

**Sürdürülebilir Tarıma Doğru
Atık Yönetimi ve
Yenilenebilir Enerji Yöntemlerinin
Değerlendirilmesi Raporu**

**Sürdürülebilir Tarıma Doğru
Atık Yönetimi ve
Yenilenebilir Enerji Yöntemlerinin
Değerlendirilmesi Raporu**

E. Olcay IŞIN

Çevre Yüksek Mühendisi
Sürdürülebilirlik ve Enerji Uzmanı

ANKARA, 2022

Bu rapor ‘‘Türkiye Ekonomisinin Yeşil Büyüme Yolunda Kalkınmasını Desteklemek Amacıyla Sürdürülebilir Biyokütle Kullanımı Projesi’’ kapsamında hazırlanmıştır.

Hazırlayan

E. Olcay İŞİN

Çevre Yüksek Mühendisi
Sürdürülebilirlik ve Enerji Uzmanı

İletişim Adresi

Kızılırmak Mahallesi Dumlupınar Bulvarı
Next Level A Blok K:16 D:81
Söğütözü/Çankaya/Ankara
Tel: 0312 970 20 34 / Fax: 0850 220 04 51
www.enerjihukuku.org.tr / info@enerjihukuku.org.tr

Grafik & Dizgi - Baskı ve Cilt

SALMAT BASIM YAYINCILIK AMBALAJ SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ.
Sebze Bahçeleri Caddesi Arpacıoğlu İş Hanı No:95/1
İskitler/ANKARA
Tel: (0312) 341 10 24 • Faks: (0312) 341 30 50
www.salmatbasim.com.tr • email: salmatbasim@gmail.com

İçindekiler

1. Giriş	1
2. İklim Değişikliği ve Tarım İlişkisi	2
3. Türkiye’de Tarım ve Yetiştirilen Başlıca Ürünler	11
3.1. Başlıca Yetiştirilen Tarımsal Ürünler	13
4. Türkiye’de Tarımsal Atıklar	21
4.1. Tarımsal Atıkların Tanımlanması	21
4.2. Bitkisel Üretim Atıklarının Miktarı.....	21
4.3. Bitkisel Üretim Atıklarının Özellikleri.....	27
4.4. Bitkisel Üretim Atıklarının İl ve Bölgelere Göre Dağılımı.....	32
4.5. Atığa Erişilebilirlik ve Lojistik.....	35
4.5.1. Atığa Erişilebilirlik.....	35
4.5.2. Atıkların Taşınması	36
5. Bitkisel Üretim Atıkları için Enerji Dönüşüm Teknolojileri	39
5.1. Termokimyasal Yöntemler	41
5.1.1. Yakma.....	41
5.1.2. Piroliz.....	42
5.1.3. Gazlaştırma	43
5.2. Biyokimyasal Prosesler	45
5.2.1. Anaerobik Çürütme	45
5.2.2. Fermantasyon	47
6. Sonuçlar	50

Şekil Listesi

Şekil 2.1 Sera gazı emisyonlarının küresel bazda sektörel dağılımı.....	3
Şekil 2.2 Yıllar içerisinde küresel bazda sera gazı emisyonlarının sektörel değişimi	3
Şekil 3.1 Türkiye’de tarla bitkileri üretim verileri.	14
Şekil 3.2 İllere göre tarla bitkileri üretim miktarları.....	15
Şekil 3.3 Türkiye’de bahçe bitkileri üretim verileri.....	16
Şekil 3.4 İllere göre bahçe bitkileri üretim miktarları.....	17
Şekil 3.5 Türkiye’de sebze bitkileri üretim verileri	18
Şekil 3.6 İllere göre sebze bitkileri üretim miktarları	19
Şekil 4.1 Türkiye, tarla bitkileri üretimi - atık ilişkisi	23
Şekil 4.2 Türkiye bahçe bitkisel üretim - atık ilişkisi	24
Şekil 4.3 Türkiye sebze bitkileri üretimi - atık ilişkisi.....	25
Şekil 4.4 Türkiye bitkisel üretimi-atık ilişkisi	26
Şekil 4.5 Biyokütle özelliğine göre sıcaklık ve kütle kaybı grafiği.....	31
Şekil 4.6 Ternary Diaagramı	32
Şekil 4.7 Yıllık 1 milyon ton bitkisel üretim atığı oluşturan iller ve bitkisel atık üretim miktarlarının karşılaştırılması.	33
Şekil 4.8 İllere göre bitkisel üretim atıkları, milyon ton/yıl.....	34
Şekil 5.1 Biyokütlenin enerji dönüşüm yöntemleri	40

Tablo Listesi

Tablo 2.1 1750-2019 yılları arası atmosferdeki CO ₂ ,CH ₄ ,N ₂ O konsantrasyonların değişimi.....	5
Tablo 2.2 Metan emisyonlarının kaynakları	6
Tablo 2.3 Küresel N ₂ O bütçesi.....	8
Tablo 3.1 2019 Türkiye gıda ithalat ve ihracat dengesi	12
Tablo 3.2 2019 Türkiye tahıl ithalat ve ihracat dengesi.....	12
Tablo 4.1 Bitkisel üretim kaynaklı, biyokütlenin yakma süreçleri için özellikleri....	28
Tablo 4.2 Bazı bitkisel biokütlelerin biyogaz tesisleri için değerleri.....	29
Tablo 4.3 Kompost için seçilmiş biyokütleler için temel parametreler	29
Tablo 4.4 Bitkisel biyokütle lignin, selüloz ve hemiselüloz içerikleri.....	30
Tablo 4.5 Piroliz prosesleri özelinde biyokütlenin karakterizasyonu için gerekli bileşenler ve örnek çalışmalar.....	31
Tablo 4.6 Bitkisel kaynaklı biokütlenin gazifikasyon prosesi için biyokimyasal özellikleri.	32
Tablo 5.1 Atık özelliklerine göre-yakma fırın tipleri	41
Tablo 5.2 Piroliz proses türleri ve proses parametreleri.....	43
Tablo 5.3 Yakma, piroliz ve gazifikasyon prosesleri arasındaki farkı	45
Tablo 5.4 Bazı Biyokütlelerin meran üretim potansiyelleri.....	47
Tablo 6.1 Tarım, enerji ve çevre politikaları ekseninde biyokütle sektörü analizi.....	54
Tablo 6.2 Biyokütle sektörü ve pazar boyutunun analizi.....	56
Tablo 6.3 Teknoloji, altyapı, insan kaynakları boyut analizi	57
Tablo 6.4 Biyokütle sektörünün sosyo-ekonomik etki analizi.....	58

1. Giriş

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) ve Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Teşkilatı (UNIDO), Küresel Çevre Fonu (GEF) finansörlüğünde 2018 yılından bu yana “Türkiye Ekonomisinin Yeşil Büyüme Yolunda Kalkınmasını Desteklemek Amacıyla Sürdürülebilir Biyokütle Kullanımı Projesi”ni yürütmektedir. Projenin amacı, tarım endüstrisinde modern biyoenerji teknolojileri uygulamaları ile sektörel dönüşümü tetikleyerek enerji performansını ve rekabet gücünü artırırken sera gazı emisyonunu azaltmak amacı ile yürütülmektedir.¹

Desteklenen Ana Projenin bir bileşeni olan, Türkiye Ekonomisinin Yeşil Büyüme Yolunda Kalkınmasını Desteklemek Amacıyla Sürdürülebilir Biyokütle Kullanımı Projesi, kapsamında Türkiye’deki tarımsal atıkların oluşturduğu biyokütle potansiyelini değerlendirmek ve bu potansiyelin sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda, yerli kaynak ve teknolojiler kullanılarak temiz enerji potansiyeline ışık tutmak amacı ile hazırlanmıştır.

Proje hedefleri kapsamında bu raporda, iklim değişikliğiyle mücadele çerçevesinde, tarımsal atıkların oluşturduğu biyokütle potansiyelinin sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda, verimli ve en uygun teknoloji seçenekleri ile, yerli kaynak ve teknolojiler ile temiz enerjiye dönüşüm süreçleri irdelenmiştir.

İklim değişikliği baskısı altında, bu baskının azaltılmasına yönelik bir perspektifle, iklim değişikliği, tarımsal atıklar ve enerji üçgeninde süreç değerlendirilmiştir. Bu bağlamda Türkiye’de oluşan tarımsal kaynaklı atıkların içerisinde yer alan bitkisel üretim kaynaklı atıkların mevcut durumu ortaya konmuştur.

Mevcut durum çerçevesinde, atık yönetimi temel ilkeleri ele alınmıştır ve süreçler tanımlanmıştır.

Tarımsal atıkların geri kazanımı ve enerji alternatifleri irdelenmiş temel yaygın kullanılan teknolojiler ele alınmıştır. Tarımsal biyokütleden enerji yatırımları kapsamında dikkat edilmesi gereken hususlar, tesislerin sürdürülebilir olması için yapılması gerekenler ve genel olarak planlama ve işletme süreçlerine değinilmiştir. Karar verme süreçlerinin nasıl değerlendirileceği ve hangi prensiplerin ortaya konulması gerektiği ele alınmıştır.

Sonuç ve değerlendirme bölümünde ise, sürdürülebilir tarım dönüşümü kapsamında, tarımsal atıkların yönetimi ve yenilenebilir enerji dönüşüm süreçleri için baş-

1 Türkiye Ekonomisinin Yeşil Büyüme Yolunda Kalkınmasını Desteklemek Amacıyla Sürdürülebilir Biyokütle Kullanımı Projesi kapsamında işin tanımının yapıldığı teknik şartname

lıca prensipler/indikatörlere değinilip süreç bileşenleri tekrar irdelenerek, yol haritası ve strateji genel bir çerçeve ve yaklaşım ortaya konmuştur.

Özetle bu çalışma üst ölçekle bir çalışmadır ve tarımsal ve tarım endüstrisi faaliyetleri sırasında oluşan atıklar içerisinde, bitkisel üretim sonrası oluşan organik atıkları yani bitki hasatından sonra ekim alanından uzaklaştırılması gereken atıkların, biyokütleinin enerjiye dönüşümü potansiyeli üzerinden bir yaklaşım ortaya konmaktadır. Bitkisel üretim sonrasında oluşan atıkların anız yakımı ya da vahşi depolama yöntemleriyle kontrolsüz bir şekilde işlemden geçerek oluşturduğu karbon ayak izini ve çevre kirliliğinin, yenilenebilir enerji yöntemleri kullanılarak azaltılması hedeflenmektedir. Bu hedefler doğrultusunda mevcut durum analizi ve bu durum analizine en uygun teknolojilerin ve alternatifleri irdelenerek, bu atıkların verimli bir şekilde değerlendirilmesi için yapılması gerekenlerle ilgili bir çerçeve oluşturmaktır.

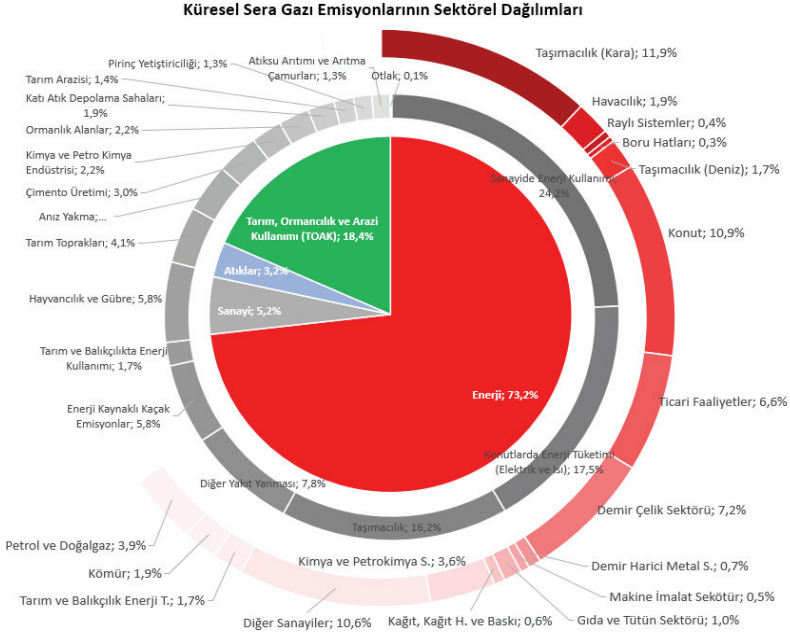
2. İklim Değişikliği ve Tarım İlişkisi

İklim değişikliğine sebep olan, sera gazı emisyonlarının sektörel kırılımları incelediğinde 5 ana sektörde sınıflandırma yapıldığı görülmektedir. Enerji sektörü, Tarım ve hayvancılık, Orman ve Arazi Kullanımı (TOAK), Taşımacılık sektörü, Sanayi ve atıklar olarak sınıflandırılmaktadır. Çalışma yapan bilimsel kurumların yaklaşımları ve tanımlamalarında bazı değişiklikler olabilmektedir. Örnek olarak, bazı yayınlarda taşımacılık sektörü, iletim hatları, bina ve sanayide kullanılan enerjide, enerji sektörüne dahil edilmektedir. Böylelikle enerji sektörünün sera gazları emisyonlarındaki payı %70 üzerine çıkmaktadır ya da arazi kullanımı kaynaklı emisyonlar ayrıca değerlendirilmektedir [1] [2] [3] [4].

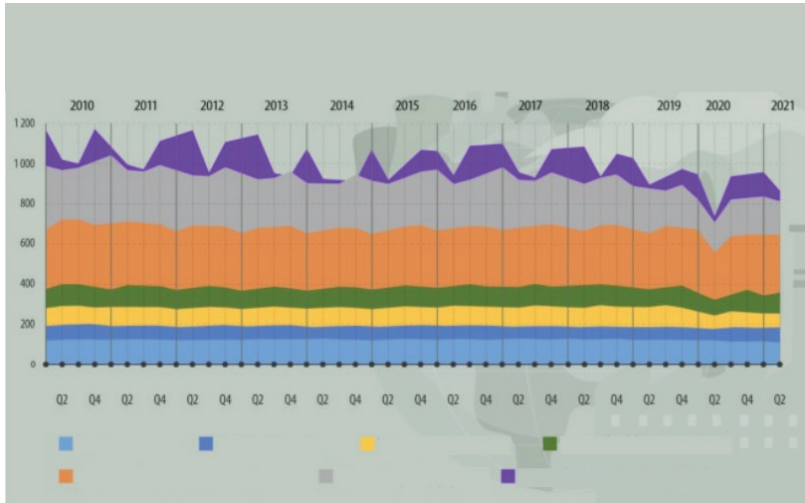
İklim değişikliği ile ilgili değerlendirmelerde tarımsal faaliyetler, Tarım ve Hayvancılık, Orman ve Arazi Kullanımı (TOAK) başlığı altında irdelenmektedir. Bu faaliyetlerin irdeleniş şekline göre (örnek olarak arazi kullanımı değişikliği tarımın içinde değerlendirilmemesi gibi), sera gazı emisyonlarının %19- %29'nu oluşturmaktadır. Sektörel dağılım ve bileşenleri şekil 2.1'de gösterilmiştir. İklim değişikliği ile artan sıcaklık ve değişen yağış rejimleri sonucu su kaynakları üzerinde artan baskılar, kuraklık ve çölleşme nedeniyle tarımsal faaliyetler iklim değişikliğinden etkilenen birincil ve en kırılgan sektör olduğu görülmektedir. Bir diğer taraftan tarımsal faaliyetler sonucu oluşan atıkların yakılması, hayvan atıkları ve yeni tarım alanları nedeniyle artan ormansızlaşma iklim değişikliği sorununun önemli bir parçasıdır.

Tarımsal faaliyetlerin, sürdürülebilirlik dönüşümü yapılmaz ve kaynak korunumu, dekarbonizasyonu, enerji verimliliği, döngüsellik gibi temel kavramların geliştirilip uygulanmaz ise, diğer sektörler emisyonlarını azalttıkça tarım sektörünün sera gazı salınımları içindeki payı önemli ölçüde artacaktır (Şekil 2.2). Projenin kapsamında olmamakla birlikte, dünyada üretilen gıdanın üçte birinin kaybolduğuna ve israf edildiğine de değinmek gerekmektedir. Bu israfın engellenmesi belki de birincil aşamada, iyi bir atık yönetimi ile enerjiye ve gübreye çevrilmesi, ikinci aşamada bu

israfın büyük ölçüde engellenmesi, çevre üzerindeki stresi azaltarak hedeflere ulaşılması için kritik öneme sahip olacaktır. [5]



Şekil 2.1 Sera gazı emisyonlarının küresel bazda sektörel dağılımı [3],[4]



Şekil 2.2 Yıllar içerisinde küresel bazda sera gazı emisyonlarının sektörel değişimi [6]

Tarım arazileri, tarımsal üretim için kullanılan araziler, yönetilen otlaklar/meralar, tarımsal ormancılık ve biyoenerji mahsulleri olmak üzere kalıcı mahsullerden oluşan tarımsal üretim için kullanılan arazileri kapsamaktadır. Tarımsal arazi olarak kullanılan bu alan yaklaşık olarak dünya karasal yüzeyinin %40-%50 oranında bir alanı kapsamaktadır. [7]

2019 yılına ait toplam küresel sera gazları emisyonlarının arazi kullanımından dolayı etki dahil edilmediğinde CO₂ eşdeğeri 52,4 GtCO₂e (aralık: ±5,2) , dahil edilmesi durumunda ise toplam 59,1 GtCO₂e (aralık: ±5,9)'bulmaktadır. [8]

Bu emisyonlar 1750'den beri gözlenen artışın, insan kaynaklı olduğunu net olarak ortaya koymaktadır. 2011 yılından bu yana (IPCC AR5'te bildirilen ölçümler doğrultusunda) konsantrasyonların devamlı olarak artışı ve 2019 yılı için yıllık ortalama 410 ppm CO₂ değerine ulaştığı görülmektedir. Bu değer metan (CH₄) için 1866 ppb ve diazot monoksitlerin (N₂O) için 332 ppb'ye ulaşmıştır.

Bu artışların tarihi süreçlerini irdelediğimizde çarpıcı bir durum ortaya çıkmaktadır. Atmosferdeki CO₂ konsantrasyonları 1750 ile 2019 yılları arasındaki 131,6 (± 2,9) ppm artarak yani % 47,3 oranında bir artış göstermiştir. Bu artış en azından son 800.000 yıl sürecinde emsali olmayan bir artıştır ve 56 milyon yıllık süreçte gerçekleşen en hızlı değişim oranlarından 4 kat daha büyüktür. [9]

CH₄ konsantrasyonları ise 1750'den bu yana 1137 (± 10) ppb'lik %157,8 artış ile 800.000 yılın çoklu buzul – buzullar arası geçişlerindeki aralık değerlerini aşmıştır. 1990'larda konsantrasyonlar yatay bir seyir izlediği görülse de 2007 civarında tekrar 7,6 ± 2,7 ppb oranında (ortalama) artmaya başlamıştır. 2007 sonrasında artan trendin fosil yakıt kullanımı, hayvancılık ve atıklardan kaynaklanan emisyonlardan kaynaklandığına ve ENSO'nun² sulak alan ve biyokütle yakma emisyonlarının çok yıllık değişkenliğine yön verdiğine dair yüksek doğruluk içeren olgular bulunmaktadır. [9]

1750 – 2019 yılları arasında N₂O konsantrasyonlarındaki artış, 62,0 (± 6,0) ppb'lik %30'luk artışla 800.000 yılın buzul-buzullar arası dalgalanmalarıyla karşılaştırılabilir büyüklüktedir. [9]

Tablo 2.1'de iklim değişikliği üzerinde en önemli etkiye sahip üç bileşiğin 1750 ile 2019 yılları arasında atmosferdeki konsantrasyon değişimleri verilmiştir.

2 El Nino-Güney Salınımı (ENSO), orta ve doğu tropikal Pasifik Okyanusu'ndaki suların sıcaklığındaki değişiklikleri içeren tekrarlayan bir iklim modelidir. Yaklaşık üç ila yedi yıl arasında değişen dönemlerde, tropikal Pasifik Okyanusu'nun geniş bir bölümündeki yüzey suları, normale kıyasla 1°C ila 3°C arasında herhangi bir yerde ılık veya soğuktur. ENSO döngüsü olarak adlandırılan bu salınımlı ısınma ve soğuma modeli, tropik bölgelerdeki yağış dağılımını doğrudan etkiler ve Amerika Birleşik Devletleri ve dünyanın diğer bölgelerindeki hava durumu üzerinde güçlü bir etkiye sahip olabilir. El Niño ve La Niña, ENSO döngüsünün en uç aşamalarıdır; bu iki aşama arasında ENSO-nötr olarak adlandırılan üçüncü bir aşama vardır.

Tablo 2.1 1750 – 2019 yılları arası atmosferdeki CO₂, CH₄, N₂O konsantrasyonların değişimi

	1750	2019	Konsantrasyon Değişimi	Oransal Değişim %
CO ₂ (ppm)	278,4	410,0	131,6 (±2,9)	47,3
CH ₄ (ppb)	729,0	1866,0	1137 (± 10)	157,8
N ₂ O (ppb)	270,0	332,0	62,0 (± 6,0)	62,0

Sera gazı emisyonlarının yaklaşık %23'nun Tarımsal faaliyetler, Tarım ve Hayvancılık, Orman ve Arazi Kullanımı (TOAK) olduğu, alt sektörlerinin ise Hayvancılık ve Gübre (hayvansal dışkılar) % 5,8, pirinç/çeltik yetiştiriciliği %1,3, anız yakma % 3,5, ekilebilir tarım toprağı % 4,1, ormanlık alanlar %2,2, dikili tarım arazileri % 1,4, otlaklar/meralar % 0,1 şeklinde tanımlanabilmektedir.[2] [3] [4]

IPCC Special Report on Climate Change and Land (SRCL) raporunda antropojenik ve doğal 37 etken nedeniyle arazinin bir CO₂ kaynağı hem de yutağı olduğuna değinilmiştir. Tarımsal (TOAK) faaliyetlerinin 2007 ve 2016 yılları arasında ki insan faaliyetlerinden kaynaklanan CO₂ emisyonlarının toplamının yaklaşık %13, CH₄ emisyonlarının %44 ve N₂O emisyonlarının %82'sini oluşturmaktadır. Bu değerlerin eşdeğer CO₂ ye olarak hesaplandığında ise, toplam küresel sera gazı emisyonlarının %23'ne karşılık geldiği ön görmektedir. [9]

Tarım ve atık sektörlerinden kaynaklı CH₄ emisyonları toplam emisyonlar içerisinde en büyük payı oluşturmaktadır (Tablo 2.2). Ham hayvansal dışkılarının depolanması sırasında, anoksik ve anaerobik koşullar gelişmektedir, bu da CH₄ emisyonlarına sebebiyet vermektedir [10]. Bununla birlikte enterik fermantasyon en fazla emisyon sebepleri olan alt bileşendir. İnsan nüfusunun artışına bağlı bu ihtiyacı karşılamak amacıyla hayvancılıktaki büyüme bu emisyonların sistematik bir şekilde artmasına sebep olmaktadır.

Hayvan türü, sayısı, büyüklüğü, sağlığı, beslenme koşulları, sıcaklık, et ve süt üretim hızları, emisyonların oluşum hızlarını ve miktarlarına doğrudan etki etmektedir. Evsel ve diğer atıkların (organik atıkların) depolandığı düzenli atık sahaları ve atıkların vahşi ve açık boşaltım şeklinde depolandığı sahalar, atık yönetimi yada atık yönetimsizliği de emisyonların oluşum miktarı ve hızını doğrudan etkileyen ikinci ana faktördür. Bunların dışında, biyokütle'nin yakılması ve pirinç/çeltik üretimi faaliyetleri sonucunda oluşan CH₄ emisyonları diğer önemli emisyon kaynaklarındandır.

Tablo 2.2 Metan emisyonlarının kaynakları [9]

Tg CH ₄ yr ¹	2000–2009				2008–2017			
	Alt-Üst Değer		Alt-Üst Değer		Alt-Üst Değer		Alt-Üst Değer	
Kaynak								
Doğal Kaynaklar	215	(176–243)	369	(245–484)	215	(183–248)	371	(245–488)
Sulak Alanlar	180	(153–196)	147	(102–178)	180	(159–199)	149	(102–182)
Diğer Kaynaklar	35	(21–47)	222	(143–306)	36	(21–49)	222	(143–306)
Yüzeysel Sular (Akarsular ve Göller)							159	(117–212)
Vahşi Hayvanlar							2	(1–3)
Termitler							9	(3–15)
Jeolojik (kara ve Okyanus)					23	(0–71)	45	(18–65)
Diğer Okyanus K. (Denizler-Hava Akısı ve Gaz Hidratları)							6	(4–10)
Tıyal tabakası (Göller ve Sulak Alanlar Hariç)							1	(0–1)
Antropojenik Kaynaklı	332	(312–347)	330	(309–350)	357	(336–375)	356	(335–383)
Tarım ve Atıklar	206	(198–219)	195	(185–212)	221	(209–238)	208	(192–230)
Enterik Fermentasyon & Hayvansal Dışkı			103	(101–107)			109	(106–115)
Atık Depolama Sahaları ve Atıklar			60	(53–70)			64	(55–77)
Pirinç			29	(23–34)			31	(25–37)
Fosil Yakıtlar	101	(71–151)	100	(94–108)	106	(81–131)	115	(114–116)
Kömür			29	(26–33)			38	(36–39)
Petrol ve Doğalgas			65	(60–72)			70	(68–73)
Taşımacılık			3	(1–8)			5	(1–11)
Endüstri			3	(0–6)			3	(1–5)
Biyokütle yakılması & Biyo Yakıtlar	29	(23–35)	32	(24–44)	30	(22–36)	30	(22–39)
Biyokütle yakılması			19	(15–32)			17	(14–26)
Biyo Yakıtlar			10	(8–12)			10	(8–13)
Emilim								
Toplam Kimyasal Kayıp	511	(502–515)	595	(489–749)	514	(474–529)	602	(496–754)

Troposferik OH			553	(476–677)			560	(483–682)
Stratosferik kayıp			31	(12–37)			31	(12–37)
Troposferik Cl			11	(1–35)			11	(1–35)
Toprak Emilimi	34	(27–41)	30	(11–49)	37	(27–43)	30	(11–49)
Kaynakların Toplamı	548	(524–560)	699	(554–834)	576	(550–589)	727	(581–872)
Emilim	546	(533–556)	625	(500–798)	551	(501–572)	632	(507–803)
Eşitsizlik	7	(4–11)	74		21	(18–26)	95	
Atmosferik Büyüme Oranı (ppb yr ⁻¹)	2 ± 4				7 ± 3			

Atmosferdeki $31,0 \pm 0,5$ ppb N_2O konsantrasyonundaki artışın en önemli etkenleri sentetik gübre ve hayvansal dışkıların işlem görmeden toprakta kullanımıyla doğal nitrojen döngüsünün bozulması ve bununla birlikte tarım faaliyetleri ve fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan birikimlerdir (Tablo 2.3) [11]. Küresel emisyonlar dengelense bile N_2O dengelenmesi uzun atmosferik ömründen dolayı bir asırdan fazla zaman alacaktır. [9]

Tablo 2.3 Küresel N₂O bütçesi [9]

