i>Hafif Saban</i>	Maden Çağı MÖ 2500- MS 100	Karasa- ban, bel çapa, kaldıraçlı değirmen değnekle ve hayvan- lara çiğnetek- rek harman dövme, hayvan gücüyü çalışan değirmen	İnsan ve hayvanın beden gücü	10 milyondan biraz fazla bir nüfusta hektar başı 3 kental tahıl	Sınırlı üretim kapasitesi, mevsim şartlarına göre uyarlanabi- lir olmaması, kullanılan araç ve sürünün yetersizliği	Olumsuz: Sömürgeleşme, toprağa bağlı köleliğin ortaya çıkması ve yoksullukta artış, elde edilen gelirle vergilerin ödenememesi, ekonomik ve askeri kriz Olumlu: Tarım ve tahıl yasaları, tarım reformu ve demokrasi
<i>Ağır Saban</i>	Maden Çağı XI.-XIII. Yüzyıl	Gübrele- me aletleri, yük arabası, tırmık, silindir, hayvan- larda yeni koşum türleri, vs.	İnsan ve hayvanın beden gücü	10 milyondan fazla bir nüfusta hektar başına 9 kental	Aşırı nüfuslan- ma, aşırı tüketme, tarım araçlarının maliyetinin yüksek olması, kır ve kent yoksulluğu savaş	Olumsuz: Ekosistem tahribatı, tarımsal- demografik büyümedeki dengesizlik
<i>Nadassız</i>	Modern Çağ XVI.-XIX. Yüzyıl	Yemlik çapa bitkileri, yapay meralar	İnsan ve hayvanın beden gücü	10 milyondan fazla bir nüfusta hektar başı 18 kental	Tarım aletlerinin ve taşıma araçlarının yetersizliği kara ve deniz taşımacılığı	Olumsuz: Ortaklaşmanın gerilemesi Olumlu: Üretimin ikiye katlanması, kentsel ve endüstriyel gelişme

					ının yetersiz ve masraflı olması	
<i>Endüstriyel</i>	XVII.- ...	Kol gücüyle, buharla, hayvan gücüyle çalışan mekanik gereçler, motorlu araçlar	İnsan ve hayvanın beden gücü, buhar gücü, elektrik gücü	10 milyondan fazla bir nüfusta kişi başı 180 kental	Tarım makinele- rinin ağırlığı, arz fazlası	Olumsuz: Ülkelerin sömürgeleştiril- mesi, tarım üretiminde gerileme, kırsal göç, işletmelerin ve bölgelerin eşitsiz gelişmesi, tarım fiyatlarındaki dalgalanma, gıda silahı ve spekülasyon Olumlu: Ticari ağın genişlemesi, istihdam artışı, işbölümü, uzmanlaşma, gelişen tarım sistemleri, gübre kullanımının gelişmesi, büyük tarım ve hayvancılık bölgeleri oluşturulması

Kaynak: Mazoyer ve Roudart, 2010, 'Dünya Tarım Tarihi Neolitik Çağ'dan Günümüze'
adlı kitaptan derlenmiştir.

Kesme- yakmaya dayanan tarım sistemleri, 10-50 yıl arasında değişen rotasyon oluşturmak için toprağın uzun bir süre bekletilmesiyle nöbetleşerek yapılan, kısa süreli ve geçici bir tarım sistemidir. Kesme-yakma işleminde öncelikle kendiliğinden yetişen bitkilerin tamamı veya bir kısmı yok edilerek toprakta yer açılır. Ardından toprakta kalan bitki köklerini temizlemek için yakma işlemi yapılır. Bu şekilde bitki kalıntıları yakılarak toprak hem temizlenmiş olur hem de gübre haline getirilmiş olur. Ancak bitki ve ağaç kökleri tamamen temizlenemediği için canlı kalır ve diğer bitkilerle karışarak toprağı kaplamaya devam eder. Ağaçlı biyomasın tahribatı sonucunda verimliliğın düşmesi, nüfusun hızlı bir şekilde artması sonucunda ise bekleme süresinin kısalıp verimliliğın düşmesinden dolayı bu sistem uygulanamaz hale gelmiştir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018). Farklı kıtalarda biyomasa, su rezervine, humusa zarar veren ağaçsızlaşma yeni tarım sisteminin yolunu açmıştır.

Hidrolik tarım sistemleri günümüzden yaklaşık 8.500 yıl önce uygulanmaya başlanır. Orta Çağ'da hayvan çekişli araçlar, su çarkları, su ve yel değirmenleri hidrolik tarım sistemini daha çok geliştirir. Bu tarım sistemi 6 bin yıldan sonra evreler halinde su taşıma ve boşaltma kanalları oluşturularak evreler halinde yayıldı. Sulamalı tarım sistemi, 18. Yüzyıl sonuna kadar su çekme ve yükseltme makineleri, kuyular özel yatırımlara dayandığı için sığ yerlerle sınırlı kalmıştır. Sulamanın her mevsim yapılmasını, sürekli veya yıllık ekimlerde verimin üç katına kadar artmasını sağlamıştır. Diğer yandan aşırı sulamadan dolayı toprağın tuza ve suya doymasıyla ilgili sorunlar artmış, verimli toprakların çok büyük kayıp ortaya çıkmıştır.

Tablo 1.2: Hidrolik Tarım Sistemiyle Belli Dönemler Ekimi Yapılan Ürünler

1.Yıl		2.Yıl				
Kasım	Mayıs	Haziran	Ekim	Kasım	Mayıs Ekim	Haziran
kışlık tahıllar	kısa süreli	çekilme	Gıdalık baklagiller		kısa süreli	çekilme
-arpa	nadas		-mercimek		nadas	
-buğday			-bezelye			
tekstil bitkisi			yemlik baklagiller			
-keten			-yonca			
			-fiğ			
			-bayağı fiğ			

Kaynak: Mazoyer ve Roudart, 2010.

Hidrolik düzenlemenin işlevi kabarma sularını toplamak, topladığı bu suları ülkenin kentsel ve tarımsal gereksinimlerine göre her yere dağıtmaktır. Bununla beraber alüvyonlaşma ve delta topraklarının zamansız kabarma gibi durumları hidrolik düzenlemenin bu işlevini yetersiz kılmıştır. Nüfusun ve ekimlerin yayılması, kanalların çamurlarla dolması, bazı tekniklerin özelleştirilmiş olması ve bunun merkezi gücü zayıflatması sistemin sınırlarına varma nedenleri arasındadır. Tüm bu nedenler yeni bir tarım sistemi arayışını getirmiş ve hafif sabanlı nadaslı tarım sistemi gündeme gelmiştir.⁴

Ilıman bölgelerde uygulanan Hafif-Sabanlı tarım tekniği, bu bölgelerdeki Kesme-Yakma tarım sisteminden doğmuştur. Bir çiftçinin ailesiyle birlikte 6-

⁴ Hidrolik tarım sistemi, Mazoyer ve Roudart (2010)'ın Dünya Tarım Tarihi Neolitik Çağdan Günümüzdeki Krize adlı kitabının 151.-196. sayfalarından derlenmiştir.

7 hektar toprak işlediği varsayımında net tahıl verimi beş kişilik bir ailenin gıda gereksinimini karşılamakta ve bu hane başına 9-11 kentale ulaşmaktadır. Karasaban, toprağı çevirmeden kabartması nedeniyle tam olarak süremiyordu. Öte yandan bel veya çapa gibi aletlerden yararlanılsa da kol gücü toprakların tamamına yetemiyordu ve topraklar ekime iyi hazırlanamıyordu. Sıcak ılıman bölgelerde sulama, teraslandırma gibi iyileştirmeler devam ederken, soğuk ılıman bölgelerde ağır sabanla sürüm yapılan tarım uygulanmaya başlamıştır (Öztürk, 2019: 16).

Ağır-Sabanlı nadaslı tarım sisteminde, Hafif-Sabanlı tarım sisteminde olduğu gibi hayvancılık ve sulu tahıl ekimi beraber yapılmaktadır. Hayvanlar, otlaklarda beslenmekte ve dışkılarının gübre olarak kullanımı ile tahıl ekili toprakların veriminde rol oynamaktadır. Avrupa'nın fazla kalabalıklaşmasının ardından kıtlık ortaya çıkmış, tahıl fiyatları yükselmiştir. Köylüler, yüksek fiyatlı talebi karşılamak, kıtlıktan çıkabilmek için üretimi yükseltmeye çalışmış, bu amaçla uzak bölgelerdeki toprakları işlemeye gitmiştir. Ancak birkaç yıl sonra verimler düşmeye başlamış, üretim gerilemiştir. Çünkü ekili toprakların artması çayırılık ve otluk alanlara zarar vermiştir. Bu da hayvancılığın azalmasına neden olmuştur. Ekilen topraklar genişlese bile azalan hayvancılıktan dolayı gübre miktarı azalmış, tahıl verimi ve üretim düşmüştür. Ağır sabanla nadaslı tarım sisteminin yetersiz kalması yeni sistem arayışını beraberinde getirmiştir (Direk, 2012: 34).

Nadassız tarım sistemleri, nadasın yerini teknik olarak yapay meraların, yemlik çapa bitkilerinin almasına, hayvancılığın ve dolayısıyla gübre üretiminin gelişmesine dayanmaktadır. İki ve üç yıllık rotasyonlarla yapılan nadasların yerini nöbetleşe yapılan ekimin alması, uzun süreli nadasın yerini de yapay meranın almasıyla nadassız rotasyon ortaya çıkmıştır. Nadastaki topraklara yemlik bitkilerin ekilmesi sayesinde et, süt, deri, yün gibi hayvansal ürünler iki kat artmış ve artmakta olan nüfusun daha iyi beslenmesini sağlamıştır. Ancak zamanla, artan nüfusun gıda gereksinimini karşılamak için üretimdeki zaman kısıtlı kalmaya başlar, zaman tasarrufu sağlayacak yeni tarım araçlarına ve yeni bir tarım sistemine gereksinim duyulur (Gökkuş, 2014: 152-157).

Endüstriyel tarım; motorlaşma, makineleşme, mineral gübre, seleksiyonun hâkim olduğu bir sistem olup hala devam etmektedir. Öztürk endüstriyel tarımı şöyle açıklamıştır: “Modern çağda dört temel gelişme tarıma damgasını vurur: Bu gelişmeler motorlaşma-makineleşme, mineral bakımdan zenginleşme, bitki ve hayvan türlerinin seleksiyona tabi tutulması ve uzmanlaşmayla iç içe geçmiş yeni işbölümleri” (Öztürk, 2019; s.375). 19. Yüzyıldan itibaren biçme makinesi, pulluk gibi mekanik araçlar ve tahıl ezme, harman gibi hasat makineleri gündeme gelmiş, 20. Yüzyılın başına doğru bu araçlar Avrupa ülkelerinde yoğun bir şekilde üretilmiştir. İlk zamanlarda tahıl veriminin yağmurla sulama yapılan arazide 10 kental olduğu göz önüne alındığında, yüzyıllar önce yapılan tarımla günümüzün modern tarım üretkenliği arasında yüzlerce kental fark bulunmaktadır. 19. yüzyılın ortalarında Avrupa’da birkaç ülkenin harman makinesi, biçme makinesi, pulluk gibi motorlu araçlar üretmesi, iyileştirici ürünlerin sağlanması ve gübrenin kolay taşınabilir olması tüccarlara kendi ürünlerini uzaktaki yerlere götürme ve uzmanlaşma imkânı sağlamıştır. Böylelikle seleksiyon ve uzmanlaşmanın hâkim olduğu tarım sistemleri 20. Yüzyılda yaygınlaşır. Seleksiyon, iyileştiriciler, mineral verimliliği gibi unsurların tamamına tarımdaki büyük katkılarından dolayı 'Yeşil Devrim' denilmektedir. Yeşil Devrim, ülkelerde üretimin yükselmesini sağlamışsa da bu girişimden daha çok yeterli tarım araçlarına ve pahalı girdi kullanmaya elverişli olan verimli arazilere sahip olan çiftçiler faydalanmış, donanımsız küçük çiftçiler ihmal edilmiş ve gelişmekte olan pek çok ülkenin fazla elverişli olmayan arazilerinde tarımın gelişmesine katkıda bulunamamıştır. Yani bu gelişmeyle ülkeler arası üretkenlik farkı daha belirgin olmuştur (Başkaya, 2016: 89-95).

Tabloda ve yukarıdaki açıklamalarda görüldüğü gibi, refah ve adil şartlar çerçevesinde nüfusun gereksinimlerini karşılamak amacıyla tarım arazilerinin, su kaynaklarının ve bu faktörlerin verimli bir şekilde kullanmak için tarımsal uygulamaların iyileştirilmesi ve teknolojinin geliştirilmesi ve bunun sürdürülmesi gerekmektedir. Ekosistem, habitat ve diğer türlerin kaybını azaltmak ya da durdurmak için biyo-çeşitliliğin korunması, insanların faaliyetleri nedeniyle ozon tabakasında meydana gelen zararların önlenmesi ve doğal kaynakların korunması gerekmektedir. Enerji toplumun gelişim

sürecinde belirleyici bir role sahiptir. Bu nedenle enerji kullanımının sürdürülebilirlik çerçevesinde gerçekleştirilmesi önemli bir hedefdir. Yenilenebilir enerji kaynakları, bu hedefi gerçekleştirmede önemli bir yer tutmaktadır. Ekolojik dengeyi bozmadan, çevresel tahribata yol açmadan ve bir sonraki nesle tehlike yaratmayacak uygun şekilde kullanılması, yenilenebilir kökenli enerjileri daha önemli hale getirmektedir. Bu doğrultuda, bir sonraki bölümde tarımın gelişme sürecinde ve sürdürülebilir bir doğa için doğrudan etkisi olan enerji konusu ele alınacaktır.

1.2. Enerji

Enerji, doğrudan gözlemlenip ölçülemeyen, çeşitlerine göre veya iş yoluyla ayrı ayrı hesaplanabilen bir değer olup, fizikte temel önemdedir. Bir sistemin ısı ayarını ya da ne kadar iş yapabileceğini gösteren bir fonksiyondur (Öztürk, 2005: 2).

Enerji, tarımın gelişip ilerlemesinde büyük bir öneme sahiptir. Tarımsal ürünlerin üretimi, işlenmesi, taşınıp dağıtılması, saklanması için enerji kullanılmaktadır. Tarımda insan, hayvan veya makine gücü gibi enerji kaynaklarından yararlanılmaktadır. Geçmişten günümüze kadar özellikle sanayi devriminden sonra tarımda kullanılan teknolojilerden dolayı enerji tüketimi artmıştır. Tarımda kullanılan makineler önemli enerji kaynakları arasında yer alan fosil yakıtlarının tüketimini gerektirmektedir. Tarım faaliyetleri hem ilkel hem teknolojik yöntemlerle iç içe olduğu için enerji kaynakları yönetiminde tarımda enerji etkinliği değerlendirilmesi ve enerji kullanımının analiz edilmesi gerekmektedir.

Bu bölümde enerji türleri ve miktarları, enerji kaynakları, fosil yakıtların doğrudan ve dolaylı kullanımı ve enerji kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan çevresel sorunlar ele alınacaktır.

Maddeler sisteminin veya bir maddenin bir işi yapabilme yeteneği çeşitli enerji kaynakları aracılığıyla üretilir. Bu nedenle aşağıdaki enerji çeşitleri enerjinin tasarruflu kullanılması için dönüştürülebileceğini ifade etmek amacıyla açıklanmıştır.

Mekanik enerji; bir cismin veya sistemin sadece hareket ederken değil, dururken de bir enerjiye sahip olabileceğini göstermektedir. Bir cismin konumu ve hareketi ile ilişkilidir. Bir cismin faydalı bir iş yapabilmesi, mekanik enerjisinin olduğu anlamına gelmektedir (Einstein ve Infeld, 2011: 35). Elektrik sobasındaki elektrik enerjisinin ısı enerjisine dönüşmesi, elektrikli su ısıtıcısının kaynatarak ısı enerjisine dönüşmesi gibi durumlar buna örnek olarak verilebilir.

Potansiyel enerji; buldukları ortamdaki zeminle aralarındaki yükseklikten, kütesinden, kütesine uygulanan çekim kuvveti nedeniyle gizli bir enerjiye sahip olan maddelere potansiyel enerji denir. Potansiyel enerjinin diğer bir adı depolanmış enerjidir (Beiser, 2008: 182-184). Potansiyel enerjiye örnek olarak bir ağacın dalları verilebilir. Çünkü ağacın dallarının aşağı düşme ihtimalleri vardır. Diğer bir örnek ise tüketilen gıdalardır. Çünkü bir insanın vücudu onları sindirdiğinde, metabolizması için enerji sağlamaktadır.

Kinetik enerji; hareket eden bir cismin sahip olduğu enerjiye kinetik enerji denir. Bir cismin hareketinden kaynaklanmakta olup, cismin kütesi ve hızına bağlı olarak enerjisi ölçülür. Kütesi ve hızından dolayı ölçülebileceği için havadaki uçak, hem kütleyle hem de bir ivmeye sahip olduğu için akan bir nehir bu enerji türüne örnek olarak gösterilebilir (Beiser, 2008: 29).

Isı enerjisi; yüksek sıcaklıkta bir maddeden, sıcaklığı daha düşük maddeye aktarılabilen enerjiye denir. Mekanik enerjiden elde edilebildiği gibi mekanik işe de dönüştürülebilir. Kibrit ateşinden ormanda çıkan yangına kadar veya bir fincan çayın buharına kadar ısı enerjisine birçok örnek gösterilebilir (Kozak ve Kozak, 2012: 18).

Kimyasal enerji; bir tepkime sonucunda meydana gelen enerjiye denir. Kimyasal enerji pil, ampul, akü gibi kimyasal maddelerin tepkime esnasında uğradığı değişimin potansiyelidir. Mekanik, ışık, ısı enerjisine

dönüştürülebilir. Isı veya ışık için kullanılan gaz yağı, kullanılan pilli televizyon kumandaları kimyasal enerjiye örnek olarak gösterilebilir.⁵

Bu enerji çeşitleri dışında, herhangi bir yolla enerjinin üretilmesini sağlayan enerji kaynakları da vardır.

Günümüzde kullanılan enerjilerin birçoğu fosil kökenli yakıtlardan elde edilmektedir. Fosil kökenli yakıtlar, birkaç milyon yılda, hayvanların ve bitkilerin çürümesiyle oluşmuştur. Buna karşın fosil yakıtların oluşum hızı, tüketilme hızından düşüktür. Bundan dolayı kısa vadede yenilenemeyen enerji kaynakları şeklinde anılırlar. Enerji ilişkili çevre sorunlarının asıl nedeni fosil yakıtların aşırı kullanımınıdır. Özellikle şehirleşme, endüstrileşme, nüfus artışı enerjiye olan ihtiyacın artmasına neden olmaktadır. Fosil kaynaklı yakıtların tükenmesinin dışında, bu yakıtlar yakıldığında da çevresel problemler ve insanların sağlığıyla ilgili etkileri de oldukça önemlidir. Fosil kaynaklı yakıtlar; kömür, linyit, doğalgaz, petrol, uranyum, toryum olmak üzere ayrılmıştır. Bu fosil yakıtlar kattığı olumlu ve olumsuz yönlerin anlaşılması adına ilk önce kısaca anlatılacak, sonra karbon salınım oranlarına yer verilecektir.

Petrol; toprağın derinliklerinde bulunan koyu renkli, sıvı, alev alıcı bir yakıttır. Hidrojen, oksijen, kükürt, karbon, azot bileşiklerinin karışımından meydana gelmektedir. İlk olarak MÖ. 480 yılında Mezopotamya’da bulunmuş, sırasıyla Sümerler, Asurlular, Babiller ve sonrasında Eski Mısırlılar tarafından ham petrol, deri ve müshil ilacı, asfalt gibi amaçlarla kullanılmıştır. Petrol, daha sonra Avrupa’da sanayinin gelişmesiyle, enerji alanında daha çok kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde otomotiv ve endüstri sektörü, yakıt, ulaşım, aydınlatma gibi alanlarda petrol kullanılmaktadır.⁶ Ekonomik ve sosyal kalkınma, uluslararası ticaretin gelişmesinde olumlu etkileri vardır. Bunun yanında petrolün taşınması sırasında ortaya çıkan deniz kirliliği, petrolden üretilen plastik ve benzeri

⁵ ‘Kimyasal Enerji En İyi Örnekler Nelerdir?’, Greelane, <https://www.greelane.com/tr/bilim-teknoloji-matematik/bilim/example-of-chemical-energy-609260/>, (Erişim: 28.03.2020).

⁶ ‘Petrolün Oluşumu ve İçeriği’, ÜRET, <https://uret.com.tr/tr/uret-blog/petrol-tarihi-1/>, (Erişim: 02.05.2020).

maddelerin meydana getirdiği hava kirliliği, iklim değişikliği, petrol fiyatlarındaki değişimin ülke ekonomisine etkileri ile petrol kaynakları nedeniyle ülkelerin arasında çıkan savaşlar petrolün olumsuz etkileri arasındadır. Ayrıca petrol oksijen miktarını azaltmakta ve insanlarda astım, bronşit, boğaz ve kulak enfeksiyonları, kanser, kalp krizi gibi hastalıkların çıkmasına neden olmaktadır.⁷

Kömür; koyu renkli, katmanlı, yanıcı gazlar ve karbon bakımından zengin bir kayadır. İlk olarak M. 3000 yılında Çin’de bakır ve demir gibi madenleri şekillendirmek amacıyla uygulanmıştır. Elektrik santralleri, sanayi, ısınma, bazı ilaçların içindeki hammaddeler, tarımda seraların ısıtılması, aydınlatma için kömürlü lambalar, araba motorları gibi alanlarda kullanılmaktadır. Ekonomik ve sosyal kalkınma, uluslararası ticaretin gelişmesinde olumlu etkileri vardır. Bunun yanında kömürün yanmasıyla meydana gelen dumandan dolayı zehirlenmeler, hava kirliliği, iklim değişikliği gibi olumsuz etkileri de vardır (DPT, 2007: 9-15).

Linyit; kahverengi-siyah renkli bir yakıt olup, taş kömürü ve turba arası bir aşamadır. İlk olarak 50 milyon yıl önce İrlanda’da oluştuğu belirtilmiştir. Bu kömür çeşidinin karbon ve ısı içeriği düşüktür, yumuşaktır ve yüksek oranda nem içermektedir. Bu nedenle genellikle termik santrallerde yakıt olarak kullanılmaktadır. Linyit, daha çok bataklık gibi bölgelerde bitki parçalarından meydana gelmektedir. Yakıt, sanayi, asfalt, ısınma gibi alanlarda kullanılmaktadır. Ülkelerin ekonomisine katkıda bulunmasının yanı sıra atmosfere en çok zarar veren kömür çeşididir ve iklim değişikliğini olumsuz yönde etkilemektedir⁸.

Doğalgaz; etan ve metan gibi çeşitli hidrokarbonlardan oluşan yakıcı bir gaz olup, rensiz ve kokusuzdur. Bu gazın kullanılmasıyla sadece karbon dioksit ve su buharı oluşmaktadır. 17. Yüzyılda İtalyanlar doğalgazı ısınma ve aydınlatma amacıyla kullanmışlardır (Dokuzlar, 2006: 21). İkinci Dünya Savaşı bittikten sonra da kaynak ve boru imalatı teknolojilerindeki

⁷ ‘Petrolün evreye Zararları Nelerdir’, evre Portal, <https://www.cevreportal.com/petrolun-cevreye-zararlari-nelerdir/>, (Erişim: 02.05.2020).

⁸ ‘Kömür’, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur>, (Erişim: 02.05.2020).

gelişmelerden sonra Rusya'daki doğalgaz sahaları geliştirilmiş, doğalgaz Asya ve Sibiryadan, Doğu Avrupa ve Batı Rusya'da ihraç edilmeye başlanmıştır (Dokuzlar, 2006: 116). Elektrik ve ısı enerjisi, mutfak gibi alanlarda kullanılmaktadır. Tasarruflu ısınma, ticari gelişim olumlu etkileri arasında yer almaktadır. Enerji kaynaklarına göre daha az zarar vermektedir. Doğalgazın kokusuz olması nedeniyle sızıntı olduğunda algılanamaması ve insanları zehirlenme riskiyle karşı karşıya getirmesi olumsuz bir yanı olarak gösterilebilir.

Uranyum; radyoaktif kimyasal bir element olup, sert, yoğun ve gümüş beyazı renginde bir metaldir. Atom ağırlığı en yüksek olan elementtir ve diğer elementlere göre daha az bulunmaktadır. Azot, karbon, karbon dioksit, karbon monoksit ve diğer gazlarla reaksiyon vermektedir. İlk olarak 1789'da Almanya'da Klaproth keşfetmiştir. Uranyum elementine bu isim, Uranüs'ten esinlenilerek verilmiştir. Temel olarak, nükleer yakıtın hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Nükleer silah, nükleer santrallerde ve nükleer reaktörlerde yakıt, renk verici özelliği ile camlarda ve elektrik enerjisi gibi kullanım alanları vardır. Uranyumun, petrol, kömür gibi elektrik üreten teknolojilere göre daha az miktarda sera gazı salınımı yapması küresel ısınmayı hızlandırıcı etkisi düşük olduğu için olumlu bir yanı olarak gösterilebilir. Bunun yanında ülkeler arasında örneğin 1945'te ABD'nin Hiroşima'ya attığı atom bombası gibi nükleer silahların savaş aracı olarak kullanılması ve yarattığı ekonomik, coğrafi, psikolojik etkiler, nükleer atıklar ve iklim değişikliği olumsuz etkileri arasında yer almaktadır. Uranyum, Güneş sisteminde pek yaygın olmasa da günümüzde radyoaktif bozulmaya ve kıtasal sürüklenmeye neden olmaktadır (MTA, 2017: 2-17).

Toryum; 1829 yılında rahip ve mineralojist Esmark tarafından keşfedilmiş, kimyager Berzelius tarafından tanımlanmıştır. Kurşun yumuşaklığında ve kolay işlenebilen bir metaldir. Doğada, uranyum elementinden yaklaşık üç kat daha fazla bulunmaktadır. Savaş uçakları, füzeler, uzay araçları, kamera mercekleri, bilimsel alet mercekleri, elektrik enerjisi, toryum florürden yüksek sıcaklık alaşımlarında ve toryum oksitten nükleer yakıtlarda faydalanılması gibi kullanım alanları vardır. Diğer

elementlere göre düşük radyoaktif bir metal olması özelliği olumlu bir yanı olarak gösterilebilir. Bunun yanında nükleer atıklar ve iklim değişikliği olumsuz etkileri arasında yer almaktadır (MTA, 2017: 20-26).

Tablo 1. 3: Enerji Üretim Türlerine Göre CO₂ Emisyon Oranları

Enerji Üretim Türü	CO ₂ Salınım Oranı
Petrol	760 g/kw
Kömür	790 g/kw
Linyit	910 g/kw
Doğalgaz	380 g/kw
Nükleer	25 g/kw

Kaynak: Arge7, <https://arge7.com/detay.php?id=435>, (Erişim: 06.06.2020).

Enerji üretimi; insan sağlığı, küresel ısınma, atık sorunu, çirkin görüntü, ağır metaller, toprak kirliliği ve radyasyon kirliliği gibi sorunlara neden olmaktadır. Fosil yakıtların aşırı kullanılmasıyla başta karbondioksit olmak üzere, atmosferde sera gazlarının artması dolayısıyla dünyanın gittikçe ısınması, sera etkisi yapan gazları en az seviyede kullanmayı gerektirmektedir. Çünkü bu etkenler toprağın kalitesini olumsuz etkilemekte, dolayısıyla tarımsal alanda dekar başına alınan verimi de düşürmektedir. Hızlı bir şekilde artan dünya nüfusu, endüstrileşme ve fosil kaynakların fazla kullanımına bağlı olarak meydana gelen çevresel sorunlar zamanla ülkelerin kendi sorunu olmaktan çıkıp, küresel soruna dönüşmüştür. Bu dönüşüm, hükümetlerin yenilenebilir enerji kaynakları meselesini gündemde tutmasına, politikalarını bu çerçevede geliştirmelerine neden olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynakları, teknolojik gelişmelerin de etkisiyle daha cazip hale gelmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynakları; hidrolik, güneş, jeotermal, rüzgâr, deniz akımları, biyokütle olarak ayrılmıştır (Ürün ve Soyu, 2016: 32).

Hidrolik enerji; ilkçağlardan günümüze kadar varlığını devam ettiren su, insanlar için ilk zamanlarda sadece su gereksinimini karşılamak veya tarım için kullanılsa da zamanla elektriğin bulunmasıyla su kaynaklarının önemini

artırmıştır. İlk hidroelektrik, Wey Nehri'nde 1881 yılında yapılmıştır. Hidrolik enerji, çevresel kirlilik yaratmaz, acil enerji gereksiniminde hızlıca devreye girip çıkarılabilir. Dışa bağımlı değildir ve doğal bir kaynaktır. Hidrolik enerji için yapılan yatırım yalnızca enerji amacıyla değil, taşkınların kontrolü amacıyla da kullanılmaktadır. Bu olumlu özelliklerin dışında birtakım olumsuzlukları da mevcuttur. Yağış miktarına bağlıdır. Yağışın fazla olması durumunda antik bölgelerin ve yerleşim bölgelerinin su altında kalma ihtimali söz konusudur. Ayrıca barajlar çevresindeki bölgelerin iklimini de değiştirirler. Hidrolik enerji santralleri inşa edilirken maliyetin yüksek olmasına karşın verimliliklerinin de yüksek olması ve tarımda sulama için kullanılabilmesi bu enerjinin kullanımını artırmıştır. Dünyada yenilenebilir enerjilerin güç oranlarına bakıldığında %62'lik bir oranla hidrolik enerjinin ilk sırada olduğu görülmektedir (Dinçer ve öte., 2017: 555-559).

Jeotermal enerji; yer ısısı, yer enerjisi demektir. Yerin derinliklerindeki kayaçların içinde biriken ısı enerjisinin rezervuarlarda depolanmasıyla oluşmaktadır. Jeotermal enerjiden ilk olarak 1920'lerde İtalya'da bulunan Larderollo sahasındaki kuru buhar üretimi için kullanılmıştır. Elektrik üretimi, sera ısıtması, merkezi ısıtma, turizm sektörü için kaplıçalarda, mineral içeren içme suyu üretiminde, 30 °C'ye kadar düşük sıcaklıktaki kültür balıkçılığında ve karbon dioksit, hidrojen, gübre, lityum gibi kimyasal maddelerin üretiminde kullanılmaktadır. Jeotermal enerji, doğal bir kaynaktır ve dışa bağımlı değildir. Doğrudan elde edildiği için maliyetinin düşük olmasının yanında verimi de yüksektir. Elektrik üretiminde ve suyun ısıtılıp buharlaştırılmasında fosil enerjiye ihtiyaç duyulmaz. Bu olumlu özelliklerin dışında birtakım olumsuzlukları da mevcuttur. Tüketilen kısmın, kısa sürede aynı oranda oluşması mümkün değildir. Makineler ve sondaj için yeterli boş alan gerekmekte ve bu sistemin yerleşim bölgesine yakın olması gerekmektedir. Ön araştırması ve hazırlık maliyeti yüksektir. Jeotermal kaynaktan çıkan akışkanlar, kirlilik yaratıcı maddeler içermektedir. Ayrıca toprak ve su kirliliğine neden olduğundan tarımsal üretiminden elde edilen verimi olumsuz yönde etkilemektedir. Dünyada yenilenebilir enerjilerin güç

oranlarına bakıldığında %1'lik bir oranla jeotermal enerjinin son sırada olduğu görülmektedir (Yılmaz, 2018: 86-90).

Güneş enerjisi; Güneş'in çekirdeğinde bulunan füzyonla açığa çıkan ışıyım enerjisine denilmektedir. İki aylık güneş ışığında, dünyadaki bütün fosil yakıtlardan fazla enerji bulunmaktadır. Güneşten yararlanılarak kurulan fotovoltaik ünite ilk olarak 1954 yılında New Jersey'de bulunan Bell Laboratuvarı'nda üretilmiştir. Daha sonra 1980 yılında Güney Kaliforniya bulunan Mojave Çölü'nde dokuz adet konsanre güneş termal enerjisi kurulmuştur ve bunlar otuz yıldır elektrik üretmektedir (Koç ve Şenel, 2013: 39-40).

Tablo 1.4: 2015-2017 Yılında Dünya Genelinde Güneş Enerji Sistemlerinin Üretim Kapasitelerinin Karşılaştırması

Ülke	Güneş Fotovoltaik Sis. Kurulu Güç (MW) 2015	Güneş Fotovoltaik Sis. Kurulu Güç (MW) 2017	Toplam Elektrik Üretimi 2015 (GWh)	Toplam Elektrik Üretimi 2017 (GWh)
Çin	43.050	131.000	25.007	108.200
ABD	25.540	51.000	24.603	77.965
Almanya	39.634	42.394	36.056	39.996
Japonya	33.300	49.000	26.534	62.343
İtalya	18.910	18.910	22.319	25.215
Fransa	6.549	6.549	5.909	9.245
Türkiye	249	3.400	17	2.720
Dünya	222.360	399.613	223.948	442.600

Kaynak: Koç ve öte., 2018.

Tablo 1.4'te, büyüme açısından ilk sırada Çin, ikinci sırada ABD olmak üzere Türkiye de büyük bir ilerleme kaydetmiştir. Güneş sistemi, enerji üretim kapasitesi açısından Çin 131.000 MW ile dünyada birinci sıradadır.

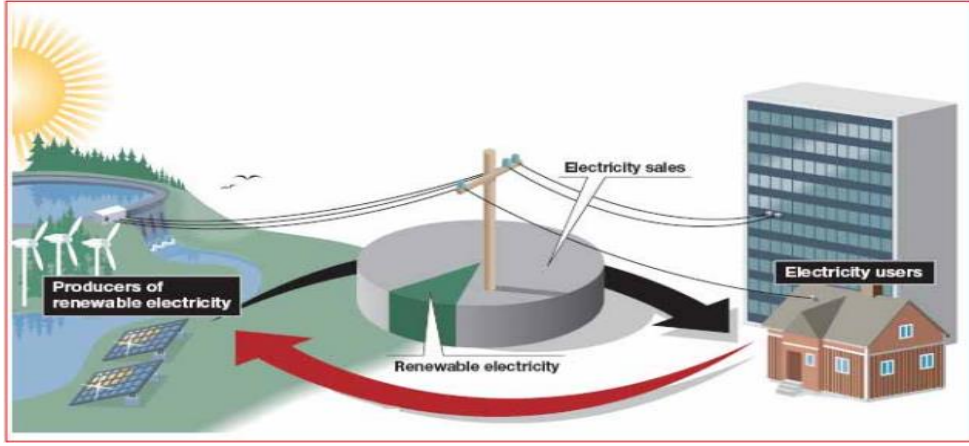
santrallerin toplam kurulu güç miktarı ise 3.421 MW'dir. Türkiye, güneş enerjisi kurulu gücü açısından son yıllara bakıldığında 2015 yılı içinde 249 MW, 2016 yılında 832,5 MW, 2017 yılında ise 3.421 MW'ye ulaşarak önemli bir ilerleme göstermiştir.

YEGM'nin 2016'da yaptığı Yenilenebilir Enerji Raporu'na göre; Türkiye'nin 2023 yılının hedefleri arasında, brüt elektrik arzının yaklaşık 500 bin MW sayılarak, elektrik gereksiniminin çoğunu sadece güneş enerjisi sisteminin bütün potansiyelini kullanarak karşılayabilmektedir.⁹

Güneş enerjisi hesap makineleri ve kol saatleri, trafik ve sokak lambaları, su ısıtma, elektrik üretimi gibi alanlarda kullanılmaktadır. Güneş enerjisi, yenilenebilir bir enerji kaynağıdır, ekonomiktir ve dışa bağımlı değildir. Çevre açısından da temiz bir enerji kaynağıdır. Ayrıca tarımsal sulamalarda da enerji ve su tasarrufu sağlamaktadır. Bu olumlu özelliklerin dışında birtakım olumsuzlukları da mevcuttur. Başlangıç maliyeti yüksektir. Mevsimsel ve günlük olarak kesiklik gösterir. Gölge alan kısımlarda kapasitesi düşer. Dünyada yenilenebilir enerjilerin güç oranlarına bakıldığında %10'luk bir oranla güneş enerjisinin üçüncü sırada olduğu görülmektedir (Kılıç, 2015: 30-38)

Rüzgar enerjisi; Rüzgârı oluşturan hava akımının sahip olduğu hareket enerjisine denir. Merkezler arasındaki basınç farkı, basınç merkezleri arasındaki mesafe, yer şekilleri, bitki örtüsü rüzgârın hızını etkileyen faktörler arasındadır. Dünyanın kendi etrafındaki hareketi, basınç merkezlerinin konumu, yer şekilleri rüzgârın yönünü etkileyen faktörler arasındadır. Rüzgâr gücü deneylerine ilk olarak 1887'de James Blyth, rüzgâr gücüyle çalışan pil icat ederek başlamış, 1888'de C. Francis Brush rüzgâr güç makinesini icat ederek elektrik üretimini sağlamıştır. 1890'da Poul la Cour rüzgâr türbinlerini inşa ederek elektrik üretimini sağlamıştır. Bu türbinler daha sonra hidrojen üretmek için kullanılmıştır (Özgener, 2002: 160-162).

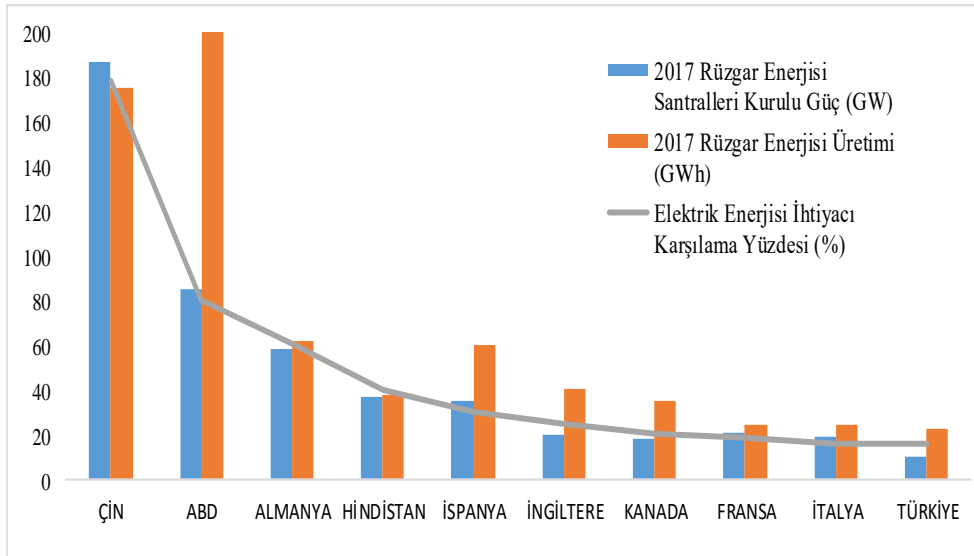
⁹ T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017, "Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü 2016 Yılı Faaliyet Raporu", http://www.yegm.gov.tr/document/2016_f_r.pdf, Erişim: 25.03.2020), s. 23-25.



Şekil 0.2: Rüzgâr Enerjisi Santrali Düzenegi

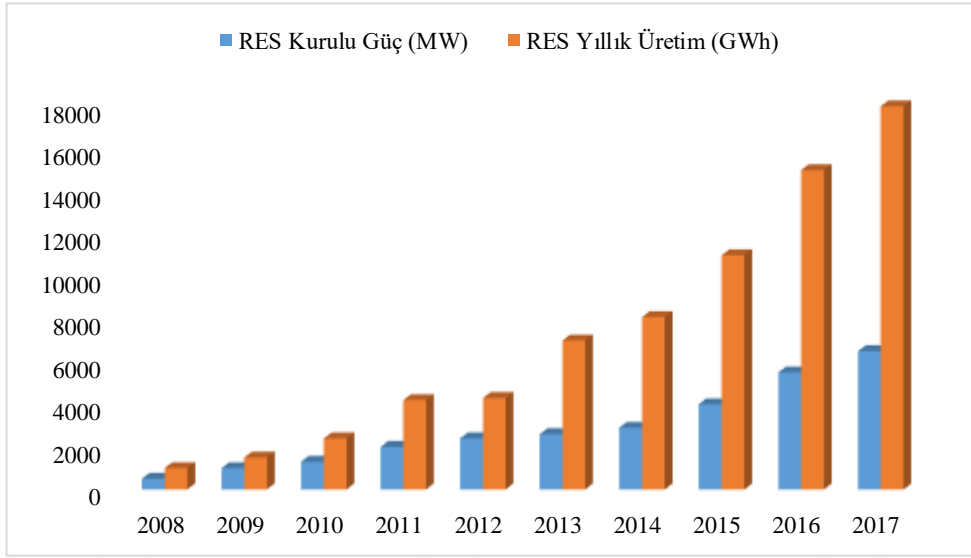
Kaynak: <http://www.solar-academy.com/menus/Turkiye-Ruzgar-Enerjisi-Potansiyeli-ve-Mevcut-Yatirimlar033927.pdf>, Erişim (09.02.2020).

Dünya Enerji Konseyi'nin 2019 yılında yayınladığı rapora göre, rüzgâr türbinlerinin üreticilerine bakıldığında, 2017'de dünya rüzgâr pazarına eklenen yeni kapasiteyle rüzgâr türbinleri üreticileri sırasıyla %9,9 ile Almanya, %9,1 ile ABD, %9 ile Çin'dir. Dünyada, rüzgâr enerji santrallerinin toplam kurulu güç miktarı ise 539 GW'dir.



Grafik 1. 1: Dünya Genelinde Ülkelerin Kurulu Rüzgar Enerjisi Güç Kapasiteleri İle Elektrik Enerjisinin Üretimi (2017)

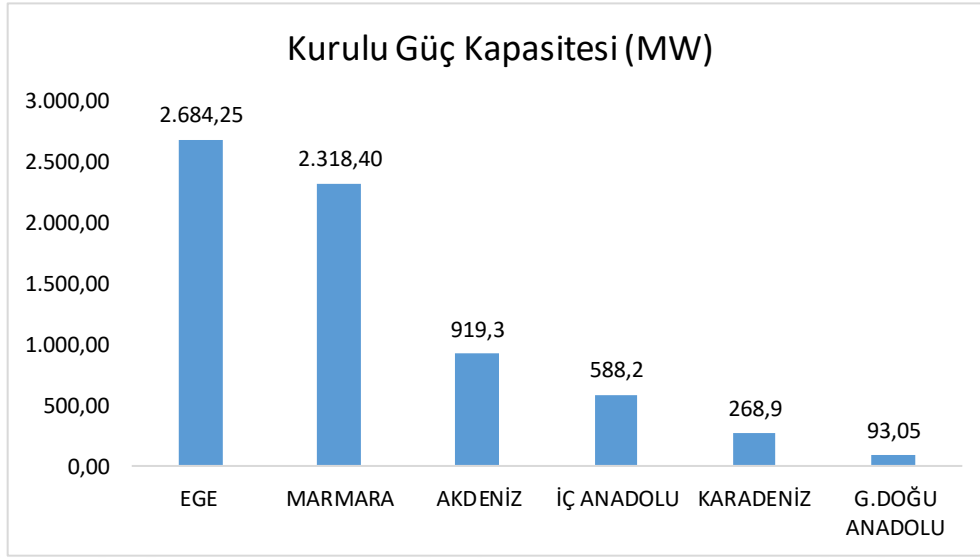
Kaynak: World Energy Council, Global Wind Energy Council.



Grafik 1. 2: Türkiye’de Kurulu Rüzgar Enerjisi Güç Miktarı ve Üretim Miktarı (2008-2017)

Kaynak: TMMOB Makine Mühendisleri Odası, ‘Türkiye’nin Enerji Görünümü’, 2018.

Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği’nin 2017’de yayınladığı Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu’na göre, Türkiye’de 2017 yılının sonu itibariyle, kurulu güç 6.872,10 MW’tir. Rüzgâr enerjisi santrallerinin tümünden sağlanan elektrik enerjisi miktarı ise 17.909,3 GWh’dır. ETKB’nin yayınladığı Türkiye Stratejik Planı’nda ise 2023 yılı hedefi için rüzgâr enerjisi kurulu gücü 20.000 MW’dir ve raporda 2017 yılında inşa aşamasında olan 26 rüzgâr enerji santrali olduğu belirtilmiştir.



Grafik 1. 3: Türkiye İşletmedeki Rüzgâr Enerjisi Santrallerinin Bölgelere Göre Dağılımı (2017)

Kaynak: TÜREB, ‘Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu’, 2018.

Grafik 1.3’e bakıldığında, Türkiye’de rüzgâr enerjisi potansiyeli bakımından 2.684 MW kurulu güç kapasitesi ile Ege bölgesi en fazla rüzgâr potansiyeli olan bölgedir. Ardından 2.318 MW miktar kapasitesi ile Marmara, 919,3 MW miktar kapasitesi ile Akdeniz, 588,2 MW miktar kapasitesi ile İç Anadolu bölgesi gelmektedir. TÜREB’in 2018’de yayınladığı Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu’na göre, 164 adet rüzgâr enerji santrali işletmesi bulunmaktadır. Kurulu güç kapasitesi en fazla olan rüzgâr enerji santralleri; 168 MW ile Kırşehir, 143 MW ile Balıkesir, 143 MW ile Manisa, 135 MW ile Adana’dır.

Rüzgâr Enerjisi santralleri, rüzgârın çokluğu sebebiyle genellikle yüksek tepelere kurulmaktadır. Bu tepeler, tarımsal faaliyetler için de uygun yerlerdir. Rüzgâr enerjisinin tarımda uygulama alanları arasında sera iklimlendirme, drenaj ve sulama uygulamaları, soğutma uygulamaları, ısı pompası uygulamaları yer almaktadır (İpekçioğlu ve Vardar, 2017: 178).

Rüzgâr enerjisi dışa bağımlı değildir, kirlilik yaratmaz ve gelişen teknolojiyle üretilen enerjinin birim maliyeti düşmektedir. Bu olumlu özelliklerin dışında birtakım olumsuzlukları da mevcuttur. Türbinler için geniş bir alan gerekmektedir. Vadilerde ve kent merkezlerinde istenilen verim

elde edilememektedir. Türbinlerin parçalanması ve devrilmesiyle ilgili güvenlik sorunu yaşanabilir. Bu nedenle yerleşim yerlerine uzak alanlarda kurulmaları gerekmektedir. Dünyada yenilenebilir enerjilerin güç oranlarına bakıldığında %22'lik bir oranla rüzgâr enerjisinin ikinci sırada olduğu görülmektedir (Malkoç, 2015).

Biyo-kütle enerjisi; kaynağını, ana bileşenleri karbonhidrat bileşikleri olan hayvansal ve bitkisel kökenli doğal maddelerin oluşturduğu enerjidir. Biyo-kütle, ısı ve elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Daha çok ısınmak için kullanılan biyo-kütle enerjisinin en eski hammaddesi hayvan gübresi, odun kömürü ve yakacak odundur. Ayçiçek, soya, kola gibi yağlı tohum bitkileri; buğday, pancar, enginar, mısır, patates gibi karbonhidrat bitkileri; kenevir, keten, sorgum gibi elyaf bitkileri ve fasulye, bezelye gibi protein bitkileri; sap, dal, kök, kabuk, saman gibi bitkisel artıklar ile odun, hayvan dışkısı, endüstriyel ve kentsel atıklar biyo-kütle enerjisi kapsamındadır. Bunun yanında bu enerji tarım ürünlerinden ve kentsel atıklardan da yakma işlemi veya çeşitli teknikler kullanılarak katı, sıvı, gaz yakıtlarına çevrilerek yakıt elde edilmesiyle elektrik ve ısı üretimi sağlanmaktadır (Öztürk, 2005: 289).

Aşağıdaki tabloda gübrenin, tarımsal atık ve diğer atık çeşitlerinin litre/kg bazında biyogaz verimi ile biyogazdan alınan bu verimin miktarının içerdiği metan oranı yer almaktadır.

Tablo 1.5: Farklı Kaynaklardan Elde Edilen Biyogaz Verimleri ile Biyogaz Metan Miktarı

Kaynak	Biyogaz Verimi (L/kg)	Metan Oranı (Hacim %'si)
Sığır Gübresi	90-310	65
Kanatlı Gübresi	310-620	60
Domuz Gübresi	340-550	65-70
Buğday Samanı	200-300	50-60
Çavdar Samanı	200-300	59

Arpa Samanı	290-310	59
Mısır Saplari ve Artıkları	380-460	59
Keten ve Kenevir	360	59
Çimen	280-550	70
Sebze Artıkları	330-360	Değişken
Ziraat Atıkları	310-430	60-70
Yerfıstığı Kabuğu	365	...
Dökülmüş Ağaç Yaprakları	210-290	58
Algler	420-500	63
Atık Su Çamuru	310-800	65-80

Kaynak: YEGM, <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx>, (Erişim: 12.05.2020)

Yukarıdaki tabloya bakıldığında, 90 L/kg sığır gübresi, 200 L/kg buğday samanı, 310 L/kg ziraat atıkları yandığında sırasıyla 30, 100, 186 L/kg'sinin havaya metan olarak salındığı görülmektedir.

Biyogaz üretiminin sonucunda hayvan gübresinin kokusu hissedilemeyecek derecede kaybolmakta, hayvan gübresinde bulunan yabancı ot tohumları çimlenme özelliğini kaybetmektedir. Bu sayede organik gübre %10 daha verimli olmaktadır. Hayvan gübrelerinden dolayı yeraltı sularını ve insan sağlığını olumsuz etkileyen hastalık etmenleri büyük ölçüde kaybolmaktadır. Biyogaz üretimi sonrası atıklar kaybolmadan, daha değerli bir biçimde organik gübre haline gelmektedir. Ayrıca biyogaz, benzin ile çalışan motorlara katkı maddesi gerekmeksizin içeriğindeki metan gazı saflaştırılarak doğrudan yakıt olarak kullanılmaktadır. Dizelle çalışan motorlarda ise %18 veya %20 gibi belli bir oranda motorinle karıştırılarak kullanılmaktadır.

Türkiye'de değerlendirilebilecek hayvansal organik atık potansiyeli olmasına karşın, enerji üretim yöntemi olan biyogaz gerektiği kadar değerlendirilememektedir. Çünkü hayvansal atıklar genellikle yakıt olarak

kullanılsa da istenilen özellikte ısı üretilememekte, ısı üretiminden sonra da bu atıkların gübre olarak kullanılması mümkün olmamaktadır.

Biyokütle enerjisi, karbon dioksit bakımından nötr bir dönüşüm gerçekleştirir. Bu nedenle iklim değişikliğine olumlu yönde katkıları vardır. Atıklar ayrılmıştır ve zararlı salınımları azdır. Birtakım zararlı bileşenleri kül tarafından tutulur. Ucuz bir kaynaktır ve miktarı fazladır. Okyanusların ve düşük kaliteye sahip toprakların potansiyel kullanımını ve bozulmuş bölgelerin restorasyonunu sağlar. Çözücü, gübre ve yapı malzemelerinin üretimini, bazı bileşiklerin ve elementlerin sentezi veya geri kazanılması için kullanılabilen doğal bir kaynaktır. Bu olumlu özelliklerin dışında birtakım olumsuzlukları da mevcuttur. Genel olarak biyokütle konusunda teknolojik ve sistemsel eksiklikler vardır. Özellikleri ve bileşimi değişkendir ve enerji içeriği düşüktür. Toplama, depolama giderleri fazladır. Isıl işlem süresi boyunca teknolojik problemler ortaya çıkabilir ve zararlı salınımların açığa çıkma ve toprağın zarar görmesi sonucunda biyolojik çeşitliliğin kaybolma olasılığı vardır (Kaplunan, 2014: 117-121).

Deniz akımları enerjileri; deniz, akarsu, okyanus ve nehirler rüzgar, akış, dalga, gel-git gibi birden fazla enerji türüne sahiptirler. Deniz, akarsu, okyanus, nehirlerdeki gel-git olayı; dünya, ay ve güneşin merkezkaç ve çeki kuvvetleri arasındaki etkileşimin sonucunda oluşmaktadır. İlk olarak MS. 1100'den önce İngiltere, Fransa, İspanya kıyılarında gel-git değirmenleri kullanılmıştır. Dünyanın en büyük gel-dit istasyonu ise 1966 yılında Kuzey Fransa'da bulunan Rance Nehri'ne inşa edilmiştir (Şimşek, 2005). Deniz akımları enerjileri, elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Güç kaynağı boldur, çevreyi kirletmez ve fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltır. Tuzlu su, tatlı suya dönüştürüldükten sonra ihtiyaç duyulan bölgelere pompalanır. Şebekesi olmayan yerleşim yerlerine elektrik sağlar. Bu olumlu özelliklerin dışında birtakım olumsuzlukları da mevcuttur. Sistem, hava koşullarına bağlıdır ve hava koşullarının kötü olduğu durumlarda zarar görebilir. Ayrıca sistem yerleşim yerlerine yakın olmalıdır.

Yukarıda öncelikle enerjinin dönüştürülerek kullanılabileceğini anlatmak için enerji türlerine yer verilmiştir. Sonra fosil enerji kaynakları anlatılmış,

bu kaynakların çevreyle ilişkisi ele alınmıştır. Daha sonra yenilenebilir enerji kaynaklarına yer verilmiş, bu kaynaklar kullanıldığında tarım, çevre ve enerjiyle ilgili elde edilecek kazanımlar anlatılmıştır. Neticede, tüm enerji türleri ve enerji kaynaklarının doğrudan ve dolaylı olarak tarım üzerinde etkisi bulunmaktadır. Çünkü fosil enerji kaynaklarının çevre kirliliğine neden olmaları, CO₂ salınımları ve ekosistemin dengesini bozmaları nedeniyle tarımdan elde edilen verim olumsuz etkilenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları ise enerji tasarrufu sağladıklarından, fosil enerjiye duyulan ihtiyaç azalmakta, dolayısıyla daha az çevre kirliliği meydana gelmektedir.

Bunun yanında fosil yakıtlı kaynakları, tükenme olasılığına karşılık enerji ihtiyacının artış halinde olmasından dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarıyla ikame edilmektedir. Ancak bunu ekosisteme zarar vermeden, sürdürülebilir bir çerçevede sağlamak çok önemlidir. Zamanla gelişen teknoloji alternatifleri ortaya çıkarırken, doğal kaynakların miktarını azaltmaktadır. Doğal kaynakların korunması ve ikamesi yönündeki yatırımların artırılması büyük bir önem taşımaktadır (Seydioğulları, 2013: 24). Bu bakımdan enerji kullanımı, çevresel etkileriyle birlikte sürdürülebilir bir açıdan değerlendirildiğinde aralarında güçlü bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Bu kapsamda bir sonraki bölümde sürdürülebilirlik konusu ele alınacak ve ülkelerin bu çerçevede attığı adımlar açıklanacaktır.

1.3. Sürdürülebilirlik ve Göstergeleri

Dünya ülkelerinde ve Türkiye’de ekonomik ve sosyal kalkınmanın temel bir girdisi olan enerjiye zamanla daha çok ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun yanında çevresel sorunlar üzerine yapılan tartışmalar artmıştır. Sorunların kaynağında son yıllarda artan enerji tüketimi ve doğal kaynakların bilinçsiz kullanımı yer almaktadır. Bu sorunlar nedeniyle atmosfer kirliliği meydana gelmektedir.

Diğer bir sorun ise artış halinde olan nüfusun gıda ihtiyacının karşılanmasıdır. Bu tartışmalar özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için ekonomik açıdan daha fazla dikkat çekmektedir. Çünkü yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilebilmesi ve fosil yakıt tüketiminin azaltılması için yüksek maliyetler söz konusudur (Seydioğulları, 2013: 25). Bu nedenle

sürdürülebilirlik kavramı dünya ülkelerinin gündeminde önemini korumaktadır.

Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından 1987 yılında hazırlanan ‘Ortak Geleceğimiz’ adlı rapor yayımlanmıştır. Rapor, yoksulluğun kaldırılması, nüfus kontrolü, doğal kaynakların sağladığı yararın eşit dağılımı, çevre dostu teknolojik gelişim gibi sürdürülebilirlik hedefleri gibi konuları kapsamaktadır. Bu raporda sürdürülebilirlik kavramı Gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılamayı tehlikeye sokmadan bugünkü nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılamaları (Karaca, 2013: 2) olarak ifade edilmektedir. Sürdürülebilirlik, küresel ısınma sonucunda doğal kaynakların azalması ve tükenmesini esas alarak, bu kaynakların yeniden üretimi ve gelecek için devam etmesini ifade etmektedir.

Sürdürülebilirliğin oluşması için çevre, ekonomi, toplum bileşenleri birbiriyle ilişkilidir ve bütün olarak ele alınması gerekmektedir.

Dünya ülkeleri sürdürülebilirlik hedefi için başka adımlar da atmıştır. Bunlar tarihsel sıra ile geçmişten günümüze şu şekildedir:

Tablo 1.6: Sürdürülebilirlik İçin Atılan Uluslararası Adımlar

YIL	EYLEM	ANA TEMASI / SONUÇLAR
1972	Stockholm Konferansı	Çevrenin geliştirilmesi ve korunmasıyla ilgili düşüncelerin insanlara benimsetilmesi, çevre sorunlarının evrenselliği / ‘İnsan ve Çevresi’, ‘İnsan ve Çevresi İçin Harekât Planı’ adlı bildirgelerin yayımlanması
1987	Ortak Geleceğimiz Raporu	Ekonomik kalkınma konularının çevre konularını arka plana atması, endüstriye ve tarımsal yayılmanın devam etmesi, ormansızlaşmanın gün geçtikçe artması / BM’nin Gro Harlem Brundtland Başkanlığında

		hazırlanan ‘Ortak Geleceğimiz’ adlı rapor
1990	Strazburg Bakanlar Konferansı	Orman gen kaynaklarının korunması, ormanların ekosistemlerinin izlenmesi için daimî deneme sahaları şebekesinin kurulması, ağaç fizyolojisi araştırmaları şebekelerinin yaygınlaştırılması, orman ekosistem araştırmaları Avrupa Şebekesinin kurulması / Ormanların Korunmasıyla İlgili Kararlar
1992	Rio Zirvesi	Çölleşme, iklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik konuları / ormancılık prensipleri, Rio deklarasyonu, Gündem 21 bildirileri
1996	Habitat II Zirvesi	Hükümetlerin vatandaşlara uygun ve sürdürülebilir yerleşim yerlerinin geliştirilmesi / Habitat Gündemi ve İstanbul deklarasyonu
1997	Rio+5 Zirvesi	1992 yılında gerçekleşen Rio Zirvesi’nde alınan kararların geçen 5 yıllık dönemde nasıl ele alındığını ve bu kararların uygulanabilirliği / Rio Konferansı’nın olması gerekeni ve bekleneni verememiş olduğu vurgulanmış, daha somut girişimlerde bulunulması gerektiği belirtilmiştir
1997	Kyoto Protokolü	Sera gazı azalımı, finansman, teknoloji transferi, sanayileşmiş ülkelerin sera gazı salınımlarını azaltmada minimum maliyete

		ulaşması / gelişmiş ülkeler için sera gazı salınımlarının 1997 ve 2012 yılları arasında ortalama olarak %5,2 düşürülmesi hedeflenmiştir
2002	Johannesburg Zirvesi	Çevreyi korumak ve yoksullukla savaşla ilgili planlar / Modern enerji standartlarına ulaşamayan 2 milyar kişinin enerji olanaklarının yaygınlaştırılması için taahhüt verilmiştir
2006	AB 6. Çerçeve Programı	Bilgi toplumu teknolojileri, sağlık ve genbilim biyoteknolojisi, yeni üretim süreçleri, gıda güvenliği, sağlık riskleri gibi çalışmalara destek verilmesi / AB'ye aday ya da üye olan ülkelerdeki projelerin oluşturulacak 17,5 milyar Euro'luk fondan desteklenmesi
2010	V. Dünya Kentsel Forumu	Kentsel bölünmeler arasında köprü kurmak, hızlı kentleşmede sürdürülebilirlik / ...
2012	Rio+ 20 Zirvesi	Yeşil ekonomiye geçiş, yoksulluğun azaltılması, sürdürülebilir kalkınmanın kurumsal çerçevesi / 'İstedğimiz Gelecek' adlı yol haritası kabul edilmiştir
2015	Gündem 30	Kuraklıkla mücadele, iklim değişikliği, biyoçeşitliliğin korunması, sürdürülebilir şehirler / Gündem 30 bildirisi

2015	Paris Anlaşması	İklim değişikliği ile mücadele, petrol, kömür gibi fosil yakıtların azaltılarak ülkelerin yenilenebilir enerjiye yöneltilmesi / Endüstrileşmeden önceki döneme göre küresel sıcaklık artışının 2 derecenin altına indirilmesi
------	-----------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabloda, fosil yakıtların kademeli bir şekilde azaltılması, fosil kökenli enerjinin yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının ikame edilmesi, enerji üretiminin bir verimlilik ilkesi dahilinde olması, tüketim alışkanlıklarının değiştirilmesi, israftan kaçınılması ve ormanlaştırmanın hızlandırılmasını kapsayan uzun bir süreçten söz edilmektedir.

Kyoto Protokolündeki sınırlı katılım, 2009 yılında Kopenhag'da anlaşmaya varılamaması sonucunda Paris Anlaşması'nın 2016 yılında 97 ülkenin imzasını taşıyan kabulü, iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında ümit verici bir aşama olmuştur. Paris Anlaşması, sanayi devriminden günümüze kadar dünyanın ısınmasını 2 derecenin altında ve mümkün oldukça 1.5 derecede sınırlı tutmayı hedeflemiştir. Bu bağlamda ülkelerin temiz bir enerjiye hızla geçmesi, küresel ölçüde salınımların hızla azaltılması çağrısında bulunmuştur. Paris Konferansı öncesinde olduğu gibi konferans sırasında da ülkeler, karbon salınım seviyelerini azaltma doğrultusunda ulusal katkılarını sunacaklarını beyan etmişlerdir.

2014 yılı itibariyle dünyada toplam sera gazı salınımında Çin ilk sırada yer almakta, sonra ABD ve Avrupa Birliği gelmektedir. Ülkelerin kişi başı salınım miktarında da Kanada, ABD, Rusya'nın salınımları dünyada kişi başına düşen salınım ortalamasının iki katından fazladır. Çin'in 2014'te kişi başı salınımları 6.2 tondur ve bu OECD ortalamasının üçte biri kadardır. Hindistan'ın kişi başı salınımları 2014 yılında 1.6 tondur ve bu kişi başı salınım oranı ABD'deki seviyenin %10'u, Çin'deki seviyenin %25'i kadardır (Congar, 2018).

Enerji sektörünün neden olduğu sera gazı salınımı toplam salınımın yaklaşık olarak üçte ikisini oluşturmaktadır (Congar, 2018). İklim değişikliğiyle mücadele kapsamında düşük karbonlu ekonomiye geçiş bu nedenle önemlidir. Ancak bu süreçte gelişmiş ülkeler ve endüstrilerinin zarar göreceği bazı noktalar vardır. Bu nedenle sera gazı salınımının azaltılması için uluslararası arenada atılan birçok adıma rağmen düşük karbon ekonomisine geçişte başarı sağlanamamıştır. Ülkelerin düşük karbonlu ekonomiye geçeceği bu süreçte, enerji kaynaklarını kullanım miktarlarının ve tekniklerinin değişmesi veya değişmemesi yalnızca iklim değişikliğiyle ilgili taahhütte bulunmalarıyla sınırlı değildir. Ülkelerin kendi ekonomileri içinde de enerji politikaları belirleyici bir rol oynamaktadır. Ucuz enerji endüstriyel ekonominin en önemli dayanaklarından biridir ve bu fosil kaynaklardan sağlanmaktadır. Bu nedenle düşük karbon ekonomisine geçişte, fosil kaynak ekonomisinde yapılacak reformlarda başarı tam anlamıyla sağlanamamıştır.

Serbestleşen piyasa şartlarında, ticari amaçlar için enerji kullanımıyla ilgili kararlar, bir ülkenin jeostratejik hassasiyet veya ticari gizlilik gibi nedenlerden dolayı kamunun gözü önünde olmamaktadır. Enerji özel sektörünü elinde tutan güçlü seçkinler veya çokuluslu şirketler olduğunda düşük karbonlu ekonomiye geçiş için yasaların düzenlenmesi daha zor olmaktadır. Devletler de enerji piyasasını serbest bırakmak adına bunu olağan karşılamaya devam etmektedir. Düşük karbonlu ekonomiye geçişte kamusal kaynaklar da ihtiyaç duyulan fonların sağlanmasında yetersizdir (Dilli, 2018: 104).

Sürdürülebilirlik göstergelerinin ve hedeflerin oluşturulması, bu çerçevede ulusal ve küresel düzeyde ortak çabalar oldukça önemlidir. Bu bağlamda aşağıda Birleşmiş Milletlerin sürdürülebilirlik göstergelerine ayrıntılı bir şekilde yer verilmiştir.

Sürdürülebilirlik Göstergeleri: Sürdürülebilirlik ekonomik, sosyal ve çevresel bakımdan çeşitli göstergeler yardımı ile izlenmektedir. Aşağıda Tablo 1, 2 ve 3'te, Birleşmiş Milletler (UN) tarafından yayınlanan sürdürülebilirlik göstergeleri yer almaktadır.

Tablo 1.7: UN Sürdürülebilirlik Çevresel Göstergeleri

ÇEVRESEL GÖSTERGELER			
Tema	Alt Tema	Temel Gösterge	Diğer Göstergeler
Doğal afetler	Doğal afetlerden zarar görebilirlik	Doğal afet açısından tehlikeli bölgelerde yaşayan nüfusun oranı	
	Afete hazırlık ve müdahale		Doğal afetlere bağlı ekonomik kayıplar ve ölümler
Hava	İklim değişikliği	Toplam ve Sera gazı sektörlere göre karbondioksit emisyonları	
	Ozon tabakasının delinmesi	Ozon tabakasını delici maddelerin tüketimi	
	Hava kalitesi	Kentsel alanlarda hava kirleticilerin ortam konsantrasyonu	
Toprak	Toprak kullanımı ve durumu		Toprak kullanımı değişikliği
			Toprakta bozulma

	Çölleşme		Çölleşmeden etkilenen toprak parçaları
	Tarım	Ekilebilir ve sürekli ekilebilir alanları	Gübre kullanımı verimliliği Tarım ilacı kullanımı Organik tarımda kullanılan alan
Okyanuslar, denizler ve kıyıları	Kıyı alanları	Kıyılarda yaşayan toplam nüfusun oranı	Yüzme suyu kalitesi
	Su ürünleri	Güvenli biyolojik sınırlar	
	Deniz ortamı	Toplam ve ekolojik bölgelere göre koruma alanlarının alanları içindeki oranı	Deniz tropik endeksi Mercan kayalığı ekosistemi alanları ve yaşamı kaplama yüzdesi

İçme suyu	Su miktarı	Su kaynaklarının toplamda kullanım oranı	
		Ekonomik faaliyete göre su kullanım yoğunluğu	
	Su kalitesi	İç sulardaki fekal koliform konsantrasyonu	Su gövdelerindeki biyokimyasal oksijen talebi
			Atık su arıtma
Biyçeşitlilik	Ekosistem	Toplam ve ekolojik bölgelere göre koruma altındaki alanların karasal alanlar içindeki oranı	Koruma altındaki alanların yönetim etkililiği
			Seçili kilit ekosistemlerin alanı
	Türler	Tehlike altındaki türlerin değerlendirilmesi	Seçili kilit türlerin bolluğu
			İstilacı türlerin bolluğu

Kaynak: UN, 2006.

Tablo 1.8: UN Sürdürülebilirlik Sosyal Göstergeleri

SOSYAL GÖSTERGELER			
Tema	Alt Tema	Temel Gösterge	Diğer Göstergeler
Yoksulluk	Gelir yoksulluğu	Ulusal yoksulluk sınırının altında yaşayan nüfusun oranı	Uluslararası yoksulluk sınırının altında yaşayan nüfusun oranı (1\$ ve/veya 2\$)
	Gelir eşitsizliği	En yüksek yüzde yirmi ile en düşük yüzde yirmilik dilimin milli geliri paylaşım oranı	
	Sanitasyon	Gelişmiş sanitasyon imkânlarına erişen kentsel ve kırsal nüfusun oranı	
	İçme suyu	Gelişmiş su kaynağı imkânlarına sürdürülebilir bir şekilde erişen kentsel ve kırsal nüfusun oranı	
	Enerjiye erişim	Elektrik veya diğer modern enerji hizmetlerinden yararlanmayan hane halkı oranı	Yemek pişirmede katı atıkları kullanan nüfusun oranı
Yönetişim	Yaşam koşulları	Dezavantajlı konutlarda yaşayan kentli nüfusun oranı	
	Yolsuzluk	Rüşvete başvuran nüfusun oranı	

	Suç	100.000 kişi başına düşen kayıtlı şiddet suçu ve cinayet sayısı	
Sağlık	Ölüm oranı	5 yaşın altındaki çocuklarda ölüm oranı	
		Doğumda beklenen yaşam süresi	Sağlıklı yaşam süresi beklentisi
	Sağlık hizmetleri sunumu	Birincil sağlık hizmetlerine erişen nüfusun oranı	Doğum kontrolünün yaygınlaşma hızı
		Bulaşıcı çocuk enfeksiyon hastalıklarına karşı bağışık kazanma	
	Beslenme durumu	Çocuklarda beslenme durumu	
	Sağlık durumu ve riskler	HIV/AIDS, sıtma, tüberküloz gibi önemli hastalıklara yakalanan sayısı	Tütün kullanımının yaygınlaşması
			İntihar hızı

Kaynak: UN, 2006.

Tablo 1.9: UN Sürdürülebilirlik Ekonomik Göstergeleri

EKONOMİK GÖSTERGELER			
Tema	Alt Tema	Temel Gösterge	Diğer Göstergeler
Demografi	Nüfus	Nüfusun büyüme hızı	Toplam doğurganlık oranı
		Bağımlılık oranı	
	Turizm		Önemli turizm bölgelerinde yerli halkın turistlere oranı
Ekonomik kalkınma	Makroekonomik performans	Kişi başına düşen GSYH	Tasarruf oranı
		Yatırımların GSYH içindeki payı	Düzeltilmiş net tasarruf oranı
			Enflasyon
	Sürdürülebilir kamu finansmanı	Borç – Brüt Milli Gelir oranı	
	İstihdam	İşgücü verimliliği ve birim işgücü maliyetleri	
	Cinsiyete göre istihdam - nüfus oranı	Cinsiyete göre istihdam durumu	
		Tarım dışı sektörlerde ücretli çalışan kadınların oranı	

	Bilgi ve iletişim teknolojileri	100 kişi başına düşen internet kullanıcı sayısı	100 kişi başına düşen sabit telefon hattı
			100 kişi başına düşen cep telefonu aboneliği
	Ar-Ge		Ar-Ge harcamalarının GSYH içindeki payı
	Turizm	Turizmin GSYH'ye katkısı	
Küresel ekonomik ortaklık	Ticaret	Cari açığın GSYH içindeki payı	Gelişmekte olan ülkeler ve az gelişmiş ülkelerden ithalatların payı
			Gelişmekte olan ülkeler ve az gelişmiş ülkelerden ithalatlara uygulanan ortalama tarife engelleri
	Dış finansman	Verilen veya alınan Toplam Resmi Kalkınma Yardımının (ODA - Official Development	Doğrudan Yabancı Yatırım akışı ve çıkışlarının Brüt

	Assistance) Milli Gelir içindeki payı	Brüt Milli Gelir içindeki payı	
			Para havalelerinin Brüt Milli Gelir içindeki payı
Tüketim ve üretim kalıpları	Maddi tüketim	Ekonominin maddi yoğunluğu	İç maddi tüketim
	Enerji kullanımı	Toplam ve ana kullanıcı grubuna göre kişi başına düşen yıllık enerji tüketimi	Yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji arzındaki oranı
		Toplam ve sektörlerle göre enerji kullanımı yoğunluğu	
	Atık üretme ve yönetimi	Tehlikeli atık üretme	Atık üretme
		Atık arıtma ve uzaklaştırma	Radyoaktif atıkların yönetimi
	Ulaşım	İç taşımacılığında arabaların payı	İç taşımacılığında karayollarının payı
			Ulaşımın enerji yoğunluğu

Kaynak: UN, 2006.

Tablolardaki göstergelere göre sürdürülebilir bir dünyanın temel ilkeleri açıklık kazanmaktadır. Bu temel ilkeler arasında; yaşam kalitesini artırmak, yoksulluğun kaldırılması, nüfus kontrolü, doğal kaynakların sağladığı yararın eşit dağılımı, çevre dostu teknoloji, yenilenemeyen kaynak tüketimini düşürmek, yeryüzünde bulunan canlıların çeşitliliğini korumak, insanların kendi yaşadığı alana sahip çıkması ve çevreye bütüncül bir şekilde yer almaktadır.

Düşük karbon ekonomisine geçişte oluşabilecek çevresel ve sosyal sonuçları dikkate alınmadığında, karbonsuzlaştırma yöntemleri mevcut küresel ekonominin sömürü ve özel mülkiyet modellerini yeniden yaratmaktadır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde düşük karbonlu ekonomiye geçiş yaşamın her alanında hayati önemdedir. Bu kapsamda bir sonraki bölümde tarım, enerji, sürdürülebilirlik kavramlarının aralarındaki ilişki ele alınacaktır.

1.4.Tarım Enerji Sürdürülebilirlik İlişkisi

Tarım faaliyetlerinin çevreyle olan ilişkisi neolitik çağa kadar uzanmaktadır. Tarım; üretim ve tüketime, sanayiye, ticarete ve istihdama yaptığı katkılar nedeniyle ülkelerin ekonomik hayatlarında önemli bir faaliyettir. 1800'lere kadar tarımda bir ülkenin kendi kendine yeterli olarak gıda elde etmesini sağlamak tarımın toplumsal fonksiyonları arasında yer almaktaydı. Ancak zamanla nüfusun artması, beden gücüne dayalı tekniklerin yerini motorlu tarım araçlarının alması, Sanayi Devrimi'nden sonra ülkelerin rekabette üstün gelmeye yönelik tarım ve enerjiye dayalı üretimin yoğunlaşması sonucunda çevresel kirlilik artmış ve küresel bir soruna dönüşmüştür. Günümüzde ise doğal kaynakların sürdürülebilirliği sağlanarak, az enerji tüketip daha çok verim elde ederek yapılan tarım politikaları önem kazanmıştır. Bu bağlamda, bu bölümde tarım-enerji üretim ve tüketimi ile sera gazlarının verdiği zararlar verilerden yararlanılarak değerlendirilecek, tarımda enerji kullanımı sürdürülebilir bir perspektiften ele alınacaktır.

Tarımsal üretim, günümüz ülke ekonomilerinin sahip olduğu refah seviyesinde önemli bir rol oynamıştır. Enerji tüketimi ise bir ülkenin

gelişmişlik düzeyinin göstergelerinden biri olarak (Karayılmazlar ve öte., 2011: 63), insanların rahat yaşam sürmesi için vazgeçilmezdir. Tarım sektöründe enerji kullanımı, tarımsal üretimde verimliliğin yüksek olmasının araçlarından biridir. Artan nüfus ve gelişen teknolojiyle birlikte enerji kullanımının gün geçtikçe artması nedeniyle gelecek nesillere yaşanabilir, temiz bir çevre bırakılması ve sürdürülebilir kalkınma açısından sürdürülebilir bir tarımın gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Ülkelerin nüfus artış oranıyla olduğu kadar gelişim düzeyleriyle de çevresel sorunlar arasında doğrusal bir ilişki vardır. Bu ilişki Kuznets Eğrisi'nin çevreye uyarlanmasıyla desteklenmiştir (Özgür, 2017: 10). Gelişmekte olan ülkelerde entansif girdi kullanımı, teknolojinin geliştirilmesi, ihracat değerlerinin yükseltilmesi, sanayileşmenin hızlandırılması gibi koşulların gerçekleştirilmesine paralel olarak çevre kirliliği artmakta, küresel ısınma kaçınılmaz olmaktadır. Küresel ısınmada tarım faaliyetlerinin önemli bir paya sahip olduğu bilinmektedir. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynakları ile tarımsal uygulamalarda enerji ve CO₂ tasarrufu sağlanabilir.

Tablo 1.10: Dünya Geneli Yenilenebilir Enerji Kullanımı (MTEP)

Enerji Kaynakları	1990	1995	2000	2005	2010	2012	2013
Güneş Enerjisi	0,1	0,1	0,2	0,8	6,9	21,3	28,2
Rüzgar Enerjisi	0,8	1,9	6,7	23,6	77,7	118,1	142,2
Jeo, Biyokütle ve Diğer	27,7	35,4	44,9	60,7	83,5	101,4	108,9
Toplam Yenilenebilir Enerji Tüketimi	28,6	37,4	51,5	85,1	168,1	240,8	279,3

Toplam	8.796	9.225	10.066	11.520	12.891	13.330	13.583
Enerji							
Tüketimi							

Kaynak: BP Statistical, 2014.

Tablo 1.10'a bakıldığında, Dünya'da yenilenebilir enerji tüketimi 1990'da 28,6 MTEP iken zamanla artarak 2013'te 279,3 MTEP'ye yükselmiştir. 1990'da 0,1 MTEP seviyesinde olan güneş enerjisi tüketimi 2005'e kadar yüksek bir artış göstermemiştir. Ancak 2010'dan itibaren önemli artışlar gerçekleşmiştir. Rüzgar enerjisi tüketimi 1990'da 0,8 MTEP iken 2013'te yaklaşık olarak 180 kat artarak 2013'te 142,2 MTEP seviyesine ulaşmıştır.

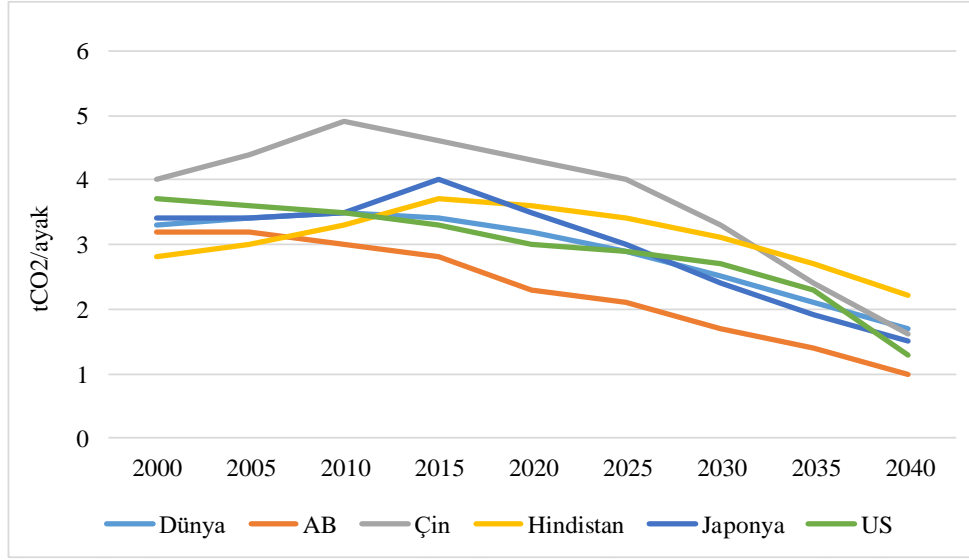
Tablo 1.11: Global Yenilenebilir Enerji Senaryosu (Gwh)

Gwh	Jeotermal	Güneş	Hidrolik	Rüzgâr	Okyanus	Biyogaz
2000	52	0.5	2618	-	0.5	13
2005	58	0.6	2935	3	0.5	21
2010	68	1.6	3445	8	0.5	46.5
2015	81	10.2	3902	39	1	83
2019	92	15.6	4333	-	1.2	-
2025	162	53.8	5012	308	4	-
2030	282	183.8	5722	606	15	-

Kaynak: IEA, 2020.

Tablo 1.11'e bakıldığında, yenilenebilir enerji kullanımında tüm kaynakların artış halinde olduğu ve olacağı görülmektedir. Güneş enerjisinin 2000'li yıllardan itibaren pek kullanılmadığı, 2015 yılından itibaren büyük bir artış gösterdiği görülmektedir. Buna karşın jeotermal ve hidrolik enerji kaynakları daha çok kullanılmıştır. Rüzgâr enerjisinin de 2025-2030 yıllarında iki kat artarak yükseleceği öngörülmektedir.

Tarımda makineleşmenin başladığı 1950'lerde sonra Türkiye'de fosil yakıt kullanımı da artmaya başlamıştır. Yakıtların atmosfere yaydığı karbon dioksit, kükürt dioksit, azot oksit ve tozun çevreyi kirletmesi karbon dioksit ve sera gazlarını artırmakta, iklim değişikliğine neden olmaktadır.



Grafik 1.4: Sürdürülebilir Kalkınma Senaryosunda Nihai Enerji Karbon Yoğunluğu

Kaynak: IEA, 2020.

Grafik 1.4'te sürdürülebilir kalkınma senaryosunda nihai enerji karbon yoğunluğunun ülkeler arasındaki dağılımı gösterilmektedir. Grafikteki referans senaryoda, AB ülkelerinin 2000-2005 yılları arasında karbon yoğunluğunun yatay bir seyir izlediği, 2005'ten sonra azalışa geçtiği görülmektedir. Dünya geneline bakıldığında ise 2000-2010 yılları arasında karbon yoğunluğunda artış olduğu, 2010'dan sonra azalma olduğu görülmektedir.

Tablo 1.12: 1990-2014 Yıllarında Sektörlerdeki Sera Gazı Salınımı (Mton)

Yıllar	Enerji	Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı	Tarımsal faaliyetler	Atık	Toplam	1990 yılına göre değişim %
1990	132,5	23,1	41,2	10,9	207,8	-
1995	160,1	27	39,8	12,2	239	15
2000	214,4	28,4	39,6	14,4	296,8	42,9

2005	252,7	37,8	37,9	16,9	345,2	66,2
2010	286	51,8	39,3	18,1	395,3	90,2
2014	339,1	62,8	49,5	16,1	467,6	125

Kaynak: tuik.gov.tr, (Erişim: 27.03.2020).

Tablo 1.12'ye bakıldığında atıkların da sera gazı salınımında önemli bir payı olduğu görülmektedir. Endüstriyel üretim süreci ve insan faaliyetleri sonucunda, nüfusa oranla daha çok artan atık miktarının çevre kirliliğinde önemli bir payı olduğu görülmektedir.

Çevre Orman Bakanlığı verilerine göre, Türkiye’de günde 65 bin ton çöp üretilmekte ve bu çöplerin yaklaşık olarak %15-20’si geri kazanılabilir niteliğine sahip atıklardan oluşmaktadır.¹⁰ Ancak katı atıklar düzensiz toplandığı için bataklıklarda, vadilerde, nehir yataklarında depolanmakta veya deniz ve göllere boşaltılmaktadır. Düzensiz yapılan bu depolama yöntemi çevre sağlığının tehdidine, doğal kaynakların sorumsuz tüketimine, ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Bu nedenle katı atık yönetimi sürdürülebilirliği uygulama alanları kapsamında yer almaktadır. Atıkların ekonomik biçimde ve çevreye duyarlı olacak şekilde uzaklaştırılması ve yok edilmesi gereği, sürdürülebilir katı atık yönetiminin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Akdoğan, atıklarla ilgili durumu şöyle değerlendirmektedir: “Şehirselleşen atıkların ne yapılacağı, nasıl değerlendirileceği konusu da günümüzde önemli bir sorun teşkil etmektedir. Söz konusu atıkların miktarının artmasıyla, bu atıkların toplanması, taşınması ve sağlıklı bir şekilde depolanması, bertarafı ve geri kazanımı olarak da ifade edilen katı atık yönetimi önem kazanmaktadır” (Akdoğan, 2007: 41).