TgN yr ⁻¹	AR6 1980–1989	AR6 1990–1999	AR6 2000–2009	AR6 (2007–2016)	AR5 (2006/2011)
Alt-Üst Bütçe/ Denge (Bottom-Up Bu- dget)					
Antropojenik Kaynaklar					
Fosil yakıtların yanması ve endüstri kaynaklı	0,9 (0,8–1,1)	0,9 (0,9–1,0)	1,0 (0,8–1,0)	1,0 (0,8–1,1)	0,7 (0,2–1,8)
Tarımsal Faaliyet- ler kaynaklı (Su ürünleri dahil)	2,6 (1,8–4,1)	3,0 (2,1–4,8)	3,4 (2,3–5,2)	3,8 (2,5–5,8)	4,1 (1,7–
Biyokütle ve biyo- yakıt yanması	0,7 (0,7–0,7)	0,7 (0,6–0,8)	0,6 (0,6–0,6)	0,6 (0,5–0,8)	0,7 (0,2–1,0)
Atıksu	0,2 (0,1–0,3)	0,3 (0,2–0,4)	0,3 (0,2–0,4)	0,4 (0,2–0,5)	0,2 (0,1–0,3)
İç sular, haliçler, kıyı bölgeler	0,4 (0,2–0,5)	0,4 (0,2–0,5)	0,4 (0,2–0,6)	0,5 (0,2–0,7)	
Atmosferik azot Okyanuslarda birikim	0,1 (0,1–0,2)	0,1 (0,1–0,2)	0,1 (0,1–0,2)	0,1 (0,1–0,2)	0,2 (0,1–0,4)
Atmosferik Azot Karada birikim	0,6 (0,3–1,2)	0,7 (0,4–1,4)	0,7 (0,4–1,3)	0,8 (0,4–1,4)	0,4 (0,3–0,9)
CO ₂ iklim ve arazi kullanımından do- layı diğer etkiler	0,1 (-0,4–0,7)	0,1 (-0,5–0,7)	0,2 (-0,4–0,9)	0,2 (-0,6–1,1)	
Toplam Antropo- jenik	5,6 (3,6–8,7)	6,2 (3,9–9,6)	6,7 (4,1–10,3)	7,3 (4,2–11,4)	6,3 (2,6–9,2)
Doğal Yutaklar					
Nehirler, haliçler ve kıyı alanları	0,3 (0,3–0,4)	0,3 (0,3–0,4)	0,3 (0,3–0,4)	0,3 (0,3–0,4)	0,6 (0,1–2,9)
Okyanus ve Açık Denizler	3,6 (3,0–4,4)	3,5 (2,8–4,4)	3,5 (2,7–4,3)	3,4 (2,5–4,3)	3,8 (1,8–9,4)
Doğal bitki örtüsü altındaki topraklar	5,6 (4,9–6,6)	5,6 (4,9–6,5)	5,6 (5,0–6,5)	5,6 (4,9–6,5)	6,6 (3,3–9,0)
Atmosfer kimyası	0,4 (0,2–1,2)	0,4 (0,2–1,2)	0,4 (0,2–1,2)	0,4 (0,2–1,2)	0,6 (0,3–1,2)
Yüzeysel Emilim	-0,01 (-0,3–0)	-0,01(-0,3–0)	-0,01 (-0,3–0)	-0,01 (-0,3–0)	-0,01 (-1–0)
Toplam Doğal Bileşenler	9,9 (8,5–12,2)	9,8 (8,3–12,1)	9,8 (8,2–12,0)	9,7 (8,0–12,0)	11,6 (5,5– 23,5)
Baştan Sona Top- lam Kaynaklar	15,5 (12,1– 20,9)	15,9 (12,2– 21,7)	16,4 (12,3– 22,4)	17,0 (12,2– 23,5)	17,9 (8,1– 30,7)
Gözlenen Büyü- me Oranı			3,7 (3,7–3,7)	4,5 (4,3–4,6)	3,6 (3,5–3,8)

İnfrared kaynaklı stratosferik emilim			12,9 (12,2-13,5)	13,1 (12,4-13,6)	14,3 (4,3-28,7)
Atmosferik yayılım					
Atmosferik kayıp			12,1 (11,4-13,3)	12,4 (11,7-13,3)	
Toplam kaynak			15,9 (15,1-16,9)	16,9 (15,9-17,7)	
Eşitsizlik			3,6 (2,2-5,7)	4,2 (2,4-6,4)	

Küresel N₂O bütçesi (birim TgN yıl⁻¹) 1980'ler, 1990'lar, 2000'ler ve ayrıca 2007'de başlayan son on yıl boyunca ortalaması alınmıştır. Belirsizlikler, değerlendirilen kaynak/havza tahminleri aralığını temsil eder. Tüm sayılar, (Tian ve diğerleri, 2020) envanterlerin bir derlemesine, aşağıdan yukarıya modellere ve ayrıca atmosferik inversiyonlara dayalı olarak yeniden üretilmiştir. [9]

IPCC, ABD Çevre Koruma Ajansı (USEPA), Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP), Dünya Bankası ve AB Çevre Koruma Ajansı (EU-EEA) raporlarına ve bulgularına göre, İklim değişikliğinden en çok etkilenen sektör tarım sektörüdür. Tarımın sürdürülebilir bir şekilde yapılabilmesi için, iklim değişikliğinin etkilerini azaltarak kaynak korunumunun ön planda tutulduğu bir strateji izlenmesi gerekliliği ortaya koymaktadır. Bu verilerin ışığında proje kapsamı ve raporda ele alınan bitkisel üretim atıkları olarak tanımlanan. Bitkisel üretim sürecinde ve oluşan atıklardan kaynaklı sera gazı emisyonlarının azaltılması hedeflerden biridir. Ortaya konulacak olan planlar ve politikalarda, atıkların sürdürülebilir tarım dönüşümü odağında, bir enerji vektörüne ya da organik gübreye dönüştürülmesi olacaktır. Bu dönüşüm ile inorganik gübre kullanımından kaynaklı N₂O emisyonlarının azaltılması ve kontrolsüz şekilde yakılan (anız yakımı) ya da depolanan organik olarak parçalanabilen tarımsal atıklardan kaynaklanan öncelikle CH₄ ve diğer emisyonların azaltılması sağlanacaktır.

Kaynaklar

- [1] United States Environmental Protection Agency, EPA <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>
- [2] The Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report AR5 Final Raporu,
- [3] Climate watch data, <https://www.climatewatchdata.org>
- [4] Our World Data, <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector#annual-greenhouse-gas-emissions-by-sector>
- [5] The World Bank Climate-Smart Agriculture <https://www.worldbank.org/en/topic/climate-smart-agriculture>
- [6] Eurostat, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20211129-1>
- [7] IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007, Chapter 8
- [8] 2020 United Nations Environment Programme, Emissions Gap Report 2020
- [9] IPCC Climate Change 2021 The Physical Science Basis
- [10] Hristov, A. N., Oh, J., Firkins, J. L., Dijkstra, J., Kebreab, E., Waghorn, G., & Makkar, H. P. S. (2013). SPECIAL TOPICS — Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations : I . A review of enteric methane mitigation options 1. <https://doi.org/10.2527/jas2013-6583>
- [11] Friedlingstein, P., Sullivan, M. O., Jones, M. W., Andrew, R. M., & Hauck, J. 2020. Global Carbon Budget 2020. 2020, 3269–3340.

3. Türkiye’de Tarım ve Yetiştirilen Başlıca Ürünler

Türkiye 719.955 milyar \$ ile dünyadaki 19. büyük ekonomidir [12]. Ekonomide, tarımın payı % 6,4’tür (hayvancılık, ormancılık ve balıkçılık faaliyetleri dahil) [13]. Türkiye 738.562 km² yüz ölçümüne sahip, bu alanın yaklaşık %30’da tarıma elverişli alandır [14]. 2000’li yılların başından beri hem tarımsal üretimin GSYİH katkısı oransal olarak azalırken hem de kişi başı ekilebilir tarımsal arazi ile, toplam tarımsal arazide azalma gözlemlenmektedir.

Ekonomik ve üretime bağlı bu değişiklikler, Türkiye’yi en büyük tarım üretimi yapan yedinci ülkeden onuncu ülke konumuna geriletmiştir. TÜİK verileri doğrultusunda tarım da istihdam oranı %19,5 iken FAO verileri son 20 yıl içerisinde tarımda istihdamın %27,3’ten, %18,1’e gerilediğini göstermektedir [13].

Diğer yandan tarımda inorganik gübre kullanımı 2000 yılında 2089 bin ton iken 2019 yılına gelindiğinde bu oran 2466 bin ton olmuştur. Hektar başına ise 79,2 kg’dan 106,8 kg yükselmiştir. [13]

Tarımda su kullanımı için çekilen suyun toplam, çekilen suya oranı ise 2000 yılında %80 iken, 2018 yılında bu oran %87,1 olmuştur. [13]

Tarımda pestisit³ kullanımındaki değişim ise 2000 yılında 33.471 ton iken 2019’da bu miktar 51.297 ton’a ulaşmıştır. Ha başına kullanılan miktar ise 1,27 kg’dan 2,22 kg’a yükselmiştir. [11]

Gıda ihracatı 2019 yılında 17.902 milyon dolar, gıda ithalatı 11.720 milyon dolar ve net gıda ticaret hacmi ise 6.182 milyon dolardır. [13] Gıda ithalat ihracat dengesi Tablo 3.1 ve 3.2’de verilmiştir.

3 Pestisit kullanımı proje kapsamında irdelenecek bir bileşen olmasa da özellikle sucul ekosistemler üzerinde önemli çevresel riskler oluşturmaktadır. Belli konsantrasyonlarda ise biyo rektörler ve biyolojik proseslerde süreçleri olumsuz etkileme riskleri olabileceğinden dolayı, dolaylı bir etkisi bulunmaktadır.

Tablo 3.1 2019 Türkiye gıda ithalat ve ihracat dengesi [13]

	Gıda								Bank	Toplam
	Sebze ve Meyve	Hububat ve Hububat Ürünleri	Et ve Et Ürünleri	İçki Sektörü	Süt ve Süt Ürünleri ve Yumurta	Katı ve Sıvı Yağlar	Şeker ve Bal	Diğer		
İhracat USD Milyon	8005	3417	714	350	661	991	607	2145	1013	17902
İthalat USD Milyon	1653	3811	89	274	1140	149	186	4219	199	11720
Denge USD Milyon	6352	-394	625	76	-479	842	421	-2074	814	6182

Tablo 3.2 2019 Türkiye tahıl ithalat ve ihracat dengesi [13]

	Tahıl			
	Mısır	Buğday	Pirinç/Çeltik	Diğer
İhracat 1000 Ton	691,6	135,2	202,1	4695,4
İthalat 1000 Ton	4347,5	10 004,8	520,7	577,3

Bu veriler ışığında, tarımsal arazi ve kişi başı ekilebilir tarımsal arazi oranlarında azalma görülmektedir. Tarımsal istihdam payı toplam istihdam payında da düşme gözlemlenmektedir. Tarımın Gayrisafı Milli Hasıla'daki payında da önemli bir düşüş görülmektedir.

Düşüş gösteren bu ekonomik parametrelere kıyasla, tarım için su, pestisit ve inorganik gübre kullanım miktarlarında artış olduğu gözlemlenmektedir.

Buna karşın TÜİK verileri incelendiğinde tarımsal üretim miktarlarında yataya ya da yataya çok yakın artışlarla bazı ürünlerin üretimlerinde sert düşüşler söz konusudur (mısır silajı üretimi hariç) ve dekar başına alınan verimlerde de kayda değer artışlar gözlemlenememiştir. [15], [16] En nihayetinde bu analizler mikro ölçekte hassas olarak yapılarak iyi irdelenmesi gereken parametrelerdir. Söz konusu verilere üst ölçekte bakıldığında tarımsal üretimin değerinde (üretim verimi ve de ekonomik değerleri ile nüfusun ve istihdamında göz önünde bulundurulduğunda) düşüş olma-

sına rağmen, kaynak kullanımında bir artış olduğu açıkça görülmektedir. Bu durum ülkemizdeki tarımsal üretimin yıllar geçtikçe sürdürülebilirliğini yitirmekte olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan tarımsal üretimin su ayakizi ve karbon ayakizi de artmakta olup bu artışta iklim değişikliğinin neden olduğu kuraklığın da payı vardır.

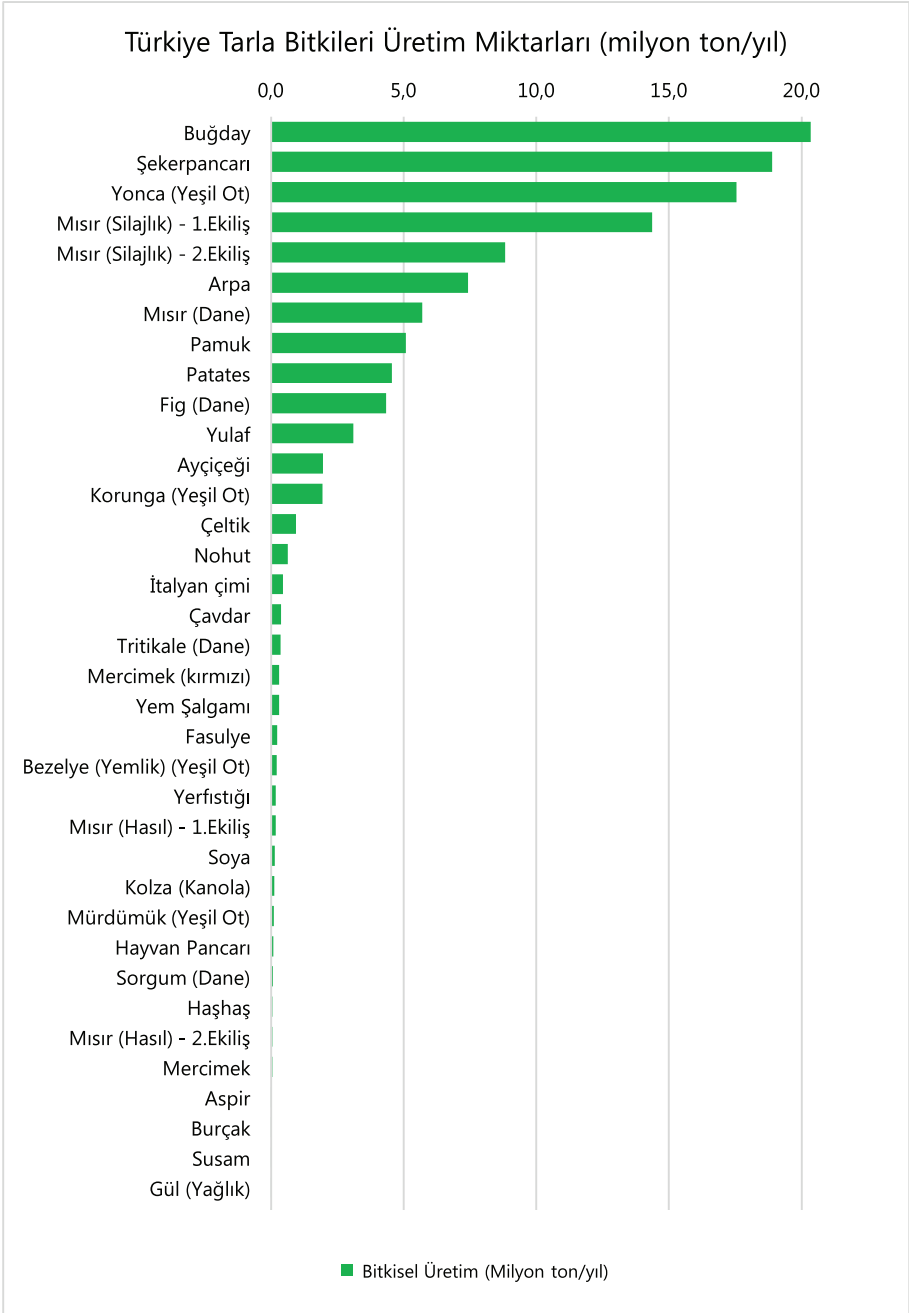
Projenin kapsamı doğrultusunda tarımsal atıkların stratejik değerlendirmesi ve sürdürülebilir tarım dönüşümü için 2 noktaya odaklanılacaktır. Anız yakılmasının önlenmesi, bu atıkların organik gübreye ve enerji vektörüne dönüştürülerek hem inorganik gübre kullanımını azaltmak hem de yenilenebilir enerji stratejilerine destek vererek karbon ayak izinin azaltılmasına yönelik strateji geliştirilmesi planlanmaktadır.

3.1 Başlıca Yetiştirilen Tarımsal Ürünler

Proje kapsamında veriler, Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü ve T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası Projesinden alınmıştır.

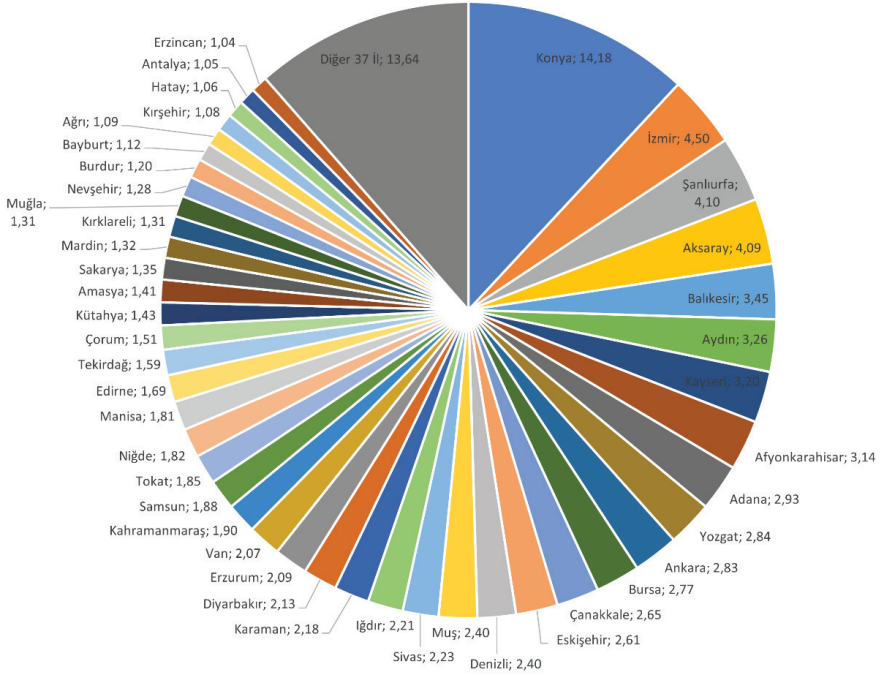
Türkiye’de başlıca bitkisel üretim türleri tarla bitkileri, bahçe (meyve) ve sebze bitkileri olmak üzere üç ana grup altında değerlendirilmiştir.

Tarla bitki üretiminde, 10 milyon ton yıllık üretimin üzerinde gerçekleşen en önemli üretim türleri buğday, şekerpancarı, yonca, silajlık mısırdır. Bunları takriben 10 milyon ton yıl ile 1 milyon ton yıl arası üretimi yapılan arpa, mısır (dane), pamuk patates fiğ (dane), yulaf, ayçiçeği ve korunga izlemektedir (Şekil 3.1.) İllere göre üretim miktarlarının dağılımı şekil 3.2’de verilmiştir.



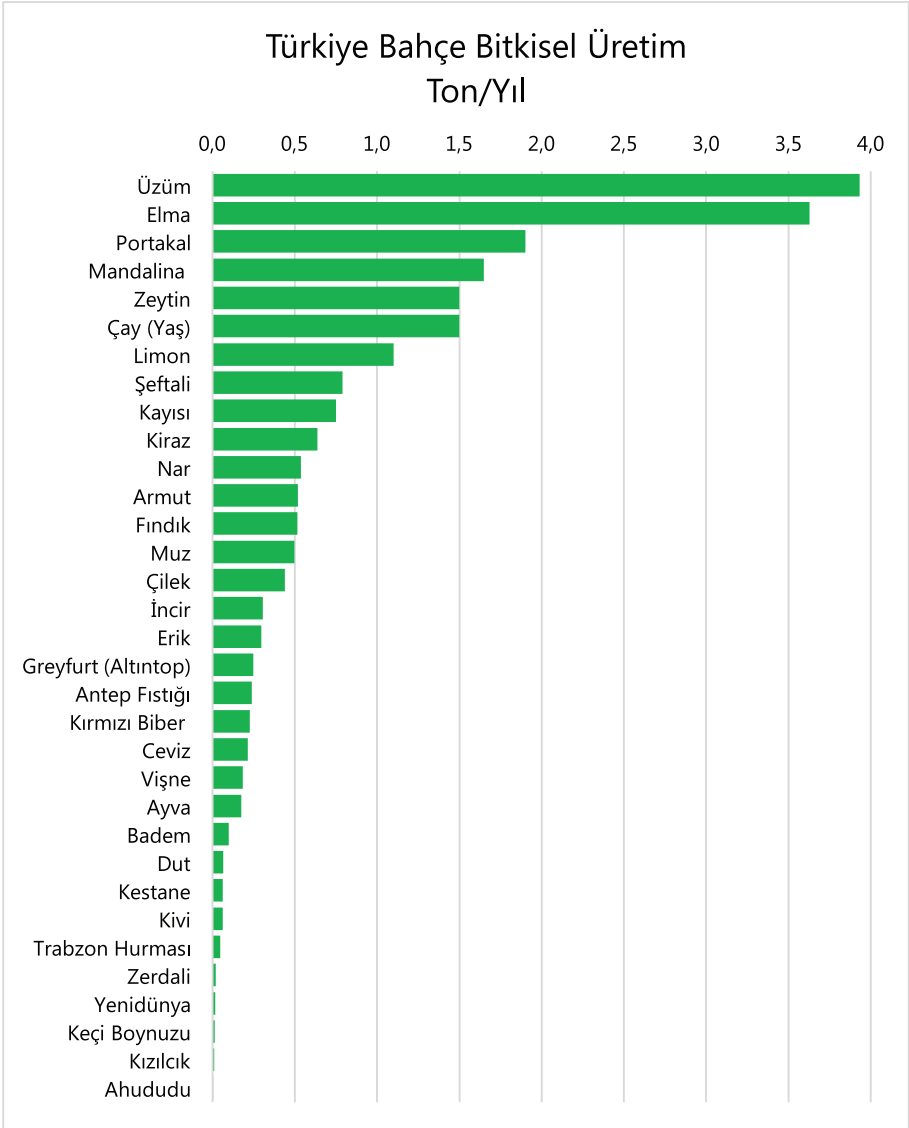
Şekil 3.1 Türkiye’de tarla bitkileri üretim verileri. Yıllık 10 bin ton üzeri türler için)

Türkiye İllere Göre Tarla Bitkileri Üretim
Milyon Ton/Yıl



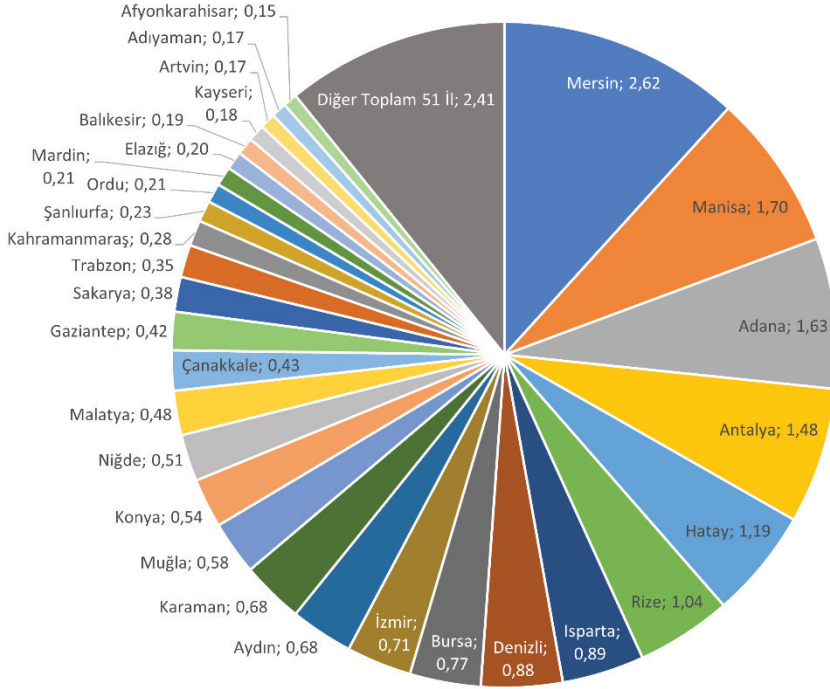
Şekil 3.2 İllere göre tarla bitkileri üretim miktarları

Bahçe bitkileri üretiminde, 1 milyon ton yıllık üretimin üzerinde gerçekleşen en önemli üretim türleri üzüm, elma, portakal, mandalina, zeytin, çay, limondur. Bunları takriben 100 bin ton yıl ile 1 milyon ton yıl arası üretimi yapılan şeftali, kayısı, kiraz, nar, armut, fındık, muz, çilek, incir, erik, greyfurt, antep fıstığı, kırmızı biber, ceviz, vişne, ayva, badem izlemektedir. (Şekil 3.3.). İllere göre üretim miktarlarının dağılımı şekil 3.4’te verilmiştir.



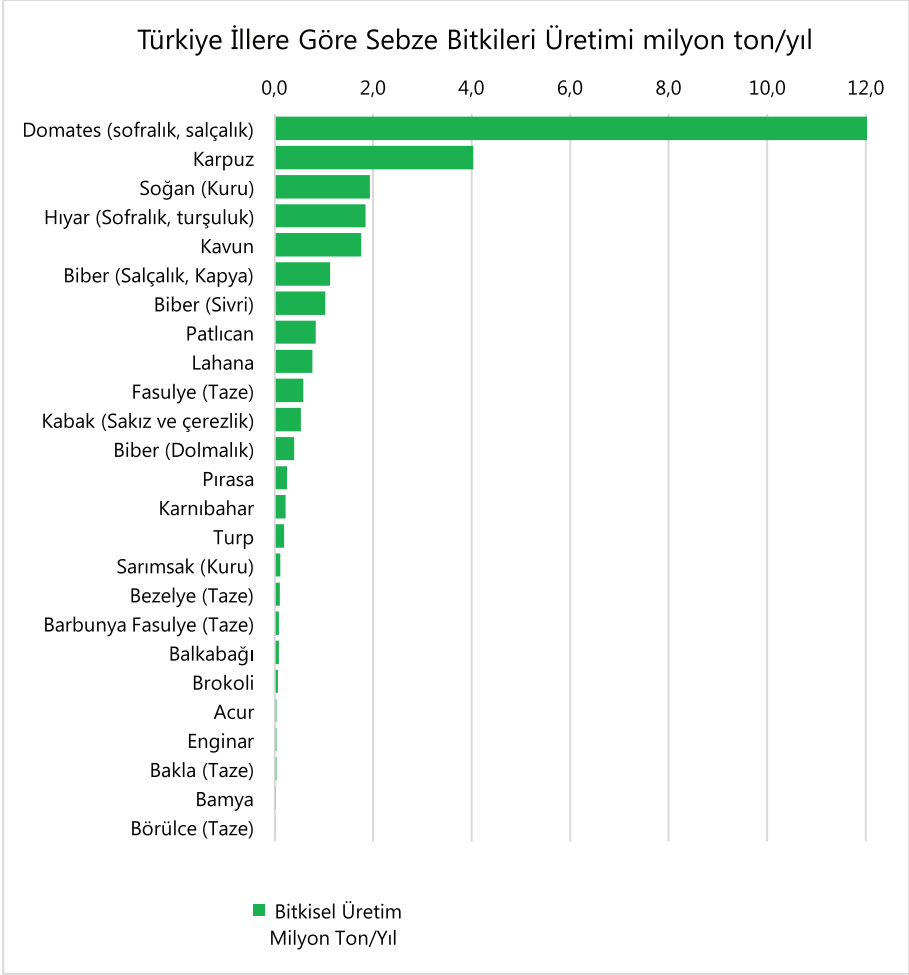
Şekil 3.3 Türkiye’de bahçe bitkileri üretim verileri (5 bin ton yıl üzeri üretim yapılan ürünler)

Türkiye İllere Göre Bahçe Bitkileri Üretim Milyon Ton/Yıl



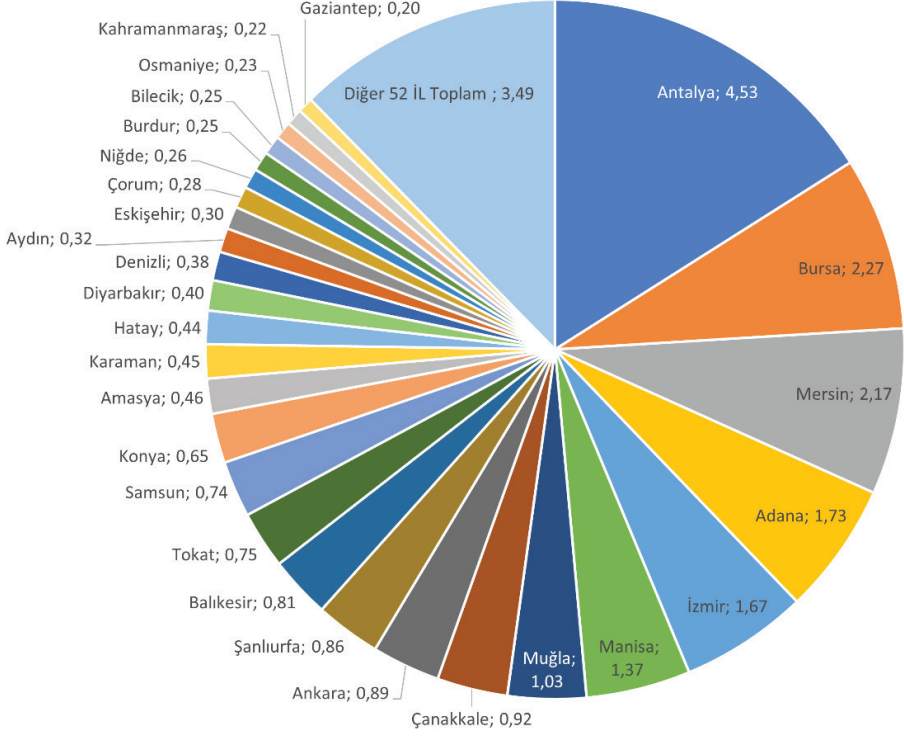
Şekil 3.4 İllere göre bahçe bitkileri üretim miktarları

Sebze bitkileri üretiminde, 1 milyon ton yıllık üretimin üzerinde gerçekleşen en önemli ürün türleri domates, karpuz, soğan (kuru), hıyar (sofralık, turşu), kavun, biber (salçalık, kapyra), biber (sivri). Bunları takriben 100 bin ton yıl ile 1 milyon ton yıl arası üretimi yapılan ürünler patlıcan, lahana, fasulye (taze), kabak (sakız ve çerezlik), biber (dolmalık), pırasa, karnabahar, turp, sarımsak, bezelyedir. (Şekil 3.5). İllere göre üretim miktarlarının dağılımı şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.5 Türkiye’de sebze bitkileri üretim verileri

Türkiye İllere Göre Sebze Bitkileri Üretimi
Milyon Ton/Yıl



Şekil 3.6 İllere göre sebze bitkileri üretim miktarları

Kaynaklar

[12] https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?most_recent_value_desc=true

[13] FAO, World Food And Agriculture 2021 raporu

[14] <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/kisi-basina-tarim-alani-i-85832>

[15] <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2021-37249>

[16] <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111>

4. Türkiye’de Tarımsal Atıklar

4.1 Tarımsal Atıkların Tanımlanması

Tarımsal faaliyetler sonucu oluşan atıklar, bitkisel üretim faaliyetleri, çiftliklerden, kümeslerden ve mezbahalardan gelen hayvansal dışkıları ve diğer atıklarda bu kapsamda değerlendirilmektedir. Hasat atıkları, tarlalardan gübre akışı; suya, havaya veya toprağa karışan pestisitler ve tarlalardan süzölmüş tuz ve silt tarımsal atıklar içerisinde dahil edilmektedir. [17]

Bitkisel üretim atıkları, bitkisel üretim faaliyetleri sonucu, hasat sonrası kalan malzemenin ekim yapılan bölgeden uzaklaştırılması/kaldırılması sonucu oluşan atıklardır. Mevcut durumda bu atıklarla anız yakımı olarak adlandırdığımız kontrolsüz bir şekilde yakılması ya da, vahşice doğaya atılması durumlarıyla karşılaşmaktadır. Bu atıkların yönetilememesinin sonucu sera gazı emisyonlarında artış ve çevre kirliliği ile karşı karşıya kalınmaktadır.