Çevreyi kirlilemeden, doğada ve doğal kaynaklarda sürdürülebilir olarak dünyanın enerji gereksinimini sağlayacak kaynakların en önemlisi biyokütle enerjisidir. Çünkü güneş var olduğu sürece bitki yetiştirilmesi devam edeceğinden, tükenmeyecek bir enerji kaynağıdır. Atıkların geri kazanılmasıyla birlikte ürünlerin üretim ve hammadde maliyetlerinde

¹⁰ T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, http://www.cevreorman.gov.tr/atik_01.htm, (Erişim: 27.03.2020).

tasarruflar elde edilecektir. Katı atıkları yakma sonucunda enerji elde etme ve kompost üretimi sürdürülebilirliğe katkı sunmaktadır.

Günümüzde biyokütle enerjisi modern ve klasik olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Biyokütle, Türkiye’de olduğu gibi klasik bir yöntemle ya doğrudan yakılarak elde edilebilir ya da piroliz, fermantasyon, hidroliz, gazlaştırma, havasız çürütme, esterleşme reaksiyonu, biyofotoliz gibi modern yöntemlerle kalitesi artırılıp yakıt elde edilerek uygulama alanlarında kullanılır.

Tablo 1.13: Biyokütle Kaynaklarının Kullanıldığı Çevrim Yöntemleri ve Bu Yöntemlerle Elde Edilen Yakıtlar ile Uygulama Alanları

Biyokütle	Çevrim Yöntemleri	Yakıtlar	Uygulama alanları
Orman atıkları	Hatasız çürütme	Biyogaz	Elektrik üretimi ısınma
Tarım atıkları	Piroliz	Etanol	Isınma, ulaşım araçları
Enerji bitkileri	Doğrudan yakma	Hidrojen	Isınma
Hayvansal atıklar	Fermantasyon, havasız çürütme	Metan	Isınma, ulaşım araçları
Organik çöpler	Gazlaştırma	Metanol	Uçaklar
Algler	Hidroliz		Sentetik yağ, roketler
Enerji ormanları	Biyofotoliz	Motorin	Ürün kurutma
Bitkisel ve hayvansal yağlar	Esterleşme reaksiyonu	Motorin	Isınma, ulaşım araçları, seracılık

Kaynak: Karayılmazlar, 2011.

Saz, Türkiye’nin arazi varlığı ve kullanımında biyokütlenin yerini şöyle ifade etmiştir: “Türkiye iklim ve arazi yapısı itibariyle tarım ve hayvancılığın gelişmiş olduğu bir ülkedir. Sanayileşen nüfus dışında kalanlar geçimlerini tarım ve hayvancılıkla sağlamaktadırlar. Arazi varlığı daha verimli bir şekilde kullanılırsa, ürün fiyatları ve ürün yetiştirme maliyetleri dengelenirse bitkisel üretim potansiyeli de artacaktır” (Saz, 2015: 4).

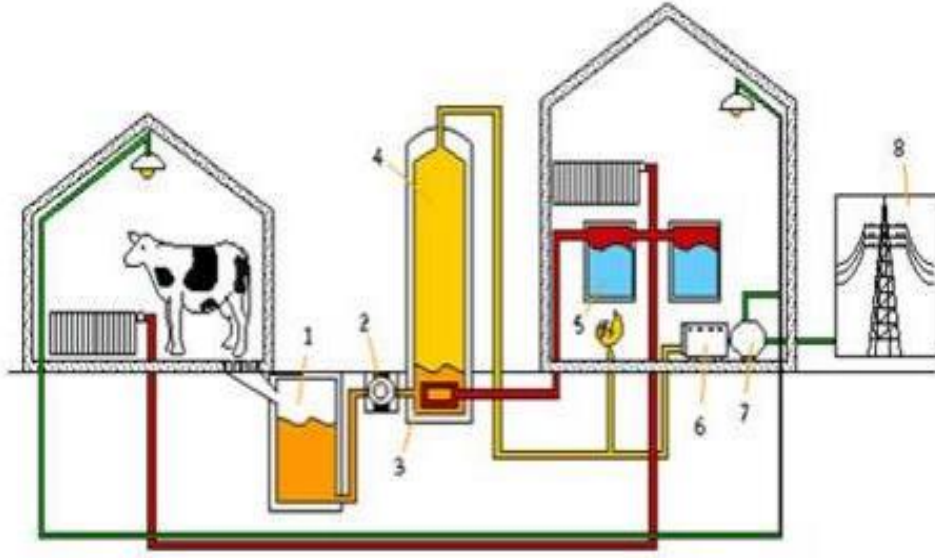
Tablo 1.14: Türkiye'nin 2019 Yılındaki Arazi Varlığı İle Biyokütle Enerjisinin Hammaddesi Olan Bitkisel Üretimin Potansiyeli

Tarla Alanı	37 712 000 ha		
Ekilen Alan	15 387 000 ha		
Nadas Alanı	3 387 000 ha		
Orman Alanı	18 938 000 ha		
Bitkisel Ürün	Ekilen Alan (ha)	Üretim (ton)	Verim (kg/ha)
Buğday	6 846 327	1 900 000	0,277
Arpa	2 869 071	760 000	0,264
Mısır	638 828	600 000	0,940
Ayçiçeği	752 631	210 000	0,279
Şeker pancarı	310 100	13 517 241	4,358
Pamuk	477 868	220 000	0,461

Kaynak: TÜİK, <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist> (Erişim: 03.05.2020).

Tablo 1.14'e bakıldığında, Türkiye'de toplam tarımsal alanının 37 712 000 hektar olduğu görülmektedir. Bunun %40,8'ini ekilen alan, %8,98'ini ise nadas alanı oluşturmaktadır. Tarla bitkilerinin yıllık atık miktarı toplam ısı değeri yaklaşık 228 PJ (bir katrilyon 1015 joule'ye eşittir)'dir ve bunun % 33,4'ünü mısır, % 27,6'sını buğday, % 18,1'ini pamuk oluşturmaktadır (Saz, 2015). Bitkisel üretimin sonucundaki arta kalan atıklar Türkiye'nin tarım ve hayvancılık sektörü açısından önemli bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Tarım ürünlerinden ve tarımsal üretimden arta kalan atıklar, biyokütleden enerji elde edilmesi açısından hammadde kaynağı oluşturmaktadır.

Türkiye'de tarımsal üretim haricinde hayvancılığın da önemli bir yeri vardır. Hayvancılığın büyük bir bölümünü inek, koyun ve kümes hayvanları oluşturmaktadır. Hayvancılıktan sağlanan atıklar modern biyokütle teknikleri kullanılarak enerjiye dönüştürülmektedir.



Şekil 0.3: Hayvan Atıklarından Biyogaz Elde Etme

Tablo 1.15: Türkiye’de Mevcut Hayvan Sayısı, Atık ve Biyogaz Miktarları, Isıl Değerleri

Hayvan	Hayvan Sayısı	Atık Miktarı (ton/yıl)	Toplam Kuru Gübre Miktarı (ton/yıl)	Kullanılabilirlik (%)	Kullanılabilir Kuru Madde (%)	Elde Edilebilir Biyogaz (m ³ /yıl)	Isıl Değeri (MJ/m ³)	Toplam Isıl Değer (GJ/yıl)
İnek	12838285	127645932	16211033	65	10537172	2107434345	22.07	47838760
Koyun	29903590	24558323	6139581	13	798146	159629101	22.07	3623581
Kümes	264784050	7731694	1932924	99	1913594	382718866	22.07	8687718

Kaynak: Saz, Biyokütle Enerjisi ve Yararlanma Yöntemleri, 2015.

1 m³ biyogaz, 4700-5700 kcal/m³ ısı mikarına eşdeğerdir. Bu değer; 3,47 kg odun, 12,3 kg tezek, 4,70 kwh elektrik enerjilerine ve 66 L motorin, 75 L benzin yakıtlarına eşdeğerdir.

Topal ve Arslan'a göre, Türkiye biyokütle potansiyelinde zengin bir ülkedir. Bu potansiyelin kullanılması ve gelişmesi için çevre koşullarına ve gerekli olanaklara sahiptir. Türkiye'nin, tarım ve enerji ithalatında dışa bağımlılığı azaltmak ve çevresel sürdürülebilirlik zeminini sağlamlaştırmak adına enerji ormancılığı ile enerji tarımına geçmesi gerekmektedir (Topal ve Arslan, 2008: 246).

Gelinen noktaya bakıldığında, kömür ve petrol gibi yenilenebilir enerji kaynakları tüketimi ormanların, dünyadaki doğal kaynakların ve denizlerdeki biyolojik çeşitliliğin tükenmesine neden olmuştur. Dünyadaki sürdürülebilirlik sorununu yenilenebilir enerji kaynaklarıyla aşmak mümkündür. Yenilenebilir enerji kaynakları tarım ve enerjide sürdürülebilirlik ile iklim değişikliği ve küresel ısınmayı önlemek açısından en güvenli yoldur. Bu bağlamda bir sonraki bölümde tarım-enerji ilişkisi ve tasarrufu makro verilerle daha ayrıntılı değerlendirilecektir.

2. BÖLÜM

TARIM ENERJİ İLİŞKİSİ MAKRO VERİLER

Son dönemde pek çok ülkede çeşitli aletlerin, cihazların, makinelerin kullanımında enerjinin verimliliğini artırmak amacıyla yapılan çalışmalarda önemli bir artış söz konusudur. Bunun temel nedeni çevre kirliliğini ve enerji maliyetlerini azaltma çabalarıdır. Ayrıca fosil yakıt kullanımının ve sera gazı salınımının daha aza indirgenmesi ve yenilenebilir enerji kullanılması daha az hava kirliliği anlamına gelmektedir. Enerji üretimini ve tüm aşamalarda enerji verimliliğini artırmak, enerji yoğunluğunun sektörler bazında ve makro düzeyde azaltılması dünya çapında tarım, enerji ve sürdürülebilirlik ilişkisinin önemli bileşenleridir.

Ergül, tarımda enerji verimliliğini şöyle ifade etmiştir: “Tarımsal üretim işlemlerinde kullanılan girdilerin toplam enerji değerinin, elde edilen ürünün enerji değeri ile karşılaştırılması, üretim verimliliğinin değerlendirilmesi için daha gerçekçi bir yaklaşımdır” (Ergül, 2016: 15).

Sürdürülebilir politikalarının belirlenmesinde tarım, enerji ve çevre faktörlerinin bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir. Ülkeler çevre dostu ve yenilenebilir enerji kaynaklarına gün geçtikçe daha çok önem vermektedir. Bu yönüyle ülkeler gelecekte temiz enerji kaynaklarının kullanımında büyük bir atılım göstereceklerdir.

Tarımsal koşulların daha elverişli olması ve daha hızlı üretim yapılabilmesi için makineleşme oldukça önemlidir. Makineleşme, teknolojik araçlar, traktör sayısı bir ülkenin tarımsal gelişmişlik düzeyini gösteren unsurlar arasında yer almaktadır. Çünkü kullanılan modern teknikler, çiftçinin daha kısa zamanda daha çok iş yapmasına neden olmakta, elde edilen ürünün miktarını ve kalitesini artırmaktadır. Bu kapsamda bu bölümde öncelikle Türkiye tarımında kullanılan teknik, alet ve makinelerin gelişimi ile tarımda kullanılan enerji türleri ve miktarları ele alınacak, sonra enerji verimliliği adına enerji tasarrufu sağlayan tarım tekniklerinin sürdürülebilirliğe katkısı incelenecektir. Daha sonra sürdürülebilir tarım için potansiyel su verimliliği kapsamında, bitkisel üretimde kullanılan farklı

modern sulama tekniklerinin tasarruf ve verimliliklerine kısaca değinilecektir. Bölüm sonunda da seçilen tarım teknikleriyle sağlanan enerji ve su tasarruf maliyet analizi ile bu alternatif tarım tekniklerinin ekosistemdeki sürdürülebilirliğe katkısı değerlendirilecek.

2.1.Tarımda Kullanılan Enerji Türleri ve Miktarları

Tarım sektöründe, ileri teknoloji ve mekanizasyon uygulanmasının sonucunda, enerji kullanımı daha çok artmaktadır. Ancak enerji tüketimi arttıkça karbon salınımının da arttığı görülmektedir. Bir yandan nüfusla birlikte gıda ihtiyacı hızla artarken diğer yandan yeni teknolojiler ve uygulamalar sayesinde verimlilik artmaktadır. Bu da gıda üretimi için daha fazla işlenebilir arazi veya birim alandan daha fazla ürünün elde edilmesi gerektiği anlamını taşımaktadır. Ancak her yıl erozyon, drenaj, tuzlanma, yol, baraj, konut inşaatı için kullanılması gibi tarım arazilerinin tarım dışı kullanılması nedeniyle ciddi miktarda işlenebilir tarım arazisi yok olmaktadır. Bunun yanında tarımda kullanılan yanlış teknikler toprağa zarar verip verimliliğini olumsuz etkilerken, enerjinin yoğun bir şekilde kullanılması da ülkelerin ekonomisine ve ekosisteme zarar vermektedir. Bu nedenle bu bölümde tarımda kullanılan enerji türleri ve miktarları verilecek, toprağın verimliliğini etkileyen diğer ürünler ve enerji türleri değerlendirilecektir.

İnsanlar ilkel çağda tarımsal üretimde gün kaynağı olarak, kendilerinin ve hayvanların kas güçlerini kullanmışlardır. Kas gücü, ülkelerde tarımsal üretim için farklı işlemlerde yaygın olarak kullanılmıştır ve pek çok işte günümüzde de hala kol gücü kullanılmaktadır.

Tablo 2. 1: İnsanın İşgücü ve Çeşitli Tarım İşlemleri Esnasında Harcanan Enerji Değerleri

Yapılan iş	Enerji tüketimi (kJ/dakika)
Kazma veya kürekle çalışma	25.12
Orakla biçme	29.30
Tırpanla biçme	29.30

Sap bağlama	30.56
Sap tasıma	21.35
Sapı dövücüye yedirme	24.28
Bağlı sapı tarım arabasına yükleme	23.44
Pancar tarım arabasına yükleme	23.44
Hayvan ile sürme	24.70
Makina ile sürme	17.58
Pancar çapalama (kadın)	13.39
Pancar seyreltme (kadın)	10.88
Patates toplama	10.88
Düz yolda yürüme (Hız = 5.5 km/h)	23.44
Tarlada yürüme (Hız = 5.3 km/h)	31.81
20 kg yükü omuzda tasıma	15.07

Kaynak: Dinçer, 1977 ve Uzmay, 1984.

Tablo 2.1'deki bu değerler insanların bedensel yapısına, çalışma süreleri ve koşullarına göre değişmektedir. Tarım faaliyetlerinde insanın işgücünün kullanıldığı enerjinin tüketimini hesaplamada çalışmanın süresi baz alınmaktadır. Kuvvet kaynağı başlıca hayvanlar ise öküz, inek, manda, at ve katırdır (Dinçer, 1977).

1800'lü yılların ortalarından itibaren beden gücünün yerini mekanik araç gereçler ve motorla çalışan makineler almaya başlamıştır. Sanayi sektöründeki en önemli gelişmelerin biri olan James Watt'ın, buhar makinesine 1769 yılında patent almasından yaklaşık bir asır sonra 1858'de J.W.Fawkes buharlı traktör yapmıştır. 1867 yılında N. Otto'nun içten patlamalı, 1893 yılında R.Diesel'in ise içten yanmalı motorlarla ilgili çalışmalarını ortaya koymalarıyla 1890'dan itibaren termik motorlu traktör yapımına başlanmıştır. Nebraska, ABD'de ilk defa traktör denemelerini gündeme getirmiş ve traktör güvenilirliğinin tescil edilmesine yönelik

çalışmalara başlamıştır. 1920'den itibaren traktörlerde hızlı bir gelişme görülmüştür. Türkiye de 1. Dünya Savaşı'ndan sonraki yıllarda tarımda kullanılması için Kızılay traktörler getirmiştir. Sonraki yıllarda ise ithal edilenler traktörlerle birlikte Marshall Planının da uygulanmasıyla traktör sayısı 1952'de 31.413'e yükselmiştir (Öğüt, 1995).

Tablo 2. 2: 1970-2018 Yılları Arasında Türkiye'deki Tarım Alet ve Makine Sayıları

Yıl	Traktör Sayısı (Motorlu Taşıtlar İstatistikleri)	Traktör sayısı (Tarım Alet ve Makine Sayısı İstatistikleri)	Biçerdöver sayısı
1970	-	104 460	-
1975	-	242 456	-
1980	352 427	435 283	-
1985	502 590	582 291	-
1990	769 456	692 454	-
1995	937 528	776 863	-
2000	1 159 070	941 835	12 578
2001	1 179 068	948 416	12 053
2002	1 180 127	970 083	11 539
2003	1 184 256	997 620	11 721
2004	1 210 283	1 009 065	11 519
2005	1 247 767	1 022 365	11 811
2006	1 290 679	1 037 383	12 359
2007	1 327 334	1 056 128	12 775
2008	1 358 577	1 070 746	13 084

2009	1 368 032	1 073 538	13 360
2010	1 404 872	1 096 683	13 799
2011	1 466 208	1 125 001	14 313
2012	1 515 421	1 178 253	14 813
2013	1 565 817	1 213 560	15 486
2014	1 626 938	1 243 300	15 899
2015	1 695 152	1 260 358	15 998
2016	1 765 764	1 273 531	16 247
2017	1 838 222	1 306 736	17 199
2018	1 885 952	1 332 139	17 266

Kaynak: TÜİK, <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>, (Erişim: 04.05.2020); TÜİK, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1051, (Erişim: 29.05.2020); World Bank Data, <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>, (Erişim: 29.05.2020).

Tablo 2.2’de, 1970-2018 yılları arasında Türkiye’de kayıtlı toplam traktör ve biçerdöver sayısı verilmektedir. TÜİK’te motorlu taşıtlar ve tarım alet ve makinelerdeki traktör sayıları farklılık gösterdiğinden ikisi de tabloda yer almaktadır. 1970 yılında 104.460 adet olan traktör sayısı, 2018 yılında 1.332.139’a ulaşmıştır. Biçerdöver sayısının ise 2001 yılında 12.053 iken 2018 yılında 17.266’ya ulaştığı görülmektedir.

Tarım alet ve makineleri, tarımsal sektörde mekanizasyonu sağlayarak, tarım üretimini doğa koşullarına bağımlı olmaktan büyük ölçüde kurtarmaktadır. Daha bol, daha kaliteli ürün sağlanmasına katkı sağlamaktadır. Üretim işlerinin zamanında yapılmasına, kırsal kesimde çalışma şartlarını iyileştirerek tarımda iş verimini artırmakta, teknik bilgiyi ve beceriyi geliştirmektedir.

Tablo 2. 3: Türkiye Tarımında Alet ve Makinelerin Kullanılmaya Başladığı Dönemler

1920-1948	1948-1980	1980 sonrası
Kara saban	Traktöre takılan pulluk	Ark açma pulluğu
Beygir tarağı ve tırmık	Traktör	Atomizör
Harman makinesi	Dairesel nadas tırmığı	Balya makinesi
Tohum makinesi	Mibzer	4 tekerlekten çekişli traktör
Biçer bağlar makinesi	Pamuk ekim makinesi	Damla sulama tesisi
Orak makinesi	Römork	Yağmurlama tesisi
Kalbur makinesi	Biçerdöver	Derin kuyu pompa
Çeşitli parçalı merdane	Lastik tekerlekli yeni traktör	Diskli tırmık
Kültivatör	Santrifüj pompa	Dişli tırmık
Çayır makinesi	Batöz	Elektropomp
Tınaz makinesi	Motopomp	Hayvan pulluğu
Çeşitli pulluk		Hayvanla ve traktörle çekilen ara çapa makinesi
Demir tekerlekli traktörler		Kimyevi gübre dağıtma makinesi
		Kombine hububat ekim makinesi
		Motorlu pülverizatör

Kaynak: Aldağ, 2009; Karaboğa, 2010; Cankaya, 2013; Yener, 2019; TÜİK, (Erişim: 29.05.2020).

Yukarıdaki tabloda belirli dönemler içinde en çok kullanılmaya başlanan tarım alet ve makineleri yer almaktadır. 1920’li yıllarda tarım el emeği ve hayvan gücüne dayanmaktadır (İlgen, 2008). Osmanlı’da çift sürmede daha

çok kara saban tekniği kullanılırdı. Ancak karasaban toprağı 10-15 cm derinliğe sürebiliyordu. Topraktaki yabancı otları temizleyemediği için birkaç kez aynı işlemleri tekrarlaması gerekiyordu. Ayrıca hava şartlarından dolayı çift sürme süresi 45-60 günü geçmediği için bir çift öküzle 35-40 dönüm toprak işlenebiliyordu. Bu nedenle kara saban işlenecek toprak miktarını büyük ölçüde sınırlıyordu. Daha sonra Balkanlar'daki bazı varlıklı arazi sahiplerinin pulluğa sahip olması (Karaboğa, 2010: 63), Rusya veya Girit gibi farklı yerlerden gelen göçmenlerin tarım aletlerini yanlarında getirmeleri (Cankaya, 2013: 37) ve bu tarım tekniğinin işlevinin daha fazla olması kullanım alanının yayılmasına neden oldu. Atatürk Orman Çiftliği'nin 1926 yılındaki envanterinde 33 adet farklı çeşitlerde pulluk yer almaktadır. Pulluklar Almanya'dan ithal edilmiştir. Orak makinesi ise Cumhuriyet'in ilanından sonra ithalatta payı en fazla olan tarım aletidir. Orak makinesi, Amerika'dan ithal edilmiştir. Bu dönemde, tarım makinelerinin kullanılmadığı bazı yüksek ve dağlık bölgelerde arpa ve buğday gibi ekinlerin işlenmesi tırpanla yapılıyordu. Hasat toplanırken düğenle sürme işlemleri gerçekleştirildikten sonra tınav savurma yapıyor ve rüzgâr yardımıyla ürünler samandan ayrılıyordu. Başka bir deyişle, çiftçiyi rüzgâra bağımlılıktan kurtarıyordu. Traktörlerin yoğun olarak kullanılmaya başlanmasıyla pulluklar ve orak makinesi bırakılmıştır (Cankaya, 2013: 49).



Resim 2. 1: McComirk Marka Orak Makinesi

İkinci Dünya Savaşı'nın ardından Amerika Dışişleri Bakanı Marshall tarafından, Avrupa'yı kalkındırmak için bir plan önerildi. Bu planda amaçlanan, Amerika'daki üretimi canlandırmak yeni pazarlar yaratmaktı. Marshall Planı'nın Türkiye'de uygulanmaya başlanmasıyla mevcut tarım aletleri ve makineleri hızlı bir şekilde artmaya başlamıştır. 1948 yılında traktör sayısı 1.756 iken 1949'da 9170, 1950'de ise 16.585 adete ulaşmıştır. 1955 yılında Türkiye'de 4.028 traktör bulunmaktadır (Kadayıfçılar, 1963).



Resim 2. 2: Türkiye'ye İthal Edilen İlk Traktör

Kaynak: Cankaya, 2013.

Tablo 2. 4: 1936-1965 Yılları Arası Türkiye Traktör Sayıları

Yıl	Traktör Sayısı
1930	961
1936	1.066
1945	1.156
1948	1.756
1949	9.170
1950	16.585
1951	24.000
1952	31.415
1953	35.600
1954	37.743
1955	40.282
1960	42.136
1965	54.668

Kaynak: Kadayıfçılar, 1968.

Marshall Planı dolayısıyla Türkiye'nin yaptığı traktör ithalatında büyük bir artış söz konusudur. 1948-1960 yılları arasında tarım sektörüne 102 milyar dolar yardım yapılmıştır (Cankaya, 2013: 114).

Tablo 2. 5: 1956 Yılına Kadar Marshall Planı Çerçevesinde Getirilen Traktör ve Bazı Tarım Alet ve Makine Ekipmanları

Ekipmanın Cinsi	Sayısı
Traktör	7.919
Traktöre takılan pulluk	12.407
Pamuk ekim makinesi	4.115

Mibzer	7.192
Disk harrow(dairesel nadas tırmığı)	7.413
Biçerdöver	3.642
Batöz	4.88
Hayvanla çekilen pulluk	2.943
Römork	4.044
Mobil Tamirhane	6
Motopomp	423
Santrifüj pompa	694

Kaynak: Cankaya, 2013.

Tablo 2.5'e bakıldığında, 1957 yılına kadar 7.919 traktör, 3.642 biçerdöverin Marshall Planı çerçevesinde getirildiği görülmektedir. TÜİK verilerine göre, 1957 yılında traktör 44.144 adet, biçerdöver ise 6.543 adete ulaşmıştır.

Bazı makinelerden dolayı hasat zamanı, ürünlerin sap kısımları genellikle tarlada kalmaktadır. Sapların toplanıp balya haline getirilmesi amacıyla balya makinesi kullanılmaktadır. Balya makineleri, traktörün arkasına bağlanarak kullanılırlar ve kolay taşınabilirler. 1998 yılında 63 milyon USD'lik ithalat yapılmıştır ve balya makinesi bu ithalatta önemli bir yer kaplamaktadır (Cankaya, 2013: 119).

Birçok alanda olduğu gibi tarımsal alanda da makineleşmenin bir dönüşümü başlattığı görülmektedir. Özellikle biçerdöver ve traktörler sayesinde büyük bir zaman tasarrufu sağlanmıştır. Bu makineler çiftçinin daha az zaman harcamasını, daha az emek emekle araziden daha fazla verim almasını sağlamıştır.

2.2. Diğer Tarım Girdileri ve Enerji Tüketimi

Gelişen bu teknolojinin yanında tarım sektöründe verimlilik gübre, ilaç, toprak, tohum, gibi kullanılan çeşitli tekniklere de bağlıdır ve tüm işlemler için ayrı ayrı enerji tüketimi söz konusudur. Tarım alet ve makinelerinin enerji maliyetleri ile kimyasal gübreler, tarımsal üretimde enerji maliyetlerinin üçte ikisini oluşturmaktadır (Öztürk, 2011: 7-8).

Tablo 2. 6: Gübre Üretiminde Enerji Tüketimi

Gübre	Enerji tüketimi (MJ/kg)
Üre (% 46)	50.0
Kalsiyum amonyum nitrat (CAN, % 25)	42.0
Amonyum nitrat (% 33-35)	40.0
Üçlü süper fosfat (TSP, % 46 P ₂ O ₅)	8.00
Tekli süper fosfat (SSP, % 16-20 P ₂ O ₅)	6.50
Amonyum fosfat	18.5
PK 22-22	31.5
Potasyum klorit	5.0
NPK-(17-17-17)	53.0

Kaynak: Baran ve Karaağaç, 2014.

Tablo 2. 7: Bazı Biyolojik Girdilerin Enerji Eşdeğerleri

Biyolojik Girdiler	Enerji Eşdeğeri (MJ/kg)
Ticari kompost	10.5
Sığır gübresi	3.80
Koyun gübresi	11.1
Tavuk gübresi	10.9

Kaynak: Öztürk, Yaşar ve Eren, 2010.

Kimyasal gübrenin üretilmesi için tüketilen enerji değerleri Tablo 2.6’da verilmektedir. Tarım üretiminde biyolojik bir girdi olarak bazı hayvanların gübreleriyle kompostlara yönelik enerji eşdeğerleri ise Tablo 2.7’de verilmektedir. Gübre üretimi için değişik ara ürünler ve hammaddeler kullanılmaktadır. Hammadde olarak kullanılan başlıca enerji kaynağı hidrokarbonlardır. Amonyak üretimi için yakıt; kompoze gübrenin ve azotun üretiminde ise ara ürünler kullanılmaktadır. Gübre üretilirken enerji fazla tüketildiği için atmosfere ciddi miktarda CO₂ salınmaktadır. Tarımsal üretim için kullanılan kimyasal yapıdaki gübrelere enerji eşdeğeri, gübre üretimi işlemlerindeki tüm girdilerin enerji eşdeğerlerinden hesaplanmaktadır. Yani kimyasal gübre için harcanan enerjinin maliyeti, gübre üretiminde uygulanan yöntemlerle doğrudan bir ilişki içindedir.

2.3. Tarımda Sulama ve Enerji

Makineleşme ve ürüne göre uygun gübre miktarı ve iyileştirici maddelerin kullanımı yanında ülkelerin potansiyeline göre uygun tarımsal tekniklerin kullanılması da önemlidir. Sulama teknikleri bu konuda önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye’de bütün sektörler içinde tarım sektörü en çok su kullanan sektör olarak ilk sıradadır. Dolayısıyla tarım sektöründe etkin su kullanımı sağlayan tekniklerin kullanımı önemlidir.

Sulama verimi, toprak, bitki, iklim, çiftçi koşulları ve kullanılan sulama tekniklerine bağlı olarak 1 ile 5 kat arasında artırılmaktadır (Öcalan, 2009: 2). Gelişmiş sulama teknikleriyle çevreye zarar vermeden daha az sulama ve işgücü ile aynı miktarda ya da daha fazla ürün üretmek mümkündür. Yetiştirilecek bitkinin arazilerin özelliğine göre uygun sulama tekniğinin uygulanması doğal kaynakların sonraki nesillere aktarılmasını en iyi şekilde sağlayacaktır.

Sera gazlarının neden olduğu küresel ısınma, tarım için çok önemli olan yağış düzenini değiştirdiğinden bölgesel su sorunu ciddi bir sorundur. Damla ve yağmurlama gibi basınçlı sulama sistemlerinin uygulanması su kaybını azaltmakta, aşırı sulamanın çevreye karşı zararını azaltmaktadır (Çakmak ve Aküzüm, 2008: 353).

Türkiye, Doğu Karadeniz Bölgesi haricinde yarı kurak ve kurak bölgelere sahiptir. Bazı bölgelerde gerçekleşmesi olası olan 1-2 derecelik ısınma ile oluşan yağış miktarındaki %10'luk düşüş akarsu akışını bir yılda %40-70 oranında azaltabilir. Tarımsal üretim için bu tip bölgelerde uygun sulama tekniğini seçmek önemlidir. Nüfusun artış halinde olması, besin ihtiyacını ve daha çok ürün yetiştirmek için yeni tarım alanlarının açılmasını dolayısıyla suyun daha randımanlı kullanılmasını gündeme getirecektir (Türkiye Gıda ve İçecek Dernekleri Federasyonu, 2017: 35-43).

Tablo 2. 8: Türkiye’de Mevcut Yeraltı-Yerüstü Su Kaynaklarının Potansiyeli

	Yıllık Ortalama Yağış	643.00 mm	
	Toplam Yağış	501.0 km ³	
Yüzeysel Su Potansiyeli	m ³	Yeraltı Su Potansiyeli	km ³
Yıllık akış	186.05		
Yıllık akışın toplam yağışa oranı	0.37	Çekilebilir yıllık su potansiyeli	12.3
Kullanılabilir yüzeysel su potansiyeli	95.00	Geliştirilen potansiyel	9.0
Fiili yıllık tüketim	31.49	Fiili yıllık tüketim	6.0

Kaynak: Devlet Su İşleri, <http://www.dsi.gov.tr/topraksu.htm> (Erişim: 20.03.2020).

Tablo 2.8’de görüldüğü gibi, Türkiye’nin toprak potansiyeline göre sahip olduğu su kaynağı sınırlı miktardadır.

Türkiye’de havza bazındaki çalışmalarla çekilecek yeraltı su potansiyeli 12.3 km³’tür. Bir yılda kullanılacak toplam yeraltı-yerüstü suyun potansiyeli 107.3 km³’tür. Bu da yenilenebilir su potansiyelinin %45.85’ine eşdeğerdir. Ancak 2014 yılına kadar kullanılabilir potansiyelin yalnızca %37.74’ü geliştirilip kullanılmıştır (Kanber ve Ünlü, 2014: 21).

Tablo 2. 9: Tarım Bölgelerine Göre Türkiye’de Tarımsal İşletmeler ve Sulama Faaliyetleri

				Sulama Sistemi		
Tarım Bölgeleri	Toplam İşletme Sayısı	Sulama Yapan İşletme Sayısı	Sulama Yapılan Alan Dekar	Salma Sulama Dekar	Yağmurlama Sulama Dekar	Damla Sulama Dekar
Türkiye	3.021.189	1.295.339	35.052.264	28.648.330	5.824.152	579.782
Orta Kuzey	350.861	116.384	2.247.767	1.302.192	915.038	30.537
Ege	529.818	294.522	6.853.372	6.438.836	239.058	175.478
Marmara	233.887	81.101	1.557.585	1.087.629	428.302	41.654
Akdeniz	354.135	215.226	6.668.541	6.169.933	253.088	245.520
Kuzeydoğu	186.540	80.628	2.684.121	2.606.318	62.746	15.057
Güneydoğu	287.398	131.846	5.968.272	4.526.542	1.431.827	9.903
Karadeniz	540.903	126.040	1.192.490	1.063.603	122.261	6.626
Ortadoğu	280.835	127.687	2.761.504	2.620.910	91.189	49.405
Orta Güney	256.812	121.885	5.118.612	2.832.367	2.280.643	5.602

Kaynak: Miran, 2005.

Türkiye’de sulanmakta olan arazinin büyük kısmı klasik sulama teknikleriyle sulanmaktadır. Bu alanlarda %16.62 yağmurlama sulama, %1.65 damla sulama teknikleri mevcuttur. Tarımsal bölgelerde sulama tekniklerine göre, sulama alanları dağılımında basınçlı sulama tekniklerinin en çok kullanıldığı tarımsal bölgeler sırasıyla orta güney, güneydoğu, orta kuzeydir.

Türkiye’nin bulunduğu iklim kuşağı yarı kurak ve kurak bir iklim özelliğine sahiptir. Bu durum, tarımsal sektörde kullanılan suyun önemini daha da artırmaktadır. İklim kuşağının yarı kurak ve kurak olduğu bölgelerde, bitkinin kök bölgesindeki nem eksikliği bitkinin gelişmesini ve verimini olumsuz etkilemektedir.

Su kaynaklarını verimli şekilde kullanılması ve tasarruf sağlayacak sulama tekniğinin seçilmesinin toprak, bitki, iklim bakımından oldukça önemli olduğu ortadadır. Ancak Türkiye gibi tarımsal faaliyet olanaklarının fazla olduğu bir ülke için tarımda verimli enerji kullanımı, yenilenebilir enerji kaynakları ve alternatif tarım teknikleri ile daha fazla tasarruf edilebilir.

Artan nüfusunun gıda gereksiniminin karşılanması ne kadar önemliyse sürdürülebilir bir enerji sistemi yaratmak da önemlidir. Çünkü bu sistem tarımı ve ülkelerin ekonomisini daha güçlü kılacaktır. Fosil yakıtların enerji olarak kullanımının yaygın olduğu tarım yöntemleri, ekonomiye ve çevreye verdiği zararlardan dolayı sürdürülebilir değildir. Günümüzde birçok ülke çevre sorunlarını çözmek, enerji tasarrufu sağlamak ve sürdürülebilir tarım için yenilenebilir enerji kaynaklarına daha çok yönelmeye başlamışlardır. Tarım sektöründeki teknolojik gelişmelerle artan yenilenebilir enerjinin kullanımı ürün verimliliğini artırmakta ve çevreye duyarlı üretim yöntemlerinin gelişmesine katkıda bulunmaktadır. Tarım ürünlerinde girdi verimliliğini artıran bu gelişme, enerji kaynaklarının etkin kullanılmasında önemli bir imkân sağlamaktadır. Tarım faaliyetlerinde atıl ve yenilenebilir kaynakların kullanımı, tarımda üretimin sürekliliğini sağlayarak enerji tasarrufuna neden olmaktadır.

Enerji tasarrufu sağlayan bu uygulamalar arasında hayvan dışkısından yakıt üretimi, rotasyon, damla sulama, sürümsüz tarım, güneş enerjisiyle sulama teknikleri yer almaktadır.

2.3.1. Hayvan Dışkısından Yakıt Üretimi

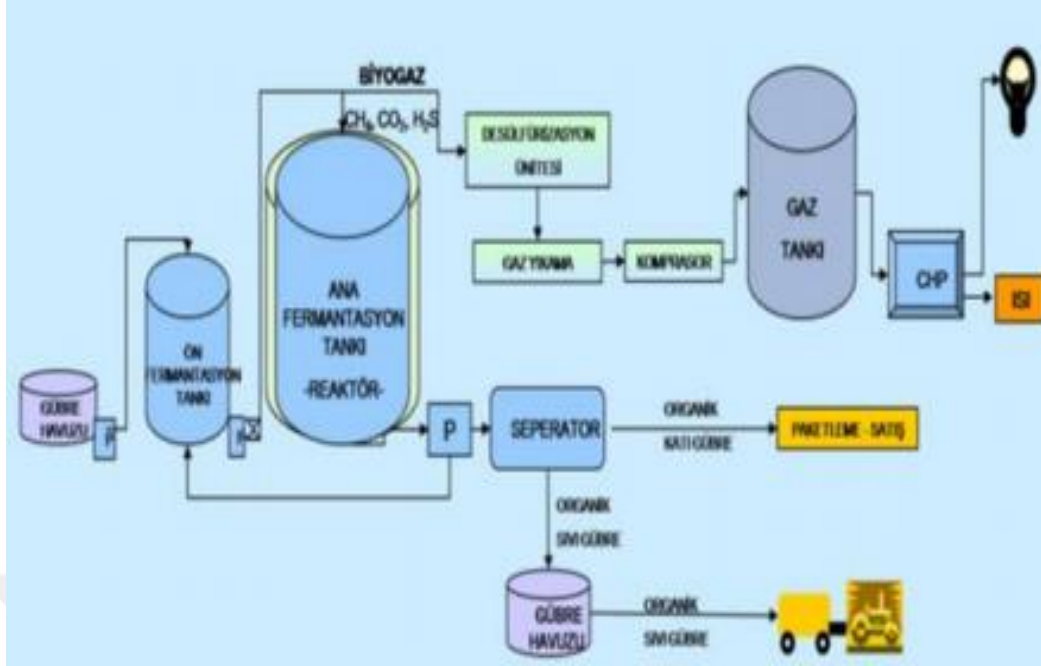
Hayvan gübresinin samanla karıştırılıp kurutulmasıyla katı yakıt elde edilmektedir. Köylerde bu yakıt daha çok ısınma amacıyla kullanılmaktadır. Ancak bu pek tercih edilen bir uygulama değildir. Çünkü yakma işlemi esnasında salınan koku ve karbondioksit, metan ve amonyak gibi zararlı gazların açığa çıkması insan sağlığını ve çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. Hayvan gübresinin oksijensiz ortamda fermantasyonuyla üretilen biyogaz üretilmesi mümkündür. YEGM'ye göre biyogaz, "Organik bazlı atık/artıkların oksijensiz ortamda (anaerobik) fermantasyonu sonucu ortaya çıkan renksiz - kokusuz, havadan hafif, parlak mavi bir alevle yanan

ve bileşimindeki organik maddelerin bileşimine bağlı olarak yaklaşık; % 40-70 metan, % 30-60 karbondioksit, % 0-3 hidrojen sülfür ile çok az miktarda azot ve hidrojen bulunan bir gaz karışımdır".¹¹

Avrupa Birliği ülkelerinde, hayvansal atıklardan anaerobik arıtma yöntemleriyle biyogaz üretim yöntemleri yerel enerji üretim kaynaklarına katkıda bulunmakta ve tesisler işletmektedir. Almanya, İsviçre, Fransa, Avusturya, İtalya bu tesisleri işleten ülkeler arasındadır. Almanya'da, hayvansal atıkların arıtımı için 3.000'den fazla biyogaz tesisi anaerobik arıtım uygulayarak biyogaz üretmektedir. Örneğin Danimarka, hayvanların gübresini diğer organik atıklarla karıştırıp biyogaz üretiminde kullanmaktadır (Tolay ve öte., 2008: 260). Çiftliklerden toplanan atıkları, biyogaz tesisinde gaz üretiminde kullanılmaktadır. Sonra bu gazı doğal gaz şebekesine verilmektedir. Merkezi gaz şebekesinden çıkan gübre tekrar çiftçilere dağıtılmaktadır.

Danimarka'da 1.500-2.500 kadar büyük baş hayvanın atığını arıtan biyogaz tesisleri bu konuda önde gelmektedir. Tesisler, 1.000-15.000 m³/gün biyogaz üretecek bir kapasiteye sahiptir. Hindistan ve Çin'de de hayvansal atıkları arıtma için biyogaz tesisleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Güney Amerika'da ise biyogaz tesislerini en yoğun şekilde kullanan ülke Brezilya'dır (Yenilmez, 2015: 208).

¹¹ T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı, http://www.cevreorman.gov.tr/atik_01.htm, (Erişim: 02.05.2020).



Şekil 2. 1: Biyogaz Tesisi Kurulum Şeması

Türkiye’de 85 adet biyogaz tesisi vardır ve 45 şehirde faaliyet göstermektedir. Bu tesislerin kurulu gücü ise 358 megawat’tır.¹² Biyogaz tesislerinin yatırım maliyeti 2.250.000 € ile 2.750.000 € arasındadır. Örneğin, 2500 kapasiteli tavuk çiftliğinde 27.75 m³ gaz eşdeğerinde 41 kwh enerji üretilmektedir (Yenilmez, 2015: 209). Biyogaz tesisleri ortalama 3 senede kendisini amorti etmektedir.¹³

Aybek ve arkadaşlarına göre, hayvanların barınakta kaldığı süre göz önüne alındığında, büyükbaş dışkısının %50’si, küçükbaşın %13’ü, kanatlı hayvanların %99’u biyogaz amacıyla biyogaz elde etmek için kullanılmaktadır (Aybek ve öte, 2015: 29).

¹² “Türkiye’de Kaç Biyogaz Tesisi Var?”, Enerji Ekonomisi, <https://www.enerjiekonomisi.com/turkiye-de-kac-biyogaz-tesisi-var/6171/>, (Erişim: 05.05.2020).

¹³ Serhat Ayan, “Dışkıdan Gelen Temiz Enerji, Kendini 3 Senede Amorti Ediyor”, Sputnik, <https://tr.sputniknews.com/yeni-seyler-rehberi/201807131034302370-diskidan-gelen-temiz-enerji-kendini-3-senede-amorti-ediyor/>, (Erişim: 05.05.2020).

Tablo 2. 10: Değişik Hayvan Gübrelерinin Miktarı İle Elde Edilen Biyogaz Miktarı

Gübre Cinsi	Gübre Miktarı	Elde Edilebilecek Biyogaz Miktarı (m ³)
Sığır	1 ton	33
Koyun	1 ton	58
Kümes Hayvanı	1 ton	78

Kaynak: <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx>, (Erişim: 27.03.2020).

Tablo 2. 11: Hayvansal Atık Özellikleri ve Biyogaz Verimleri

Hammadde Tipi	Birim hayvan gübre üretimi (kg/hayvan-gün)	KM (kuru madde) (%)	UKM (uçucu kuru madde) (%)	Hammadde özgül metan üretim oranı (m ³ CH ₄ /kg UKM)	
Büyükbaş Gübresi	Yetişkin	43	13,95	83,33	0,18
	Genç	2,48	8,39	44,23	0,33
Küçükbaş Gübresi	2,40	27,50	83,64	0,30	
Kanatlı Gübresi	0,18	25,88	77,27	0,35	

Kaynak: Varol, 2017.

Yukarıdaki tabloda, günlük olarak üretilen yaş gübre ile bu gübrenin biyogaz üretiminde kullanımı sonucunda elde edilen enerji miktarı yer almaktadır. 1 m³ biyogazın içeriğinde %60 olan metanın enerji değeri 22,7 MJ/m³'tür. Dolayısıyla 1 m³ metan gazının enerji değeri de 36 MJ alınarak, biyogazın enerji değerleri hesaplanmıştır. Başka bir deyişle sağmal bir inek günde ortalama canlı ağırlığının %8 (600 kg canlı ağırlıktaki bir inek 48 kg dışkı ve idrar) kadar atık üretir. Türkiye'de yıllık hayvan gübrelerinden sağlanabilecek biyogaz metan değeri yaklaşık olarak 7.846 milyar m³'tür. Tüm hayvanların gübrelerinden sağlanabilir toplam uçucu kuru madde miktarı, en yüksek Marmara Bölgesinde (5.731.232.000 ton/yıl), en düşük Doğu Karadeniz Bölgesinde (8.602.630.000 ton/yıl), Türkiye genelinde de 33.210.844.000 ton/yıl olarak hesaplanmıştır (Aybek ve öte., 2015: 28).

Tablo 2. 12: Değişik Hayvanlardan Sağlanabilecek Biyogaz Verimi ile Biyogazın Metan Miktarı

Kaynak	Biyogaz Verimi (litre/kg)	Metan Oranı (hacim %si)
Sığır Gübresi	90-310	65
Kanathlı Gübresi	310-620	60
Domuz Gübresi	340-550	65-70

Kaynak: YEGM, <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx> (Erişim: 04.05.2020).

Tablo 2. 13: 2009 Yılı Biyogaz Potansiyeli ve Yıllık Gelirler

Hayvan Sayısı	Yıllık Biyogaz m³/yıl	Elektrik Enerjisi kwh/yıl	Gelir TL/yıl
100	37 080	174 276	34 855
200	74 160	348 552	69 710
400	148 320	697 104	139 420

500	185 400	871 380	174 276
1 000	370 800	1 742 760	348 552
1 500	612 000	2 880 000	576 000
5 000	1 854 000	8 713 800	1 742 760
10 000	3 708 000	17 427 600	3 485 520
20 000	7 416 000	34 855 200	6 971 040
40 000	14 832 000	69 710 400	13 942 080
80 000	29 664 000	139 420 800	27 884 160
100 000	40 824 000	191 872 800	38 374 560

Kaynak: Gümüşü ve Uyanık, 2010.

Yukarıdaki tabloda 1 kwh = 0.2 TL; 1 m³ biyogaz = 4.70 kwh elektrik sayılmıştır ve 1.500 büyükbaş hayvan örnek alınmıştır. Hayvanların ağırlığı ortalama 650 kg'dir. Üretilen hayvansal atık miktarı hayvan başı 1 günde ortalama 20 kg'dir. Yani 1.500 büyükbaş hayvan toplamda 1 günde 30.000 kg ham gübre üretmektedir. 1 ton uçucu katı maddeden ortalama 275 m³ biyogaz elde edilmektedir. Yukarıdaki tablo farklı hayvan sayılarıyla bu parametreler kullanılarak hazırlanmıştır.

Verilere bakıldığında, hayvan dışkısından elde edilen biyogazın ülkelerin ekonomisine önemli bir katkısı olduğu görülmektedir. Ucuz bir enerji kaynağıdır, çevreye ve küresel ısınmaya da önemli düzeyde etki etmektedir. Hayvan dışkısında bulunan yabancı bileşenler, yeraltı sularını tehdit etmektedirler. Biyogaz üretimi sayesinde bu tehditler ortadan kalkmaktadır. Çünkü biyogaz, organik bileşenlerden üretilen zararsız bir enerji kaynağıdır. Ayrıca biyogaz üretiminin sonucunda hayvan gübresinden kaynaklı istenmeyen kokular yok olmaktadır. Bunun yanında dışkı ile atmosfere salınan gaz toplanıp enerji yapıldığı için de önemlidir.

2.3.2. Rotasyon ve Organik İlaç

Organik ürün yetiştiricilerinin, toprağın verimliliğini geliştirmek amacıyla bitki gruplarını sırayla değiştirerek ekmesine rotasyon veya ekim

nöbeti denir (Özal, 2019: 8). Örneğin, yonca toprağa verimlilik sağlarken, patates ve buğday gibi bitkiler besinleri tüketmektedir. Bu nedenle patatesin ekim yılını yonca ekim yılı takip etmektedir. Diğer bir deyişle rotasyon, verimliliği oluşturan bitkilerle, birçok besini tüketen ürünleri dengelemektedir.

Rotasyonda amaç, birim alandan elde edilen verimin artırılması ve toprak üretkenliğinin sürdürülebilmesidir. Bunun yanında, zararlı böcek veya hastalık gibi problemleri kontrol altına almakta, toprağın yapısını ve organik durumunu korumaktadır. Özal'a göre, "Bazı çalışmalar, bitkilerin suni azotlu gübrelerin sadece yarı miktarını kullandıklarını göstermiştir. Kalan miktarları ise nehirlerle ve akarsulara sızarak kirliliğe sebep olmaktadır. Bu nedenle kimyasal gübreler yerine alternatiflerin kullanılması çok önemlidir" (Özal, 2019: 18). Tarım ilaçlarının ürünlerde bıraktığı kalıntılar insan, hayvan, çevre sağlığı ve hem ülkelerin kendi içindeki ekonomileri hem de dış ticaret bakımından önemlidir. Pestisit kalıntısı taşıyan bitkilerin direkt olarak insan vücuduna veya yemler aracılığıyla hayvanların vücuduna dolaylı yollardan girerek yine insan vücuduna ulaşmaktadır (Gül, 2017: 17).

Tablo 2. 14: Dünya Bitki Koruma İlacı Talebi (Milyon ABD Doları)

Bölgeler	2004		2009		2014		Yıllık Artış (%)	
	Değer	%	Değer	%	Değer	%	2004/2009	2009/2014
Kuzey Amerika	10.505	28,45	11.985	26,61	13.340	25,63	2,7	2,2
Merkezi ve Güney Amerika	6.210	16,82	8.330	18,49	10.820	20,81	6,1	5,4
Batı Avrupa	6.841	18,52	7.905	17,55	8.230	15,83	2,9	0,8

Doğu Avrupa	3.193	8,65	3.960	8,79	4.575	8,80	4,4	2,9
Asya/Pasifik	8.880	24,05	11.000	24,42	12.820	24,65	4,4	3,1
Afrika/Orta Doğu	1.300	3,52	1.865	4,14	2.215	4,26	7,5	3,5
Toplam	36.929	100,00	45.045	100,00	52.000	100,00	4,1	2,9

Kaynak: AgroNews (Facts and Figures), <http://news.agropages.com>, (Erişim: 04.05.2020).

Yukarıdaki tabloda, 2004-2009 yılları arasında dünya bitki koruma ilacı talebi ile 2004-2014 yılı değerleri yer almaktadır. 2009 yılında bitki koruma ilacı talebindeki en büyük paya %26,61 ile Kuzey Amerika sahiptir. Bunu %24,42 ile Asya/Pasifik takip etmektedir. Diğer bölge payları da %18,49 oran ile Merkezi ve Güney Amerika, 17,55 oran ile Batı Avrupa, %8,79 oran ile Doğu Avrupa, %4,14 ile Afrika/Orta Doğu bölgesi takip etmektedir. 2004-2009 yılları arasında Kuzey Amerika, Batı Avrupa ve Asya/Pasifik bölgelerinin pazar payı düşmektedir. Doğu Avrupa, Latin Amerika ile dünyanın diğer bölgelerinin pazar payı artmıştır. Tabloda, gelişmiş ülkelerdeki ilaç kullanımı düşük bir oranına göre gelişmekte olan ülkelerin oranlarındaki artışın daha yüksek olduğu görülmektedir.

Gelişmiş ülkelerdeki oranların bu artış hızının nedenleri arasında bitki koruma ilacı kullanımına getirilen sınırlamalar ile pazar doygunluğu gibi faktörler yer almaktadır (Demirdögen ve Olhan, 2017: 9).

Tablo 2. 15: Türkiye’de Tarımsal İlaç Kullanımı (Ton)

Yıllar	Toplam
2009	37.651
2010	38.555
2011	39.534
2012	42.611

2013	39.440
2014	39.723
2015	39.026
2016	50.054
2017	54.098
2018	59.000

Kaynak: <http://www.tmmob.org.tr/icerik/zmo-ulkemizde-bitki-koruma-urunleri-ve-buna-bagli-konular-uzerine-degerlendirme>, (Erişim: 19.04.2020).

Dünyadaki birçok ülkede olduğu gibi Türkiye’de de pestisit kullanımı giderek artmaktadır. Türkiye’de 2018 yılında kullanılan pestisit miktarı 59.000 tondur ve bunun satış tutarı yaklaşık olarak 2,5 milyar TL’dir. Bitki koruma ürünleri ithalatı için kullanılan para birimi hem Euro hem de ABD dolarıdır. 2018’de Türk lirası, Euro ve Dolar karşısında değer kaybettiği için bitki koruma ürünleri 2018 yılının ortasında % 50-80 arasında zamlanmıştır.¹⁴

Tablo 2. 16: Bitki Üretiminde Biyolojik Mücadele ve Biyoteknik Destekleme Ödemesinin Uygulama Tebliği

Örtüaltı(paket):	520	Açık Alanda(paket):	130
TL/da		TL/da	
Ürün	Biyolojik Mücadele Destek Miktarı (TL/da)	Biyoteknik Mücadele Destek Miktarı (TL/da)	
Örtüaltı (Domates, Biber, Patlıcan, Hıyar, Kabak)	400	120(Feromon+Tuzak) 60(Yalnızca Feromon)	
Turunçgil	50	80(Feromon+Tuzak)	

¹⁴ “ZMO: Ülkemizde Bitki Koruma Ürünleri ve Buna Bağlı Konular Üzerine Değerlendirme”, TMMOB, <http://www.tmmob.org.tr/icerik/zmo-ulkemizde-bitki-koruma-urunleri-ve-buna-bagli-konular-uzerine-degerlendirme>, (Erişim: 19.04.2020).

		30(Yalnızca Feromon)
Domates (Açıkta)	-	50(Feromon+Tuzak) 30(Yalnızca Feromon)
Elma	-	50
Bağ	-	50
Zeytin	-	33
Kayısı	-	50
Nar	50	80
Ayva	-	50
Armut	-	50
Şeftali	-	80
Nektarin	-	80

Kaynak: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/11/20191108-11.htm>, (Erişim: 19.04.2020a).

Yukarıdaki tabloda, Tarım ve Orman Bakanlığı'nın 2019 yılı için resmi gazetede yayınlanan bitkisel üretimde zararlı organizmalara karşı biyolojik ve biyoteknik mücadelenin yaygınlaştırılmasıyla, kimyasal ilaç kullanılmasının azaltılması amacıyla örtü altı ve açık alanda destekleme kapsamında yer alan ürünler ile destekleme ödeme miktarları yer almaktadır.

Yukarıdaki tablolarda görüldüğü gibi hem dünyada he Türkiye'de bitki koruma ürünlerinin maliyeti oldukça fazladır. Bu nedenle alternatif yöntemlere gidilmeli, ilaç ve gübrede alternatif yöntemler denenmelidir.

Aşağıdaki tabloda Tarım Bakanlığı tarafından izinli olan bazı organik ilaçların isimleri ile etkileri yer almaktadır.

Tablo 2. 17: Tarım Bakanlığınca İzinli Organik İlaçlar ve Etkileri

Azadirachtin	200 civarında böcek türüne etkili. Öldürücü, kısırlaştırıcı, beslenmeyi engelleyici etkileri var.
---------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------

Pyrethrum	Ambar (buğday, mısır, pirinç, vs.) zararlılarına karşı etkili. Isırıcı ve emici böceklere uygulanmaktadır.
Mineral Yağlar	Bitki yüzeylerini kaplamada kullanılır.
Balmumu	Budamada kesilen yerlerden hastalık girişini önlemek için kullanılır.
Gül Yağı	Yaprak leke hastalıklarına karşı kullanılır.
Kekik Yağı	Toprak kökenli hastalıklara karşı, sarımsaki soğan, domates, hıyar, gül, meyve ağaçlarında mantari hastalıklar ile bazı zararlılara karşı etkilidir.
Arap Sabunu	Yaprak bitlerine karşı etkilidir.
Parafin Yağları	Zararlıların yumurtalarına karşı kullanılır.
Kaya Unu	Böceklerin solunum sistemlerine zarar verir.
Bacillus Thuriensis	Böcek yumurtalarına karşı kullanılır. Biyolojik mücadelede en fazla kullanılan bakteridir.