Bitkisel üretim kaynaklı atıklar, organik madde içeriği yüksek, bünyesinde önemli nütrientleri bulunduran ve nem oranı düşük atıklardır. Bu sebeple yenilenebilir enerji kaynağı için önemli bir potansiyel oluşturmaktadırlar. Biyokimyasal özelliklerine uygun olarak tespit edilecek yöntemler ve/veya diğer organik atıklarla birlikte karışık olarak biyogaz, kompost gibi yöntemler kullanılarak, yan ürün ya da ana ürün olarak gübreye dönüştürülme potansiyelleri de bulunmaktadır.

4.2 Bitkisel Üretim Atıklarının Miktarı

Türkiye’de bitkisel üretim atıklarının miktarları ürün türü, miktarı ve atık oluşturma potansiyeli ile doğrudan ilintilidir. Atık miktarının tespit edilebilmesi için üretim şekli ve atık oluşturma potansiyeli arasında bir bağıntı kurulması gerekmektedir. Üretim faaliyetinin gerçekleştirildiği alanda ton/yıl biriminden ampirik bir yaklaşım ortaya konulmalıdır. Ürün hasat sayısı (HS) bir yıl içerisinde aynı alanda kaç kere hasat yapıldığını, her hasat sonucunda üretilen ürüne karşın ne kadar atık oluştuğu Atık Oluşturma Potansiyeli (AOP) ve ne kadar üretim yapıldığı (BÜM) arasındaki bağı Eşitlik 1 ve Eşitlik 2 de verilmiştir.

$$A\ddot{U}M = B\ddot{U}M \times AOP \times HS \quad (1)$$

AÜM: Üretilen atık miktarı, ton/yıl

BÜM: Bitkisel üretim miktarı, ton/hasat

AOP: Her bir bitki türü için atık üretim potansiyeli, %

HS: Yıl içerisinde hasat sayısı, hasat/yıl

Bir bölgedeki çeşitli üretimler sonucu oluşan toplam atık miktarı için,

$$M_{toplam} = \sum_i B\ddot{U}M_i \times AOP \times HS_i \quad (2)$$

M_{toplam} = Bir bölgede oluşan toplam atık miktarı, Ton/yıl

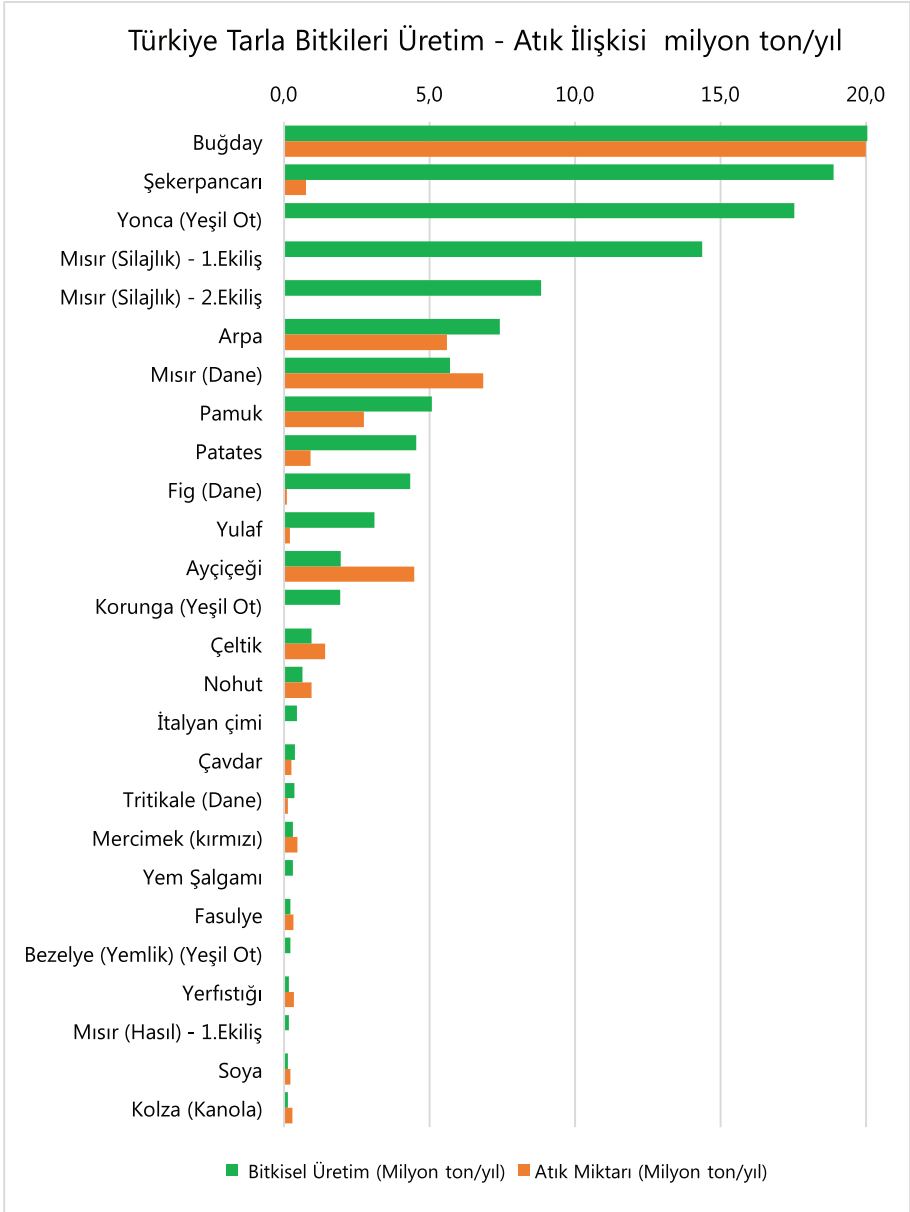
i = Ürün

Aynı arazide 2. ve 3. ekimlerde farklı ürün ekilmesi durumunda, 2. Eşitlikteki gibi farklı bir uygulama olarak değerlendirilmeli ve HS, her farklı ekim için 1 olarak alınmalıdır.

Ürün – atık ilişkisi incelendiğinde bazı bitkisel ürünler için atık miktarının üretim miktarı ile doğrudan ilişkili olmadığı görülmektedir, üretilen ürünün kullanım amacı, cinsi atık miktarında temel belirleyici etmen oluşturmaktadır.

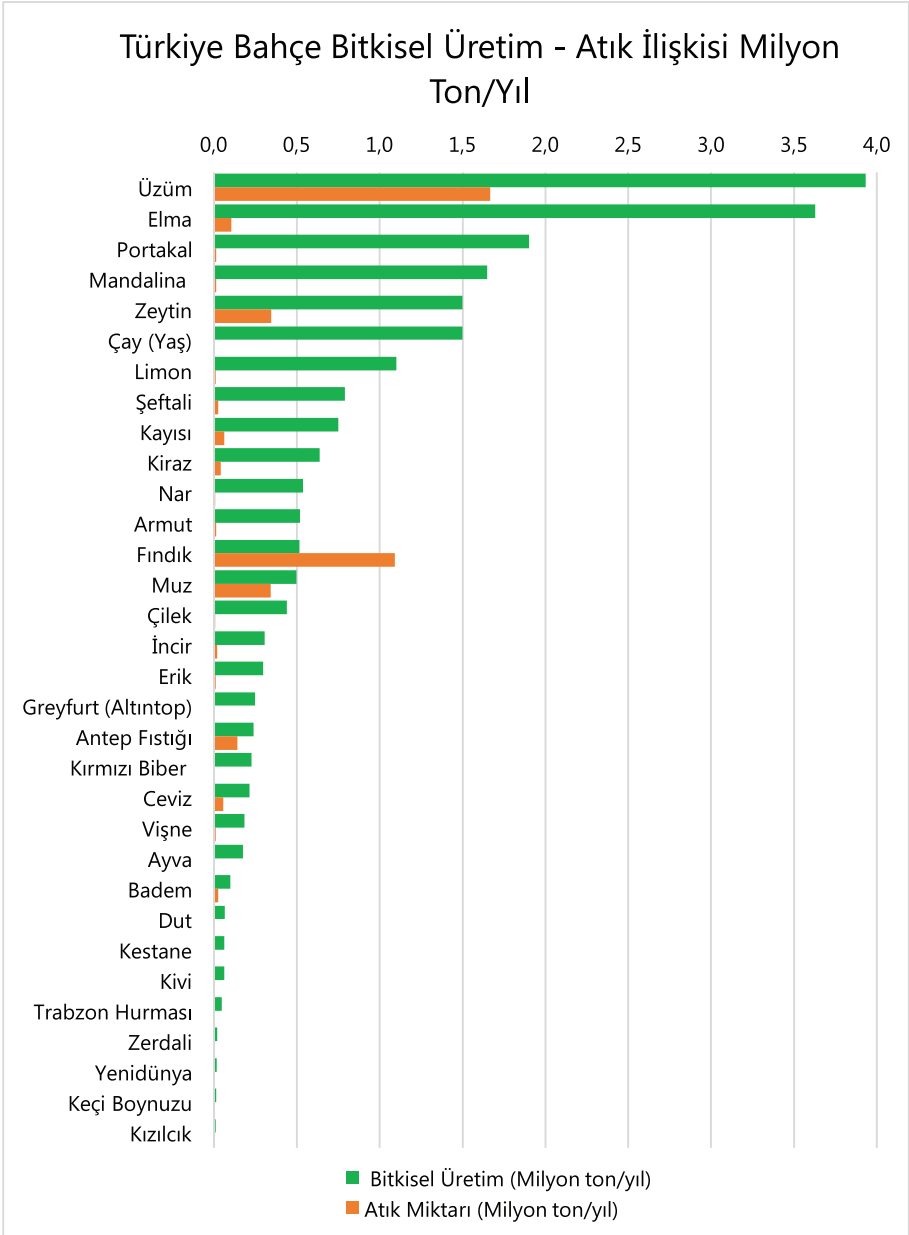
Mısır üretimini ele aldığımızda, üretim amacı hayvan yemi olarak yapıldığında, bütün ürün silaj yapılabildiği ve hasat sonrası kalan kısım topraktan kaldırılması gerekmediği için atık oluşmadığı kabul edilirken, dane mısır üretiminde oluşan atıklar toplam üretim miktarından daha fazladır. Bu farklılığı daha iyi görebilmemiz için bitkisel üretim – atık ilişkisinin kurulduğu tablolara bakılması gerekmektedir. Bitkisel tarla, bahçe ve sebze bitkisel üretimi şeklinde üretim üç ana alt grupta değerlendirilmiştir.

Şekil 4.1 de görüldüğü üzere ana atık oluşan üretim şekilleri buğday, arpa, mısır (dane), pamuk, ayçiçeği, çeltik olarak gözükmektedir. Ana kaynaklar yıllık milyon ton üzerinde atık oluşan kaynaklardır. Bu tablo Türkiye geneli olduğundan dolayı herhangi bir planlama sürecine karar vermeden önce, bölgesel değerlendirme yapılması gerekmektedir.



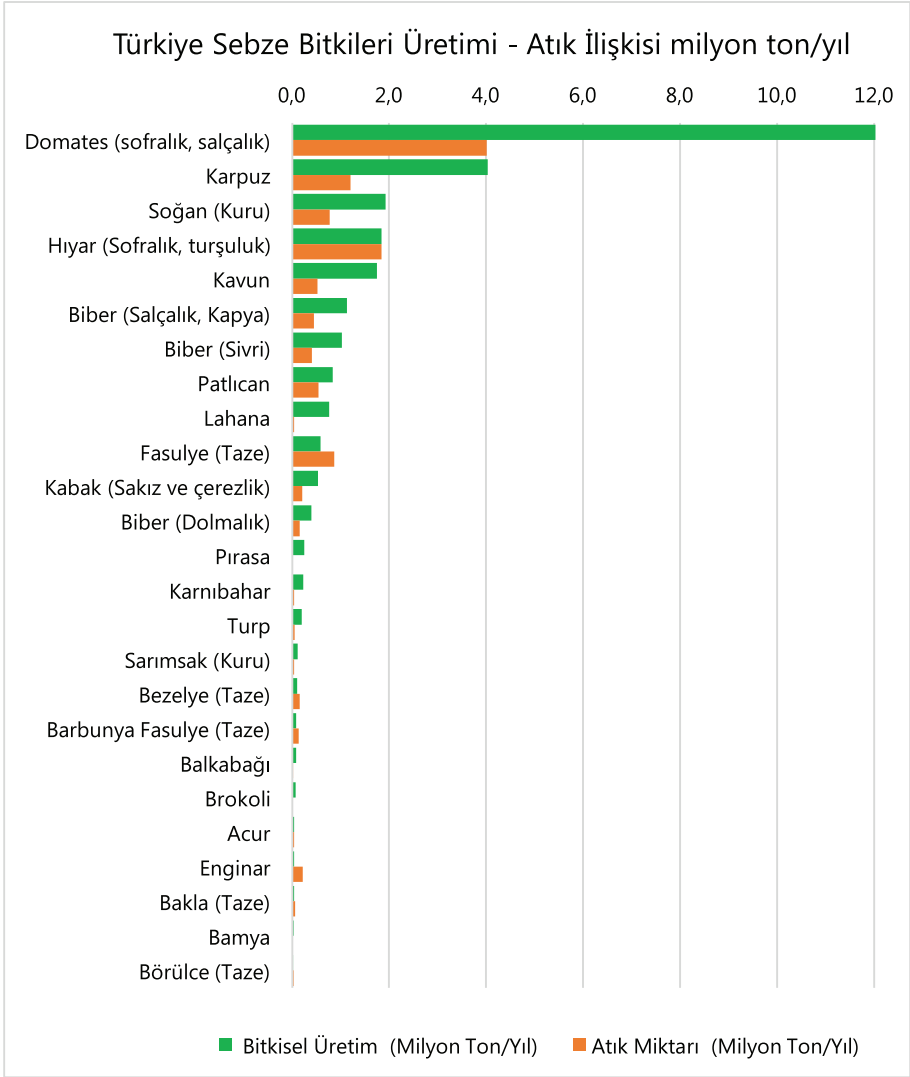
Şekil 4.1 Türkiye, tarla bitkileri üretimi-atık ilişkisi

Şekil 4.2 bahçe bitkisel üretimi, atık ilişkisi verilerine bakıldığında, üzüm, zeytin, fındık, muz üretimi ön plana çıkmaktadır. Bu üretim türlerinin daha sınırlı bir coğrafyada yapılıyor olması ise planlama süreçlerinde avantaj sağlayacaktır.



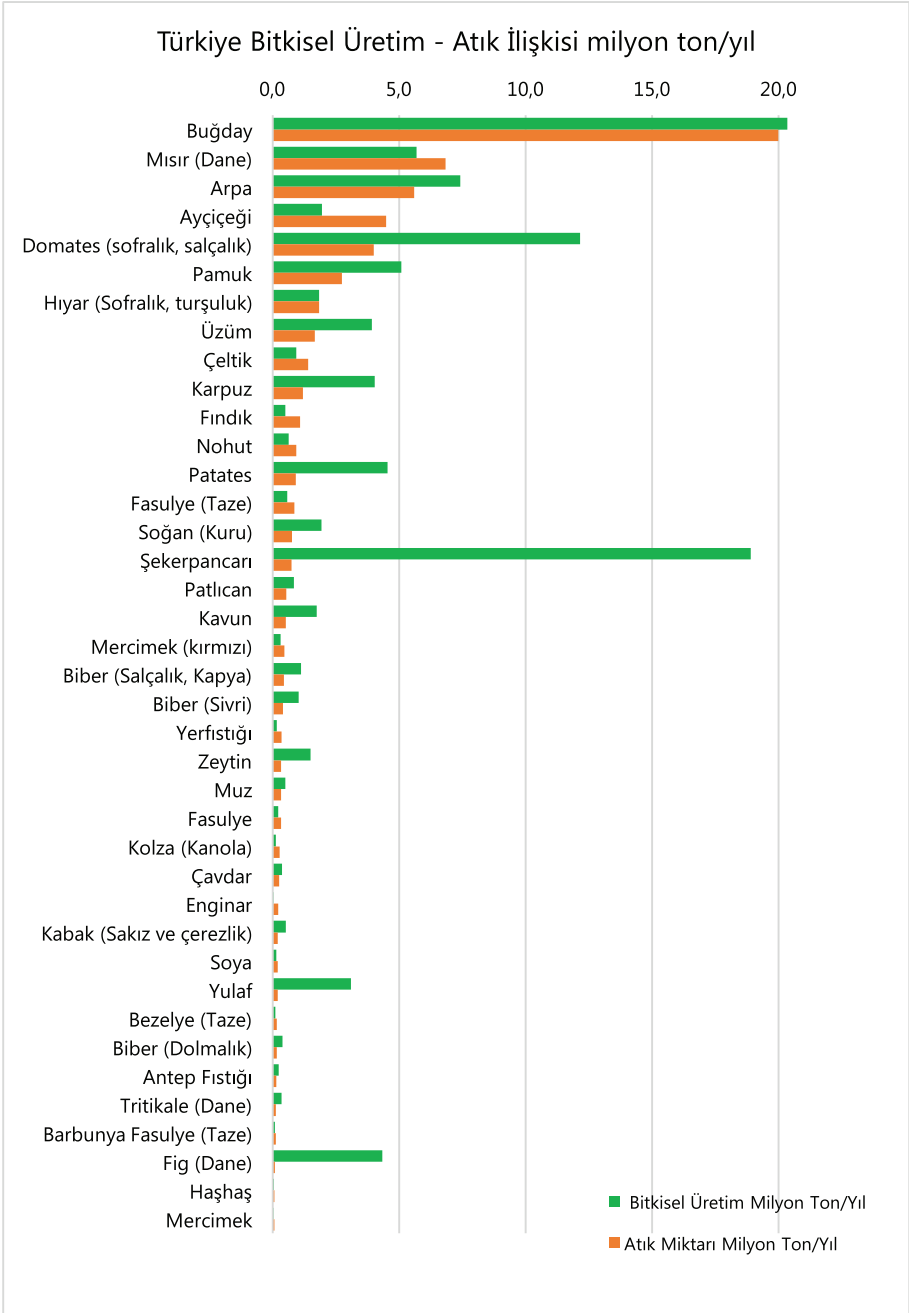
Şekil 4.2 Türkiye bahçe bitkisel üretim-atık ilişkisi

Şekil 4.3 sebze bitkisel üretimi, atık ilişkisi verilerine bakıldığında, domates, hıyar, karpuz, soğan, fasulye, biber üretimi ön plana çıkmaktadır. Bu üretim türlerinin daha sınırlı bir coğrafyada yapılıyor olması ise planlama süreçlerinde avantaj sağlayacaktır.



Şekil 4.3 Türkiye sebze bitkileri üretimi-atık ilişkisi

Şekil 4.4'te ise tüm bitkisel üretim türleri için üretim-atık ilişkisi verilmiştir, grafikte'de görüldüğü üzere ürün çeşidinin farklılığı ve çokluğu ve buna bağlı olarak oluşan atıkların çeşitliliği dikkat çekmektedir. Planlama yapılabilmesi için her atık özelinde çeşitli analizlerin yapılması ve bu analizler sonucunda bir sınıflandırma yapılarak mikro ölçekte bir planlama yapılması gerekmektedir.



Şekil 4.4 Türkiye bitkisel üretimi-atık ilişkisi

4.3 Bitkisel Üretim Atıklarının Özellikleri

Bitkisel üretim atıkları genellikle tahıl bitkilerinin tahıl uzaklaştırıldıktan sonraki toprak üstü kısmından oluşur. Kuru madde içerikleri yüksek olması ve büyük ölçüde polisakkaritlerden oluşmalarından ötürü, potansiyel olarak zengin enerji kaynaklarıdır. [18] Bu atıkların büyük ölçüde otçullar için besin kaynağı olarak kullanılması potansiyeli bulunsa da, spesifik hücre duvarı yapısı ve kimyasal bileşimleri sebebi ile sindirilebilirlikleri düşük, rumen mikrobiyal etkisine kısmen direnç gösteren bir yapı sergilerler. Sert yapıda olmaları ve kötü lezzetleri nedeniyle de gıda/enerji alımı düşüktür. Bununla birlikte ruminal mikroorganizmalar için gerekli olan azot, kükürt, fosfor gibi elementler açısından da eksiklik gösterirler. [18] Bu sebeplerle öncelikli olarak yenilenebilir enerji kaynağı olarak değerlendirilebilirler.

Bitkisel üretim atıklarının karakterizasyon çalışmaları, seçilecek teknoloji ile doğrudan ilintilidir. Biyokütlenin enerji dönüşümü için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin her birinin büyük ölçekli birer mühendislik projesine dönüşebilmesi hem ekonomik hem de teknoloji olarak sürdürülebilir olması için en temel bileşen kullanılacak atığın, o teknolojiye uygun gerekli bileşenlerinin biliniyor olmasının gerekliliğidir.

Karakteristik özelliklerinin biliniyor olması bu teknolojilerin sürdürülebilirliği için tek yeterli koşul değildir. İdeal bir fizibilite yapılabilmesi için seçilen atık menüsüne göre o yöntemi temsil edecek pilot çalışmaların yapılması hata payını büyük ölçüde azaltacaktır. Bu sebeple sadece yatırım yapacak (kamu, özel, vb.) yapının teknolojik ve bilgi seviyesinin yanı sıra bu araştırma geliştirmeyi yapabilecek alanlarında yaratılması önem arz etmektedir. Mevcut koşullar atında çeşitli teknolojiler konusunda araştırma ve geliştirme yapan enstitü ve üniversite bölümleri ülkemizde mevcuttur. Bu kurumların kapasite ve sayısı artırılmalı dünyada gelişen teknolojilere uygun şekilde kendilerini evirebilecek esnekliğe (hem ekonomik hem de insan kaynağı açısından) de sahip olmaları gerekmektedir.

Bitkisel biyokütlenin enerji dönüşümü seçenekleri arasında yakma prosesleri için, biyoküttele aranan temel özellikler, yüksek kalorifik değer, düşük nem oranı ve düşük kül içeriğidir.

Fizikokimyasal özelliklerinin yanı sıra, malzemenin yanma prosesinin gerçekleştirileceği yöntemine uygunluğu da önem arz etmektedir, besleme ve yanmanın gerçekleştiği kısımda davranışları işlemi kesintiye uğratmayacak özellikte olması gerekmektedir (parçacık boyutu, hafif olması (yoğunluk), dağılabilir yapıda olması).

Tablo 4.1’de Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü’nün, bitkisel biyokütlenin enerji potansiyelinin belirlenmesi çalışmaları kapsamında yapmış olduğu analizlerin bir bölümü verilmiştir.

Tablo 4.1 Bitkisel üretim kaynaklı, biyokütlenin yakma süreçleri için özellikleri

Bitki/Biyokütle	Kalorifik değer		Nem (%)	Kül (%)
	MJ/kg	cal/g		
Tarla Bitkileri				
Buğday	18,11	4.333	5,64	8,76
Mısır	17,90	4.282	7,72	7,10
Çeltik	15,19	3.634	6,37	18,47
Ayçiçeği	16,91	4.045	8,82	9,76
Kolza (Kanola)	17,11	4.093	7,65	8,61

Biyogaz prosesler, organik atığın anaerobik koşullarda mikroorganizmalar tarafından parçalanarak metan ve karbondioksit ve diğer gazlardan oluşan kalorifik değeri olan bir gaz ortaya çıkarması ve bu gazın enerji elde edilmesi (ısı+elektrik) için kullanılması prensibine dayalı teknolojilerdir.

Gaz üretiminin gerçekleştiği bioreaktörler, kesintisiz olarak çalışmaktadırlar, kendi içerisinde bir proses dengesi ile işleyen bu reaktörlerde giren malzemenin özelliklerinin yanı sıra reaktörün dengesinin korunması için gerekli olan parametreler önemlidir. Reaktör içerisinde sabit pH ve sabit sıcaklığın korunması gereklidir. Reaktör içerisinde uçucu yağ asitleri, organik yük gibi parametreler ve karbon azot oranı ve iz elementlerin (selenyum, nikel, mangan, demir vb.) dengesi de önem taşımaktadır.

Reaktörün iç dengesini ve üretim verimini yüksek ve optimum tutmak için, beslenen maddelerden bir menü oluşturulması tercih edilir. Bu menü tarım ve hayvancılık kaynaklı atıklarla, evsel arıtma çamurları, tarımsal sanayi atıkları gibi geniş bir aralıkta tercih edilebilir.

Beslenecek biokütlede, katı madde, organik katı madde, biyogaz ve metan verimi (oluşturma potansiyeli), C/N oranı öncelikli olarak irdelenmesi gereken parametrelerdir. [19]

Tablo 4.2.'de bitkisel üretim kaynaklı biyokütlenin, biyogaz tesislerinde hammadde olarak kullanımı ile ilgili biyokimyasal özellikler verilmiştir.

Tablo 4.2 Bazı bitkisel biokütlelerin biyogaz tesisleri için değerleri [19]

Biyokütle	KM **	OKM***	Azot Oranı	P ₂ O ₅	K ₂ O	Biyogaz üretimi	CH ₄ - Verimi	CH ₄ - Ve- rimi
	%	KM %			Nm ³ /ton YM		Nm ³ /ton OKM	
Mısır silajı	33	95	2,8	1,8	4,3	200	106	340
Tahıl GPS	33	95	4,4	2,8	6,9	190	105	329
Yeşil çavdar silajı	25	90				150	79	324
Tahıl taneleri	87	97	12,5	7,2	5,7	620	329	389
Ot silajı	35	90	4,0	2,2	8,9	180	98	310
Şeker pancarı	23	90	1,8	0,8	2,2	130	72	350
Yemlik pancar	16	90	-*	-*	-*	90	50	350
Ayçiçeği silajı	25	90	-*	-*	-*	120	68	298
Sudan otu	27	91	-*	-*	-*	128	70	286
Şeker darısı	22	91	-*	-*	-*	108	58	291
Yeşil çavdar	25	88	-*	-*	-*	130	70	319

* Veri yok, ** Katı madde, *** Organik Katı madde

Biyogaz tesisleri için bitkisel biokütle açısından en büyük dezavantaj selülozik yapıları sebebi ile, mikroorganizmalar tarafından sindirimlerinin zor/yavaş olmasıdır. ön işlemlerden geçirildikten daha verimli ürünlere dönüşme potansiyelleri vardır.