Kaynak: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/08/20100818-4.htm> (Erişim: 14.05.2020b).

Birçok organik çiftlikte parazitleri ve hastalıklarını önlemek ve temiz otlatma sağlamak amacıyla hayvanlar da rotasyona dâhil edilmektedir.

Soykan'a göre, organik üretim yapanların üretim maliyeti daha düşüktür. Konvansiyonel üretim yapanlara göre çiftlik gübresi, şeftali ve fındık ürünlerinde daha yüksek kâr ve gelir elde etmektedirler (Soykan, 2015: 21).

Yabani otlar, istenmeyen ve yetiştirilen ürünlere zarar veren bitkilerdir. Bu bitkiler, ürünlerin değerini düşürebilir ya da ürünleri yok edebilirler. Ancak, organik yetiştiriciler ürünlerini değerini etkilemeyecek düzeyde belli bir miktar yabani otun gelişmesine müsaade etmektedirler. Çünkü yabani otlar, ürünlerin değerini düşürmesinin yanı sıra mikroklima temini, toprağı korumak amacıyla zemin kaplayıcısı ve predatör böceklere barınak olma gibi durumları da sağlamaktadır. Kertenkeleler, akarlar, örümcekler gibi predatör böceklerin, tarımsal zararlılara karşı bitkilerin gelişimi üzerinde olumlu

etkileri vardır. Örneğin örümcekler, meyve bahçelerinde yaprak pireleri denen yeşil sinekleri ve tırtıl gibi zararlı böcekler ile beslenerek meyvelerin gelişimine katkı sağlamaktadır. Ancak rotasyonun ilaç kullanmada ilaçla aynı etkiyi doğuran sonuçları vardır. Bu nedenle zirai ilaçlar yerine bu böceklerin çoğaltılarak bahçelere salınması ya da uygun rotasyon işlemi hem iklim hem ekonomi hem de sürdürülebilir ekosistem için daha yararlıdır.

2.3.3. Damla Sulama

“Damla sulama bitkide nem eksikliğinden kaynaklanan bir gerilim oluşturmadan, filtre edilmiş az miktarda suyun sık aralıklarla doğrudan bitki kök verilmesi işlemi olarak tanımlanabilir” (Burunkaya, 2019: 786).

Damla sulama yönteminde, toprak sürekli nemli tutulduğu için kalitesi ve verimi yüksektir. Toprak yüzeyinin tamamı ıslatılmadığı için derine su sızmamakta ve su kaybı olmamaktadır. Arazinin hemen her yerine aynı miktarda su verildiği için bitkiler aynı oranda gelişmekte, aynı zamanda hasada gelmektedir. Bu da ürünleri toplama aşamasında ekstra bir ekonomik katkı sağlamaktadır. Gübre, suda eritilerek, sulama sırasında verildiği için gübreden de tasarruf sağlanmaktadır. Damla sulama sistemiyle sulama işçiliği, enerji, gübreleme masrafları azalmaktadır.

13.04.2020 tarihinde Ziraat Yüksek Mühendis İbrahim Karaoğlu ile görüşülmüş ve şu bilgiler elde edilmiştir: Örneğin, mısır bitkisinde 1 dekada 1 saat için yaklaşık 4,5 ton su harcanmakta ve 1,5 kw enerji kullanılmaktadır. Türkiye’de mısır bitkisi belli aralıklarla 1 günde toplamda ortalama 4 saat sulanmaktadır. Yani damla sulama yöntemiyle 1 dekada mısır bitkisi için 1 günde 18 ton su, 6 kw enerji harcanmaktadır. Ancak yağmurlama sulama tekniği ile mısır bitkisinde 1 günde 1 dekar için 66 ton su, 8 kw enerji harcanmaktadır. Damla sulamada, yağmurlama sulamaya göre 1 günde 1 dekar için 48 ton su, 2 kw enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Ayrıca damlama sulama yöntemi, salma sulamaya göre yaklaşık 4 kat daha su tasarrufu sağlamaktadır.

Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü araştırma alanında kiraz bahçesinde yapılan çalışmada damla sulama tekniğiyle mikro yağmurlama

sulama tekniğini enerji masrafı, sulama suyu ihtiyacı gibi masraflar açısından karşılaştırılmıştır. Damla ve mikro yağmurla tekniklerine göre, sezonluk sulama suyu ihtiyacı sırasıyla toplamda 397 ve 482 mm hesaplanmıştır. Yıllık toplam masraflar da damla sulama tekniğinde mikro yağmurlama sulama tekniğine göre, sırasıyla %17 ve %13 daha fazladır. Buna göre, kiraz sulamasında su kaynağı yeterliyse mikro yağmurlama sulama, su kaynağı yeterli değilse damla sulama tekniğinin seçilmesi gerekmektedir (Gültaş ve Erdem, 2006: 41).



Resim 2. 3: Mısır Gıdasında Damla Sulama

“Konya Ovası’nda, 800 bin dekar arazide ekilen şeker pancarının yer altı sularından faydalanılarak sulandığı Konya-Altınekin bölgesinde damla sulamada yağmurlama sulamaya göre su ve motorin tüketimi yüzde 50 azalmakta, verim yüzde 10 artmaktadır. Bilgisayarlı ve dron kontrollü damla sulama uygulandığı zaman 1 dekar şeker pancarı 1 ton/yıl suyla verimli bir şekilde sulanabilecektir.” (Balkan, 2018).

Tablo 2. 18: 1 Dekar Arazide Patates Üretiminde Karşılaştırmalı Üretim Maliyeti

Sulama Teknikleri	Harcanan Su Miktarı (Ton)	Harcanan Enerji (Kw)
-------------------	---------------------------	----------------------

Yüzeysel Sulama	689	1103
Damla Sulama	249	398
Fark	440	705

Kaynak: Nadas Tarım, <http://www.nadastarim.com/page/basincli-sulama-sistemleri-projeleri>, (Erişim: 23.03.2020).

Mevcut su kaynaklarının etkin kullanılması, enerji ve su tasarrufu sağlayan damla sulama gibi basınçlı sulama sistemi kullanımıyla sağlanabilir. Görüldüğü gibi modern teknikler ve uzmanlaşmayla büyük ölçüde su tasarrufu edilmektedir. Böylelikle gübre ve sulama uygulamalarıyla verimde önemli bir artış sağlanabilir. Damla sulama tekniğinin su randımanlarının %90-95'e ulaşması, sınırlı olan su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için çok önemlidir (Bozkurt, 2005: 70).

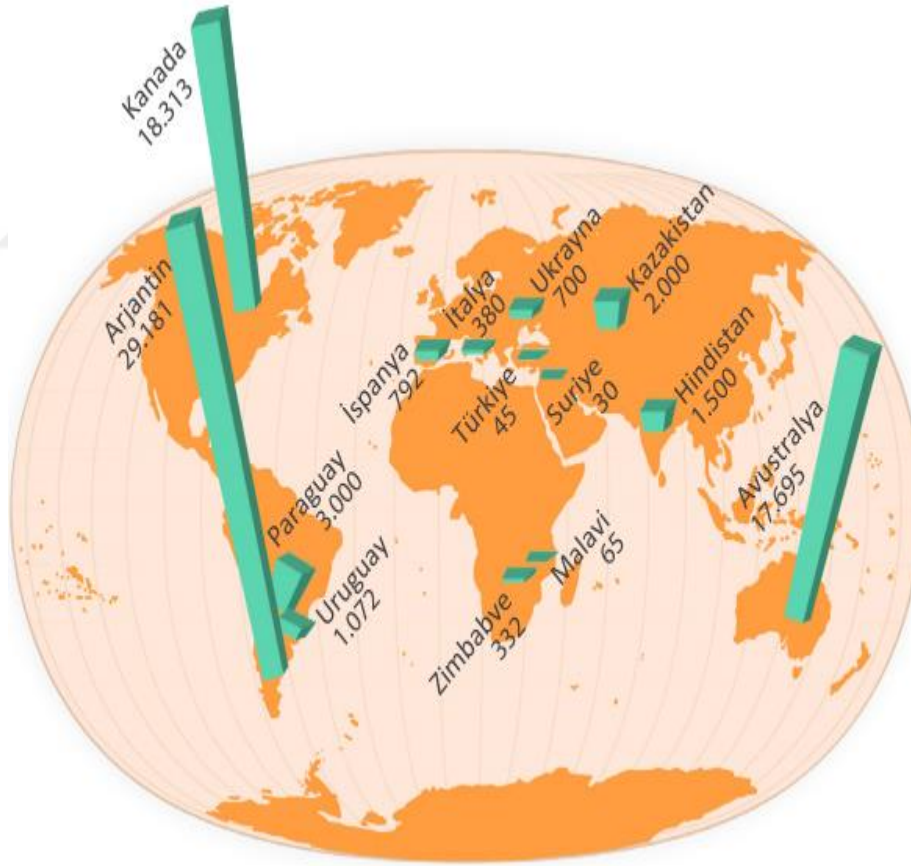
2.3.4. Sürümsüz Tarım

Ekimden önce herhangi bir şekilde toprak işleme yapılmamasına sürümsüz tarım, sürümsüz ekim veya doğrudan ekim denilmektedir. Tohumun toprakla temas etmesi için işlenmemiş olan toprakta uygun derinlik ve genişlikteki dar açıklıklara, bantlara veya çukurlara tohumların bırakılması ve örtülmesi olarak tanımlanmaktadır (Demirboğa, 2018).

Aykas ve arkadaşları sürümsüz tarımı şöyle ifade etmiştir: “Bu sistemde, toprak işleme yapılmaksızın doğrudan ekim makinaları ile ekim yapılır ve bitki gelişme süresince hiçbir toprak işlemesi yapılmaz. Toprak işlemesiz tarım yapılan alanlarda ilk yıllarda yabancı ot sorunu önemlidir. Yapılan araştırmalar, yabancı ot probleminin 4-5 yıl sonra sorun olmaktan büyük ölçüde çıktığını ortaya koymuştur (Aykas ve öte., 2005: 273).

Doğru Koruma Merkezi'nin yaptığı, Geleceğin Tarımı Projesi'nin doğrudan ekim tanıtım kitapçığında ise şöyle ifade edilmiştir: “Bu yöntem, tarımsal ekosistemlerde verimlilik ve karlılığı arttıran ve gıda güvenliğine katkı sağlayan bir uygulamadır. Doğrudan ekim aynı zamanda iklim ve çevre dostudur (DKM, 2016: 5).

Sürümsüz tarım yöntemi, Türkiye’de her üründe kullanılmamakta, belli tekniklerle bazı ürünlerin üretimi için kullanılmaktadır. Örneğin, monokültür tarımda sürümsüz ekim, kışlık ürünün ekilmediği pamuk+mısır, mısır+mısır ya da pamuk+pamuk gibi yılda tek bir ürün yetiştirildiği koşulda ürün hasadı yapılmasından sonra bitkiler parçalanarak toprağın yüzeyinde bırakılmaktadır. Ekim zamanı yabancı otlar öldürüldükten sonra doğrudan ekim makinesiyle ekim yapılmaktadır. Bir başka örnek ise düz ekilen buğdaydan sonra yapılan doğrudan ekim işlemidir. Buğday hasadının ardından doğrudan ekim yöntemi ile mısır ve pamuk ekilmektedir. Sırta ekilen buğdaydan sonra da doğrudan ekim işlemi yapılmaktadır. Sırta ekim yapılan buğday hasadının ardından doğrudan ekim yöntemi ile pamuk ve mısır gibi çapa bitkileri ekilmektedir.



Şekil 2. 2: Ülkelere Göre Doğrudan Ekim Alanları (1000 Hektar)

Kaynak: FAO Statics, 2013.

Tarım üretiminde yüksek bir verim ve kaliteli ürünler elde etmek, yabancı otların gelişmesine engel olmak, ekilecek olan tohumu uygun ortam hazırlamak ve toprağın su kaybını azaltmak için toprak işleme uygulanmaktadır. Ancak toprak işlemenin birtakım sakıncaları vardır. Toprak işlemede, ekilecek tohumu uygun ortam hazırlamak için gerekli olan işgücü, yakıt, makine giderlerinin maliyeti yüksektir ve toprağın derinliğinde su hızlıca kaybolmaktadır. Toprak işlendiği için kök nalları bozulmakta, su erozyonunu ve rüzgâr erozyonunu hızlandırmakta, organik madde içeriğini azaltmaktadır. Bu nedenlerden dolayı sürümsüz tarım daha avantajlıdır. Sürümsüz tarımda ekimden önce toprak işleme olmadığı için yakıt ve işgücü masrafları azalmakta, ekim için zaman kaybı olmamakta, toprakta daha fazla su bulunmaktadır. Ayrıca bitkilerin besin elementi kaybı azalmakta, verimlilik artmaktadır. Sürümsüz tarım tekniğinde, bitki atıklarının yüzeyde kalması nedeniyle toprak erozyonu da azalmaktadır. Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nün yaptığı çalışmalara göre, sürümsüz tarım tekniğinin uygulanabilirlik şansı oldukça yüksektir.

Konya Valiliği İl Tarım Müdürlüğü ve Konya Ticaret Borsası'nın yaptığı sürümsüz tarım denemelerinin sonuçlarına göre, buğdayın üretiminde iki yılda sürümsüz tarımda işlemeli tarımda göre bir yıl daha yüksek, bir sonraki yıl da aynı verim seviyesine ulaşılmıştır. Sürümün maliyetinde ise 1 dekada %71 tasarruf sağlanmış ve 1 dekar gelirinde 12,5 dolar artış olmuştur.¹⁵ Sürümsüz tarım yöntemiyle 3.000 dekarlık arazide yaklaşık olarak 15.000 litre mazot tasarrufu sağlanmaktadır.¹⁶

Yapılan başka bir araştırmada ise tarıma açılmamış otlakta, toplam karbon miktarı %3,74 iken ekili alanda bu oranın %1.66'ya düştüğü belirlenmiştir (Koçyiğit, 2007: 82).

¹⁵ Konya Valiliği İl Tarım Müdürlüğü ve Konya Ticaret Borsası, "Toprak İşlemesiz Ekim Tekniği (Anıza Doğrudan Ekim)", Tarım Kütüphanesi, ([http://www.tarimkutuphanesi.com/toprak_islemesiz_ekim_teknigi_\(aniza_dogrudan_ekim\)_00596.html](http://www.tarimkutuphanesi.com/toprak_islemesiz_ekim_teknigi_(aniza_dogrudan_ekim)_00596.html)), (Erişim: 27.04.2020).

¹⁶ Ömer Ertuğrul, "Toprak İşlemesiz Tarım Tekniği Çiftçiye Tasarruf Sağlıyor", Anadolu Ajansı, 15.11.2017, <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/toprak-islemesiz-tarim-teknigi-ciftciye-tasarruf-sagliyor/965731>, (Erişim: 02.05.2020).

Endüstriyel gelişmeden önce atmosferde bulunan karbondioksit salınımı yaklaşık 270 ppm seviyesinde iken günümüzde bu oran 360 ppm'ye ulaşmıştır (IPCC, 2001). Fosil yakıt kullanımı, arazileri kullanımında değişiklikler, geleneksel toprak işleme ve ormanların yok edilmesi bu artışın önemli nedenleri arasında yer almaktadır. Atmosferdeki karbondioksit artışına engel olmak amacıyla karbonun karasal ekosistemde depolanması iyi ve maliyeti az olan bir tekniktir. Karbonun toprakta depolanmasının sağlanması, toprağın verimliliği açısından büyük önem taşımaktadır (Koçyiğit, 2008: 81). Toprağı işlemeden ekim yapmak, organik karbonun korunmasını ve devamlılığını sağlayarak, mevcut olan organik ve inorganik karbonun bitki örtüsünün korunmasını ifade etmektedir.

2.3.5. Güneş Enerjisiyle Sulama

Alternatif enerji kaynaklarının en önemlilerden biri olan güneş enerjisi, temiz enerji kaynaklarından biri olması, sürdürülebilir olması ve dış ülkelere bağımlılığının olmaması sebebiyle dikkat çekmektedir. “Dünyanın tüm yüzeyine bir senede düşen güneş enerjisi, bilinen kömür rezervinin 50 katı ve bilinen petrol rezervinin yaklaşık olarak 800 katıdır” (Güneş, 1999: 40). Son zamanlarda kullanılan fosil yakıt fiyatlarındaki yüksek artışlardan dolayı güneş enerjisi bazı kullanım alanlarında ekonomik duruma gelmiştir. Güneş enerjisinin önem kazanan uygulamaları arasında güneş enerjili su pompalarının tarım faaliyetlerinde sulamada kullanılması yer almaktadır. Güneş enerjisiyle sulama sistemi, güneş panelinin ürettiği elektrikle güneş dalgıç pompalarının çalıştırılmasını ifade etmektedir.



Resim 2. 4: Güneş Enerjisiyle Tarımsal Sulama

Güneş enerjisiyle sulama için sistemin kurulum süreci ortalama 3 gündür. Güneş enerjisiyle yapılan tarımsal sulamalar her gün 08.00 ile 18.00 saatleri arasında yapılmaktadır. Günde ortalama 10 saat kadar çalışması mümkündür. Güneş enerjisiyle yapılan tarım faaliyetlerinde sulama sisteminin fiyatları şöyledir: Düşük kapasiteli sistemler 10.000 – 20.000 TL, orta kapasiteli sistemler 25.000 – 50.000 TL, büyük kapasiteli sistemler 90.000 – 130.000 TL fiyatları arasındadır. Sistem kurulurken tek seferlik yapılan 25 yıllık bir ekonomik ömre sahip olan yatırımdır. 25 yıllık bir yatırım da tüm sistemin maliyetini ortalama 5,5 yılda amorti etmektedir.¹⁷ Bu uygulamada güneş panellerinin açısı ve güneşlenme süresi güneş panellerinin maksimum verimle çalışabilmesi için oldukça önemlidir. Çünkü güneş panellerinin belli bir açıyla güneşe karşı konulması ve bölgede çıkabilecek rüzgârın sisteme zarar vermemesi gerekmektedir.

Kırklareli ilinde 31 Mart-2 Nisan 2018 tarihinde 360.000 m²'lik bir ceviz bahçesine güneş enerjisiyle sulama işlemi yapılmıştır. Bu işlem için 2 adet 10 hp güneş enerjili dalgıç pompa, 42 adet 270 watt'lık güneş panelleri kullanılmıştır. Uygulama sonucunda 1 saatte 13 ton su elde edilmiştir. 1

¹⁷ “Güneş Enerjisiyle Sulama Sistemi Fiyatları”, Power Enerji, <https://www.powerenerji.com/gunes-enerjisi-ile-sulama-sistemi-fiyatları-1-kw-5-kw-10-kw-50-kw-100-kw-250-kwa.html>, (Erişim: 20.04.2020).

günde maksimum 10 saat çalıştığında 130 ton, 1 haftada maksimum çalışmayla 910 ton su elde edilmektedir.¹⁸

Aktacir ve arkadaşları, küçük kapasiteli bir işletmede güneş enerjisinin sera ısıtılmasında ve tarla sulamasında kullanımlarını incelemiştir. Yapılan çalışmada güneş enerjisiyle çalışan dalgıç pompalar ortalama 2.8 kw gücünde fotovoltaik panellerle 140 metreden günde yaklaşık 130 m³ su elde edilmektedir. Santrifüj pompalar 225 watt'lık enerjiyle 45 metre yüksekliğe 860 l/h debiyle günde yaklaşık 7 m³ su elde edilmektedir. Çalışma sonucunda tarımda güneş enerjisinin kullanılmasıyla tarımsal üretimin sağlanması, kırsal alanda gelirin yükseltilmesi ve alternatif gelir kaynağı oluşturulmasına büyük bir katkı sağlayacağı ifade edilmiştir (Aktacir ve öte., 2010: 488).

Tablo 2. 19: Türkiye’de Güneşin Aylık Ortalama Enerjisi ve Potansiyeli

Aylar	Aylık Toplam Enerjisi		Güneşlenme Süresi (saat/ay)
	Güneş kcal/cm ² -ay	kwh/m ² -ay	
Ocak	4.45	51.75	103
Şubat	5.44	63.27	115
Mart	8.31	96.65	165
Nisan	10.51	122.23	197
Mayıs	13.23	153.86	273
Haziran	14.51	168.75	325
Temmuz	15.08	175.38	365
Ağustos	13.62	158.4	343
Eylül	10.06	123.98	280

¹⁸ “Kırklareli Güneş Enerjisi Elektrik Üretimi”, Power Enerji, <https://www.powerenerji.com/kirklareli-gunes-enerjisi-elektrik-uretimi.html>, (Erişim: 04.05.2020).

Ekim	7.73	89.9	214
Kasım	5.23	60.82	157
Aralık	4.03	46.87	103
Toplam	112.74	1311	2640
Ortalama	308.01 cal/cm ² - gün	3.6 kwh/m ² -gün	7.2 saat/gün

Kaynak: Seyitoğlu, 2012.

IEA'nın yaptığı çalışmaya göre, dünyada bulunan çöllerin %4'lük bir kısmının güneş panelleriyle kaplanması sonucunda dünyanın tümünün birincil enerji ihtiyacı karşılanacaktır.¹⁹

Sulama kaynakların akılcı kullanılması hem yetiştirilen ürün hem de bir ülkenin milli serveti için büyük bir öneme sahiptir. İklim farklılıkları, küresel ısınma ve nüfus artışıdaki ivmeye karşı azalmakta olan su kaynaklarının doğru kullanılması şarttır. Türkiye'nin yarı kurak ve kurak iklim kuşağında yer alması da sulamanın önemini daha da artırmaktadır. Güneş enerjisiyle tarımsal sulama uygulaması bu bakımdan çok önemlidir. Çünkü bu uygulamanın yalnızca kurulum maliyeti vardır. Hem sulama dönemlerinde yani nisan ve eylül ayları arasında hem de bulutlu havalarda çalışmaktadır. Değişken konum ihtiyaçları veya mevsim şartlarına göre kolayca taşınmaktadır. Doğrudan tüketicilerin olduğu bölgelere kurulduğundan dolayı iletim veya dağıtım masrafları azdır. Güneş enerjisiyle sulama sisteminin avantajları yanında dezavantajları da vardır. Birim yüzeye denk gelen güneş ışınları sürekli olmadığı için depolama gerekmektedir. Ayrıca fazladan akü masrafı gerekmektedir. Ancak güneş enerjisi avantajları dezavantajlarından fazladır. Güneş enerjisi kullanımındaki temel amaç, sürekli olarak kullanılan bir kaynak olan fosil yakıtların ölçülü bir şekilde kullanılmasını sağlamaktır.

2016 yılında çıkarılmış olan Enerji Verimliliği Ulusal Eylem Planı'nın raporunda tarımsal mücadele için önlemler ve teşviklerle ilgili şu bilgiler yer almaktadır: "Tarımda makinelerin ve araçların yenilenmesine, enerji

¹⁹GreenPeace, <http://www.greenpeace.org/international/en/>, (Erişim: 17.04.2020).

verimliliğine yönelik teşvikler. Sulama sisteminde tarla içi basınçlı sulama ve güneş enerjisi yöntemlerine geçiş. Biyoenerji elde etmek amacıyla tarım yan ürünlerinin ve atıkların kullanılması”.²⁰

Ayrıca 2017-2023 yıllarına ilişkin Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı’ndan yapılan derlemeye göre, tarımsal sektörde enerji verimliliğinin artırılması için yeni planlar öngörülmüştür. Plan için ‘Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı’ sorumlu kurum olarak belirlenmiştir. Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı da ilgili kurum olarak tanımlanmıştır. Planda, sürdürülebilir tarım üretiminde kaynak verimliliğinin sağlanması amacıyla bitki besin elementleri, biyoaktif mikroorganizmalar, bitki büyüme düzenleyicileri ve gübre yüksek kalitede ekimle hasat malzemeleri üretimi ile kullanımında doğrudan ve dolaylı enerji girdisinin azaltılması amaçlanmıştır.²¹

Sürdürülebilir tarım için enerji verimliliğinin planlanması ve uygulanması gerekmektedir. Tarımsal üretimde enerjinin etkin kullanılması, tarım işletmesinde kullanılan enerji maliyet paylarının azaltılması, çevrenin korunması için enerji kaynaklarının kullanımında verimliliğin artırılması, alternatif ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının teşvik edilmesi gerekmektedir. Bu bölümde alternatif tarım uygulamaları ve tasarrufları açıklanmıştır. 2.5. bölümde ise alternatif tarım tekniklerinin sürdürülebilirliğe katkısı ve sağladığı tasarruf daha ayrıntılı ele alınacaktır. Ancak seçilen tekniklerle yapılan analiz ve değerlendirmenin öncesinde bu analiz ve değerlendirme için uygulanan yöntem yer alacaktır.

2.4. Yöntem

Damla sulama ve güneş enerjisiyle sulama tekniği, sürümsüz tarım, dışkıdan enerji üretimi ve organik ilaç tekniklerinin analiz edilme amacı geleneksel teknikler yerine seçilen bu alternatif tekniklerinin ikamesi

²⁰ Mithat Direk, “Tarımda Enerji Kullanımı ve Verimliliği”, Tarım Türk Dergisi, <http://www.tarimturk.com.tr/yazar-tarImda-enerji-kullanImI-ve-verimlilikI-19.html>, (Erişim: 19.04.2020).

²¹ Mithat Direk, “Tarımda Enerji Kullanımı ve Verimliliği”, Tarım Türk Dergisi, <http://www.tarimturk.com.tr/yazar-tarImda-enerji-kullanImI-ve-verimlilikI-19.html>, (Erişim: 19.04.2020).

durumunda önemli kazançlar sağlanacağını belirtmektedir. Bu kazançlar arasında önceki bölümlerde bahsedildiği gibi Türkiye ekonomisine sağladığı tasarruf, Türkiye'nin gıdada doğal kaynakların tüketimini azaltarak kendine yetebilir olması, ekosistemin sürdürülebilirliği yer almaktadır.

Bu analiz için öncelikle literatür taraması yapılarak, tekniklerin kurulum maliyeti bulunmuştur. İkinci olarak, Kırklareli Merkez TREDAS Şubesi'nden 1 kw enerji fiyatı, Kırklareli Kayalı Sulama Kooperatifi'nden 1 m³ su fiyatı öğrenilmiştir. Üçüncü olarak, Ziraat Yüksek Mühendisi İbrahim Karaoğlu ile görüşülerek salma sulama ve damla sulama ile 1 dekarda ne kadar enerji ve su kullanıldığı öğrenilmiştir. Dördüncü olarak, literatür tarama yöntemiyle 1 kw enerjinin CO₂ salınımının kg eşdeğeri bulunmuştur. Ardından literatür tarama yöntemiyle Türkiye'nin ekilen ve sulanan arazi miktarı, güneş enerjisiyle elde edilen tasarruf değerleri, büyükbaş hayvan sayısı ve dışkı özellikleri ve 2019 yılında kullanılan kimyasal gübre, 2018 yılında kullanılan kimyasal ilaç miktarları bulunmuştur.

Analizin iyi anlaşılması adına burada belirtilecek iki önemli kısıt söz konusudur. İlk olarak, bu analiz Kırklareli'nin enerji ve su birim fiyatları baz alınarak yapılmış ve bu şekilde Türkiye geneli hesaplanmıştır. Diğer illerde bu fiyatların farklı olduğu bilinmektedir. İkinci olarak, aşağıdaki veriler gıda ürünleri, toprak, coğrafi yapı, mevsimsel koşullara göre değişmektedir. Ancak önemli olan sağlanacak tasarrufun görülmesi ve Türkiye'nin sahip olduğu potansiyelin anlaşılmasıdır. Seçilen tekniklerle yapılan analiz ve değerlendirme çalışması, kullanılacak uygun yöntemlerin kombinasyonu ile elde edilecek tasarrufun büyüklüğüne dikkat çekmeyi amaçlamaktadır.

2.5. Seçilen Tekniklerle Yapılan Analiz ve Değerlendirme

Enerjide verimliliğinin artırılması sayesinde enerji kullanımının iklim değişikliği üzerindeki etkisinin azaltılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelinin ekonomiye sağladığı katkıların yanında, istihdam üzerinde de olumlu etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle bu bölümde damla sulama, dışkıdan enerji üretimi, güneş enerjisiyle sulama, sürümsüz tarım, organik ilaç teknikleriyle maliyet, tasarruf ve karbon salınım analizi yapılacaktır.

Yukarıda, 2.3. bölümde belirtildiği gibi Türkiye’de özellikle biyokütle ve güneş enerjisi potansiyeli önemli bir yer tutmaktadır. Bu önemli iki potansiyel seçilen diğer tekniklerle uyarlandığında mevcut potansiyelden daha fazla yararlanılmaktadır. Bu potansiyeli kullanmak önemlidir çünkü Türkiye’de tarımın ulusal ekonomi içinde önemli bir payı bulunmaktadır. Türkiye tarımında kullanılan enerjinin, genel enerji tüketimi içindeki payı %5’den az olsa da enerji verimliliği düzenlemelerinde sanayi, konut, ulaşım sektörleri kadar etkili bir yeri vardır. Dolayısıyla kişi başı düşen gelirin artırılması tarım sektöründeki üretim artışının sağlanmasıyla da ilişkilidir. Nüfusun artış hızına karşın sınırlı miktarda toprak olması, artan gıda gereksiniminin karşılanması, üretim artışında suyun büyük bir etkiye sahip olması, küresel kuraklığın artması ve çiftçi gelirini artırma durumu tarımsal üretimde sulamada tercih edilen tekniklerin ve potansiyel kapasiteye uygun tekniklerin belirlenmesinin önemini artırmaktadır. Ayrıca hayvansal üretimde meydana gelen atıklar, hayvan ve sera barınaklarında elektrik, bitkisel üretimde azotlu gübre, konutlarda ısı amacıyla yakıt, traktörlerde motorin kullanımı sebebiyle tarımın sera gazı salınımindaki etkisi büyüktür.

Aşağıdaki tabloda damla sulama, güneş enerjisiyle sulama, dışkıdan enerji üretimi, sürümsüz tarım tekniklerinin maliyeti ve bu teknikler kullanılarak su ve enerji tasarrufu ile karbon salınıminin mevcut kullanımda ve potansiyel kullanımdaki etkisi yer almaktadır.

Tablo 2. 20: 1 Dekar veya Türkiye Geneli İçin Seçilmiş Tekniklerle Su, Enerji, CO₂ Tasarruf Analizi

Teknik	Mevcut Kullanım (1 Dekar)				Kullanılabilecek alanların Tümü için tahmini değer		
	Kurulum Maliyeti (TL)	Enerji Tasarrufu (Kw)	Su Tasarrufu (m ³)	CO ₂ Salınımı (kg)	Enerji Tasarrufu (Kw)	Su Tasarrufu (m ³)	CO ₂ salınımı azalışı (kg)
Damla Sulama	3.000	18	72	2,622	1.085.040.000	4.340.160.000	158.054.160

Güneş Enerjisiyle Sulama	25.000-50.000	14	70	4,37	843.920.000	4.219.600.000	263.423.600
Sürümsüz Tarım	379	10,5	26	5,89	105.000.000	260.000.000	58.900.000

Yukarıda, tablo 2.21’de su ve enerji tasarrufu analizi, 1 dekada kullanılan salma sulama tekniği ile bu esnada harcanan enerji miktarı ve salınan karbon miktarı baz alınarak yapılmıştır. 1 dekada salma sulama ile yaklaşık olarak 90 m³ su ve 24 kw enerji kullanılmaktadır. 12.05.2020 tarihinde Kırklareli Merkez TREDAS Şubesi ile görüşülerek 1 kw enerji fiyatının 0,944 TL olduğu öğrenilmiştir. 13.05.2020 tarihinde Kırklareli Kayalı Sulama Kooperatifi ile görüşülerek 1 m³ suyun 0,089 TL olduğu öğrenilmiştir. Yani 1 dekada yaklaşık olarak 22,656 TL tutarında enerji ve 8,01 TL tutarında su kullanımı olmaktadır. Ayrıca 2019 yılında belirlenen karbon ayak izi 1 kw için 0,437 kg’dır.²² Yani 1 dekar için 24 kw kullanılan enerji sonucunda 10,488 kg karbon salınımı meydana gelmektedir.

“Türkiye’de 61 milyon 180 bin dekar yüzey sulama yöntemleri ile sulanan, 5 milyon 320 bin basınçlı sulama yöntemi ile sulanan, 2 milyon 900 bin dekar yağmurlama ile sulanan, 900 bin dekar ise hektar damlama ile sulanan arazi bulunmaktadır” (Çakmak ve öte.,2008: 218). Buna göre, basınçlı sulamadan damlama sulamaya geçebilecek potansiyel arazi 4 milyon 420 bin dekar; salma, kırık, tava sulamadan damlama sulamaya geçebilecek potansiyel arazi 55 milyon 860 bin dekadır. Damla sulama ve güneş enerjisiyle sulama için basınçlı sulama sistemi yerine geçebilecek arazi miktarı (60 milyon 280 bin dekar) kullanılmıştır. Sürümsüz tarım için ise 10 milyon dekar varsayımı kullanılmıştır.

²² Salih Türkay, “Türkiye’nin 2019 Yılı Elektrik Üretim Dağılımına Bağlı Karbon Salınımı”, Enerji Gazetesi.ist, <https://www.enerjigazetesi.ist/turkiye-nin-2019-yili-elektrik-uretim-dagilimina-bagli-karbon-salimini/>, (Erişim: 09.05.2020).

Damla sulama tekniği kurulum maliyeti 1 dekar için 3.000 TL'dir.²³ Damla sulama tekniği kullanıldığında 1 günde 1 dekarda 6 kw enerji (Ertek ve Kanber, 2002: 108) ve 18 m³ su²⁴ kullanılmaktadır. Bu durumda 1 günde dekar başı 6,5 TL su ve 17 TL enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Toplamda 1 ayda 705 TL su ve enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Ayrıca harcanan enerjiye göre hesaplandığında, 1 günde dekar başı 7,86 kg, 1 ayda 236 kg daha az karbon salınımı olmaktadır.

Güneş enerjisiyle sulama tekniği kurulum maliyeti orta ölçekli bir işletme için 25.000-50.000 arasında değişmektedir.²⁵ Güneş enerjisi sulama tekniği kullanıldığında 1 günde dekar başı 10 kw enerji ve 20 m³ su kullanılmaktadır (Şenol, 2012: 520). Bu durumda 1 günde dekar başı 6,23 TL su ve 13,21 TL enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Toplamda 1 ayda 583,5 TL su ve enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Ayrıca harcanan enerjiye göre hesaplandığında, 1 günde dekar başı 4,37 kg, 1 ayda 131 kg daha az karbon salınımı olmaktadır.

Sürümsüz tarım tekniğinin 1 dekar üretim maliyeti 379 TL'dir.²⁶ Sürümsüz tarım tekniği kullanıldığında 1 günde dekar başı 2 L mazot kullanılmaktadır ve 1 L=6,75 kw olduğundan, 1 günde dekar başı 13,5 kw enerji kullanılmaktadır.²⁷ Bunun yanında 1 günde dekar başı 64 m³ su kullanılmaktadır. Yani 1 günde 26 m³, 1 ayda 780 m³ su tasarrufu sağlanmaktadır. Harcanan enerjiye göre hesaplandığında 4,58 kg karbon salınımı olmaktadır. Enerji kullanım oranı ve CO₂ salınım miktarı diğer tekniklere göre fazla olsa da su kullanımında oldukça tasarrufludur.

Bu durumda kullanılabilir alanların tümünde bu tekniklerin kullanıldığı varsayımında toplam tasarruf edilen enerji miktarı 0,944 TL,

²³ "Toprak Altı Damla Sulama Sistemi", NETAFIM, <https://www.netafim.com.tr/akademi/toprak-alti-damla-sulama-kurulumu/>, (Erişim: 12.05.2020).

²⁴ "Damla Sulamada Kullanılacak Su Miktarı", TÜRKTOB, <https://www.turktob.org.tr/tr/damla-sulamadakullanilacak-su-miktari/8474>, (Erişim: 12.05.2020).

²⁵ "Tarlanıza Kaç Kw Güneş Enerjisi Santrali Kurulabilir?", Gezegen Solar, <https://www.powerenerji.com/>, (Erişim: 12.05.2020).

²⁶ "Buğday Ne Kadar Para Kazandırır? (Maliyet Hesaplama), 2020 Yılı Devlet Destekleri, <https://www.devletdestekli.com/bugday-ne-kadar-para-kazandirir-maliyet-hesaplama/>, (Erişim: 12.05.2020).

²⁷ Barış Şanlı, "Birimler ve Akışlar", <https://www.dunyaenerji.org.tr/wp-content/uploads/2018/09/Enerji101-1Sunum.pdf>, (Erişim: 13.05.2020).

toplam tasarruf edilen su miktarı 0,089 TL ile çarpıldığında tasarrufun parasal değeri elde edilmektedir. Bu hesaba göre, damla sulama tekniği ile 1 milyar 24 milyon 277 bin 760 TL enerji, 386 milyon 274 bin 240 TL su tasarrufu yapılmaktadır. Güneş enerjisiyle 796 milyon 660 bin 480 TL enerji, 375 milyon 544 bin 400 TL su tasarrufu yapılmaktadır. Sürümsüz tarım tekniği ile 99 milyon 120 bin TL enerji, 23 milyon 140 bin TL su tasarrufu yapılmaktadır.

Tasarruf sağlayan diğer bir alternatif teknik ise dışkıdan enerji üretimidir. Aşağıdaki tabloda dışkıdan enerji üretimi sayesinde kimyasal gübre kullanımının olumsuz çevresel etkisi ve maliyetinden elde edilecek gübre ve CO₂ tasarrufu ile bu gübre kullanımının tasarruf maliyeti yer almaktadır.

Tablo 2. 21: Dışkıdan Enerji Üretim Tekniği İle Türkiye Geneli İçin Enerji ve CO₂ Tasarruf Analizi

Teknik	Mevcut Kullanım (2019 Yılı)					Potansiyel	
	Toplam Enerji (Kw)	Toplam Gübre Miktarı (kg)	Toplam Büyükbaş Dışkısı CO ₂ Salınımı (kg)	Hayvan Dışkısına Eşdeğer Olan Kimyasal Gübre Miktarı (kg)	Toplam Kimyasal Gübre CO ₂ Salınımı (kg)	Gübre Tasarrufu (kg)	CO ₂ Tasarrufu
Dışkıdan Enerji Üretimi	50.910.812.607	39.970.403.940	41.978.049.800	2.305.851	23.665.751	39.968.098.089	41.945.998.471

Türkiye'nin 2019 yılındaki büyükbaş hayvan sayısı 18.251.326'dır (Hayvancılık Genel Müdürlüğü, 2020). Hayvan dışkısının %70'i uçucu, %30'u katı maddedir. 1 büyükbaşın günlük dışkı miktarı 20 kg'dir (Trouw, Nutrition, 2013a). Bunun 14 kg (%70)'si uçucu madde, 6 kg (%30)'si katı maddesi olup gübre olarak kullanılmaktadır (Gümüşçü ve Uyanık, 2010: 61). Buradan hareketle; Türkiye'deki toplam büyükbaş hayvan sayısı*20*365 ile bir yılda toplam dışkı miktarı bulunmaktadır. 12,3 kg tezek=1 m³

biyogaz=4,70 kw ifadesinden hareketle bir yılda elde edilecek kw ve kalan dışkı yukarıdaki yüzde hesabıyla bir yılda elde edilecek gübre miktarı bulunmaktadır. Bu doğal gübre kimyasal gübre ile karşılaştırıldığında oldukça tasarruf sağladığı görülmektedir. 2019 yılında 6 milyar 087 milyon 714 bin kg kimyasal gübre kullanılmıştır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020). Ancak kimyasal gübredeki elementlerden azot, nitrat, diazot monoksit, azot dioksit hayvan dışkısında bulunmaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020; Trouw Nutrition, 2013b). Buna rağmen 2 milyon 305 bin 851 kg büyüklüğünde gübre tasarrufu sağlanmaktadır. Bununla beraber 1 kg kimyasal gübrenin CO₂ salınımı 50 mj=13kw'dir. 1 kw=3,6 mj'ye eşit olduğundan, buradan doğal gübre sayesinde elde edilen CO₂ tasarruf miktarı bulunmaktadır. Bu durumda, dışkıdan enerji üretim tekniği ile 1 yılda 41 milyar 945 milyon 998 bin 471 kg gübre tasarrufu ile 48 milyar 059 milyon 807 bin 101 TL (bir yılda elde edilen toplam kw*0,944) enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Dışkıdan enerji üretim tesisi kurulum maliyeti 773.389 TL²⁸ gibi yüksek bir meblağ olsa da bir önceki başlıkta bahsedildiği gibi kendisini 3 yılda amorti etmektedir.

Tasarruf sağlayan diğer bir alternatif teknik ise organik ilaç kullanımınıdır. Bir önceki başlıkta ifade edildiği gibi, 2018 yılında 59.000 ton kimyasal ilaç kullanılmıştır ve bunun maliyeti 2,5 milyar TL'dir.²⁹ Bununla beraber kimyasal ilahtaki pestisitler dolayısı ile karbon salınımı organik ilahtan daha fazladır. Ayrıca kimyasal ilacın içindeki bileşen ve kullanımı arttıkça, işletmelerin büyüklüğüne göre maliyeti de artmaktadır. Kimyasal ilacın gördüğü işlevi, organik ilaç da görmektedir ve maliyeti daha azdır (Soykan, 2015: 39). 1 ton kimyasal ilaç yerine 1 ton organik ilaç ikamesi varsayıldığında, organik ilacın üretim maliyeti daha düşük olduğu için 2018 yılında kullanılan 59.000 tonluk kimyasal ilacın yani 2,5 milyar TL'nin bir kısmı tasarruf edilmiş olacaktır. Kimyasal ilacın tamamı tasarruf edilemese

²⁸ BEBKA, "Nilüfer Belediyesi Organik Atıklardan Biyogaz Üretim Tesisi Fizibilite Çalışması", https://www.bebka.org.tr/admin/datas/sayfas/202/organik-atiklardan-biyogaz-uretimi-tesisi-fizibilite-calismasi-organized_1569220296.pdf, (Erişim: 12.05.2020), ss. 25-37.

²⁹ "ZMO: Ülkemizde Bitki Koruma Ürünleri ve Buna Bağlı Konular Üzerine Değerlendirme", TMMOB, <http://www.tmmob.org.tr/icerik/zmo-ulkemizde-bitki-koruma-urunleri-ve-buna-bagli-konular-uzerine-degerlendirme>, (Erişim: 06.06.2020).

de organik ilaç kullanımının daha sağlıklı gıda sağlaması, toprakların tuzlanmaya maruz kalmaması, çevre dostu olması, düşük karbon maliyeti olması, bir kısmının çiftçilerce üretilebilir olması, maliyetinin kimyasal ilaçtan az olması gibi avantajları vardır.

Bu çalışma sırasında gördük ki farklı tarım teknikleri, onların enerji kullanımları ve CO₂ salınımlarının hem iktisadi hem de teknik yönleri üzerinde çok az araştırma yapılmış durumdadır. Daha kesin hesaplar ve tahminler için hem iktisadi hem teknik araştırmaların artırılması acil bir görev olarak değerlendirilmelidir. Zira çok yönlü ekonomiler ve doğayı koruyucu etkiler söz konusudur.

Bu doğrultuda bir sonraki başlıkta seçilen tekniklere teşvik için devlet hibe ve destekleri ile stratejileri yer almaktadır.

2.6. Seçilen Teknikler İçin Devlet Teşvikleri

Tarım ve Orman Bakanlığı 2020 yılı için 2.5. bölümde bahsedilen tekniklerle ilgili şu hibeleri ve destekleri vermektedir:

“-Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumunca programlar dahilinde verilen hibeler,

-Köye dönüş yapan genç çiftçilerimize ödenen 30 bin TL destek,

-Tarım alanında üretim yapan çiftçilerimize geri ödemesiz hibe desteklemeleri,

-Hayvancılık ile uğraşan çiftçiye hayvan başına yapılan hibeler,

-Tarım Kredi Kooperatifi ve Ziraat Bankası işbirliği ile Resmi Gazete Tebliğnamesi içeriğine göre verilen faizsiz ve düşük faizli krediler verilmektedir.

-Biyolojik ve biyoteknik mücadele için 6 ilde 2.624 üreticiye 5,5 milyon lira,

-11 yenilenebilir enerji yatırımı projesi”³⁰

³⁰ Tarım ve Orman Bakanlığı Hibe ve Teşvikleri 2020 Programı, <https://kosgebkredisi.com/tarim-ve-orman-bakanligi-hibe-ve-tesvikleri-2019-programi/>, (Erişim: 06.06.2020).

Tarım ve Ormanlığı tarafından yayınlanan 2018-2022 Gıda Güvenliği Stratejik Planlar Raporunda ise 2. Bölümde bahsedilen tekniklerle ilgili şu stratejiler yer almaktadır:

- “-Kullanılmayan tarım arazilerinin tarımsal üretime kazandırılması,
- Hayvancılık işletmelerinin sürdürülebilir ölçeğe ulaştırılması,
- Sürdürülebilir tarımsal üretim için arazi bankacılığı sisteminin kurulması,
- Mirasa konu tarım arazilerinde devir işlemlerinin artışının sağlanması,
- Tarım topraklarının verimliliğini ortaya koyan toprak veri tabanı oluşturulması,
- Modern basınçlı sulama yöntemlerinin kullanımının yaygınlaştırılarak bilinçli su kullanımının sağlanması,
- Yerüstü ve yeraltı sularında tarımsal kaynaklı nitrat kirliliğinin izlenmesi, kirliliği önlemeye ve azaltmaya yönelik çalışmalar yapılması,
- 300 Büyük Ova'nın Büyük Ova Koruma Alanı olarak ilan edilmesi,
- Yerel kaynaklardan tarımsal gübre geliştirilmesi,
- İklim değişikliğine uyum stratejileri, tarımsal kuraklık ve ürün tahmin sistemlerinin geliştirilmesi,
- Topraktaki organik karbon stoku ve biokütlenin belirlenmesi, artırıcı önlemlerin alınması için izleme ve yönetim sistemleri geliştirilmesi”³¹

Mevcut hibe ve teşvikler, tarımda yenilenebilir enerji girişimi için yeterli olsa da organik tarıma dair yeterli girişimde bulunmadıkları görölmektedir. Ancak bu önemlidir. Çünkü organik tarımcıların bir kısmı pazara yönelik üretim yapamadıklarından, teşviklerin yetersizliğinden ve teknik bilgiye erişimde sıkıntı yaşadıklarından dolayı konvansiyonel tarıma geçmeyi düşünmektedirler (Soykan, 2015: 20). Ek olarak hayvan dışkısından enerji

³¹ Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018-2020 Stratejik Plan, <https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/Belgeler/2013-2017/GTHB%202018-2022%20STRATEJISI%20PLAN.PDF>, (Erişim: 06.06.2020).

üretimi yani biyogaz tesisleri ve güneş enerjisi kullanımı için de yeterli girişimin olmadığı görülmektedir.



SONUÇ

Bu çalışma neticesinde, tarımsal alanda gıda üretimi sırasında harcanan maliyetlerin büyük bölümünü enerji maliyetlerinin oluşturduğu ve alternatif kaynakları kullanarak uygulanan tekniklerin bu maliyetleri ciddi miktarda azalttığı görülmektedir. Güneş enerjisinden ve dışkıdan enerji üretimi, damla sulama sistemi tekniklerinin ekonomik ömrünün uzun olması, kendilerini birkaç yılda amorti etmeleri bu tür yatırımları daha cazip kılmaktadır. Bununla beraber bu tekniklerin çevresel etkileri dikkate alındığında CO₂ salınım miktarlarında ciddi bir azalma olduğu görülmektedir. Alternatif enerji kaynakları, tarım üretimi yapan çiftçiler ile tarımsal işletmelerde faaliyet içinde olan kurumların refah seviyelerini arttırmak, tarımsal sektörün ve enerji kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlamak ve ülkelerin ekonomik pazarlarıyla rekabet gücünün artırılması için teşvik edilmelidir.

Alternatif tarım tekniklerinin potansiyelinin tam olarak belirlenebilmesi için ziraat mühendisliği, enerji mühendisliği, agrobiyoloji gibi uzmanlık alanlarının iş birliği ile daha detaylı çalışmalar yapılmasına ihtiyaç vardır.

İnsanlar ve çeşitli faaliyetler için yapılan "karbon ayak izi" hesaplamasının tarım üretimi ile ilgili tüm alanlarda yapılması hem bu konuda yapılacak araştırmalar hem de alınacak tedbirlerin hayata geçirilmesinde önemli bir zemin işlevi görecektir.

Tarım, enerji ve sürdürülebilir çevre Türkiye bakımından değerlendirildiğinde, doğal kaynakların ve tarımsal tekniklerin artıları ve eksileri göz önüne alınarak en tasarruflu kombinasyonla çözümün bulunması gerekmektedir. Bu kaynaklar ve tarım teknikleri için ekonomiye maksimum fayda sağlayacak ve çevreye en az zarar verecek şekilde tarım-enerji politikasının belirlenmesi gerekmektedir.

Sürdürülebilirlik perspektifinden tarım ve enerji kapsamında, çevresel zararı en az olan ve yenilenebilir olan enerji kaynaklarına yönelmek, Türkiye'nin dışa bağımlılığını azaltacaktır. Bu nedenle tarım sektöründe enerji kullanımını etkinliğini artırmak için çevre kirliliğini önlemek adına fosil

enerji kaynaklarının yerine alternatif enerji kaynaklarının getirilmesi öncelikli gereksinimdir.

Yukarıda anlatılan önerilerden sonuç elde edebilmek ve devlet teşviklerinin sonuç alabilmesi için hepsinden önce sürdürülebilir tarımsal faaliyetler hakkında girişimcilerin ve çiftçilerin bilinçlendirilmesi sağlanmalıdır. Bu bağlamda yüksek bir gelire ulaşmak için çevreye ve doğal kaynaklara zararı olan tarım üretiminin uzun vadede kâr getirmeyeceği belirtilmeli, yenilenebilir enerji kaynaklarının tarım sektöründe nasıl verimli ve etkin bir şekilde yapılacağı, tasarruf sağlayacak uygulamaların uzun vadede sağlayacağı yararlar anlatılmalıdır. Tarım enerji sürdürülebilirlik ilişkisi sadece üretime ilişkin teknik bir mesele değildir, tüm toplumu hatta insanlığı ilgilendiren bir meseledir. Bu nedenle bu alandaki sorunlara çözüm getirilebilmesi, iyileştirmeler yapılabilmesi toplumun duyarlılığına da ihtiyaç duymaktadır.

KAYNAKÇA

- AgroNews. “Dünya Bitki İlacı Koruma Talebi”, <http://news.agropages.com>, (Erişim: 04.05.2020).
- Akdoğan A. ve Güleç, S. (2007). “Sürdürülebilir Katı Atık Yönetimi ve Belediyelerde Yöneticilerin Katı Atık Yönetimiyle İlgili Tutum ve Düşüncelerinin Analizine Yönelik Bir Araştırma”, *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, C. 25, S. 1, ss. 39-60.
- Aktacir, M. A. ve öte. (2010). “Tarımsal Uygulamalarda Yenilenebilir Enerjinin Kullanılması”, *1.Uluslararası Katılımlı Kamu Üniversite-Sanayi İşbirliği Sempozyumu ve Mermercilik Şurası (24-26 Mayıs 2010)*, Diyarbakır, [t.y.]. ss. 484-490.
- Aldağ, M. C. (2009). “Türkiye’nin Avrupa Birliği Sürecinde Tarım Makinalarının Entegrasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ. <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/256988.pdf> (Tez No. 256988).
- Arge7. (2016). “Enerji Üretim Türlerine Göre CO₂ Emisyon Oranları”, <https://arge7.com/detay.php?id=435>, (Erişim: 06.06.2020).
- Ayan, S. (2018). “Dışkıdan Gelen Temiz Enerji, Kendini 3 Senede Amorti Ediyor”, <https://tr.sputniknews.com/yeni-seyler-rehberi/201807131034302370-diskidan-gelen-temiz-enerji-kendini-3-senede-amorti-ediyor/>, (Erişim: 05.05.2020).
- Aybek, A, Üçok, S., Bilgili, M., İspir, M. (2015). “Kahramanmaraş İlinde Bazı Tarımsal Atıkların Biyogaz Enerji Potansiyelinin Belirlenerek Sayısal Haritalarının Oluşturulması”, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, C. 29, S.2, ss. 25-39.
- Aykas, E., Yalçın, H., Çakır, E. (2005). “Koruyucu Toprak İşleme Yöntemleri ve Doğrudan Ekim”, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, C. 42, S. 3, ss. 195-205.

- Balkan, M. (2018). “Şeker Pancarı, Su ve Akıllı Sulama”. *Pusulula Haber*, <https://www.pusululahaber.com.tr/seker-pancari-su-ve-akilli-sulama-7991yy.htm>, (Erişim: 23.03.2020).
- Baran, M. F., Karaağaç, H. (2014). “Kırklareli Koşullarında İkinci Ürün Ayçiçeği Üretiminde Enerji Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi”, *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, C. 1, S. 2, ss. 117-123.
- Basnews. (2018). “2019’a Girerken Dünya Nüfusu 7,5 Milyarı Aşacak”, <http://www.basnews.com/tr/babat/489111>, (Erişim: 02.05.2020).
- Başkaya, F. (2016). *Başka Bir Uygarlık İçin Manifesto*. İstanbul: Yordam Kitap.
- Beiser, A. (2008). *Modern Fiziğin Kavramları*, çev. Gülsen Önengüt. Ankara: Akademi Yayın.
- Bencuya, İ. R, Vardar, A . (2017). “Türkiye 2017 Yılı Güncel Rüzgâr Enerjisi Görünümü”, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, C. 31, S. 2, ss. 177-181.
- Bozkurt, Y. (2005). “Çukurova Koşullarında Damla Sulama Yöntemi İle Sulanan II. Ürün Mısır Bitkisinde Optimum Lateral Aralığının Belirlenmesi”. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana. <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/198109.pdf> (Tez No. 198109).
- British Petroleum (BP). Statistical Review of World Energy, June 2018. www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energyeconomics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf, (Erişim: 17.03.2020).
- Bursa Bölgesi Tarım Kooperatifleri Birliği. “Ekolojik Tarım”, <https://www.bursatarkoop.com/ekolojik-tarim/>, (Erişim: 19.04.2020).
- Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı (BEBKA). (2015). “Nilüfer Belediyesi Organik Atıklardan Biyogaz Üretim Tesisi Fizibilite Çalışması Nihai Raporu”, https://www.bebka.org.tr/admin/datas/sayfas/202/organik-atiklardanbiyogazuretimitesisifizibilitecalismasiorganized_1569220296.pdf, (Erişim: 12.05.2020).
- Burunkaya, M. (2019). “Hassas Tarım Uygulamaları İçin Yeni Nesil Damla Sulama Sistemi Tasarımı Ve Gerçekleştirilmesi”, *Politeknik Dergisi*, C. 22, S. 3, ss.

785-792.