Kompost teknolojileri katı atık yönetim stratejilerinin temel yöntemlerinden biridir. Reaktör yada yığın tipinde, oksijenli, oksijensiz ve termofilik yada mezofilik olarak farklılıklar göstermektedir. Statik yığınlar, karışımly yığınlar (turned windrows) ve rektör tipi (in-vessel composting) olmak üzere 3 temel yöntemden uygulanır. Biyogaz teknolojilerinde olduğu gibi işlem mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirildiği için, C/N oranı, mikro ve makro nütrientlerin dengesi/varlığı önem taşımaktadır Tablo 4.3. Nemliliğin yüksek olması mikroorganizma faaliyeti için önem taşımaktadır, partikül boyutu sürecin hızını etkilerken pH seviyesi ve sıcaklıkta işlemin kesintisiz ve stabil olarak devamlılığı için önemli parametrelerdir.[20]

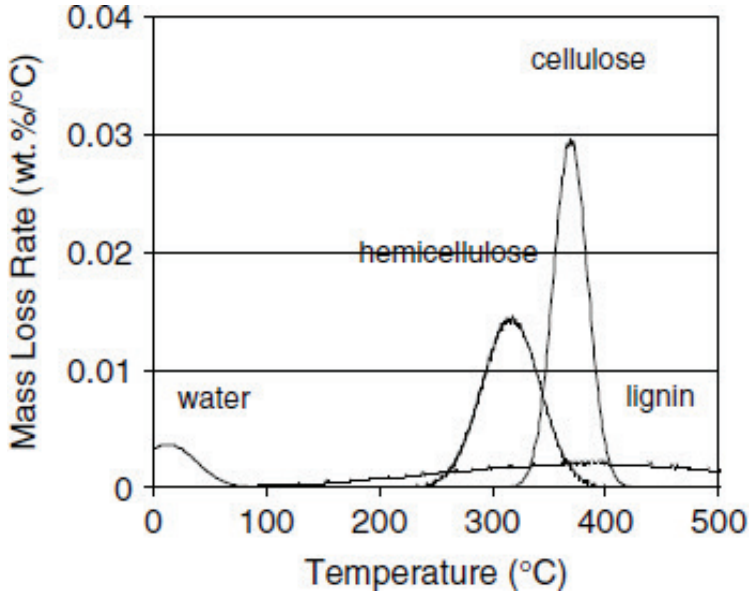
Tablo 4.3 Kompost için seçilmiş biyoküteller için temel parametreler [20]

Biyokütle	N (Kuru ağırlık) %	C/N (Kütlesel)	Nem (%)
Mısır koçanı	0,4-0,8	56-123	9-18
Mısır sapı	0,6-0,8	60-73	12
Meyve atıkları	0,9-2,6	20-49	62-88
Çeltik kavuzu	0,0-0,4	112-1120	62-88
Çim biçme atıkları	2,0-6,0	9-25	72-84
Yaprak	0,5-1,3	40-80	72-84
Çalı budama	1	53	15
Ağaç budama	3,1	16	70

Piroliz, enerji üretimi açısından optimal bir biyokütle bileşeni tespiti için araştırmalar devam etmektedir. [21]. Bununla birlikte, 2010 yılından sonra yapılan çalışmalarda piroliz uygulamalarında çok çeşitli biyokütle beslemelerine odaklanılmıştır. Yüksek lignin içeriğine sahip besleme orta sıcaklıklarda (yaklaşık 500 °C) pirolize edildiğinde en yüksek biyokömür verimine ulaşılır. Ayrıca uçucu madde, sabit karbon, kül içeriği ve nem oranları da piroliz ürün verimlerinin göstergeleridir. Genel olarak yüksek uçucu madde içeren biyokütle, yüksek miktarlarda biyoyağ ve sentez gazı üretirken, sabit karbon biyokömür üretimini artırır. Biyokütledeki nem içeriği, ürün dağılımı üzerinde önemli etkileri olan ısı transfer sürecinde bir etkiye sahiptir [22]. Nem içeriğindeki artışı ile birlikte sıvı ürün veriminin artışı gözlenirken, katı ve gaz ürünlerinin verimlerinin azaldığı gözlemlenmektedir [23]. Bunun nedeni, nemin sıvı fazda büyük miktarlarda yoğunlaşma suyu üretmesidir [24]. Bu nedenle ceviz kabuğu, zeytin kabuğu ve fındık kabuğu gibi biyokütle, Tablo 4.4 ve Tablo 4.5'te gösterildiği gibi biyo-kömür üretiminde (lignin içeriği ile ilgili) daha elverişlidir. Şekil 4.5'de biyokütlenin, piroliz sırasında kütle kaybının sıcaklık ve yapısal özelliğine bağlı değişimi görülmektedir.

Tablo 4.4 Bitkisel biyokütle lignin, selüloz ve hemiselüloz içerikleri [21]

Biyokütle	Lignin (%)	Selüloz (%)	Hemiselüloz (%)
Arpa Samanı	14–15	31–34	24–29
Yulaf Samanı	16–19	31–37	24–29
Bambu	21–31	26–43	15–26
Çavdar Samanı	16–19	33–35	27–30
Jüt lifi	21–26	45–53	18–21
Muz atıkları	14	13.2	14.8
Buğday samanı	15–20	33–40	20–25
Şeker kamışı küveti	23–32	19–24	32–48
Mısır artıkları (hasat sonrası)	16–21	28	35
Fındık Kabukları	42.9	28.8	30.4
Zeytin kabuğu	48.4	24	23.6
Mısır koçanı	15	50.5	31
Çay atıkları	40	30.20	19.9
Ceviz kabuğu	52.3	25.6	22.7
Yaprak	0	15–20	80–85
Çeltik kavuzu	18	32.1	24

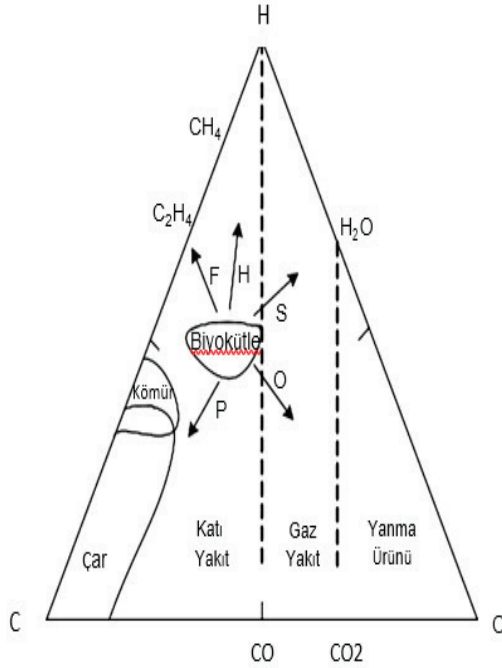


Şekil 4.5 Biyokütle özelliğine göre sıcaklık ve kütle kaybı grafiği [21]

Tablo 4.5 Piroliz prosesleri özelinde biyokütlenin karakterizasyonu için gerekli bileşenler ve örnek çalışmalar [25]

	Yoğunluk (Kg/m ³)	Nem (%)	Kül (%)	Ucucu madde (%)	Karbon (%)
Odun	1186	20	0.4-1	82	17
Şalt otu	108	13-15	4.5-5.8	-	-
Miskantus	70-100	11.5	1.5-4.5	66.8	15.9
Şeker kamışı	1198		3.2-5.5	-	-
Arpa otu	210	30	6	46	18
Buğday samanı	1233	16	4	59	21
Çeltik kavuzu	200	6	4.3	79	10.7
<i>Grateloupia filicina</i>	-	4.93	22.37	55.93	17.01
Huş ağacı	125	18.9	0.004	-	20
Çam	124	17	0.03	-	16

Gazifikasyon yöntemleri için ise biyokütlenin, H/C oranı, O/C oranı, (Şekil 4.6 Ternary Diagramı), tutuşma sıcaklığı, element bileşimi, kül, nem, ucu madde, hemiselüloz, selüloz, lignin içeriği ilgili bilgilerin bilinmesi gerekmektedir. [25]



Şekil 4.6 Ternary Diyagramı

Tablo 4.6 Bitkisel kaynaklı biokütle gazifikasyon işlemi için biyokimyasal özellikleri. [34]

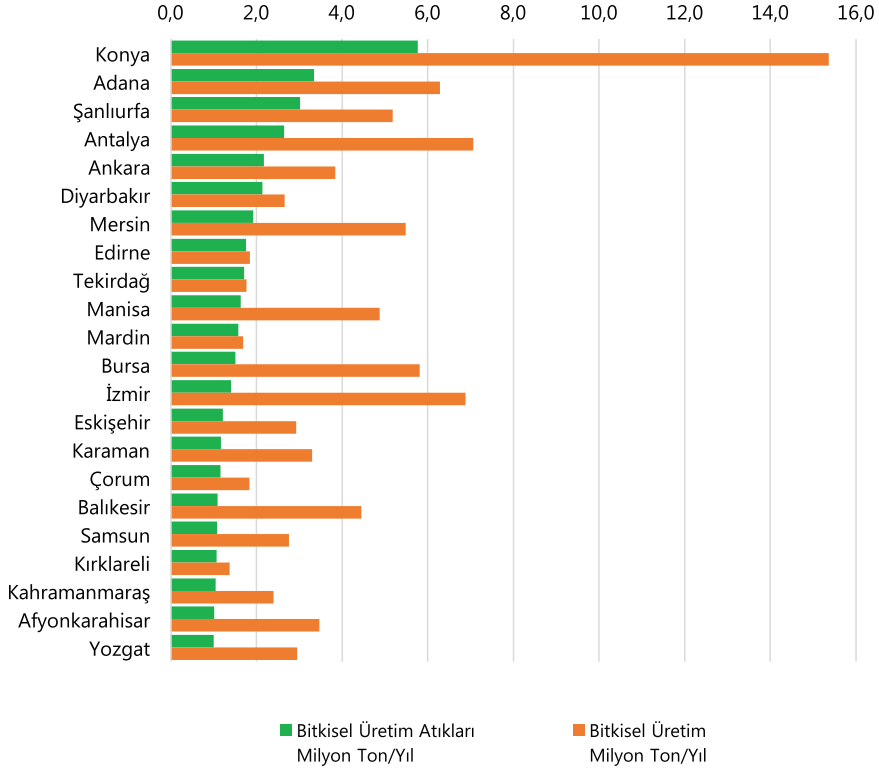
	C	H	N	S	O	Kül	Üst Isıl Değer	
Yakıt	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(kJ/kg)	Kaynak
Çeltik Samanı	39,2	5,1	0,6	0,1	35,8	19,2	15,213	Tillman, 1978
Çeltik kavuzu	38,5	5,7	0,5	0	39,8	15,5	15,376	Tillman, 1978

4 4. Bitkisel Üretim Atıklarının İl ve Bölgelere Göre Dağılımı

Türkiye’de illerde üretilen bitkisel ürün miktarı ile oluşan atık miktarına göre sıralanıp bir karşılaştırma yapıldığında, farklılık olduğu görülmektedir. Bu fark üretilen ürünün atık oluşturma potansiyeline, ürünün hangi amaç için kullanılacağına (silajlık mısır, dane mısır gibi) ve bölgelere bağlı olarak üretimin çeşitlenmesi ya da farklılaşmasına bağlı olarak meydana gelmektedir.

Bu etmenlerden dolayı, atık üretim miktarı ve oluşan atık arasında bir bağ kurulabilse de bölge ya da tüm Türkiye geneli gibi üst bakış açısında bu bağ doğrusallığını yitirmektedir (Şekil 4.7).

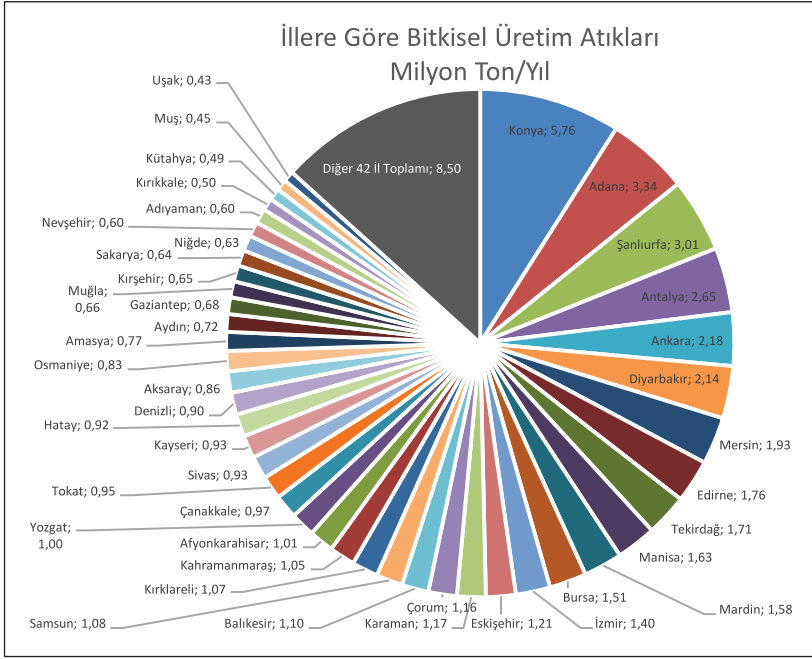
Türkiye, İller Bitkisel Üretim - Atık İlişkisi Milyon Ton/Yıl



Şekil 4.7 Yıllık 1 milyon ton bitkisel üretim atığı oluşturan iller ve bitkisel atık üretim miktarlarının karşılaştırılması.

Bunun temel sebebi üretilen ürünlerin zengin çeşitliliği, tarım yapılabilir alanların büyüklüğü ve dağılımı, iklimsel özellikler doğrultusunda bölgesel üretim çeşitliliğinin değişmesidir.

Atık analizini yaparken ve yönetim stratejisi geliştirilirken, makro ölçekte çalışmalar yapılmalı ve bu çalışmalar il özelinde birleştirilerek bölgesel çözümler üretilmelidir.



Şekil 4.8 İllere göre bitkisel üretim atıkları, milyon ton/yıl

Şekil 4.8’de de görüldüğü üzere, yıllık 1 milyon tonun üzerinde bitkisel üretim atığı oluşturan şehir sayısı 22 adettir. 1 milyon ton üzerinde atık oluşturan ürün sayısı 11 ve 500 bin ton üzerinde atık oluşturan ürün sayısı 18’dir.

En çok atık oluşturan ilk 15 ile bakıldığında, 1 sıradaki faaliyet olan buğday üretimi ilk 15 ilin tamamında ilk 5 üretim ürününden birisidir. Mısır (dane) 15 ilde ana üretim ürünlerinden biridir, 3. Sıradaki arpa ve 5 sıradaki domates (sofralık, salçalık) 15 ilde de üretilirken sadece 12 ilin ana üretim ürünüdür, ayçiçeği ise 12 ilde üretimi yapılmaktadır. 6. Sıradaki pamuk ise ilk 7 ilde üretilirken sadece 4 ilin ana üretim ürünüdür.

7. sıradaki hıyar (sofralık, turşuluk), 15 ilde üretilirken sadece 8 ilin ana üretim ürünüdür, üzüm 14 ilde üretilirken 6 ilin ana üretim ürünüdür, alt sıralara gidildikçe üretim alanlarında daralmalar gözükmemektedir. Örnek olarak 23. Sıradaki muz, Antalya ve Mersin illerinin ana üretim ürünü olup yıllık olarak 144 bin ve 193 bin ton yıllık atık oluşmaktadır.

Bu veriler, üretim çeşitliliği ve dağılımın değişkenliğini ortaya koymaktadır.

4.5. Atığa Erişilebilirlik ve Lojistik

4.5.1. Atığa Erişilebilirlik

Bitkisel üretim atıklarının, diğer atık yönetimlerinden ayıran temel özelliği, atıkların hasat sonrası tarım arazisinden uzaklaştırılması gereken atıklar olmasıdır. Bu kavram iki durum doğurmaktadır, atığın bulunması ve atık tanımının hassasiyeti.

4.5.1.1. Atığın varlığı

Yılda bir veya birden fazla hasat sonucunda atık oluştuğu için, bölgelerde atık oluşumu o yıl içerisinde sınırlı dar bir zamanda gerçekleşmektedir ve üretimin yoğunluğuna göre bu miktarlar binlerce tonu bulabilmektedirler. Bu yönetilmesi ve planlanması çok zor bir durum oluşturmaktadır.

Bu zor koşullar altında, atığın bölgeden uzaklaştırılıp çevreye zarar vermeyecek bir şekilde depolanarak, bölüm bölüm işlenmesi söz konusu olabilir. Bu durumda seçilen proses türüne ve atığa göre atığın depolama koşulları altında geçirdiği sürede temel özelliklerinde değişme olmamalıdır. Depolama koşulları, depolama alanının büyüklüğü ve bileşenlere göre hammadde seçimi etkilemektedir.

Bir diğer seçenek ise farklı atık türlerini işleyebilen bir proses türünde, yakma biyogaz veya kompost gibi farklı tesislerde değerlendirmek.

Kütleli debinin kısa sürede kesikli ve yoğun gelmesi, birçok farklı yöntemin bir arada kullanıldığı bölgesel bir yönetim yaklaşımı ile verimli bir şekilde yönetilmesi mümkündür.

4.5.1.2. Atık Tanımının Hassasiyeti

BAT (Bitkisel Artıkların Toplamı), belirli bir bölgede üretilen bitkisel üretim sonrası kalan maddenin (Artık) toplam miktarını belirtmek için tanımlanmaktadır. Fakat üretilen tüm artıkların yenilenebilir enerji hammaddesi olarak kullanılması mümkün olmayacaktır. Toplam biyokütle hem tarım hayvancılık hem de tarımsal endüstri için önemli ve değerli hammadde kaynağı niteliğindedir. Tarımsal arazinin ıslahı, hayvan yemi gibi çeşitli faaliyetler için kullanılmaktadır. Bu nedenle yenilenebilir enerji hammaddesi ve/veya kompost uygulamaları için kullanılacak ham madde tanımı önem taşımaktadır. Bu perspektifte bakıldığında, atığın mevcudiyetini ya da atık olarak kullanılacak miktarı direkt etkilemektedir. Bu etki ise bölgeden bölgeye ve faaliyetten faaliyete önemli ölçüde değişim gösterecektir. Bu değişimlerin mikro ölçekte bölgesel çalışmalarla tespit edilip ana (master) planlar hazırlanarak, kurulacak yönetim planı ve buna uygun tesis ve tesislerin fizibilitelerinin bu ana planlar üzerinden yapılması gerekmektedir. Planlama kısmının tamamının kamu tarafından yapılması önem arz etmektedir.

$$BAT = B\ddot{U}A - (BK_{kalıntı} + BK_{hammadde}) \quad (3)$$

$B\ddot{U}A$ = Bitkisel üretim artıkları, Ton/yıl

BAT = Bitkisel artıkların toplamı, Ton/yıl

$BK_{kalıntı}$ = Bitkisel kalıntı, Ton/yıl (tarım arazisinde bırakılması gereken miktar)

$BK_{hammadde}$ = Bitkisel kalıntının hammadde olarak kullanımı, Ton/yıl (Hayvan yemi ya da tarımsal sanayi hammaddesi)

Tarlada bırakılması gereken kalıntı miktarı ($BK_{kalıntı}$) toprak tipine ve yapısına (toprağın organik karbon içeriği, besin maddeleri, porozitesi gibi), gübreleme yöntemine (kimyasal, organik gübreler), tarımsal uygulamaya (ürün rotasyonu, toprak işleme) ve toprak yapısına bağlıdır.

Eşitlik 3'ün tanımlanmasındaki bir diğer amaç ise, atık ver artık arasındaki kavramsal kargaşanın oluşmaması için yapılmıştır. Yönetmeliklerde ve uygulamalarda bu iki kavramın kimi zaman birbirine karıştırıldığı görülmektedir. Tarım ve Hayvancılık sektörü hem ekonomik hem de iklim değişikliği baskısı altında kırılgan bir sektördür. Bu sebeple bu kırılgan yapı içerisinde oluşmuş dinamikleri ve sektörleri etkilemektedir. Buradaki kasıt, oluşturulacak planlarda işlem görmemiş hayvan dışkılarının kayıt dışı alınıp satılması gibi hem çevreye hem ekosisteme hem de ekonomiye zarar veren yapıların devam ettirilmemesidir.

4.5.2. Atıkların Taşınması

Özellikle biyokütleden yenilenebilir enerji üretim tesisleri için atıkların taşınması, tesislerin sürdürülebilir bir şekilde yürütülebilmesi için büyük önem arz etmektedir. Atıkların bölgede varlığının dışında, bu atıkların ekonomik ve sürdürülebilir bir şekilde tesis ya da tesislere ulaştırılabiliyor olması planlama süreçlerinde kritik karar verme faktörüdür.

Atığın varlığı dışında bu atığın toplanması ve taşınması sürecinde fiziki ve ekonomik zorluklar olabilir. Bununla birlikte taşıma mesafesindeki her artışın nakliye kaynaklı iklim değişikliği üzerinde bir ayak izi oluşturacaktır. Türkiye'de ağır nakliyatın kara yoluyla yapıldığı ve akar yakıtla çalışan araçlardan elektrikli araçlara dönüşüm yapılmadığı için nakliye mesafeleri sürdürülebilir bir sistem için önemli bir kriterdir.

Atığın taşınmasını etkileyen faktörleri şu şekilde sınıflandırılır;

4.5.2.1. Nakliye mesafesi

Taşımacılığın iklim değişikliği üzerinde önemli bir etkisi vardır. Akaryakıtla çalışan araçlar ile yapılan kara yolu ağır vasıta taşımacılığının etkisi öne çıkmaktadır. Bununla birlikte işletme giderleri içerisinde nakliye önemli bir yer tutmaktadır. Bu yatırımların teşviklerle varlığını sürdürülebilir yatırımlar olduğunu ve bu teşviklerinde ancak elektrik üretimi gerçekleştiğinde kWh başına verildiğini unutmamak gerekmektedir.

Yapılacak yatırımların taşıma mesafesinin en az olacağı şekilde planlanmalıdır. Aşırı tasarım (overdesign) olarak planlanan büyük tesisler yerine, orta büyüklükte tesisler planlanmalıdır. Tesis büyüklüğünün tüm bu bileşenler dikkate alındığında iyi yapılmış bir fizibilite çalışması sonucunda karar verilmesi gerekmektedir. (MWe, ton/gün vb. kapasite) mühendislik ve otomasyon kontrolü yapılan sürdürülebilir tesis büyüklüğünün altında da olmamalıdır. Bu büyüklüğün belirlenmesinde lojistik önem taşımaktadır.

4.5.2.2. Fiziki Koşullar

Atığın bulunduğu yere erişim ya da yol durumu önemli bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. Karadeniz Bölgesindeki gibi yolun eğimi gibi fiziki koşullar ağır vasıta nakliyesi için kısıtlayıcı diğer alternatifler içinde ekonomik olmaktan uzak olabilir. Altyapı özelliklerinin belirleyici olduğu durumların ihmal edilmemesi gerekmektedir.

4.5.2.3. Atığın Özellikleri ve Durumu

Atığın yoğunluğu, şekli, istiflenme durumu gibi parametreler de belirleyici olmaktadır. Atığın tarladan kaldırılıp nakliyeye hazır halde olup olmaması önemli bir diğer kriterdir. Bu işin kimin sorumluluğunda olacağı çözülmesi gereken ve düzenlemeler getirilmesi gereken bir konudur.

Saman veya saman gibi öncelikle tarlada toplanan ve balyalanan atıklar hem lojistik hem de erişilebilirlik için yüksek olarak tanımlanabilir bir kriterdir. Minimum taşıma ve işleme maliyetleri ile enerji kaynağı olarak kullanılabilir olmayı ifade etmektedir. Bir diğer örnek ise çeltik kavuzu, mısır koçanı, ayçiçeği tablası vb.dir.

Bu bölümde Atığın varlığını teknik ve ekonomik boyutuna değinilmiştir. Üretici oluşturulacak yapının önemli bir bileşeni olduğunu unutmamak gereklidir. Geliştirilecek iş modelinin ve planların üreticiyi de dahil edilerek yapılmalıdır. Üreticinin bilinçlendirilmesi, sürece dahil edilmesi ve üretici ile ortak hareket edilmesi bu sürecin sosyo-ekonomik boyutunun varlığını ortaya koymaktadır.

Atık alış-verişinin iyi tanımlanması ve bunun yönetmeliklerle belirlenmesi, kurulacak sürecinin döngüsel olması ve o bölgedeki üretimi destekleyecek şekilde planlaması yapılan çalışmaları sürdürülebilir kılacaktır.

Kaynaklar

- [17] OECD Glossary of Statistical Terms, <https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=77>
- [18] FAO, Animal Production Based on Crop Residues - Chinese Experiences, <https://www.fao.org/3/Y1936E/y1936e00.htm#Contents>
- [19] Türk-Alman Biyogaz Projesi, Alman Yenilenebilir Hammaddeler İhtisas Ajansı, Biyogaz klavuzu
- [20] Handbook of Solid Waste Management, G. Tchobanoglous & F. Kreith
- [21] Jahirul, M. I., Rasul, M. G., Chowdhury, A. A., & Ashwath, N. 2012. Bio-fuels Production through Biomass Pyrolysis—A Technological Review. 4952–5001. <https://doi.org/10.3390/en5124952>
- [22] Das, L.M.; Gulati, R.; Gupta, P.K. A comparative evaluation of the performance characteristics of a spark ignition engine using hydrogen and compressed natural gas as alternative fuels. *Int. J. Hydrog. Energy* 2000, 25, 783–793.
- [23] Minkova, V.; Razvigorova, M.; Bjornbom, E.; Zanzi, R.; Budinova, T.; Petrov, N. Effect of water vapour and biomass nature on the yield and quality of the pyrolysis products from biomass. *Fuel Proc. Technol.* 2001, 70, 53–61.
- [24] Arni, S.A.; Bosio, B.; Arato, E. Syngas from sugarcane pyrolysis: An experimental study for fuel cell applications. *Renew. Energy* 2010, 35, 29–35.
- [25] Jahirul, M. I., Rasul, M. G., Chowdhury, A. A., & Ashwath, N. 2012. Bio-fuels Production through Biomass Pyrolysis—A Technological Review. 4952–5001. <https://doi.org/10.3390/en5124952>

5. Bitkisel Üretim Atıkları için Enerji Dönüşüm Teknolojileri

Bitkisel üretim atıkları, ısı ve elektrik üretmek için doğrudan yakma, katı, gaz ve sıvı yakıtlar üretmek için termokimyasal dönüşüm, sıvı yakıt üretmek için fiziko-kimyasal dönüşüm. Sıvı ve gaz yakıtlar üretmek için biyolojik dönüşüm dahil olmak üzere çeşitli işlemlerle enerjiye dönüştürülür. Ancak biyokütle hammaddesinin kalitesi (karakteristikleri) ve miktarı ile biyokütlenin mevcudiyeti, istenilen son ürün ve proses ekonomisi bitkisel üretim atıkları için uygulanacak enerji dönüşüm teknolojisinin seçimini etkiler.

Hangi yöntemin hangi atık için uygun olduğuna karar vermek adına atığın biyokimyasal ve fiziksel kriterlerinin tanımlanması gerekmektedir. Önceki bölümlerde bu kriterlere değinilmiştir.

Temel olarak proses seçimi için atığın, fiziksel ve kimyasal bileşimlerinin bilinip, biyolojik parçalanma bilirliliğinin (parçalanma hızı, biyogaz/metan oluşturma potansiyeli vb.) tayin edilmesi gerekmektedir. Seçilen atığın uygun olduğu düşünülen proses içerisinde nasıl çalıştığının da irdelenmesi gerekmektedir, yanma verimi ve biyogaz üretim potansiyeli gibi.

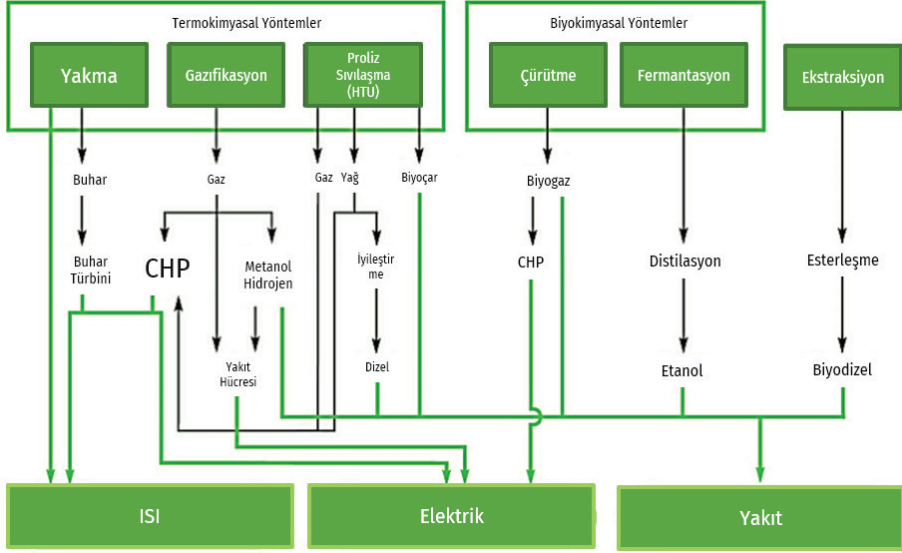
Atığın proses tipine göre, hazırlanma süreçleri de bir diğer önemli faktördür. Yapılacak ön işlem ya da ön işlemler, seçilen proses ve seçilen prosesin çeşitleri için belirleyici kriterdir.

Prosesin uygulanabilirliği için ise, atığın varlığı, erişilebilirliği, atığın tedarik zincirinin seçilen proses uygunluğu gibi kavramların da dikkate alınması gerekmektedir.

Atık ya da atık menüsünün belirlenmesi de diğer bir önemli adımdır. Biyokütlenin enerji dönüşümünü gerçekleştiren sistemlerin çoğu, birden çok atık türünün karışımı ile oluşturulan menülerle çalışmaktadır. Bu hem sistemlerin optimum çalışması hem atık varlığı hem de tesisin bulunduğu bölgenin ihtiyaçları doğrultusunda değişim göstermektedir.

Bu sebeplerle seçilen teknolojinin ve tesisin boyutlandırılmaları, bulunduğu bölge ile doğrudan ilişkilidir. Bu ilişkinin en iyi analiz yöntemleriyle irdelenip doğru bir şekilde kurulması gerekmektedir.

Genel olarak biyokütlenin enerji dönüşümleri için kullanılan yöntemleri ve ürün ve ara ürünleri ifade eden teknoloji ağacı Şekil 5.1'deki gibi ifade edilebilmektedir.



Şekil 5.1 Biyokütlenin enerji dönüşüm yöntemleri

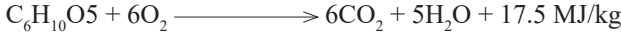
Üzerinde durulması gereken bir diğer yöntem ise kompostlaştırma yöntemleridir. Proje hedeflerinden biri olan anız yakılmasını azaltmak için etkin bir atık yönetimine ihtiyaç vardır. Sürdürülebilir, sera gazı ayak izi düşük yada nötr bir tarım hedefi için bitkisel üretim atıklarının tamamını kapsayan bir strateji belirlenmelidir. Yukarıda biyokütlenin enerji dönüşümünü tanımlayan kriterler kapsamında uygun olmayan atıklarında (mesafe, erişilebilirlik ya da biyo-kimyasal özellikleri açısından) işlenmesi gerekmektedir. En ideal yöntemlerden biri de kompostlaştırmadır.

Sürdürülebilir tarım dönüşümünde bitkisel atıkların, ürün-atık ilişkisinin kurulması kadar, atık-teknoloji ilişkisinin de kurulması ve bu bağlamda politikaların geliştirilmesi gerekmektedir. Atık-teknoloji ilişkisinin irdelenebilmesi için bir sonraki bölümde, yaygın kullanılan teknolojiler irdelenecektir.

5.1. Termokimyasal Yöntemler

5.1.1. Yakma

Yakma prosesleri en yaygın kullanılan biyokütleden enerji elde etme yöntemi-
dir. Yakma ekzotermik kimyasal bir reaksiyondur. Reaksiyon, reaksiyon tarafından
üretilen ısı ile kendiliğinden devam eder. Yanma aşağıdaki denklem ile temsil edilir.
[26]



Biyokütle yakıt olarak kullanıldığında, ısı üreten oksidasyon reaksiyonu yanma
olarak tanımlanır. Biyokütlerde bulunan karbon, hidrojen, oksijen, yanıcı kükürt ve
azot, hava veya oksijen ile reaksiyona girer. Yanma işlemi gaz fazı reaksiyonu, yüzey
reaksiyonu veya her ikisinin birlikte gerçekleşmesiyle devam eder. Bunu füzyon, bu-
harlaşma ve piroliz süreçleri takip eder. Yanma reaksiyonunda buharlaşma, karışım,
difüzyon, konveksiyon, ısı iletimi, ısı radyasyon gibi birçok süreç karmaşık bir şe-
kilde yüksek bir hızda gerçekleşir. Gaz yakıt, ön karışım yanma veya dağınık yanma
olarak doğrudan gaz fazında yanar. Sıvı yakıt ise buharlaşma yanması olarak adlandırıl-
ılan yüzey buharlaşmasından sonra gaz fazında yanıcı gaz olarak yanar. Buharlaşmalı
yanmada ağır yağ vb. gibi maddeler yanarken, yakıt kısmının ayrışmasının üretilen ısı
ile gerçekleştiği yerde ayrışma yanması da devam eder.[26]

Biyokütle yanmasında, buharlaşma yanması, ayrışma yanması, yüzey yanması,
için yanma (smoldering combustion, malzemenin yanma ısının altında gerçekleşen
ayrışma yanması) süreçleri gerçekleşmektedir. [26]

Tablo 5.1’de atığın özelliklerine göre yakma proses tipini belirleyen fırın türleri
belirtilmiştir.

Tablo 5.1 Atık özelliklerine göre – yakma fırın tipleri [26]

Sabit ızgaralı yakma Fixed-Bed Combustion	Düşük kül içerikli biyokütle için küçük ölçekli kesikli prosesler için kul- lanılır.
Hareketli ızgaralı yakma Moving-bed combustion	Talaş gibi küçük partikülden, balya halindeki biyokütleye kadar çeşitli uy- gulamalarda kullanılabilir.
Akışkan yataklı yakma Fluidized-bed combustion	Yatak malzemesi olarak kum kullanılır, yüksek basınçlı yanma havası ile ocakta yakıt ve kumun termal depolama ve ısı iletimi etkisiyle yakma ger- çekleşir. Yüksek nemli yakıt ve ısı değeri düşük yakıtlar ve atıklar için uygundur.
Döner tambur fırın Rotary hearth furnace combustion	Aritma çamurları ve evsel katı atıklar gibi nem oranı yüksek veya büyük atıkların yakılması için kullanılır.
Brülör Burner combustion	Sıvı yakıtlarda olduğu gibi, odun tozu küspe özü gibi ince/toz partiküllerin yanması için kullanılır.

Biyokütleden enerji elde etme tesisleri, konvansiyonel tesislere göre kurulu güç-
leri daha az ve sınırlıdır. Yakma tesisleri diğer biyokütle enerji dönüşümü tesislerine
göre kurulu güçleri en büyük tesislerdir. Yaklaşık büyüklükleri 100 MWe’den küçük-

tür., akışkan yataklı tesisler 2 – 8 MW kurulu güç aralığında tasarlanırlar. [27] Daha küçük ölçekli biyokütle yakma sistemleri, tesis verimliliğinin azalmasına ve büyük ölçekli santrallere göre daha yüksek birim maliyetlere sahiptir.

Odun, tarımsal artıklar(küspe, atık odun, çeltik kavuzu, palmiye yağı, kümes hayvanı tavuk atığı vb.), odun hamuru, belediye katı atıkları ve atıktan türetilmiş yakıt (ATY) gibi çeşitli biyokütle yakıtı, endüstriyel biyokütle yakma tesislerinde yakılabilir. Biyokütle buhar üretmek için yakılır, buhar bir türbine güç sağlar, türbin bir jeneratörü çalıştırır ve elektrik üretilir. Isı, buhar ve sıcak su gibi ısı transfer ortamları ile kazanlar ve ısı eşanjörleri kullanılarak geri kazanılır. Burada atığın kül içeriği/ inorganik madde oranı önem taşımaktadır, yüksek kül içerikli atıklar, yüksek cüruf oluşumuna sebep olmaktadır.

Bölüm 4'te de değinildiği üzere biyokütlenin yakma yöntemleriyle enerji kazanımı işlemlerinde, biyokütlenin nem oranı, kül oranı, partikül boyutu, ısı değeri ve kütle yoğunluğu, kullanılacak fırın tipi ve buna bağlı olarak kurulacak tesis büyüklüğünü etkileyen faktörlerdir.

5.1.2. Piroliz

Isınma amaçlı kullanılan bir yakıt olan biyokömür binlerce yıldır odun biyokütlesinden üretilmektedir. İlk teknolojik kullanımı, demir üretmek için cevher eritmede kömürün kullanıldığı Demir Çağı'na kadar uzanabilir. Erken piroliz teknolojisinin dezavantajları arasında yavaş üretim, düşük enerji verimi ve aşırı hava kirliliği sayılabilir.[25] Bu nedenle, belirli bir biyokütle türünden mümkün olan maksimum enerjiyi üretmeye yönelik teknoloji geliştirme, sürdürülebilirlik dönüşümleri ve iklim değişikliği süreçlerinde önemli araçlardır. Günümüzde biyokütleden enerji elde etmek için sıklıkla kullanılan üç yol vardır. Bunlar: yanma (ekzotermik), gazlaştırma (ekzotermik) ve piroliz (endotermik) [29]. Yanma, biyokütlenin tamamen oksitlenebildiği ve ısıya dönüştürülebildiği yakıtın oksidasyonudur. Bununla birlikte, bu işlemin verimliliği sadece %10 civarındadır ve bu kullanım şekli önemli bir kirlilik kaynağıdır [26]. Gazlaştırma, katı yakıtı gazlı bir yakıtla dönüştüren kısmen oksitleyici bir işlemdir, piroliz ise hem yanma hem de gazlaştırma işlemlerinin ilk aşamasıdır [29]. Bu nedenle piroliz sadece bağımsız bir dönüştürme teknolojisi değil, aynı zamanda başlangıçtaki katı yakıtın oksitleyici bir madde olmaksızın gazlara ve sıvılara termal bozunmasından oluşan gazlaştırma ve yanmanın da bir parçasıdır [30].

Organik maddenin piroliz süreci çok karmaşıktır ve organik malzeme reaktif olmayan bir atmosferde ısıtıldığında hem eşzamanlı hem de ardışık reaksiyonlardan oluşur. Bu süreçte; biyokütledeki organik bileşenlerin termal ayrışması 350 °C–550 °C'de başlar ve hava/oksijen yokluğunda 700 °C–800 °C'ye kadar çıkar [31]. Biyokütledeki karbon, hidrojen ve oksijen bileşiklerinin uzun zincirleri, piroliz koşulları altında gazlar, yoğunlaşabilir buharlar (katranlar ve yağlar) ve katı odun kömürü şeklinde daha küçük moleküllere parçalanır. Bu bileşenlerin her birinin bozunma hızı ve kapsamı, reaktör (piroliz) sıcaklığına proses parametrelerine biyokütle ısıtma oranına,

basınç; reaktör bileşenleri/tasarımı ve hammadde özelliklerine bağlıdır.[25]

Piroliz prosesleri yavaş, hızlı ve flaş olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Tablo 5.2’de her 3 tip proses için proses parametreleri verilmiştir.

Tablo 5.2 Piroliz proses türleri ve proses parametreleri [32]

Proses Tipi	Katı Alıkonma Süresi (s)	Isıtma Oranı (K/s)	Partikül Boyutu	Sıcaklık (K)	Ürün Verimi		
					Yağ	Çar	Gaz
Yavaş	450-550	0,1-1	5-50	550-950	30	35	35
Hızlı	0,5-10	10-200	<1	850-1250	50	20	30
Flaş	<0,5	>1000	<0,2	1050-1300	75	12	13

Yavaş piroliz, uzun kalma süresi ve düşük ısı transferi sebebi ile prosese ekstra enerji girişi gerektirmektedir.[25] Hızlı piroliz teknolojisi, sıvı yakıtların ve bir dizi özel ve emtia kimyasallarının üretiminde avantajlıdır. Sıvı ürünün kolayca ve ekonomik olarak taşınabilir ve depolanabilir olması da bir diğer avantajıdır. Hızlı piroliz teknolojisi, özellikle küçük ölçekte diğer işlemlere kıyasla nispeten düşük yatırım maliyetlerine ve yüksek enerji verimliliğine sahip olabilir. Hızlı piroliz yoluyla biyo-yağ üretimi, nedeniyle son yıllarda daha fazla ilgi görmüştür. [25]

Yenilenebilir yakıt olarak, boiler, motor ve türbin yakıtı üretme potansiyeli, düşük yatırım maliyeti ve nötr CO₂ dengesi, toprağa geri dönüştürülmek üzere sıvı yakıt üretim sahasındaki mineralleri ayırma ve bunların nütrient olarak kullanılma imkanı, gibi avantajlarda sunmaktadır. [25]

Flaş piroliz ise biyokütleden %75’e kadar biyo-yağ verimi elde edebilen katı, sıvı ve gaz yakıt üretimi avantaj sağlama potansiyeline sahiptir. Buna rağmen yağın zayıf termal stabilitesi ve aşındırıcılığı, yağdaki katılar (safsızlıklar) ve kömürün katalitik etkisi ile zamanla viskozitenin artması, kömürde konsantrasyonun artması ve yağda çözünür olması ve pirolitik su üretiminden kaynaklı sınırlamalar mevcuttur.

Biyokütlenin (bitkisel üretim kaynaklı) ana bileşenleri selüloz, hemiselüloz ve lignindir. Bileşenlerin moleküler yapıları birbirlerinden farklılık göstermektedir, bu farklılıklar, ısıtma hızı, sıcaklık ve kirletici (safsızlık) konsantrasyonuna bağlıdır. Bu üç bileşende farklı fizikokimyasal özelliklere sahiptir ve çıktı ürünleri doğrudan etkilemektedirler. Örnek olarak yüksek oranda lignin içeren biyokütlenin pirolizinin daha iyi biyo-yağ verimi üretebildiği gibi. (Tablo 4.4 ve Tablo 4.5’te bazı atıklar için yüzdesel oranlar ve fizikokimyasal özellikler verilmiştir.)

5.1.3. Gazlaştırma

Biyokütle, hava, oksijen veya buhar varlığında bir gazlaştırma ortamında ısıtılarak gaz yakıtı dönüştürme prosesidir. Gazlaştırma prosesi, oksidasyonun sadece bir adımda gerçekleştirildiği yanma prosesinden farklı olarak, biyokütledeki karbonun içsel kimyasal enerjisini iki aşamada yanıcı bir gaza dönüşümü sağlar. Üretilen gazın

kalitesi standardize edilebilir ve orijinal biyokütleyle göre kullanımı daha avantajlıdır. Gaz motorlarına ve gaz türbinlerine güç sağlamak için kullanılabilir veya sıvı yakıt üretmek için bir alt tabaka olarak kullanılabilir [33]

Fosil yakıtların gazlaştırılması, sentetik gazların üretimi için biyokütle gibi fosil olmayan yakıtlardan daha yaygındır. Özünde gazlaştırma prosesleri potansiyel bir yakıtın bir biçimden diğerine dönüştürme işlemidir. Böyle bir dönüşüm için üç ana sebep bulunmaktadır.[34]

Nitrojen, su gibi yanmayan (kalorifik değeri olmayan ya da yakıt özelliği taşımayan) bileşenleri eleyerek yakıtın ısısal değerini artırmak. Yanma sırasında oluşan kükürt ve nitrojen emisyonlarının ortaya çıkmaması için kükürt ve nitrojenin yakıttan uzaklaştırmak. Yakıttaki kütlece karbon-hidrojen oranını azaltmak. [35]

Aynı zamanda gazifikasyon ve piroliz prosesleri, ürünün bağlı hidrojen içeriğini, yüksek basınç altında doğrudan hidrojene maruz bırakılır ve bir ara ürün eklenerek yüksek sıcaklıkta ve basınçta buhara maruz bırakarak (buhar reformasyonu) indirekt ya da piroliz yöntemi ile karbonun katı çarla indirgenmesi ya da CO₂ gazına dönüştürülerek artırmaktır. Bir yakıtın hidrojen içeriği ne kadar yüksek olursa, buharlaşma sıcaklığı o kadar düşük olur ve yakıtın gaz halinde olma olasılığı yükselir. [34]

Biyokütlenin gazlaştırılması, enerji yoğunluğunu arttırmak için yakıttan oksijenin çıkarılmasını da içerir. Örneğin, tipik bir biyokütle ağırlıkça yaklaşık %40 ila 60 oksijene sahiptir, ancak yararlı bir yakıt gazı yalnızca küçük bir oksijen yüzdesi içerir. Oksijen, dehidrasyon veya dekarboksilasyon yoluyla biyokütleden uzaklaştırılır. Oksijeni CO₂ yoluyla reddeden ikinci işlem, yakıtın H/C oranını yükselterek yandığında daha az sera gazı salınımı oluşmasını sağlar. [34]

Tablo 5.3'de biyokütlenin enerji dönüşümü için kullanılan fizikokimyasal yöntemlerin bir birleriyle kıyaslanması yer almaktadır.

Tablo 5.3 Yakma, piroliz ve gazifikasyon prosesleri arasındaki farkı [24]

Yakma	Piroliz	Gazifikasyon
<p>Hammadde fazla hava veya oksijen ile tamamen yakılır ve sıcak yanma gazları üretilir. Yanma sırasında üretilen ısı nihai üründür ve buhar üretimi için kazanlarda güce dönüştürmek için kullanılır. Sıcak yanma gazları esas olarak CO₂, su buharı ve azottan oluşur.</p>	<p>Hammadde ile reaktörde hava veya oksijene izin verilmez ve nihai amaç, yakıt, az miktarda kömür ve sentez gazı olarak daha fazla yükseltme için sıvılar (biyo-yag) üretmektir. Başlangıç besleme stoğundaki enerjinin çoğu, 300'den fazla bileşiğin karmaşık bir karışımı olan bir sıvı içinde yoğunlaştırılır. Ham petrole göre yüksek asitli veya düşük pH'lı, yüksek viskoziteli ve daha düşük kalorifik değere sahip kırmızı-kahverengi bir görünüme sahiptir. Karboksilik asitler, alkoller, aldehitler, esterler, ketonlar, şekerler, fenoller, guaiakoller, siringol, furanlar, terpenler ve diğer minör bileşikler gibi organik bileşiklerin bir karışımıdır. Biyo-yag, dizel motorlarda bazı modifikasyonlarla veya konvansiyonel dizel ile karıştırıldıktan sonra yakıt olarak veya fırınlarda yakıt olarak kullanılabilir; yağ yakıtlı kazanlar; ve türbinler. Biyo-yagın özelliklerinden dolayı, sıvı yakıt olarak uygulamalarını mümkün kılmak için bazı iyileştirmeler gereklidir.</p>	<p>Hammadde, sınırlı oksijen veya hava ile kısmen yakılır ve 4 MJ/m³'ten daha büyük bir kalorifik değere sahip yakıt gazı (syngaz) üretilir. Bu sentez gazı daha sonra kazanlarda, motorlarda, türbinlerde, yakıt hücrelerinde ve kimyasal sentezde diğer kullanımlar için daha fazla temizlenir. Esas olarak değişen konsantrasyonlarda CO, CO₂, su buharı, hidrojen, nitrojen ve C₂H₄ gazlarından oluşur. Sentez gazı (CO ve H₂), Fischer-Tropsch (FT) sentez süreci yoluyla sıvı yakıt üretimi için bir öncüdür. Gazlaştırmadan elde edilen gaz halindeki ürün, ısıtma uygulamalarında (fırınlarda, kazanlar), güç gibi birçok farklı şekilde kullanılabilir.</p> <p>Uygulamalar (gaz motorları, entegre gazlaştırma kombine çevrimi (IGCC)) veya amonyak, hidrojen, FT hidrokarbonlar ve metanol üretmek için katalizör reaksiyonları yoluyla kimyasal sentezde kullanılır.</p>

5.2. Biyokimyasal Prosesler

Biyokütle biyokimyasal dönüşümü, biyokütleyi biyogaz veya biyoetanol gibi gaz veya sıvı yakıtlara parçalamak için mikroorganizmaların ve enzimlerin kullanımını kapsamaktadır. En popüler biyokimyasal dönüşüm süreçleri anaerobik fermentasyondur (biyometanizasyon olarak da adlandırılmakta). Anaerobik çürütmede, organik materyal, oksijen eksikliği olan bir atmosferde doğal olarak oluşan mikropların metabolik yolları aracılığıyla parçalanır. Biyokütle atıkları, petrol bazlı yakıtların yerine kullanılabilen selülozik etanol gibi sıvı yakıtlar üretmek için de kullanılabilir. [35]

5.2.1. Anaerobik Çürütme

Organik maddenin oksijensiz ortamda mikroorganizmalar tarafından parçalanması işlemine anaerobik çürütme olarak tanımlanır. İşlem sonucunda degestad -biyolojik olarak stabil hale gelmiş içerisinde nütrient barındıran proses tipine göre akışkan ve/veya katı fazda olan biokütledir, organik gübreye dönüşme potansiyeli yüksek bir malzemedir.- ve biyogaz oluşmaktadır.

Biyogaz içeriği %50-75 hacimce metandan ve %25-50 hacimce karbondioksitten oluşmaktadır. Bunun yanında biyogazda düşük miktarlarda hidrojen, hidrojen sülfür, amonyak ve eser miktarda diğer gazlar da bulunur. Biyogazın içeriğindeki gaz oranları asıl olarak kullanılan biyokütle türü, fermantasyon işlemi ve farklı teknik uygulamalarla belirlenmektedir. Biyogazın oluşum prosesi çok sayıda aşamada gerçekleşmektedir. Bu esnada prosesin bütününe bir olumsuzluğa sebep vermeyecek şekilde gelişmesi için tek tek bozunma aşamalarının birbirleri ile uyumlu bir şekilde devam etmesi, stabil bir ortam oluşturulması gerekmektedir.[36]

Biyogaz temel olarak hacimce içerdiği metan konsantrasyonuna bağlı olarak önemli bir kalorifik değere sahiptir. Oluşan biyogaz, gaz arıtım sistemi ya da sistemlerinden geçtikten sonra, bileşik ısı ve güç motorlarında (CHP engines) ısı ve elektrik enerjisine dönüşümü gerçekleştirilir. Isı enerjisi bölgedeki tarım ve sanayi faaliyetlerinde oluşan ısı ihtiyacından merkezi ısınma sistemlerine kadar birçok farklı ve avantajlı uygulama imkanı oluşturmaktadır.

Biyogaz tesisleri için ürün karışımının (menüsünün) biyokimyasal özellikleri ve bunların analizlerinin önemli olduğu kadar, Biyo reaktör içerisinde sürekli devam eden ve etmesi gereken proseslerin analizlerde büyük önem taşımaktadır. [36]

Reaktörün sabit sıcaklığı (tasarıma, sakrofilik, mezofilik ve termofilik), pH değeri, organik madde yükü gibi temel proses parametrelerinin yanı sıra, iz elementlerin kontrolü, karbon azot oranı bu oranın yanı sıra, fosfor ve sülfür gibi besin maddelerinin dengesinin kontrolü de önem taşımaktadır. Sisteme beslenecek madde, partikül boyutu/fiziksel durumu, biyolojik olarak parçalanabilirliği, biyogaz üretme potansiyeli, zararlı madde içeriği, nütrient içeriği, organik inorganik madde oranları gibi birçok biyokimyasal parametreleri önem taşımaktadır. [36]

Bu tanımlanan proses bileşenleri ve biyokütle özellikleri sebebi ile biyogaz tesisleri stabil verimli bir işletmeye sahip olabilmesi için, laboratuvar analizleri ve proses kontrol ekipmanlarıyla hassas bir şekilde izlenmesi gereken teknoloji/yatırımlardır.

Bu takiplerin yapılmaması durumunda, reaktörlerde prosesin çökmesi, proses sonunda tam olarak çürümemiş malzemenin oluşması, metan oranı düşük biyogaz oluşumu gibi sürecin hem teknik hem de ekonomik olarak devam ettirilemeyecek sonuçlarla karşı karşıya kalınmasına yol açmaktadır.

Tam olarak biyolojik stabilizasyonu, (çürüme işlemi) gerçekleşmemiş digestat, metan gazı ve devam eden biyolojik çürüme sonucu oluşan ara ürünler salınımlarına devam etmektedir. Bu sebeplerle hem sera gazı emisyonları kaynaklı iklim değişikliği ayak izini artırabilmekte hem de toprak kirliliğine, yer üstü ve yer altı suyu kirliliğine sebebiyet verebilmektedir.

Bu sebeplerle biyogaz tesislerinin belli bir büyüklükte modern mühendislik kontrolü altında planlanması ve işletilmesi önem taşımaktadır.

Biyolojik stabilizasyonun iyi yapılmış, digestat (işlenmiş biyokütle), nütrient içeriği ve yapısı gereği organik gübreye dönüştürülme potansiyeli yüksek, ekonomik değeri olan ve sürdürülebilir tarıma katkı sağlayacak bir hammadDEDİR. Bu sebeple sadece enerji elde edilen bir tesis niteliğinde olmanın yanı sıra, maddesel döngüleri destekleyici ve bu sebeple döngüsel tarımı tamamlayan ve atık bertarafında yapıldığı birçok artısı olan sistemlerdir.

Üçüncü bölümde tanımlanan biyokütle özellikleri tasarım parametrelerinin temelini oluşturmaktadır, bununla birlikte biyokütle tedarik zinciri, biyokütle çeşitliliği diğer tasarımını etkileyen kriterlerdir.

Tablo 5.4 Farklı biyoküteller için metan üretim potansiyelleri [36]

Biyokütle	Metan Üretme Potansiyeli (Nm ³ CH ₄ /tVS)
Arpa saman	226,4
Mısır sapı	80-157,3
Yaprak	47-75
Mısır	418
Çeltik kavuzu	302
Sorgum	286-319
Şeker kamışı	278
Ayçiçeği sapı	231-297
Şalt otu	125
Buğday samanı	130-290

5.2.2. Fermantasyon

Fermantasyon, farklı hammadde türlerinden etanol üretmek için ticari ölçekte kullanılmaktadır [35]. Hammadde olarak şeker bitkileri, nişastalı bitkileri ve lignoselülozik biyokütle kullanılır. Biyokütlenin yapısında bulunan fermente edilebilir şeker açığa çıkarıldıktan sonra maya yardımı ile etanole dönüştürülür. Etanol, damıtma işlemi kullanılarak saflaştırılır. Bu adım enerji yoğundur ve bir ton kuru mısır başına yaklaşık 450 L etanol üretilir. Fermantasyon işleminden elde edilen katı kalıntı, hayvan yemi olarak kullanılabilir. Şeker kamışı durumunda, küspe, kazanlar için yakıt olarak veya daha sonra gazlaştırma için kullanılabilir [36]. Polisakkarit moleküllerinin varlığından dolayı lignoselülozik biyokütlenin etanole dönüştürülmesi daha zordur. Bu zorluk lignoselülozik yapısından kaynaklanmaktadır, elde edilen şekerler etanole dönüştürülmeden önce asit veya enzimatik hidroliz ile bir ön işleme tabi tutulması gereklidir. Bu tür hidroliz yöntemleri şu anda pilot aşamadır. [26]

Etanolün biyokimyasal üretimi temel olarak dört aşamadan oluşur: hidroliz, fermantasyon, damıtma ve dehidrasyon. Biyokütlenin biyolojik olarak bozunması, karmaşık bileşiklerin, fermantasyon aşaması için kolayca elde edilebilen basit bileşiklere hidrolizi sırasında başlar. Bu doğal yol, hem çalışma koşullarına hem de ham

maddeye bağlı olarak, şekerleri etanol, laktik asit veya diğer nihai ürünlere fermente eden mikroplar tarafından yürütülür. [26]

Biyometanol üretim sürecinin başarısı, her adımda en uygun seçeneklerin birleştirilmesini gerektirir [39]. Biyolojik bir süreç olarak biyometanol fermantasyonu birçok faktöre bağlıdır. Bunlar, spesifik büyüme hızını önemli ölçüde etkileyen pH, oksijen ve sıcaklığı içerir. Spesifik fermantasyon hızı, şeker alım hızı ve hücre popülasyonlarının canlılığı, istenen ortam koşuluyla doğrudan ilişkilidir [37]. Benzer şekilde hem proses konfigürasyonu hem de maya suşu, fermantasyon verimlerini ve ayrıca substrat özelliklerini büyük ölçüde etkiler [26].