- Cankaya, M. (2013). *Cumhuriyet Dönemi Teknoloji Tarihi (Tarım Alet ve Makineleri, Demir Çelik ve Demiryolu Teknolojileri)*, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara. file:///C:/Users/ASUS/Downloads/330275.pdf (Tez No. 330275).
- Congar, Kerem. (2018). “Dünyayı En Çok Hangi Ülkeler Kirletiyor? Türkiye Listede Kaçınıcı Sırada?”, *Euronews*, <https://tr.euronews.com/2018/09/03/dunyayi-en-cok-hangi-ulkeler-kirletiyor-turkiye-kacinci-sirada->, (Erişim: 10.03.2020).
- Çakmak, R., Yıldırım, M., Aküzüm T. (2008). “Türkiye’de Tarımda Su Yönetimi, Sorunlar ve Çözüm Önerileri”, <http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/9139.pdf>, (Erişim: 12.03.2020).
- Çalışkan, M. (2011). “Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Mevcut Yatırımlar”, <http://www.solar-academy.com/menus/TurkiyeRuzgarEnerjisiPotansiyeli-ve-Mevcut-Yatirimlar033927.pdf>, (Erişim: 09.02.2020).
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Mersin Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. (2018). <https://mersin.csb.gov.tr/aniz-yanginlari-bilgi-notu-duyuru-361170>, (Erişim: 26.06.2020).
- Çevre Portal. (2018). “Petrolün Çevreye Zararları Nelerdir?”, <https://www.cevreportal.com/petrolun-cevreye-zararlari-nelerdir/>, (Erişim: 02.05.2020).
- Demir, P. ve Cevger, Y. (2007). “Küresel Isınma ve Hayvancılık Sektörü”, *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, C. 78, S.1, ss. 13-16.
- Demirboğa, Y. (2018). “Doğrudan Ekim (Sürümsüz Ekim) Yaygınlaşmalı Verim Artmalı”, *Ziraat Haber*, <http://www.tarimsitem.com/2018/01/02/dogrudan-ekim-surumsuz-ekim-yayginlasmali-verim-artmali/>, (Erişim: 08.04.2020).
- Demirdöğen, A., Olhan, E. (2017). “Türkiye Tarımının Kısa Tarihi: Destekleme Politikası Özeli”, *Tarım Ekonomisi Dergisi*, C. 23, S.1, ss. 1-12.

- Devlet Planlama Teşkilatı (DPT). (2007). *Dokuzuncu Kalkınma Planı, Çevre Özel İhtisas Komisyonu Raporu*. Ankara: DPT Yayınları.
- Devlet Su İşleri (DSİ). (2020). “Türkiye’de Mevcut Yeraltı-Yerüstü Su Kaynaklarının Potansiyeli”, <http://www.dsi.gov.tr/topraksu.htm>, (Erişim: 20.03.2020).
- Devlet Su İşleri (DSİ). (2020). “Sulamanın Önemi”, <http://www.dsi.gov.tr/docs/hizmet-alanlari/tarim-sulama.pdf?sfvrsn=2>, (Erişim: 03.06.2020).
- Dilli, B. (2018). “Türkiye’de Enerji Sektöründe Gelişmeler Üzerine Notlar-Öneriler”, Türkiye’nin Enerji Dönüşümü TMMOB Oda Raporu, https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/EnerjiGorunumu2018_1.pdf, (Erişim: 13.03.2020).
- Diñçer, H. (1977). *Ziraatte Canlı Kuvvet Makinaları*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Diñçer F. ve öte. (2017). “Hidrolik Enerjisinden Yararlanmada Ülkemiz ve Gelişmiş Ülkelerin Mevcut Durumlarının Analizi”, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, C. 8, S. 3, ss. 555-561.
- Direk, M. (2012). *Tarım Tarihi ve Deontoloji*. Konya: Eğitim Yayınevi.
- Direk, Mithat. “Tarımda Enerji Kullanımı ve Verimliliği”, *Tarım Türk Dergisi*, <http://www.tarimturk.com.tr/yazar-tarImda-enerji-kullanImI-ve-verimlilikI-19.html>, (Erişim: 19.04.2020).
- Doğa Koruma Merkezi (DKM). (2016). “Geleceğin Tarımı Projesi”, <https://dkm.org.tr/Haber/5e80dfd2d635313ddc4043a2>, (Erişim: 08.04.2020).
- Doğan, Z., Arslan, S., Berkman, A. (2015). “Türkiye’de Tarım Sektörünün İktisadi Gelişimi ve Sorunları: Tarihsel Bir Bakış”, *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, C. 8, S. 1, ss. 29-41.
- Dokuzlar, B. (2006). *Dünya Güç Dengesinde Yeni Silah Doğalgaz: (Orta Asya ’dan-Avrupa ’ya)*. İstanbul: IQ Kültür Sanat Yayınları.
- Durak, B., Karadağ N. (2017). “Türkiye’de Tarım Politikaları ve Vergilendirilmesi-

2”, *Hukuk ve İktisat Araştırmaları Dergisi*, C. 9, S. 1, ss. 105-117.

Einstein, A., Infeld., L. (2011). *Fiziğin Evrimi*, çev. Öner Ünalın. İstanbul: Evrensel Basım Yayın.

Ekinci, Kamil ve öte. (2010). “Türkiye’de Hayvan Gübresinden Yararlanabilecek Potansiyel Biyogaz Santrallerinin Geleceği”, *Enerji Keşif & Sömürü*, C. 28, S. 3, ss. 187-206.

Enerji Ekonomisi. “Türkiye’de Kaç Biyogaz Tesisi Var?”, <https://www.enerjiekonomisi.com/turkiye-de-kac-biyogaz-tesisi-var/6171>, (Erişim: 05.05.2020).

Enerji Gazetesi.ist. (2020). “Türkiye’nin 2019 Yılı Elektrik Üretim Dağılımına Bağlı Karbon Salınımı”, <https://www.enerjigazetesi.ist/turkiye-nin-2019-yili-elektrik-uretim-dagilimina-bagli-karbon-salimini/>, (Erişim: 09.05.2020).

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (YEGM). “Biyogaz”, <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx>, (Erişim: 12.05.2020).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2005). “Enerji Sektöründe Sera Gazı Azaltımı Çalışma Raporu”, https://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FBelge%2FEnerji_Grubu_Raporu.pdf, (Erişim: 17.03.2020).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. “Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü”, www.enerji.gov.tr/Resources/Sites/1/Pages/Sayi_15/mobile/index.html, (Erişim: 25.03.2020).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2017). “Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü 2016 Yılı Faaliyet Raporu”, http://www.yegm.gov.tr/document/2016_f_r.pdf, (Erişim: 25.03.2020) .

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. “Yenilenebilir Enerji”, www.eie.gov.tr/yenilenebilir.aspx, (Erişim: 27.03.2020).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı, http://www.cevreorman.gov.tr/atik_01.htm, (Erişim:

02.05.2020).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2020). “Kömür”, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur>, (Erişim: 02.05.2020).

Ergül, İ. (2016). *Türkiye’deki Tarım Traktörlerinin Enerji Verimliliği Sınıflandırmasına Yönelik Bir Sistem Geliştirilmesi*, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp> (Tez No. 434723).

Ertok, A. ve Kanber, R. (2002). “Damla Sulama Yönteminin Pamuk Sulamasında Topraktaki Tuz Dağılımına Etkileri”, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, C.12, S. 2, ss. 21-31.

Ertuğrul, Ö. “Toprak İşlemesiz Tarım Tekniği Çiftçiye Tasarruf Sağlıyor”, (2017, Kasım 15). *Anadolu Ajansı (AA)*, <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/toprak-islemesiz-tarim-teknigi-ciftciye-tasarruf-sagliyor/965731>, (Erişim: 02.05.2020).

Food and Agriculture Organization (FAO). (2013). www.fao.org, (Erişim: 13.04.2020).

Gezegen Solar. “Tarlanıza Kaç Kw Güneş Enerjisi Santrali Kurulabilir?”, <https://www.powerenerji.com/>, (Erişim: 12.05.2020).

Global Wind Energy Council (GWEC). (2017). “Global Statistic”, http://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC_PRstats2016_EN_WEB.pdf, (Erişim: 10.03.2020).

Gökkuş, A. (2014). “Kurak Alanlarda Yapay Mera Kurulması ve Yönetimi”, *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, C. 2, S. 2, ss. 151-158.

GREELANE. “Kimyasal Enerji İyi Örnekler Nelerdir?”, <https://www.greelane.com/tr/bilim-teknoloji-matematik/bilim/example-of-chemical-energy-609260/>, (Erişim: 28.03.2020).

GreenPeace. “Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyelinin Değerlendirilmesi”, <http://www.greenpeace.org/international/en/>, (Erişim: 17.04.2020).

- Gül, H. (2017). “*Türkiye’de Kullanılan Zirai Ağaçların Sağlığa Etkileri*”. Tezsiz Yüksek Lisans Dönem Projesi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Nevşehir. http://acikerisim.nevsehir.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/20.500.11787/276/Hacer_G%C3%BCI_Tez.pdf?sequence=1, (Erişim: 10.04.2020).
- Gültaş, H. T., Erdem, Y. (2006). “Bodur Kiraz Bahçelerinde Damla ve Mikro Yağmurlama Sulama Yöntemlerinin Yatırım ve İşletme Masrafları Yönünden Karşılaştırılması”, *Tarım Bilimleri Dergisi*, C. 13, S. 1, ss. 38-46.
- Gümüşçü, M., Uyanık, S. (2010). “Güneydoğu Anadolu Bölgesi Hayvansal Atıklarından Biyogaz ve Biyogübre Eldesi”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, C. 16, S. 118, ss. 59-65.
- Gündoğan, A. C. (2018). “Türkiye Sera Gazı Emisyon İstatistiklerine Yakın Bakış”, *İklim Haber*, <https://www.iklimhaber.org/turkiye-sera-gazi-emisyon-istatistiklerine-yakin-bakis/>, (Erişim: 02.06.2020).
- Güneş, M. (1999). “*Fotovoltaik Sistemin Sağladığı Elektrik Enerjisi İle Çalışan Bir Uygulama Sisteminin Tasarımı*”, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ. <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/83922.pdf> (Tez No. 83922).
- International Energy Agency (IEA). (2020). Sürdürülebilir Kalkınma Senaryosunda Nihai Enerji Karbon Yoğunluğu. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/final-energy-carbon-intensityinthesustainabledevelopment-scenario-2000-2040>, (Erişim: 26.06.2020).
- International Energy Agency (IEA). (2020). Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinde Yenilenebilir Enerji. <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/other-renewables>, (Erişim: 27.06.2020).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2001). “İklim Değişimi 2001: Bilimsel Temel”, <https://www.ipcc.ch/report/ar3/wg1/>, (Erişim: 11.04.2020).
- İlgen, A. (2008). *1921 Türkiye Sanayi Sayımları*, Ankara: Cedit Neşriyat.

- Kadayıfçılar, S. (1963). *Ziraatımızın Motorlaşmasında Önemli Olan Bazı Teknik ve Ekonomik Hususlara Ait Bir Araştırma*, Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 222, Çalışmalar:145, Ankara Üniversitesi Basımevi.
- Kanber, R., ve Ünlü, M., (2016). “Türkiye’de Sulama Araştırmaları Tarihçesi ve Gelişimi”, 13. Ulusal Kültür Teknik Kongresi, Antalya, <https://avesis.cu.edu.tr/yayin/21e914e53eeb40b28eab459a9e2b6f4c/turkiy-e-de-sulama-arastirmalari-tarihcesi-ve-gelisimi>, (Erişim: 12.04.2020).
- Kapluhan, E. (2014). “Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Biyokütle Enerjisinin Dünyadaki ve Türkiye’deki Kullanım Durumu”, *Marmara Coğrafya Dergisi*, S. 30, ss. 97-125.
- Karaboğa, D. V. (2010). “*Klasik Dönemde Osmanlı Devleti’nde Tarım*”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta. file:///C:/Users/ASUS/Downloads/280114.pdf (Tez No. 280114).
- Karaca, C. (2013). “Türkiye’de Sürdürülebilir Tarım Politikaları: Tarım Sektöründe Atıl ve Yenilenebilir Enerji Kaynakların Değerlendirilmesi”, *Tarım Ekonomisi Dergisi*, C. 19, S. 1, ss. 1-19.
- Karaoğlu, İbrahim. Kişisel Görüşme (13.04.2020).
- Karayılmazlar, S. ve öte. (2011). “Biyokütlenin Türkiye’de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi”, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, C. 13, S. 19, ss. 63-75.
- Kılıç, F. Ç. (2015). “Güneş Enerjisi Türkiye’deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri”, *Mühendis ve Makina Dergisi*, C. 56, S. 671, ss. 28-40.
- Kırklareli Kayalı Sulama Kooperatifi. Kişisel Görüşme (07.05.2020).
- Kırklareli Merkez TREDAS Şubesi. Kişisel Görüşme (07.05.2020).
- Koç, E. ve Şenel, M. C. (2013). “Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu - Genel Değerlendirme,” *Mühendis ve Makina*, C. 54, S. 639, ss. 32-44.
- Koç, A. ve öte. (2018). “Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi”, *Mühendis ve Makina*, C. 59, S. 692, ss. 86- 114.

- Koçyiğit, R. (2007). “Karasal Ekosistemde Karbon Yönetimi ve Önemi”, *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, C. 25, S. 1, ss. 81-52.
- Konya Valiliği İl Tarım Müdürlüğü ve Konya Ticaret Borsası. (2020). “Toprak İşlemesiz Ekim Tekniği (Anıza Doğrudan Ekim)”, [http://www.tarimkutuphanesi.com/toprak_islemesiz_ekim_teknigi_\(aniza_dogrudan_ekim\)_00596.html](http://www.tarimkutuphanesi.com/toprak_islemesiz_ekim_teknigi_(aniza_dogrudan_ekim)_00596.html), (Erişim: 27.04.2020).
- Konya Ticaret Odası (KTO). (2006). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Araştırma Raporları*. Konya: Konya Ticaret Odası Yayınları.
- Kozak M. ve Kozak Ş. (2012). “Enerji Depolama Yöntemleri”, *SDU International Technologic Science*, C.4, S. 2, ss. 17-29.
- Küçükaya, E. (2019). “Potansiyel Enerji Nedir?”, *Enerji Portalı*, <https://www.enerjiportali.com/potansiyel-enerji-nedir/>, (Erişim: 28.03.2020).
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA). (2017). Dünyada ve Türkiye’de Uranyum ve Toryum, <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/Uranyum-Toryum.pdf> (Erişim: 02.05.2020).
- Makina Mühendisleri Odası (MMO). (2018). *Türkiye’nin Enerji Görünümü*. Ankara: MMO Oda Raporları Yayınları.
- Malkoç, Y. 2015. EİE İdaresi Genel Müdürlüğü, “Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Enerji Profilimizdeki Yeri”, <http://www.solar-academy.com/menus/Turkish-Wind-Data.023202.pdf> (11.03.2020)
- Mazoyer, M. ve Roudart, L. (2010). *Dünya Tarım Tarihi Neolitik Çağ’dan Günümüzdeki Krize*, çev. Şule Ünsaldı. Ankara: Epos Yayınları.
- Miran, B. (2005). “Tarımsal Yapı ve Üretim”, https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/Belgeler/yayinlar/turkiyede_tarim.pdf, (Erişim: 17.03.2020).
- Nadas Tarım. “1 Dekar Arazide Patates Üretiminde Karşılaştırmalı Üretim Maliyeti”, <http://www.nadastarim.com/page/basincli-sulama-sistemleri-projeleri>, (Erişim: 23.03.2020).

- NETAFİM. “Toprak Altı Damla Sulama Tekniği”,
<https://www.netafim.com.tr/akademi/toprak-alti-damla-sulama-kurulumu/>,
(Erişim: 12.05.2020).
- Öcalan, A. R. (2009). “*Türk Tarım Sektöründe Uygulanan Sulama Tekniklerinin Ekonomiye Etkileri ve Ege Bölgesi Uygulamaları*”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
file:///C:/Users/ASUS/Downloads/261894.pdf (Tez No. 261894).
- Öğüt, H. (1995). *Tarım Traktörleri*. Selçuk Üniversitesi, Konya: Z. F. Yayınları.
- Özal, N. (2019). “*Ekolojik Tarım ve Küresel Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri: OECD Ülkelerinde Bir Uygulamaya*”. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
file:///C:/Users/ASUS/Downloads/592311.pdf (Tez No. 592311).
- Özgener, Ö. (2002). “Türkiye’de ve Dünyada Rüzgar Enerjisi Kullanımı”, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, C. 4, S. 3, ss. 159-173.
- Özgür, E. M. (2017). “Nüfus Dinamikleri, Çevre ve Sürdürülebilirlik”, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, C. 15, S. 1, ss. 1-26.
- Öztürk, H. H. (2005). “Tarımda Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı”, 3. *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Ulusal Sempozyumu (19-21 Eki 2005) Bildiriler Kitabı*, Mersin: ISBN: 975-395-915-X, [t. y.], ss. 286-290.
- Öztürk, H. H., YAŞAR, B., EREN, Ö. “Tarımda Enerji Kullanımı ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, *TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Türkiye Ziraat Mühendisliği 7. Teknik Kongresi (11-15 Ocak 2010) Bildiriler Kitabı*, Ankara, [t. y.], ss. 909-932.
- Öztürk, H. H. (2011). “Tarımsal Üretimde Enerji Verimliliği”, 2. *Ulusal Enerji Verimliliği Forumu ve Fuarı Bildiriler Kitabı (13-14 Ocak 2011)*, İstanbul (2011), ss. 36-40.
- Öztürk, H. H. (2013). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, Ankara: Birsen Yayınevi.
- Öztürk, M. (2019). *Asya Hunlarında Tarım ve Yerleşik Hayat*. İstanbul: Hiperyayın.
- Öztürk, M. (2019). “Türkiye Tarım Gıda Sistemi ve Gıda Fiyatlarında Dalgalanmalar”, *Toplum ve Hekim Dergisi*, C. 34. S.3, ss. 323-332.

- Öztürk, M. (2017). *Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi*.
http://www.cevresehirkutuphanesi.com/assets/files/slider_pdf/UWDntXjXQmfS.pdf (Erişim: 12.05.2020).
- Power Enerji. “Güneş Enerjisi İle Sulama Sistemi Fiyatları”,
<https://www.powerenerji.com/gunes-enerjisi-ile-sulama-sistemi-fiyatlari-1-kw-5-kw-10-kw-50-kw-100-kw-250-kwa.html> (Erişim: 20.04.2020).
- Power Enerji. “Kırklareli Güneş Enerjisi Elektrik Üretimi”,
<https://www.powerenerji.com/kirklareli-gunes-enerjisi-elektrik-uretimi.html>, (Erişim: 04.05.2020).
- Resmi Gazete. (2020a). “Bitki Üretiminde biyolojik Mücadele ve Biyoteknik Destekleme Ödemesinin Uygulama Tebliği”,
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/11/20191108-11.htm>,
(Erişim: 19.04.2020).
- Resmi Gazete. (2020b). “Tarım Bakanlığınca İzinli Organik İlaçlar ve Etkileri”,
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/08/20100818-4.htm>, (Erişim: 14.05.2020).
- Saz, S. (2015). “*Biyokütle Enerjisi ve Yararlanma Yöntemleri*”, Bitirme Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
<https://docplayer.biz.tr/16113920Tcondokuzmayisuniversitesimuhendislik-fakultesi-cevre-muhendisligi-anabilim-dali-biyokutleenerjisiveyararlanma-yontemleri-bitirme-tezi.html>, (Erişim: 28.03.2020).
- Seydioğulları, H. S. (2013). “Sürdürülebilir Kalkınma için Yenilenebilir Enerji”,
Planlama Dergisi, C. 23, S. 1, ss. 19-25.
- Seyitoğlu, S. S. (2012). “*Kayseri İlinde Güneş Enerjisi İle Sulama Sistemi Maliyet Analizi*”, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri. file:///C:/Users/ASUS/Downloads/320846.pdf, (Tez No: 320846).
- Soykan, Ö. F. (2015). “*Erzurum İlinde, Organik ve Konvansiyonel Olarak Üretilen Buğdayın, Maliyetler Açısından Karşılaştırılması*”, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum. file:///C:/Users/ASUS/Downloads/415260.pdf (Tez No. 415620).

- Sürdürülebilir Kalkınma Derneği (SKD). (2018). “Sürdürülebilir Tarım İlkeleri İyi Uygulamalar Rehberi”, http://www.skdturkiye.org/files/yayin/surdurulebilir-tarim-ilkeleri-iyi-uygulamalar-rehberi_4__3.pdf, (Erişim: 02. 06.2020).
- Şanlı, B. “Enerji 101-Birimler ve Akışlar”, <https://www.dunyaenerji.org.tr/wp-content/uploads/2018/09/Enerji101-1Sunum.pdf>, (Erişim: 13.05.2020).
- Şenol, R. (2012). “Tarımsal Sulama ve Güneş Enerjisi”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, C. 27, S. 3, ss. 519-526.
- Şimşek, N. E. (2005). “Deniz Akımları Enerjisi ve Türbinleri”, http://www.emo.org.tr/ekler/ecff5455677b38d_ek.pdf, (Erişim: 15.03.2020).
- Tarım ve Orman Bakanlığı, Hayvancılık Genel Müdürlüğü. (2020). <https://www.tarimorman.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/HAYGEM.pdf>, (Erişim:01.06.2020).
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (2020). “Gübre İstatistikleri”, <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Bitki-Besleme-ve-Tarimsal-Teknolojiler/Bitki-Besleme-Istatistikleri>, (Erişim: 01.06.2020).
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (2020). “Gübre Tavsiyeleri”, <https://www.tarimorman.gov.tr/Belgeler/SagMenuVeriler/ToprakSuGubreTavsiyeVerileri.pdf>, (Erişim: 01.06.2020).
- Tarım ve Orman Bakanlığı, “Hibe ve Teşvikleri 2020 Programı”, <https://kosgebkredisi.com/tarim-ve-orman-bakanligi-hibe-ve-tesvikleri-2019-programi/>, (Erişim: 06.06.2020).
- Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018-2020 Stratejik Plan, <https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/Belgeler/20132017/GTHB%202018-2022%20STRATEJI%CC%87K%20PLAN.PDF>, (Erişim: 06.06.2020).
- Tatar, V. Ve Özer B. (2018). “Sera Gazı Emisyonlarının İklim Değişikliği Üzerindeki Etkileri: Türkiye’de Mevcut Durum Analizi”, *Journal of Social Humanities Sciences Research*, C.5, S. 30, ss. 3993-3999.

- Tolay, M. ve öte. (2008). “Hayvansal Atıklardan Biyogaz Üretimi”, 7. *Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu (17-19 Aralık 2008)*, İstanbul, [t. y.], ss. 259-264.
- Topal, M. ve Arslan, E. I. “Biyokütle Enerjisi ve Türkiye”, 7. *Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu (17-19 Aralık 2008)*, İstanbul, [t. y.], ss. 241-248.
- Trouw Nutrition. (2013a). “İneklerin Ekolojik Ayakizi Raporu”, https://www.trouwnutrition.com.tr/contentassets/5ad87435a1d34111bb0d24d2c5a878b9/ruminant-katk-servisler/katk-servis_ubat-ruminant.pdf, (Erişim: 01.06.2020).
- Trouw Nutrition. (2013b) “Hayvan Dışkıları Analizi İle Ekonomik Kayıplarınızı Engelleyebilir ve Sürdürülebilirliğe Katkı Sağlayabilirsiniz!”, https://www.trouwnutrition.com.tr/contentassets/5ad87435a1d34111bb0d24d2c5a878b9/nir-katk-servisler/katki-servis_aralik-nirline.pdf, (Erişim: 02.06.2020).
- Türk Dil Kurumu (TDK). “Tarım”, <https://sozluk.gov.tr/>, (Erişim: 02.05.2020).
- Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (TMMOB). (2018). “Türkiye’nin Enerji Görünümü 2016” https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/5a810b69dea7107_ek.pdf (Erişim: 10.03.2020).
- Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (TMMOB). (2019). “ZMO: Ülkemizde Bitki Koruma Ürünleri ve Buna Bağlı Konular Üzerine Değerlendirme”, <http://www.tmmob.org.tr/icerik/zmo-ulkemizde-bitki-koruma-urunleri-ve-buna-bagli-konular-uzerine-degerlendirme>, (Erişim: 19.04.2020).
- Türkiye Cumhuriyeti Strateji ve Bütçe Başkanlığı. “Türkiye ve Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları”, <http://www.surdurulebilirkalkinma.gov.tr/>, (Erişim: 02.05.2020).
- Türkiye Gıda ve İçecek Dernekleri Federasyonu. (2017). “Türkiye’de İklim Değişikliği ve Tarımda Sürdürülebilirlik”, <https://www.tgdf.org.tr/wp-content/uploads/2017/10/iklim-degisikligi-rapor-elma.compressed.pdf>, (Erişim: 13.04.2020).
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). “Türkiye’nin 2019 Yılındaki Arazi Varlığı İle

- Biyokütle Enerjisinin Hammaddesi Olan Bitkisel Üretimin Potansiyeli”, <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>, (Erişim: 03.05.2020).
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). “Sera Gazı Emisyon Envanteri”, http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=8537&tb_id=7, (Erişim: 27.03.2020).
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). “1970-2018 Yılları Arasında Türkiye’deki Tarım Alet ve Makine Sayıları”, <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>, (Erişim: 04.05.2020).
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). “1970-2018 Yılları Arasında Türkiye’deki Motorlu Taşıtların İstatistikleri”, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1051, (Erişim: 29.05.2020).
- Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (TÜREB). (2018). “Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu”, http://www.tureb.com.tr/files/tureb_sayfa/%20duyurular/2018/03/turkiye_ruzgar_enerjisi_istatistik_raporu_ocak_2018.pdf, (Erişim:27.03.2020).
- Türkiye Tohumcular Birliği (TÜRKTÖB). (2012). “Damla Sulamada Kullanılacak Su Miktarı”, <https://www.turktob.org.tr/tr/damla-sulamadakullanilacak-su-miktari/8474>, (Erişim: 12.05.2020).
- UNDP, İnsani Kalkınma Raporu (Human Development Report, Fighting climate change: Human Solidarity in a Divided World, 2007-2008), (2007). (çevrimiçi), http://hdr.undp.org/en/media/HDR_20072008_EN_Complete.pdf, 03.06.2020).
- Uzmay, İ. (1948). *Enerji Girdi ve Çıktıları Esas Alınarak Türk Tarımının Veriminin Yıllara Göre Değişimi*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi. İstanbul. <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/2148.pdf> (Tez No. 2148).
- Ünlü, A. (2007). “Doğu Anadolu Bölgesi’nin Biyokütle Potansiyeli ve Enerji Üretimi”, *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları Dergisi*, C. 7, S. 1, ss. 175-181.
- ÜRET. (2019). “Petrolün Oluşumu ve İçeriği”, <https://uret.com.tr/tr/uret->

- blog/petrol-tarihi-1/, (Erişim:02.05.2020).
- Ürün, E, Soyu, E. (2016). “Türkiye’nin Enerji Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynakları Üzerine Bir Değerlendirme”, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, ICEBSS Özel Sayısı, ss. 31-45.
- Varol, H. (2017). “*Hayvancılık İşletmelerinde Oluşan Atıkların İşletimi ve Olası Çevre Etkileri: Afyon Karahisar Örneği*”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta. file:///C:/Users/ASUS/Downloads/486928.pdf, (Erişim: Tez No. 486928).
- Vurarak, Y. ve Bilgili M. (2015). “Tarımsal Mekanizasyon, Erozyon ve Karbon Salınımı: Bir bakış”, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, C. 30, S. 3, ss. 307-316.
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM). (2020). “Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyelinin Haritası”, <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/gunes.aspx>, (Erişim: 03.05.2020).
- Yenilmez, F. “Tavukçuluk Atıklarından Biyogaz Üretimi”, *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, C. 29, S. 3, ss. 205-212.
- Yener, Ç. (2019). “*Tarım Sektörünün Geleceği: Teknolojik Bir Bakış*”. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana. file:///C:/Users/ASUS/Downloads/601441.pdf, (Tez No. 601441).
- Yılmaz, F. (2018). “Jeotermal Enerji Destekli Güç ve Temiz Su Üretim Sisteminin İncelenmesi ve Termodinamik Analizi”, *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, C. 6, S.2, ss. 86-93.
- World Bank Data. “1970-2018 Yılları Arasında Türkiye’deki Traktör Sayısı”, , <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>, (Erişim: 29.05.2020).
- World Energy Council. (2017). “World Energy Resources-2016” https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/World-Energy-Resources_Report_2016.pdf (Erişim: 10.03.2020).

World Wide Fund For Nature (WWF). “Atmosferdeki Kirlilik Miktarı Kritik Seviyeye Ulaştı”, <http://www.surdurulebilirlik.gov.tr/>, (Erişim: 02.05.2020):

2020 Yılı Devlet Destekleri. “Buğday Ne Kadar Para Kazandırır? (Maliyet Hesaplama)”, <https://www.devletdestekli.com/bugday-ne-kadar-para-kazandirir-maliyet-hesaplama/>, (Erişim: 12.05.2020).