Kaynaklar

- [26] Bajpai, P. (n.d.). Biomass to Energy Conversion Technologies The Road to Commercialization.
- [27] Frassoldati, A.; Migliavacca, G.; Crippa, T.; Velata, F.; Faravelli, T.; Ranzi, E. Detailed Kinetic Modeling of Thermal Degradation of Biomasses. In Proceeding of the 29th Meeting on Combustion, Napoli, Italia, September 2006.
- [28] van Loo, S., Koppejan, J. (Eds.), 2003. Handbook of Biomass Combustion and Co-firing. Twente University Press, The Netherlands.
- [29] Thornley, P.; Upham, P.; Huang, Y.; Rezvani, S.; Brammer, J.; Rogers, J. Integrated assessment of bioelectricity technology options. Energy Policy 2009, 37,890–903.
- [30] Somerville, C. Energy from Biomass; Workshop Presentation for the Inter Academy Council Study Report; Lighting the Way: Towards Sustainable Energy Future; IAC: Amsterdam, The Netherlands, 2005
- [31] Grønli, M.G.; Varhegyi, G.; Blassi, C.D. Thermogravimetric analysis and devolatilization kinetics of wood. Ind. Eng. Chem. Res. 2002, 41, 4201–4208.
- [32] Fisher, T.; Hajaligol, M.; Waymack, B.; Kellogg, D. Pyrolysis behaviour and kinetics of biomass derived materials. J. Appl. Pyrolysis 2002, 62, 331–349.
- [33] Balat, M.; Balat, M.; Kirtay, E.; Balat, H. Main routes for the thermo-conversion of biomass into fuels and chemicals. Part 1: Pyrolysis systems. Energy Conv. Manag. 2009, 50, 3147–3157.
- [34] Design, P. (n.d.). Biomass Gasification and Pyrolysis.
- [35] <https://www.bioenergyconsult.com/biochemical-conversion-technologies/>
- [36] Türk-Alman Biyogaz Projesi, Biyogaz Kılavuzu, Nachwachsende, F. (n.d.). *Biyogaz Kılavuzu Üretimden kullanıma*, 2010
- [37] Lin, M. Y., & Tanaka, S. 2006. Ethanol fermentation from biomass resources : current state and prospects. 627–642. <https://doi.org/10.1007/s00253-005-0229-x>
- [38] Demirbas, A. 2009. Energy Sources , Part B Global Renewable Energy Projections. 7249. <https://doi.org/10.1080/15567240701620499>
- [39] Saxena, R. C. Ā., Adhikari, D. K., & Goyal, H. B. 2009. Biomass-based energy fuel through biochemical routes : A review. 13, 167–178. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.07.011>

6. Sonuçlar

Biyokütleden enerji dönüşümü, mevcut enerji senaryoları bağlamında gelecek vaat eden çevre dostu yenilenebilir enerji kaynağıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak enerji üretimi oransal olarak artmaya devam etse de, hala mevcut küresel enerji arzı büyük ölçüde rezervleri sınırlı olan fosil yakıtlara (petrol, doğal gaz, kömür) dayanmaktadır. Artan dünya nüfusu, kişi başına düşen enerji tüketimindeki artış ve küresel ısınmanın etkileri de göz önüne alındığında, uzun vadeli alternatif enerji kaynaklarına olan ihtiyaç ortadadır. Fosil yakıtların tükenmesi, çevre kirliliği ve iklim değişikliği baskısı ile karşı karşıya kalınan bu üçlü kriz için, enerji planlaması ve teknoloji geliştirme, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin önemli bir kamu gündemi haline gelmektedir.

Sera gazı emisyonlarına karşı önlem almak ve stratejilerin belirlenmesi için Avrupa Birliği, 2002 yılında Kyoto Protokolü ile başlayan, 2015 Paris İklim Anlaşmasıyla devam eden, bir yandan da COP26 toplantılarıyla sürdürülen süreçlerde de yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi ve bilimsel yenilik potansiyeline vurgular yapılmaktadır. Ne yazık ki bu süreçlerin her biri iyi niyet çerçevesinde olan süreçlerdir, yaptırımı olmayan bu süreçlerin etkisiz kaldığı açıkça ortadadır, popülist yaklaşımlardan öteye gidememekte ve gerçek sorunlara odaklanılmamaktadır. Bunun en büyük göstergesi ise üzerinde anlaşmaya varılan hedeflere ulaşulamamış birçok taraf tarafından da yaklaşılamamış bile olunmasıdır. Bu süreçlerden farklı olan ve Türkiye gibi ülkeler için ekonomik risk/fırsat ikilemi yaratan yeşil mutabakattır.

2007 Nobel Barış Ödülü'nün Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli'ne (IPCC) ve Al Gore'a verilmesiyle başlayan ve bu alanda yapılan çalışmalara verilme-ye devam etmesi, iklim değişikliği sorununun önemini bilimsel camiadaki yansımaları açısından ortaya koymaktadır.

Fakat konuya hâkim uzmanların ve bilim adamlarının bilgi, tecrübe ve katkıları iklim – enerji ve sürdürülebilirlik süreçlerinde oluşturulan politikalarda etkinliği tartışma konusuyken, bu ciddi riskin popülist yaklaşımlar etkisinde farklı amaçlar için kullanılıyor olması da 2022 küresel riskler içerisinde %27,5'lik oranı oluşturan *iklim değişikliği hareketlerinin başarısızlığının* (Dünya Ekonomi Forumu) temel nedenini oluşturmaktadır.

İklim değişikliği ve enerji ekseninde geliştirilecek politikalarda temel odak noktası sektörlerin iklim değişikliği ayak izlerini azaltarak kaynak kullanımlarını etkin ve verimli hale getirmektir. Bununla birlikte döngüsellüğün hedeflendiği ve enerji verimli sistemler planlanması diğer önemli kavramlardır.

Bu planlamalar yapılırken sektörler arasında kopukluk olmadan, alt sektörleriyle birlikte stratejiler geliştirilmelidir. Bir sektörde yapılan çalışma bir başka sektörün döngüsellüğünü bozmamalıdır. Sektörlerin planları birbirini bütünlüyci ve üst ölçekte bütüncül verimli iklim değişikliği ayakizi düşük mümkünse nötr, kaynak kullanımı verimli olmalıdır.

Tarıminın alt bileşeni olan bitkisel üretim süreçleri içinde aynı yaklaşımları içeren hedeflerin gerçekleştirilebilmesi amacıyla, stratejilerin ve politikaların geliştirilmesi gereklidir. Bunlar tarımda kullanılan su ayak izinin azaltımı, enerji verimliliği, kimyasal kullanımının azaltılması, organik gübre kullanımı, biyokütlenin yenilenebilir enerji dönüşümleri, iklim değişikliği etkisinde bitkisel üretim yöntemlerinin ve ürünlerinin değişmesi gibi farklı ve çeşitli odak noktalarını kapsamalıdır.

Rapor kapsamında bitkisel üretim atıklarının mevcut durumu ortaya konarak, biyokütle enerjisi olarak değerlendirme seçenekleri ele alınmıştır. Planlamanın yapılabilmesi ve sistemsal bir yaklaşım ortaya konabilmesi için ihtiyaçların ve bileşenlerin tespit edilmesi üzerine odaklanılmıştır. Tarımın iklim değişikliği üzerine etkileri irdelenmiştir. Daha sonraki bölümlerde Türkiye’deki bitkisel üretim türleri, miktarları ve illere göre dağılımı irdelenip, bitkisel üretim ve atık ilişkisi kurulmuştur.

Bir atık tanımı/biyokütle tanımı ortaya konularak; yapılan bu tanımında atık kapsamına giren maddenin, diğer faaliyetleri (hayvan yemi kullanımı, toprağın ihtiyaçları için kullanılan miktar gibi) etkilemeyeceği şekilde yapılmıştır.

Bu kurulan ilişki sonucunda, 143 farklı ürün türünün üretiminin yapıldığı ve 90 tanesinin atık tanımına uygun şekilde atık ürettiği ve bu ürünlerin içerisinde yıllık 100 bin ton üzerinde atık üreten 36 ürün olduğu tespit edilmiştir. Ana atık üreten ürünler olarak kabul edilen 18 üründe 500 bin ton ve üzeri atık ürettiği (yaklaşık olarak her biri bir büyük şehrin ürettiği evsek katı atık miktarına yakın) ortaya konmuştur. Bu 18 üründen, buğday 20 milyon, mısır (dane) 6,8 milyon ve arpa 5,6 milyon ton atık üretmektedir.

Yapılan çalışmada bitkisel ürün üretimi ile atık oluşturma potansiyeli olarak ürün bazında bir ilişki kurulsa da il bazında toplam ürün türü ile atık üretimi arasında doğrusal bir bağ kurulamamıştır. Bunun temel sebebi ürünün atık üretim potansiyelinin üründen ürüne ya da ürünün kullanım amacına göre büyük farklılıklar göstermesidir. Örnek olarak üretimi en yüksek olan 5 üründen 2’sinin (hayvan yemi için üretilen yonca ve silajlık mısırın) 0 atık oluşturduğu kabul edilmesidir. Bu nedenlerle atık tanımı önem kazanmaktadır.

Proje kapsamı dışında olarak analiz noktamız atık-enerji ekseninde değil de iklim değişikliği – kuraklık ya da iklim değişikliği – su ayakizi çalışması olsaydı ihmal edilen bu iki ürün bu sefer çalışmanın odağında olacaktı.

Bu örnekte de verildiği gibi verinin varlığı-yokluğu ve analizi bu çalışmaların temelini oluşturmaktadır.

İkinci aşamada atık oluşumunun bölgelere göre dağılımı irdelenmiştir. Bölge tanımı il sınırlarıyla tanımlanmıştır. Yıllık atık üretimi 1 milyon tondan daha fazla olan il sayısı 22 olarak tespit edilmiştir. En az atık üreten 36 ilin toplam ürettiği atık, en çok atık üreten il olan Konya’ya denk olduğu görülmektedir. En çok atık üreten 22 ilin üretim türü ve atık ilişkisine baktığımızda temel olarak benzerlikler olsa da çoğ-

rafi ve ekonomik koşullardan dolayı farklı üretim türlerinin de olduğu bu farklılığında bölgesel olarak ayrışmalara sebep olmaktadır.

Bu iki analizin sonucu şunu göstermektedir: Bölgesel analizin daha küçük bileşenlerle ilçe sınırları veya mahalle sınırları, havza özelinde ya da havzalara yayılan üretim şekillerine göre bölümlere ayırarak idari yapının dışında ele almak gerekmektedir.

İki farklı ilin komşu olan ilçelerine kapsayan bir planlama geliştirilmesi gerektiği durumlarla karşı karşıya kalınabilir. Bu durum idari yönetim ve taşra teşkilatları açısından idari ve görev tanımları bakımından bazı zorluklarla karşı karşıya kalınmasına yol açabilir. 1- 3 Şubat 2022 Biyokütlenin Enerji Yolculuğu Çalıştayı'nda da ele alınan konulardan biridir.

Bunun dışında bir diğer kısıtlayıcı etken atığın varlığı ve erişilebilirliğidir. Bitkisel üretim atıkları, hasat döneminde yüksek tonlarda yılda 10-15 gün arası gibi kısa bir sürede oluşmakta ve ekim yapılan alandan uzaklaştırılması gerekmektedir. Erişim, taşıma, depolama gibi tedarik zinciri bileşenleri planlamanın 2. kritik ayağını oluşturmaktadır.

Üçüncü kritik ayak ise, bölgesel ihtiyaçlara göre biyokütlenin enerjiye dönüşüm stratejisinin belirlenmesidir. Eğer odak noktası enerji elde edilmesi yönündeyse biyokütle yakma tesislerine ağırlık verirken, inorganik gübre kullanımını azaltmak ve organik gübre kullanımı artırmak olacak ise o zaman biyogaz tesisleri odağında bir planlama yapılmalıdır.

Planlama süreçlerinin en ideal hali, tüm teknolojilerin karma olarak çok yönlü yaklaşımlarla irdelenmesi ve uygulanmasıdır.

Biyokütle'den enerji elde etme tesislerinin 2022 itibarıyla mevcut durumunu incelendiğinde, TEİAŞ Ocak 2022 raporu verileri doğrultusunda biokütle tesislerinin toplam kurulu güç içindeki payı %1,7'dir. Yenilenebilir enerji toplam kurulu güç içindeki payı ise %3,7'dir. Biyokütle enerji tesisleri tanımına, evsel atıkların depolanması sırasında oluşan depo gazının enerji dönüşümünden, orman atıklarının yakma prosesleri kullanılarak enerjiye dönüşümüne kadar geniş bir kaynak kullanımı girmesine rağmen toplam elektrik enerjisi üretimdeki payı çok düşük kalmaktadır.

YEKDEM kapsamında yayımlanan 2022 YEK listesindeki veriler doğrultusunda toplam biyokütle tesisi sayısı 293'tür bunun yaklaşık üçte biri biyogaz tesisidir, üçte biri depo gazından enerji elde etme tesisidir, geri kalanı ise yakma ve piroliz tesislerini oluşturmaktadır. Ayrıca 100 adete yakın lisansız tesis bulunmaktadır. YEK Listesindeki ana tesis tipi sınıflaması altında 20'nin üzerinde farklı tanımlama bulunmaktadır. Bu tanımlamaların çoğu birbirinin aynısıyken, tanımlamaların neredeyse tamamında tesis türünün doğru şekilde tanımlanmamıştır. Aynı problemle Çevre Bakanlığının Çevre Etki Değerlendirme Raporu süreçlerinde ve diğer uygulamalarında da karşı karşıya kalınmaktadır. Bu da bakanlıklar tarafından biyokütle kavramının özellikle teknik anlamda çok iyi kavranmadığını ortaya koymaktadır.

Mevcut potansiyel ve bu potansiyelin kullanımı ekseninde ise, bitkisel üretim kaynaklı biokütle açısından BEPA ve KTAE çalışmaları ekseninde yakma için ham potansiyel 295 milyon MWe, ekonomik potansiyel ise 17,4 milyon MWe (tarımsal ve bahçe) olduğu görülmektedir. Bazı kurum ve bilimsel olmayan yayınlarda bu potansiyel 70,0 milyon MWe olarak geçmektedir. Buna karşılık toplam 293 tesisin kurulu güç kapasitesi 2266 MWe'dir.

Almanya örneğine bakıldığında tarımsal bazı (hayvancılık atıkları ve bitkisel üretim atıkları ile enerji bitkileri dahil) biyogaz tesisi sayısı 10 bin civarı olduğu tahmin edilmektedir. Türkiye'nin biyogaz ve biyokütle potansiyelinin Almanya'nın üzerinde olduğu tahmin edilmektedir.

2018 ve 2019 YEK listelerine bakıldığında, biyogaz tesisleri özelinde neredeyse tesislerin tamamında kurulu güç ve üretilen elektrik arasında büyük bir fark olduğu görülmektedir. Bunun sebepleri doğru fizibilite yapılmaması, tam üretim kapasitesine geçişte yaşanan sorunlar, atığa erişmemek yada bu sürecin iyi planlanamaması, stabil bir işletme koşullarının oluşturulamaması yada kötü proses mühendisliği, tesis tasarım ve yapım sırasında yapılan yanlışlar gibi etkenlerden kaynaklanmaktadır.

Bu bilgiler ışında olumsuz bir tablo varmış gibi gözükse de bu tablo önemli bir fırsat ortaya koymakta ve büyük bir potansiyele ışık tutmaktadır. Şu anda yeni yeni oluşan bir sektörün sancılarının yaşandığı bir dönemden geçilmektedir. İyi bir planlama ve sağlam politikayla yapılan bu yatırımlar birçok sektörü olumlu etkilerler katarak ülke ekonomisine büyük katkılar sağlayacaktır. Bölüm içerisinde mevcut durumun irdelendiği SWOT analizinde bu tablo ortaya konmuştur. Yapılan analiz daha öncesinde yapılmış olan ulusal ve uluslararası bilimsel çalışmalar ve gelişmeler incelenerek oluşturulmuştur.⁴ 1- 3 Şubat 2022 tarihleri arasında gerçekleştirilen Biyokütlenin Enerji Yolculuğu Çalıştayı'nda da ele alınan ve değinilen çıktılar bu analize aktarılmıştır.

Analiz, Tarım-Enerji-Çevre Politikaları (Tablo 6.1), Sektör ve Pazar Boyutu (Tablo 6.2), Teknoloji – Altyapı – İnsan Kaynakları Boyutu (Tablo 6.3) ve Sosyo-Ekonomik Boyutu (Tablo 6.4) olmak üzere 4 farklı boyutta irdelenmiştir.

Tarım-enerji-çevre politikaları ekseninde yapılan değerlendirmede (Tablo 6.1) güçlü yönler olarak Sera gazı emisyonlarının azaltılması, (CH₄-NO_x), döngüsel ekonomi modellerinin desteklenmesi, sürdürülebilir, temiz ve güvenli enerji, düşük karbon, su ayak izli tarım politikaları ele alınmıştır, çalışmanın içerisinde özellikle 2. Bölümde bu bileşenler ele alınırken aynı zamanda projenin hedeflerinden biri olan sera gazı emisyonlarının azaltılması hedeflerine de uyumlu olduğu ortaya çıkmaktadır.

4 Swot analizi yapılırken incelenen bilimsel olan çalışmalar, Başlıca irdelenen çalışmalar, Celiktaş ve diğeleri 2009, Benmayor, 2008, Kaygusuz ve Sarı, 2003, Hassan, 200, C Mitchell, ve diğeleri 2008, J West ve diğeleri 2010'dir.

Bilimsel olmayan, internet üzerinde yayınlanan haberler, röportajlar (Haber gazetesi 2020 vb.), STK'ların (TEMA ve Ekoloji Birliği vb.) odaların açıklamaları (TMMOB), çevre bilincini ölçmeye yönelik yapılan anketler (KONDA,2020 vb.) de incelenmiştir.

Zayıf yönlerde ise teşvik sisteminin bir önceki döneme göre dezavantajlı (birim üretilen elektrik enerjisi için yapılan fiyatlama) olması, rijit bir teşvik mekanizması olması (bölgesel ya da diğer sosyo-ekonomik ve stratejik parametrelerden bağımsız olması.) ön plana çıkmaktadır. Paydaşların bir arada politika geliştireme süreçlerinde yer alamaması koordinasyon ve planlama eksikliğindeki durumun temel nedenlerinden birini oluşturmaktadır.

Fırsatlarda öne çıkan kavram yeşil mutabakatla birlikte gelen ve gelecek süreçlerdir. Bu uyum süreci ile tarımla ilintili olan sektörlerin sürece daha katılımcı olacaklarını yatırım planlamalarında da biyokütle enerji dönüşümünün büyük bir yer alacağı ön görülmektedir.

Yatırıma başlama sürecinin en az iki yıldan başlayarak belirsiz bir süreye kadar uzayabilmesi, yatırım süreci sırasında yönetmeliklerin değişmesi, kamu tarafında konunun uzmanlarının bulunmaması ya da azlığı ön plana çıkmaktadır. 1- 3 Şubat 2022 Biyokütle Enerji Yolculuğu Çalıştayı'nda da en üzerinde en çok durulan konular arasında yönetmeliklerin birbirleriyle çelişkileri ve gri noktaları olmuştur. Bu konunun birden fazla bakanlığın kapsamına girmesi (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı) ve bu çoklu yetki yapısının sürece ve sektöre olumsuz etkilerinin irdelenerek giderilmesi gerekmektedir.

Bunlarla birlikte, biyokütle enerji santralleri yatırımlarının rüzgar enerji santralleri ve güneş enerjisi santralleri yatırımları yanında azlığının sektör algısı ve yönelimi ile planlama ve stratejik yönelim olarak zayıf kaldığı, üretilen politikalarda ve projelerde rüzgar enerjisi vurgusunun ve güneş enerjisi vurgusunun ön plana çıktığı görülmektedir.

Tüm bu bileşenler ışığında Türkiye'nin hızlı bir şekilde, düşük karbonlu tarım dönüşümü politikasını oluşturması gerekmektedir. Biyokütle enerji dönüşümlerinin, çok boyutlu (atık bertarafı, döngüsel tarım, enerji, çevre gibi) yapısı bu politikaların uygulanmasında kilit rol niteliğindedir.

Tablo 6.1 Tarım, enerji ve çevre politikaları ekseninde biyokütle sektörü analizi

Tarım – Enerji – Çevre Politikaları Ekseninde	
Güçlü	<ul style="list-style-type: none"> • Sera gazı emisyonlarının azaltılması, (CH₄-NO_x) • Döngüsel ekonomi modellerinin desteklenmesi • Sürdürülebilir, temiz ve güvenli enerji • Düşük karbon, su ayak izli tarım politikaları¹
Zayıf	<ul style="list-style-type: none"> • Enerji yatırım politikaları² • Yenilenebilir enerji teşvikleri³ • Hibrit teknolojiler ve teşvik mekanizması⁴ • Sektör paydaşları arasında kopukluk akademi-kamu-özel sektör • Koordinasyon ve planlama eksikliği

Fırsat	<ul style="list-style-type: none"> • Fosil yakıtlara bağımlılığın azaltılması • Enerjide dışa bağımlılığın azalması • İnorganik gübre kullanımının azaltılması • AB ve uluslararası süreçlere uyum • Yeşil mutabakata uyum • Sürdürülebilir tarım
Tehdit	<ul style="list-style-type: none"> • İzin ve lisans sürelerinin uzunluğu • Uzun vadeli ve stabil politika eksikliği • Yerel ve merkezi yönetimlerin planlamadaki eksiklikleri • Yönetmelikler arası çelişkiler • Yönetmeliklerdeki gri noktalar

1 Norse, D. (2012). Low carbon agriculture: Objectives and policy pathways.

2 Tek boyutlu yenilenebilir enerji politikaları (Güneş ve rüzgar odağında)

3 YEKDEM teşviklerinin bir önceki döneme göre düşük olması, tüm biyokütle tesisleri için yanı teşvik mekanizması uygulanması, bölgesel teşvik olmaması vb.

4 Hibrit teknolojiler/yatırımlar konusunda teşviklerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Sektör ve pazar boyutu analizi, dinamikleri ve bileşenleri dikkate alınarak irdelenmiştir (Tablo 6.2). Güçlü yönlerde, teknolojinin gelişmesi ve bu gelişimin devam etmesi ve kullanılan ekipmanlarda enerji dönüşüm verimlerinin artması ile verimin artması öne çıkarken, yan ürünlerin sürdürülebilir tarım ve diğer bileşenlerin gerçekleştirilmesi için kilit olduğu vurgulanmıştır.

Zayıf yönler olarak, hammaddenin edinimi ve bu noktadaki düzenleme boşlukları yatırımda önemli bir belirleyici faktör olurken, rekabet koşullarında da kırılganlığı yaratan ana etmendir. Finansal kaynağa erişim ve bunun yük de içinde bulunduğu koşullarda artmaktadır.

Teknoloji aktarımının yanlış yapılması, mühendislik yaklaşımlarının eksikliği ve proses mühendisliğinin zayıflığı ise en büyük tehditlerdir. Tam bir sektörün oluşmaması, finansal ve idari risklerde sürecin ilerlemesi önünde önemli faktörler arasında yer almaktadır.

Bunlarla birlikte, Tarım ve tarımsal sanayi kooperatiflerinin, enerji yatırımcıları ortak yapılarının sayısının az ve modelin gelişmemiş olması önemli bir faktördür bu planlamada üreticinin de katılımı dahilinde bir model oluşturması, süreci sürdürülebilir kılacaktır. Özellikle atık tedarigi tarafında yaşanan sıkıntılara engelleyebilir. Yatırım süreçlerinde tüm planlama sürecinin yatırımcıya bırakılması (imar planından yer bölge seçimine kadar), adil rekabet şartlarının oluşmamış olması gibi sebeplerden bölgesel yığılmalara bağlı sorunların ortaya çıkmaktadır. Bunun durumu hammadde kaynağının sınırlayıcı etkisinin rekabeti koşullarını daraltması olarak tanımlayabiliriz.

Biyokütle büyük bölümünün aynı zamanda bir atık olduğu ve üreticinin sorumluluğunda olduğu kanunlarda tanımlanmaktadır. Bununla ilgili süreçlerin ilgili bakanlık tarafından iyileştirilmesi gerekmektedir. Daha önceki bölümlerde de ele alınan, kayıt dışı atık ticareti (özellikle hayvansal kaynaklı atıkların para karşılığı alınıp

satılması) yatırımların önünde ekonomik bir engel oluşturmaktadır. Bu durumun bir diğer tanımı ise, atık için para ödenmesi, nakliye maliyetlerinin de biyokütle tesisi tarafından yüklenilmesi durumları olarak yapılabilir.

Sektörel boyut olarak baktığımızda ise, sektörlerin ve alt sektörlerin tanımlamak için kullanılan NACE kodu tanımı biyokütle sektörü için olmadığı görülmektedir. Sadece 16.29.90 ile 20.59.13 kodları yakıt kütükleri ve peletleri imalatı ve biyoyakıtlar için bir tanımlama mevcuttur.

Tablo 6.2 Biyokütle sektörü ve pazar boyutunun analizi

Sektör ve Pazar Boyutu	
Güçlü	<ul style="list-style-type: none"> • Yenilenebilir enerji teknolojilerinde verimliliğin artması • İklim değişikliği baskısının itici gücü • Yan ürünler (gübre, atık ısı)¹
Zayıf	<ul style="list-style-type: none"> • Yenilenebilir enerji teşvikleri² • Sektör bileşenleri iletişim ve ortak çalışma³ • Finansal kaynağın, zayıflığı/ağırlığı • Rekabetçi baskılara karşı kırılganlık^{4,5} • Hammadde bulma, ulaşma, edinme zorluğu^{6,7,8}
Fırsat	<ul style="list-style-type: none"> • Sürdürülebilir kalkınma modellerine katkısı • Kaynakların etkin kullanımı • Karbon borsası • Organik gübre üretimi • Yeşil mutabakat • Merkezi ısınma sistemlerine dönüş/geçiş
Tehdit	<ul style="list-style-type: none"> • ARGE ve bilgi eksikliği • Doğal gaz anlaşmaları • Bir önceki YEK döneminde yapılan hatalar • Finansal durgunluk ve istikrarsızlık • Politika kararsızlığı • Adil rekabet koşullarının oluşmaması • Teknik ve mühendislik yaklaşım eksikliği • Sektörün oluşmamış olması⁹

1 Norse, D. (2012). Low carbon agriculture: Objectives and policy pathways

2 YEKDEM teşviklerinin bir önceki döneme göre düşük olması, tüm biyokütle tesisleri için yeni teşvik mekanizması uygulanması, bölgesel teşvik olmaması vb.

3 Tarım ve tarımsal sanayi kooperatiflerinin, enerji yatırımcıları ortak yapılarının sayısının gelişmemiş olması ve sayısının çok az olması.

4 Tüm planlama sürecinin yatırımcıya bırakılması, adil rekabet şartlarının oluşmamış olması gibi sebeplerden bölgesel yığılmalara bağlı sorunların ortaya çıkması.

5 Hammadde kaynağının sınırlayıcı etkisinin rekabeti koşullarını daraltması.

6 Biyokütlenin büyük bölümünün aynı zamanda bir atık olduğu ve üreticinin sorumluluğunda olduğu kanunlarda tanımlanmaktadır. Bununla ilgili süreçlerin ilgili bakanlık tarafından iyileştirilmesi gerekliliği.

7 Kayıt dışı atık ticareti (özellikle hayvansal kaynaklı atıkların para karşılığı alınıp satılması)

8 Atık için para ödenmesi, nakliye maliyetlerinin de biyokütle tesisi tarafından yüklenilmesi durumlarının sıkça karşılaşılması

9 Sektörleri ve alt sektörleri tanımlamak için kullanılan NACE kodu tanımı biyokütle sektörü için bulunmamaktadır sadece, 16.29.90 ile 20.59.13 kodları yakıt kütükleri ve peletleri imalatı ve biyoyakıtlar için bir tanımlama mevcuttur.

Teknoloji-altyapı-insan kaynakları boyutunda (Tablo 6.3), araştırma ve geliştirme alanının genişliği, hammadde çeşitliliği, miktarının fazlalığı ile bunun yayılı olması güçlü yönleri oluşturmaktadır.

İnsan kaynaklarının niteliği ve yönetiminde yapılan hatalar tüm sektörlerde etkisini göstermektedir. Yeni yapılanana ve dinamikleri tam tanımlanmamış bir alanda bu yansımalarının etkisinin büyük olması kaçınılmazdır.

Tablo 6.3 Teknoloji, altyapı, insan kaynakları boyut analizi

Teknoloji – Altyapı – İnsan Kaynakları Boyutu	
Güçlü	<ul style="list-style-type: none"> • Araştırma Geliştirme Alanlarının Genişliği • Yatırım alanı ve hammadde kaynaklarının genişliği
Zayıf	<ul style="list-style-type: none"> • Nitelikli insan kaynağının olmaması • Nitelikli insan kaynağı kavramının sektörel olarak gelişmemesi • Araştırma ve geliştirme konusunda devlet desteğinin zayıflığı • Akademik alt yapı ve akademik insan kaynakları yönetiminin eksiklikleri ve hataları
Fırsat	<ul style="list-style-type: none"> • Yeni araştırma ve geliştirme imkanlarının genişliği • Teknik ve nitelikli iş gücünün doğru istihdam edilmesi.
Tehdit	<ul style="list-style-type: none"> • Bilgi eksikliği • Tecrübe eksikliği • Politik istikrarsızlık • Yönetimsel derinlik ve yetenek eksikliği

Sosyo-Ekonomik boyutu (Tablo 6.4), yapılacak tesislerin belli bir büyüklükte olması, mühendislik projeleri olarak geliştirilmesi ile verimli ve sürdürülebilir yatırımlar olacaktır. Bu bakış açısıyla geliştirilen politikalar, ancak kırsalda nitelikli iş gücü yaratacaktır. Bölgedeki sadece doğrudan istikama değil, tüm sosyo-ekonomik süreçlere olumlu etki sağlayacaktır. Demografik kırılmalıkların, göç gibi karşı karşıya olunan büyük sorunların çözülmesi için bir fırsat yaratacağı öngörülmektedir. Böylelikle toplumun birçok kesiminde refahın artmasına katkı koymasına beklenmektedir.

Diğer bileşenlerde de olduğu gibi benzer zayıf yanlar ve tehditler sosyo-ekonomik boyuta da etki etmektedir. Farklı olarak sivil toplumun ve meslek odalarının bilimsellikten uzak, süreci olumsuz etkileyen söylemleri yazılı, görsel ve dijital basında sıkça yer almaktadır. Açılan çevre davaları süreçlerinde ve ortaya atılan idealarda bu yansımaları görmek mümkündür. Bilinçli fakat bilgisiz/yanlış bilgilendirmiş bir sivil toplumla karşı karşıya olduğumuz sonucu çıkarmak mümkündür. Çevre kirliliği ve iklim değişikliği ekseninde yapılan anket ve araştırmalarda da bu ortaya konmaktadır, yapılan bir araştırmadan örnek olarak, “Türkiye iklim değişikliğine karşı ne yapmalı” çoktan seçmeli sorusuna katılımcıların %75,7’si “Yeşil alanları korumalı” şeklinde yanıt vermiştir, bu yanıt üniversite mezunlarında %86’yı bulmaktadır (KON-

DA 2020). Buda Sosyo-Ekonomik boyutta karşı karşıya olunan en büyük risk/tehdidi oluşturmaktadır. Raporun 2. Bölümünde iklim değişikliğinin sektörel etkileri açıkça ortadadır. En büyük kaynaktan en küçüğe doğru ayakizini azaltma strateji ve politikaları iklim değişikliği ile mücadelede en doğru yöntem olacaktır.

Tablo 6.4 Biyokütle sektörünün sosyo-ekonomik etki analizi

Sosyo-Ekonomik Boyutu	
Güçlü	<ul style="list-style-type: none"> • Göçün önlenmesi • Nitelikli işgücüne katkı • İşsizliğin azalması • Ekonomik gelişime katkısı • Kırsal gelişme ve planlamanın güçlenmesi
Zayıf	<ul style="list-style-type: none"> • Devlet desteğinin zayıflığı • Etkisiz iklim değişikliği politikaları. • Kâr amacı gütmeyen kuruluşların ve meslek odalarının iklim eylemi stratejisinin olmaması ya da bilimsellikten ve doğruluktan uzak olması • Uygun olmayan yatırım maliyetleri
Fırsat	<ul style="list-style-type: none"> • Sürdürülebilir çevre ve toplum sağlığı • Çevrenin ve doğal kaynakların korunumu • Demografik yapının gelişmesi
Tehdit	<ul style="list-style-type: none"> • Politik istikrarsızlık • Çevreci kâr amacı gütmeyen kuruluş ve bazı meslek odalarının ilgi eksikliği ve karşıtlığı^{1,2,3} • Duyarlı ama yeterli bilgi sahibi olmayan kamuoyu bilinci³ • Çevre davaları¹

1 Açılan çevre davaları ve taraf olan kurumlar ve iddiaları.

2 İlgili kuruluşların yönetim kurulu üyelerinin basında çıkan açıklamaları, raporları müdahil oldukları dava süreçlerindeki yapılan açıklamalar.

3 Yazılı ve dijital basında çıkan açıklamalar, özellikle Türkiye’de İklim Değişikliği ve Çevre Sorunları Algısı KONDA,2020 çalışması.

Raporda iklim değişikliği-bitkisel atıklar-enerji açısından değerlendirme yapılarak mevcut durum tespiti yapılmıştır, 2019 öncesindeki verilerden yola çıkılmasının bir sebebi ise COVID 19 salgını öncesindeki durumu ortaya koyabilmektir. Tarımın ülke ekonomisi ve üretim bileşenleriyle, biyokütlenin enerji dönüşümü ile ilgili Türkiye’de mevcut durumlar irdelenmiştir ve SWOT analiziyle de çalışma özetlenerek genel bir durum tespiti ortaya yapılmıştır.

Mevcut durumda, yenilenebilir enerji politikalarının tek yönlü (güneş ve rüzgar ağırlıklı bir eksen) geliştirildiği, büyük bir potansiyeli bulunan biyokütlenin enerji dönüşümünün zayıf kaldığı açıkça ortadadır. Sektörel dinamiklerinin tam oluşmadığı ve kırılgan olduğu görülmektedir. Bu sebeple oluşturulan tanımların/indikatörlerin, bir süreç yönetiminden çok bir süreç oluşturmaya yönelik ele alınmıştır.

Biyokütlenin enerji dönüşümü politikaları planlanırken bazı tanımlamalara (indikatörlere) ve/veya kriterlere ihtiyaç duyulacaktır. Bu tanımlamaların amacı kavram-

ların sınırlarını çizerek onları anlaşılabilir ve süreç yönetiminde bir birleriyle ilintili hale getirebilmektedir.

Tanımlamalar

A) Veri varlığı ve analizi

- Tanım

Bitkisel üretim kaynaklı verileri (CBS verileri ürün-atık vb), ürün atık ve biyokütle özelliklerini kapsamaktadır. Bu verilerin işlenmesi sınıflandırılması ve planlama için anlamlı hale getirilmesi.

- Analiz, sayısallaştırma

Elde edilen verilerin analizi, kavramlarla ilintilendirilmesi, sayısallaştırılması (eşitlik1,2,3'te olduğu gibi) gerekmektedir. Modeller ve katsayılar (atık üretim potansiyeli, atık erişilebilirlik katsayısı gibi) tanımlanmalı ve belirlenmelidir.

- Araçlar

Veri elde edilmesi, analizi ve erişimi için gerekli olan analiz programlarından, ölçüm cihazlarına, pilot tesislerden veri erişimi için oluşturulacak portal/portallara kadar birçok bileşeni kapsamaktadır. Kurulacak alt yapının esnek, güncel ve ulaşılabilir olması gerekmektedir.

B) Biyokütlenin varlığı

- Tanım

Bölgenin ve üretim türüne bağlı olarak atığın varlık olarak irdelenmesi. Türünün ve kaynağının tespiti.

- Bölge/Bölgelerin Analizi

Sosyo-ekonomik , alt yapı olarak ve tarımsal ürün deseni vb. açılardan bölgelerin irdelenmesi, bölgelerin sınıflandırılması ve tanımlanması için verilerin ve kıstasların tanımlanması.

C) Kaynak Tespiti ve Potansiyel İlişkisi Kurulması

- Tanım

Biyokütle miktarı ve o miktarın enerji dönüşümünü etkileyen veriler arasındaki bağıntı kurularak, kullanılabilir kısmın, teknoloji ve uygulama türlerine göre tespitinin yapılması.

D) Bölge Tanımlaması ve Sınıflandırılması

- Tanım

Oluşan biyokütle miktarı üretim türü, erişilebilirlik ve diğer kavramlar kapsamında stratejik bölgelerin oluşturulması.

- İdare ve Yönetimsel Süreçler

Oluşturulan bölgelere göre, idari ve yönetimsel süreçlerin tanımlanması

E) Enerji Dönüşüm Teknolojisi Belirlenmesi ve Teknolojinin Yaşam Döngüsü Analizinin Yapılması

- Tanım

Teknoloji/yöntem seçimi ve seçilen teknoloji ve teknolojilerin yaşam döngüsü analizleri yapılarak, en iyi yöntemin irdelenmesi.

F) Sürdürülebilirlik Boyutu

- Tanım

Seçilen yöntem ve oluşturulan stratejinin, sosyo ekonomik ve iklim değişikliği gibi etkiler altında dayanımının analizinin yapılması ve risklerin tespiti.

- İzleme

Tüm bu analizlerin yıl içerisinde belli dönemlerde sürekli olarak yapı-
lıp, tekrarlanarak güncel tutulması.

G) Politika Geliştirilmesi

- Tanım

Önceki adımlar ve diğer bağlantılı süreçlerin (gıda endüstrisi kaynaklı, hayvancılık kaynaklı ve biyokütle verileriyle birlikte) irdelenmesiyle bölge-
sel politikaların oluşturulması.

- Yönetmeliklerin oluşturulması

- Teşviklerin belirlenmesi

Bitkisel üretim kaynaklı biyokütlenin enerji dönüşümü, basit ve yalın olarak oluşan biyokütle ile enerji tesisinin buluşması olarak düşünülebilir. Bunun için iki faktör arasındaki bağın kurulması gerekmektedir. Bu bağın tanımı hem biyokütle tarafının hem de enerji tesisi tarafını şekillendirecektir. Biyokütle tarafında atığın hangi öncelikleri doğrultusunda sınıflandırılacağı ve değerlendirileceği, enerji tarafında ise tesis büyüklüğü, proses tipi, son ürünün değerlendirilme yöntemine kadar tüm süreç-
leri tanımlayacaktır.

Biyokütlenin enerjiye dönüşümü Türkiye için destekleyici değil ana sektörler-
den/ taşıyıcı sektörlerden biri olma potansiyeline sahiptir, bu sebeple geliştirilecek politikalarında bu odakta yapılması gerekmektedir. Planlamanın ve yatırımların, mü-
hendislik yaklaşımıyla, ekonomik olarak sürdürülebilir iş modelleri olarak geliştiril-
melidir. Örnek alınacak modellerde bu özelliklerdeki ülkelerin yaklaşımlarından yola
çıkılarak geliştirilmelidir.

Yukarıda tanımlanan 7 kavram, bu bağın sürdürülebilir olması, bölgesel ihtiyaçlar doğrultusunda planlanabilmesi ve bu doğrultuda stratejik hedeflerin belirlenebilmesini yardımcı olacaktır.

Rapor kapsamında bu kavramlar üst ölçekte ele alınmıştır. Son derece teknik ve bilimsel bir derinliğinin olmasının yanı sıra, idari süreçleri ve planlama kısımları birçok detay içermektedir. Sosyo-ekonomik süreçlerle de bire bir etkileşim içindedir. Bu sebep yapılan çalışmaların mikro ölçekten, bölgesel ve ihtiyaç doğrultusunda makro ölçüğe doğru yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmalar sadece bitkisel üretim atıklarının oluşturduğu biyokütle açısından yapılmamalıdır, aynı bakış açısı ile hayvancılık faaliyetleri sonucu oluşan biyokütle ve diğer tarım ve tarımsal endüstriden kaynaklanan biyokütle ile gıda sektörü için de yapılarak birbirleriyle entegre edilmelidir.

**Evaluation of Waste Management and Renewable
Energy Methods
Towards Sustainable Agriculture Report**

E. Olcay IŞIN

M.Sc. Environmental Engineer
Sustainability and Energy Expert

JANUARY 2022

İçindekiler

1. Entry	1
2. The Relationship Between Climate Change and Agriculture	2
3. Agriculture and Major Crops Grown in Turkey	10
3.1. Major Agricultural Products.....	12
4. Agricultural Wastes in Turkey	20
4.1. Identification of Agricultural Wastes.....	20
4.2. Amount of Crop Production Wastes.....	20
4.3. Characteristics of Crop Production Wastes.....	26
4.4. Distribution of Crop Production Wastes by Province and Region.....	32
4.5. Waste Accessibility and Logistics.....	35
4.5.1. Waste Accessibility.....	35
4.5.2. Transport of Waste.....	36
5. Energy Conversion Technologies for Plant Production	39
5.1. Thermochemical Methods.....	41
5.1.1. Incineration.....	41
5.1.2. Pyrolysis.....	42
5.1.3. Gasification.....	43
5.2. Biochemical Processes.....	45
5.2.1. Anaerobic Digestion.....	45
5.2.2. Fermentation.....	48
6. Results	50

Figure List

Figure 2. Sectoral distribution of greenhouse gas emissions on a global basis	3
Figure 2.1 Sectoral change in greenhouse gas emissions on a global basis over the years	4
Figure 3.1 Field crops production data in Turkey	13
Figure 3.2 Production amounts of field crops by provinces	14
Figure 3.3 Horticultural production data in Turkey	15
Figure 3.4 Horticultural production amounts by province.....	16
Figure 3.5 Vegetable crops production data in Turkey	17
Figure 3.6 Production amounts of vegetable crops by provinces	18
Figure 4.1 Turkey, field crop production - waste relationship	22
Figure 4.2 Horticultural crop production in Turkey - waste relationship	23
Figure 4.3 Turkey 's production of vegetable crops - waste relationship	24
Figure 4.4 Turkey's plant production-waste relationship	25
Figure 4.5 Graph of temperature and mass loss by biomass feature	30
Figure 4.6 Ternary Diagram.....	31
Figure 4.7 Comparison of the provinces that generate 1 million tons of plant production waste per year and the amount of plant waste production.	33
Figure 4.8 Crop production wastes by province , million tons/year	34
Figure 5.1 Energy conversion methods of biomass	40

Table List

Table 2. 1_2 , CH_4 , N_2O concentrations	5
Table 2.2 Sources of methane emissions	6
Table 2.3 Global N_2O budget	7
Table 3.1 2019 Turkey food import and export balance	10
Table 3.2 2019 Turkey grain import and export balance	11
Table 4.1 Properties of biomass from crop production for combustion processes	27
Table 4.2 Values of some plant biomass for biogas plants.....	28
Table 4.3 Basic parameters for selected biomass for compost	29
Table 4.4 Lignin, cellulose and hemicellulose contents of vegetable biomass	30
Table 4.5 Necessary components and case studies for the characterization of biomass specific to pyrolysis processes	31
Table 4.6 Biochemical properties of plant-derived biomass for the gasification process.....	32
Table 5.1 Types of blast furnaces.....	41
Table 5.2 Pyrolysis process types and process parameters	43
Table 5.3 Difference between combustion, pyrolysis and gasification processes	45
Table 5.4 Pasture production potentials of some Biomass.....	47
Table 6.1 Biomass sector analysis on the axis of agriculture, energy and environmental policies.....	55
Table 6.2 Analysis of biomass sector and market size.....	57
Table 6.3 Technology, infrastructure, human resources dimension analysis	58
Table 6.4 Socio-economic impact analysis of the biomass sector	59

1 Entrance

“Sustainable Biomass Use Project to Support the Development of Turkish Economy on the Path to Green Growth” since 2018, financed by the TR Ministry of Agriculture and Forestry, carries out by General Directorate of Agricultural Research and Policies (TAGEM) and the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), Global Environment Fund (GEF). The aim of the project is to reduce greenhouse gas emissions while increasing energy performance and competitiveness by triggering sectoral transformation with the applications of modern bioenergy technologies in the agricultural industry.¹

Sustainable Biomass Use Project to Support the Development of the Turkish Economy on the Path to Green Growth, which is a component of the Main Supported Project, has been prepared in order to evaluate the biomass potential created by agricultural wastes in Turkey and to shed light on the clean energy potential by using domestic resources and technologies in line with the sustainability principles of this potential. .

Within the scope of the project objectives, in this report, within the framework of combating climate change, in line with the sustainability principles of the biomass potential created by agricultural wastes, efficient and most appropriate technology options, domestic resources and technologies, and conversion processes into clean energy were examined.

Under the pressure of climate change, the process was evaluated in the triangle of climate change, agricultural waste and energy, with a perspective to reduce this pressure. In this context, the current situation of the wastes originating from plant production, which is included in the agricultural wastes generated in Turkey, has been revealed.

In the framework of the current situation, the basic principles of waste management are discussed and processes are defined.

Recycling of agricultural wastes and energy alternatives were examined, and the main widely used technologies were discussed. The issues to be considered within the scope of energy investments from agricultural biomass, what needs to be done for the sustainability of the facilities and the planning and operation processes in general are mentioned. How the decision-making processes will be evaluated and which principles should be put forward are discussed.

1 Technical specification in which the job is defined within the scope of the Sustainable Biomass Use Project to Support the Development of the Turkish Economy on the Path to Green Growth.

In the conclusion and evaluation part, within the scope of sustainable agricultural transformation, the main principles/indicators for the management of agricultural wastes and renewable energy conversion processes were mentioned and the process components were re-examined, and a general framework and approach for the roadmap and strategy was presented.

In summary, this study is a high-level study and an approach is put forward through the potential of converting biomass to energy, the organic wastes formed after plant production, that is, the wastes that need to be removed from the cultivation area after plant harvest, among the wastes generated during agricultural and agricultural industry activities. It aims to reduce the carbon footprint and environmental pollution created by the uncontrolled processing of wastes generated after plant production with stubble burning or wild storage methods, by using renewable energy methods. In line with these objectives, the current situation analysis and the most suitable technologies and alternatives for this situation analysis are examined, and to create a framework for what needs to be done for the efficient evaluation of these wastes.

2 Relationship between Climate Change and Agriculture

When the sectoral breakdown of greenhouse gas emissions, which cause climate change, is examined, it is seen that classification is made in 5 main sectors. It is classified as energy sector, Agriculture and livestock, Forestry and Land Use (TOAK), Transportation sector, Industry and waste. There may be some variability in the approaches and definitions of scientific institutions that work. For example, in some publications the transport sector, transmission lines, building and industrial energy are included in the energy sector. Thus, the share of the energy sector in greenhouse gas emissions exceeds 70% or emissions from land use are evaluated separately [1] [2] [3] [4].

In the assessments related to climate change, agricultural activities are examined under the title of Agriculture and Livestock, Forestry and Land Use (TOAK). Depending on the way these activities are handled (for example, land use change is not included in agriculture), it constitutes 19%-29% of greenhouse gas emissions. Sectoral distribution and its components are shown in figure 2.1. It is seen that agricultural activities are the primary and most vulnerable sector affected by climate change due to increasing pressure on water resources as a result of climate change, increasing temperature and changing precipitation regimes, drought and desertification. On the other hand, increasing deforestation due to incineration of agricultural wastes, animal wastes and new agricultural areas is an important part of the climate change problem.

If the sustainability transformation of agricultural activities is not made and basic concepts such as resource conservation, decarbonization, energy efficiency and cyclicity are not developed and implemented, the share of the agricultural sector in greenhouse gas emissions will increase significantly as other sectors reduce their emissions (Figure 2.2). Although not within the scope of the project, it should

be mentioned that one third of the food produced in the world is lost and wasted. Preventing this waste, perhaps, in the first stage, to convert it into energy and fertilizer with a good waste management, and to prevent this waste to a large extent in the second stage, will be critical for achieving the goals by reducing the stress on the environment. [5]

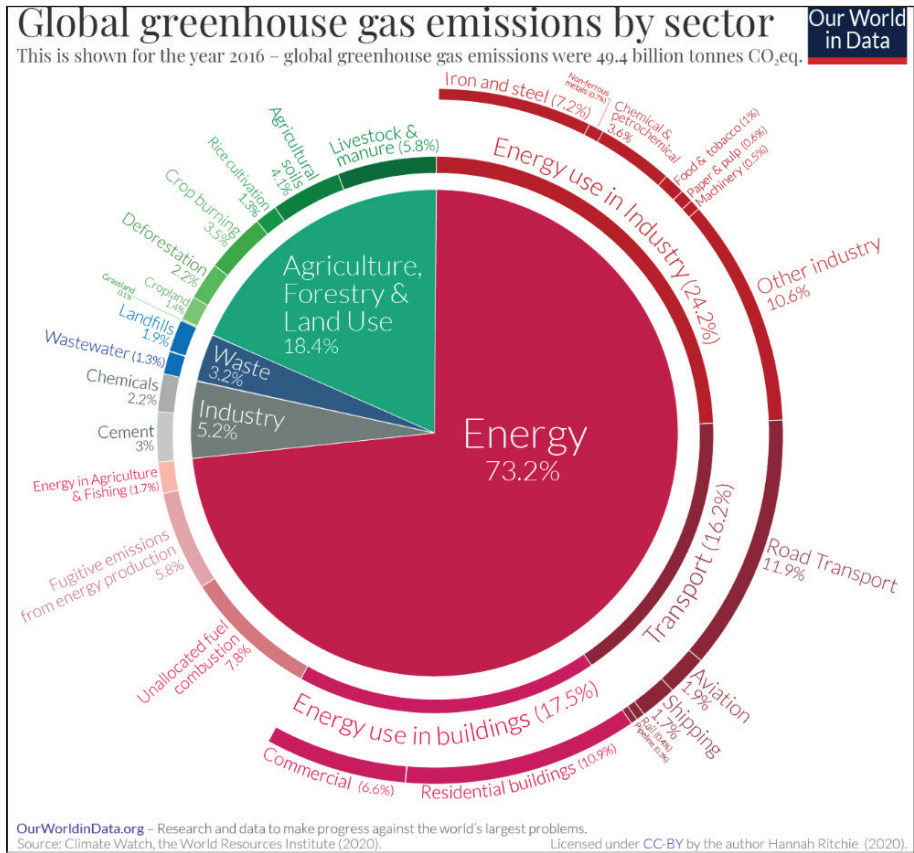


Figure 2. Sectoral distribution of greenhouse gas emissions on a global basis [3],[4]

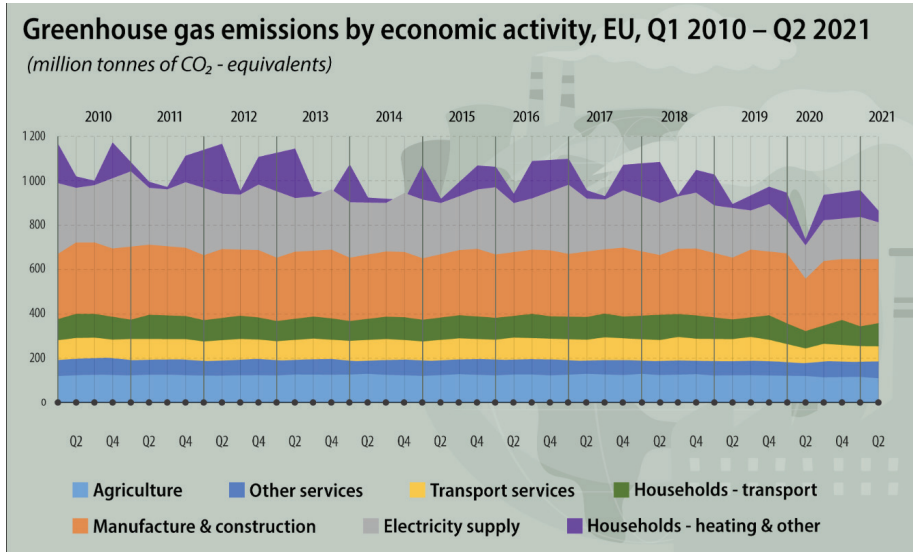


Figure 2. 1Sectoral change of greenhouse gas emissions on a global basis over the years [6]

Agricultural land includes land used for agricultural production consisting of permanent crops, namely land used for agricultural production, managed grassland/pasture, agroforestry and bioenergy crops. This area, which is used as agricultural land, covers an area of approximately 40%-50% of the world's terrestrial surface. [7]

The CO equivalent of the total global greenhouse gas emissions for 2019 is 52.4 GtCO₂e (range: ± 5.2) when the impact due to land use is not included, and 59.1 GtCO₂e (range: ± 5.9) if it is included. [8]

These emissions clearly reveal that the increase observed since 1750 is of human origin. It has been observed that since 2011 (in line with the measurements reported in the IPCC AR5), the concentrations have increased continuously, reaching an annual average of 410 ppm CO₂ for 2019. This value reached 1866 ppb for methane (CH₄) and 332 ppb for nitrous oxide (N₂O).

When we examine the historical processes of these increases, a striking situation emerges. CO₂ concentrations in the atmosphere increased by 131.6 (± 2.9) ppm between 1750 and 2019, ie 47.3%. This increase is unprecedented, at least over the last 800,000 years, and is four times greater than the fastest rate of change over 56 million years. [9]

CH₄ concentrations, on the other hand, have increased by 1137 (± 10) ppb by 157.8% since 1750, exceeding the interval values in the multiple glacial – interglacial transitions of 800,000 years. Although the concentrations seemed to follow a flat course in the 1990s, they started to increase again at a rate of 7.6 ± 2.7 ppb (mean) around 2007. There are highly accurate facts that the increasing trend after 2007 is

driven by emissions from fossil fuel use, livestock and waste, and that ENSO² drives the multi-year variability of wetland and biomass combustion emissions. [9]

The increase in N₂O concentrations from 1750 to 2019 is comparable to glacial-interglacial fluctuations of 800,000 years, with a 30% increase of 62.0 (±6.0) ppb. [9]

In Table 2.1, the concentration changes in the atmosphere between 1750 and 2019 of the three compounds that have the most significant impact on climate change are given.

Table 2. 1₂, CH₄, N₂O concentrations in the atmosphere between 1750 and 2019

	1750	2019	Concentration Shift	Proportional Change %
CO ₂ (ppm)	278.4	410.0	131.6 (±2.9)	47.3
CH ₄ (ppb)	729.0	1866.0	1137 (± 10)	157.8
N ₂ O (ppb)	270.0	332.0	62.0 (±6.0)	62.0

Approximately 23% of greenhouse gas emissions are Agricultural Activities, Agriculture and Livestock, Forestry and Land Use (TOAK), while its sub-sectors are Livestock and Fertilizer (animal excrement) 5.8%, rice/paddy growing 1.3%, stubble burning It can be defined as 3.5%, arable land 4.1%, forest areas 2.2%, planted agricultural land 1.4%, pastures/pastures 0.1%.[2] [3] [4]

The IPCC Special Report on Climate Change and Land (SRCCL) mentions that the land is both a source and a sink of CO₂ due to 37 anthropogenic and natural factors. Agricultural (TOAK) activities account for approximately 13% of total CO₂ emissions from human activities, 44% of CH₄ emissions and 82% of N₂O emissions between 2007 and 2016. When these values are calculated as equivalent CO₂, it is predicted that they correspond to 23% of the total global greenhouse gas emissions. [9]

CH₄ emissions from agriculture and waste sectors constitute the largest share in total emissions (Table 2.2). During the storage of raw animal feces, anoxic and anaerobic conditions develop, resulting in CH₄ emissions [10]. However, enteric fermentation is the sub-component that causes the most emissions. In order to meet this need due to the increase in the human population, the growth in animal husbandry causes these emissions to increase systematically.

Animal type, number, size, health, nutritional conditions, temperature, meat and milk production rates directly affect the rate and amount of emissions. Regular

2 The El Niño-Southern Oscillation (ENSO) is a recurrent climate pattern involving changes in temperature of waters in the central and eastern tropical Pacific Ocean. For periods ranging from about three to seven years, surface waters in large parts of the tropical Pacific Ocean are warm or cold anywhere between 1°C and 3°C relative to normal. This oscillating pattern of warming and cooling, called the ENSO cycle, directly affects precipitation distribution in the tropics and can have a strong impact on weather in the United States and other parts of the world. El Niño and La Niña are the extreme stages of the ENSO cycle; Between these two phases there is a third phase called ENSO-neutral.

landfills where domestic and other wastes (organic wastes) are stored and areas where wastes are stored in the form of wild and open discharge, waste management or lack of waste management are the second main factors that directly affect the amount and speed of emissions. Apart from these, CH₄ emission resulting from the burning of biomass and rice/paddy production activities are other important emission sources.

Table 2. 2 Sources of methane emissions [9]

tg CH ₄ yr ⁻¹	2000–2009				2008–2017			
	Lower-High Value		Lower-High Value		Lower-High Value		Lower-High Value	
Source								
Natural resources	215	(176–243)	369	(245–484)	215	(183–248)	371	(245–488)
Wetlands	180	(153–196)	147	(102–178)	180	(159–199)	149	(102–182)
Other Resources	35	(21–47)	222	(143–306)	36	(21–49)	222	(143–306)
Surface Waters (Streams and Lakes)							159	(117–212)
Wild animals							2nd	(1–3)
termites							9	(3–15)
Geological (land and Ocean)					23	(0–71)	45	(18–65)
Other Ocean K. (Sea-Air Flow and Gas Hydrates)							6	(4–10)
Thiyal layer (Lakes and Wetlands)							one	(0–1)
Anthropogenic Origin	332	(312–347)	330	(309–350)	357	(336–375)	356	(335–383)
Agriculture and Waste	206	(198–219)	195	(185–212)	221	(209–238)	208	(192–230)
Enteric Fermentation & Animal Feeces			103	(101–107)			109	(106–115)
Landfills and Wastes			60	(53–70)			64	(55–77)
Rice			29	(23–34)			31	(25–37)
Fossil fuels	101	(71–151)	one hundred	(94–108)	106	(81–131)	115	(114–116)
Coal			29	(26–33)			38	(36–39)
Oil and Natural Gas			65	(60–72)			70	(68–73)
Transportation			3	(1–8)			5	(1–11)
Industry			3	(0–6)			3	(1–5)
biomass burning & Bio Fuels	29	(23–35)	32	(24–44)	30	(22–36)	30	(22–39)
biomass burning			19	(15–32)			17	(14–26)
Bio Fuels			10	(8–12)			10	(8–13)
Absorbation								
Total Chemical Loss	511	(502–515)	595	(489–749)	514	(474–529)	602	(496–754)
tropospheric OH			553	(476–677)			560	(483–682)
Stratospheric loss			31	(12–37)			31	(12–37)
tropospheric cl			11th	(1–35)			11th	(1–35)
Soil Absorption	34	(27–41)	30	(11–49)	37	(27–43)	30	(11–49)
Sum of Resources	548	(524–560)	699	(554–834)	576	(550–589)	727	(581–872)
Absorbation	546	(533–556)	625	(500–798)	551	(501–572)	632	(507–803)

Inequality	7	(4-11)	74		21	(18-26)	95	
Atmospheric Growth Rate (ppb yr ⁻¹)	2nd ± 4				7 ± 3			

The most important factors of the increase in the N₂O concentration of 31.0 ± 0.5 ppb in the atmosphere are the disruption of the natural nitrogen cycle with the use of synthetic fertilizers and animal manures in the soil without treatment, as well as the accumulations resulting from agricultural activities and burning fossil fuels (Table 2.3) [11]. Even if global emissions are stabilized, N₂O will take more than a century to stabilize due to its long atmospheric lifetime. [9]

 Table 2. 3 Global N₂O budget [9]

TgN yr ⁻¹	AR6 1980–1989	AR6 1990–1999	AR6 2000–2009	AR6 (2007–2016)	AR5 (2006/2011)
Lower-Upper Budget/Balance (Bottom-Up Budget)					
Anthropogenic Sources					
Combustion of fossil fuels and industry	0.9 (0.8–1.1)	0.9 (0.9–1.0)	1.0 (0.8–1.0)	1.0 (0.8–1.1)	0.7 (0.2–1.8)
Sourced from Agricultural Activities (Including Fisheries)	2.6 (1.8–4.1)	3.0 (2.1–4.8)	3.4 (2.3–5.2)	3.8 (2.5–5.8)	4.1 (1.7–
Biomass and biofuel combustion	0.7 (0.7–0.7)	0.7 (0.6–0.8)	0.6 (0.6–0.6)	0.6 (0.5–0.8)	0.7 (0.2–1.0)
Waste water	0.2 (0.1–0.3)	0.3 (0.2–0.4)	0.3 (0.2–0.4)	0.4 (0.2–0.5)	0.2 (0.1–0.3)
Inland waters, estuaries, coastal areas	0.4 (0.2–0.5)	0.4 (0.2–0.5)	0.4 (0.2–0.6)	0.5 (0.2–0.7)	
atmospheric nitrogen accumulation in the oceans	0.1 (0.1–0.2)	0.1 (0.1–0.2)	0.1 (0.1–0.2)	0.1 (0.1–0.2)	0.2 (0.1–0.4)
Atmospheric Nitrogen accumulation on land	0.6 (0.3–1.2)	0.7 (0.4–1.4)	0.7 (0.4–1.3)	0.8 (0.4–1.4)	0.4 (0.3–0.9)
Other effects due to CO ₂ <small>climate and land use</small>	0.1 (-0.4–0.7)	0.1 (-0.5–0.7)	0.2 (-0.4–0.9)	0.2 (-0.6–1.1)	
Total Anthropogenic	5.6 (3.6–8.7)	6.2 (3.9–9.6)	6.7 (4.1–10.3)	7.3 (4.2–11.4)	6.3 (2.6–9.2)
Natural Swallows					
Rivers, estuaries and coastal areas	0.3 (0.3–0.4)	0.3 (0.3–0.4)	0.3 (0.3–0.4)	0.3 (0.3–0.4)	0.6 (0.1–2.9)
Ocean and High Seas	3.6 (3.0–4.4)	3.5 (2.8–4.4)	3.5 (2.7–4.3)	3.4 (2.5–4.3)	3.8 (1.8–9.4)
Soils under natural vegetation	5.6 (4.9–6.6)	5.6 (4.9–6.5)	5.6 (5.0–6.5)	5.6 (4.9–6.5)	6.6 (3.3–9.0)

atmospheric chemistry	0.4 (0.2–1.2)	0.4 (0.2–1.2)	0.4 (0.2–1.2)	0.4 (0.2–1.2)	0.6 (0.3–1.2)
Superficial Absorption	-0.01 (-0.3–0)	-0.01(-0.3–0)	-0.01 (-0.3–0)	-0.01 (-0.3–0)	-0.01 (-1–0)
Total Natural Ingredients	9.9 (8.5–12.2)	9.8 (8.3–12.1)	9.8 (8.2–12.0)	9.7 (8.0–12.0)	11.6 (5.5–23.5)
Total Resources from Start to End	15.5 (12.1–20.9)	15.9 (12.2–21.7)	16.4 (12.3–22.4)	17.0 (12.2–23.5)	17.9 (8.1–30.7)
Observed Growth Rate			3.7 (3.7–3.7)	4.5 (4.3–4.6)	3.6 (3.5–3.8)
Infrared source stratospheric absorption			12.9 (12.2–13.5)	13.1 (12.4–13.6)	14.3 (4.3–28.7)
atmospheric emission					
atmospheric loss			12.1 (11.4–13.3)	12.4 (11.7–13.3)	
Total resource			15.9 (15.1–16.9)	16.9 (15.9–17.7)	
Inequality			3.6 (2.2–5.7)	4.2 (2.4–6.4)	

The global N_2O budget (unit TgN year⁻¹) is averaged over the 1980s, 1990s, 2000s and also over the last decade starting in 2007. Uncertainties represent the range of resource/basin estimates evaluated. All numbers are reproduced (Tian et al., 2020) based on a compilation of inventories, bottom-up models, as well as atmospheric inversions. [9]

According to IPCC, US Environmental Protection Agency (USEPA), United Nations Environment Program (UNEP), World Bank and EU Environmental Protection Agency (EU-EEA) reports and findings, the sector most affected by climate change is the agricultural sector. In order for agriculture to be carried out in a sustainable way, it is necessary to follow a strategy that prioritizes resource conservation by reducing the effects of climate change. In the light of these data, the scope of the project and defined as the plant production wastes discussed in the report. Reducing greenhouse gas emissions arising from the plant production process and the wastes generated is one of the targets. In the plans and policies to be put forward, the focus of sustainable agricultural transformation will be the conversion of waste into an energy vector or organic fertilizer. With this transformation, it will be ensured that N_2O emissions caused by the use of inorganic fertilizers are reduced and primarily CH_4 and other emissions arising from uncontrolled burning (stubble burning) or stored organically degradable agricultural wastes.

Resources

- [1] United States Environmental Protection Agency, EPA <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>
- [2] The Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report AR5 Final Report,
- [3] Climate watch data, <https://www.climatewatchdata.org>
- [4] Our World Data, <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector#annual-greenhouse-gas-emissions-by-sector>
- [5] The World Bank Climate-Smart Agriculture <https://www.worldbank.org/en/topic/climate-smart-agriculture>
- [6] Eurostat, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20211129-1>
- [7] IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007, Chapter 8
- [8] 2020 United Nations Environment Program, Emissions Gap Report 2020
- [9] IPCC Climate Change 2021 The Physical Science Basis
- [10] Hristov, AN, Oh, J., Firkins, JL, Dijkstra, J., Kebreab, E., Waghorn, G., & Makkar, HPS (2013). SPECIAL TOPICS — Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations : I . A review of enteric methane mitigation options 1. <https://doi.org/10.2527/jas2013-6583>
- [11] Friedlingstein, P., Sullivan, MO, Jones, MW, Andrew, RM, & Hauck, J. 2020. Global Carbon Budget 2020. 2020, 3269–3340.

3 Agriculture and Main Crops Grown in Turkey

Turkey is the 19th largest economy in the world with \$719.955 billion [12]. In the economy, the share of agriculture is 6.4% (including livestock, forestry and fishing activities) [13]. Turkey has a surface area of 738,562 km², approximately 30% of this area is suitable for agriculture [14]. Since the beginning of the 2000s, while the contribution of agricultural production to GDP has decreased proportionally, a decrease has been observed in arable agricultural land per capita and total agricultural land.

These economic and production-related changes have made Turkey the tenth country from the seventh country with the largest agricultural production. While the employment rate in agriculture is 19.5% in line with TUIK data, FAO data shows that employment in agriculture has decreased from 27.3% to 18.1% in the last 20 years [13].

On the other hand, while the use of inorganic fertilizers in agriculture was 2089 thousand tons in 2000, this rate became 2466 thousand tons in 2019. It increased from 79.2 kg to 106.8 kg per hectare. [13]

While the ratio of water withdrawn for water use in agriculture was 80% in 2000, this ratio was 87.1% in 2018. [13]

While the change in pesticide³ use in agriculture was 33.471 tons in 2000, this amount reached 51,297 tons in 2019. The amount used per ha increased from 1.27 kg to 2.22 kg. [11]

Food exports were 17,902 million dollars in 2019, food imports were 11,720 million dollars and the net food trade volume was 6,182 million dollars. [13] Food import-export balance is given in Tables 3.1 and 3.2.

Table 3. 1 2019 Turkey food import and export balance [13]

	food								Fish	Total
	Vegetable and fruit	Cereals and Cereal Products	Meat and meat products	Beverage Industry	Milk and Dairy Products and Eggs	Fats and Oils	Sugar and Honey	Other		

3 Although pesticide use is not a component that will be examined within the scope of the project, it poses significant environmental risks, especially on aquatic ecosystems. At certain concentrations, it has an indirect effect, as there may be risks of adversely affecting the processes in bioreactors and biological processes.

Export USD Million	8005	3417	714	350	661	991	607	2145	1013	17902
Imports USD Mil- lion	1653	3811	89	274	1140	149	186	4219	199	11720
Balance USD Million	6352	-394	625	76	-479	842	421	-2074	814	6182

Table 3. 2 2019 Turkey grain import and export balance [13]

	Grain			
	Sweetcorn	Wheat	Rice/Paddy	Other
Export 1000 Tons	691.6	135.2	202.1	4695.4
Imports 1000 Tons	4347.5	10 004.8	520.7	577.3

In the light of these data, a decrease is observed in the ratio of agricultural land and arable agricultural land per capita. A decrease is also observed in the share of agricultural employment in total employment. There is also a significant decrease in the share of agriculture in the Gross National Product.

It is observed that there is an increase in the use of water, pesticides and inorganic fertilizers for agriculture compared to these decreasing economic parameters.

On the other hand, when the TUIK data is examined, there is a sharp decrease in the production of some products (except for corn silage production) with horizontal or very close increases in agricultural production amounts, and no significant increases in yields per decare have been observed. [15], [16] ultimately, these analyzes are parameters that need to be thoroughly examined by making precise micro-scale analyzes. When the aforementioned data are examined at the upper scale, it is clearly seen that there is an increase in the use of resources, although there is a decrease in the value of agricultural production (considering the production efficiency and economic values, as well as the population and employment). This shows that agricultural production in our country is losing its sustainability over the years. On the other hand, the water footprint and carbon footprint of agricultural production are also increasing, and the drought caused by climate change also has a share in this increase.

In line with the scope of the project, 2 points will be focused on the strategic evaluation of agricultural wastes and sustainable agricultural transformation. It is planned to develop a strategy to prevent stubble burning, to reduce the use of inorganic fertilizers by converting these wastes into organic fertilizers and energy vectors, and to reduce the carbon footprint by supporting renewable energy strategies.

3.1 Major Agricultural Products

Within the scope of the project, the data were obtained from the Republic of Turkey Ministry of Agriculture and Forestry General Directorate of Agricultural Research and Policy, Black Sea Agricultural Research Institute Directorate and the TR Ministry of Energy and Natural Resources General Directorate of Energy Affairs Biomass Energy Potential Atlas Project.

The main crop production types in Turkey were evaluated under three main groups as field crops, horticultural (fruit) and vegetable crops.

In field crop production, the most important production types with an annual production of more than 10 million tons are wheat, sugar beet, alfalfa, and silage corn. These are followed by barley, corn (grain), cotton potato fig (grain), oat, sunflower and sainfoin, which are produced between 10 million and 1 million tons of years (Figure 3.1.) The distribution of production amounts by provinces is given in figure 3.2.

Turkey Field Crops Production Amounts (million tons/year)

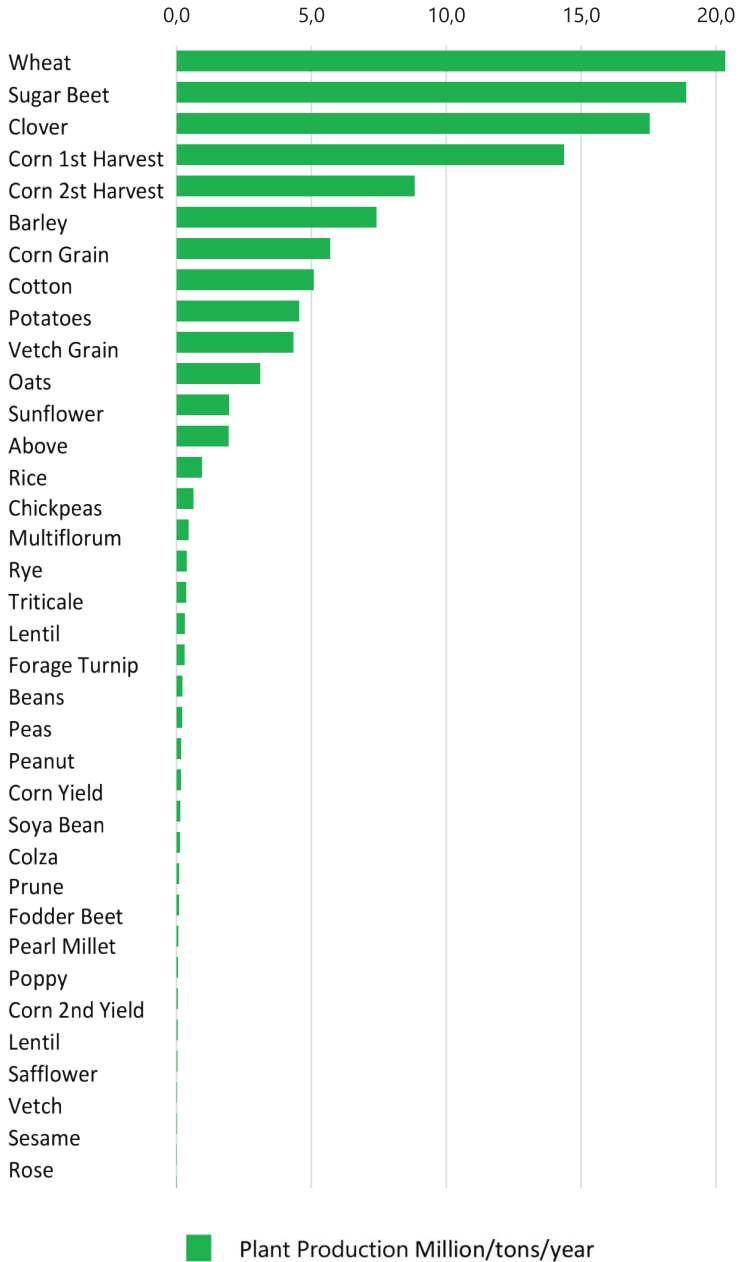
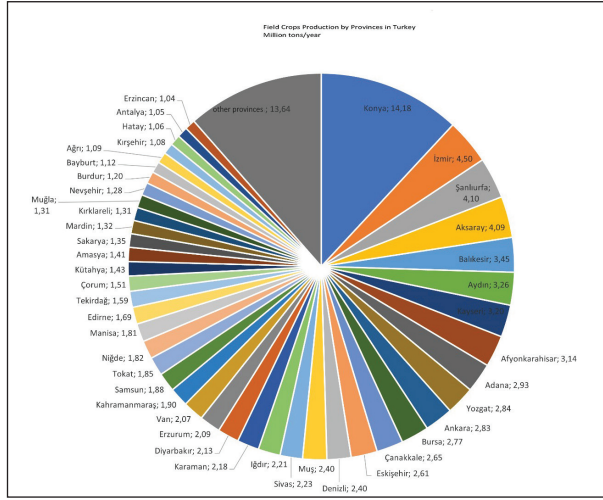


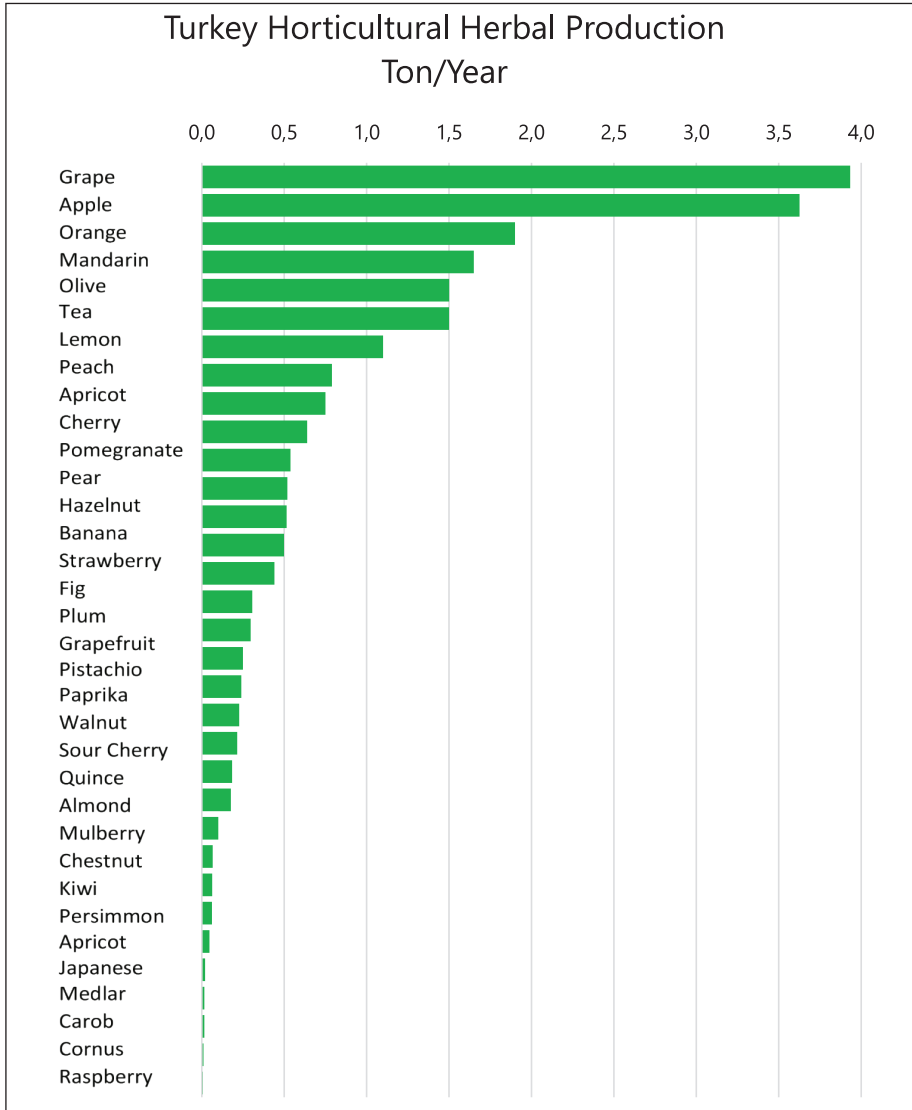
Figure 3. 1 Field crops production data in Turkey.
(For species over 10 thousand tons per year)



Shape 3. 2Production amounts of field crops by province

In horticultural production, the most important production types with an annual production of more than 1 million tons are grapes, apples, oranges, tangerines, olives, tea and lemons. These are followed by peaches, apricots, cherries, pomegranates, pears, hazelnuts, bananas, strawberries, figs, plums, grapefruit, pistachios, red peppers, walnuts, sour cherries, quince, almonds, which are produced between 100 thousand and 1 million tons. . (Fig. 3.3.). Distribution of production amounts by provinces is given in figure 3.4.

Shape 3. 3 Horticultural crops production data in Turkey (products over 5 thousand tons of annual production)



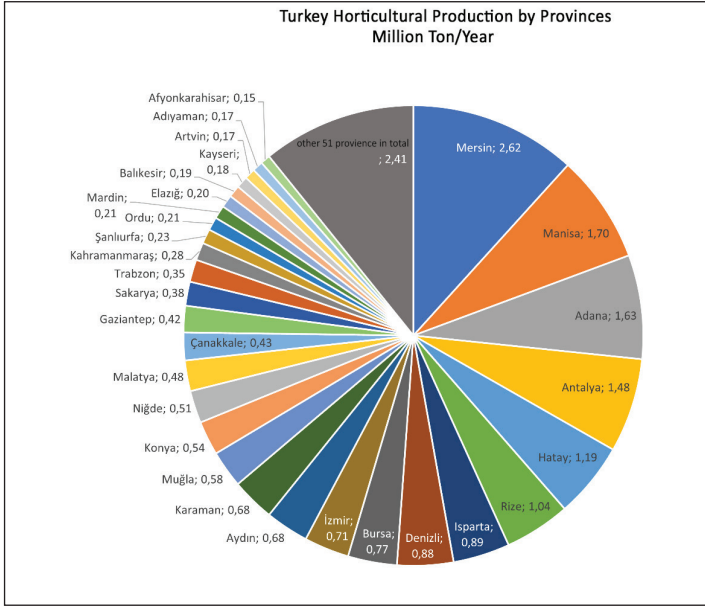


Figure 3. 4Horticultural production amounts by province

In the production of vegetable crops, the most important product types with an annual production of more than 1 million tons are tomato, watermelon, onion (dry), cucumber (table, pickle), melon, pepper (paste, capia), pepper (spiky). The products that are produced between 100 thousand tons and 1 million tons of years are eggplant, cabbage, beans (fresh), zucchini (gum and snack foods), pepper (stuffed peppers), leeks, cauliflower, radishes, garlic, and peas. (Figure 3.5). Distribution of production amounts by provinces is given in figure 3.6.

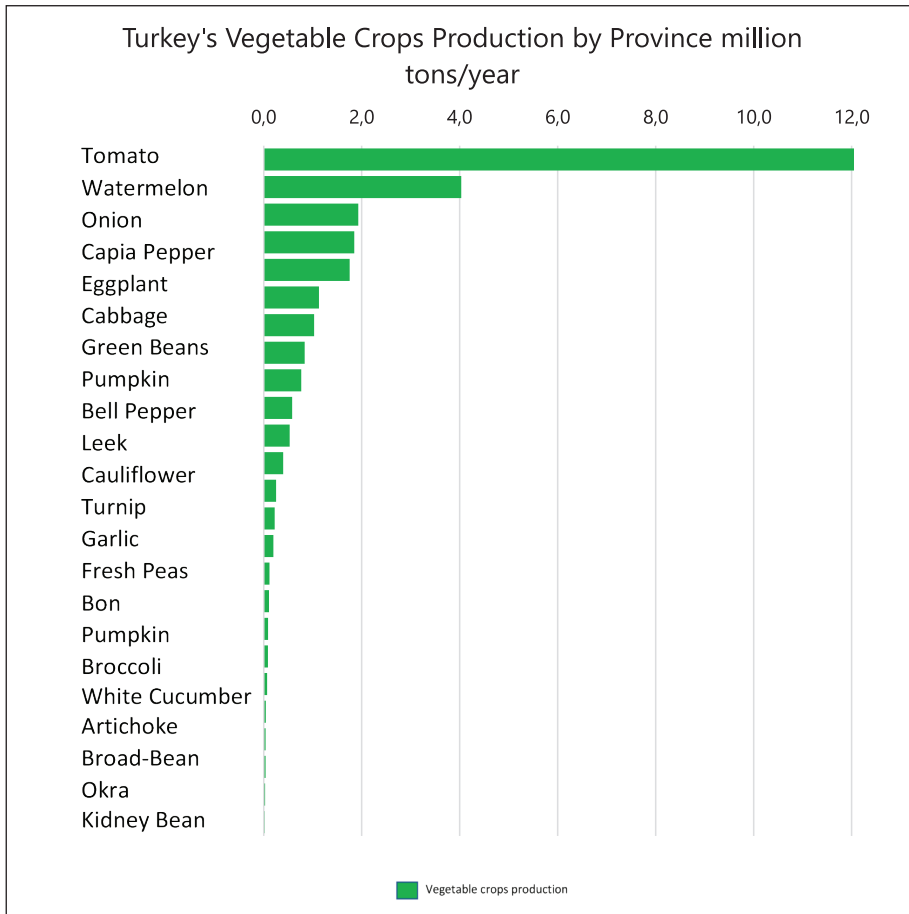


Figure 3. 5Vegetable crops production data in Turkey

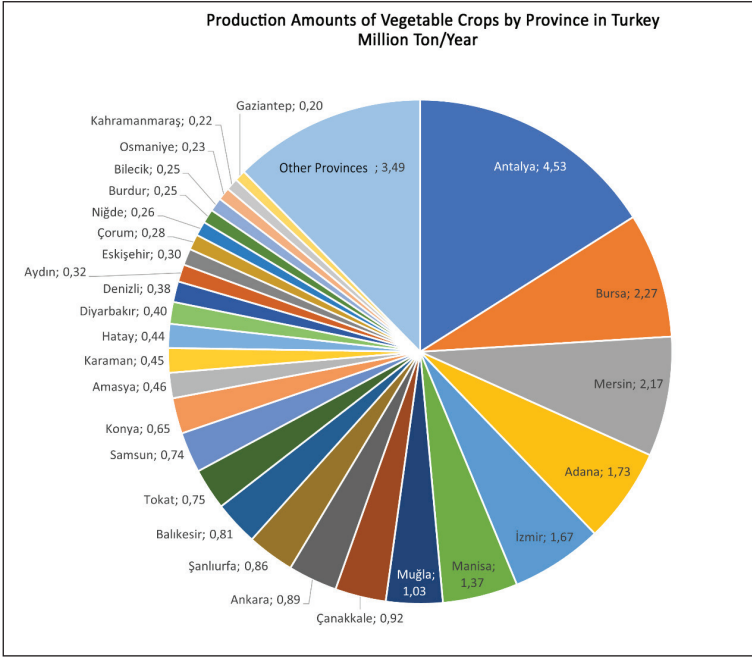


Figure 3. 6 Production amounts of vegetable crops by province

Resources

[12] https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?most_recent_value_desc=true

[13] FAO, World Food And Agriculture 2021 raporu

[14] <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/kisi-basina-tarim-alani-i-85832>

[15] <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2021-37249>

[16] <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111>

4 Agricultural Wastes in Turkey

4.1 Identification of Agricultural Wastes

Waste generated as a result of agricultural activities, plant production activities, animal feces from farms, poultry houses and slaughterhouses and other wastes are evaluated within this scope. Harvest waste, manure runoff from fields; pesticides mixed with water, air or soil, and salt and silt filtered from fields are included in agricultural wastes. [17]

Vegetable production wastes are the wastes formed as a result of plant production activities, as a result of removal/removal of the post-harvest material from the planting area. In the current situation, these wastes are burned in an uncontrolled way, which we call stubble burning, or they are wildly thrown into the nature. As a result of not being able to manage these wastes, we are faced with an increase in greenhouse gas emissions and environmental pollution.

Wastes from plant production are wastes with high organic matter content, important nutrients and low moisture content. For this reason, they constitute an important potential for renewable energy source. There is also the potential to be converted into fertilizer as a by-product or main product by using methods such as biogas, compost mixed with other organic wastes and/or methods to be determined in accordance with their biochemical properties.

7 Amount of Crop Production Wastes

The amount of plant production waste in Turkey is directly related to the product type, amount and waste generation potential. In order to determine the amount of waste, it is necessary to establish a correlation between the production method and the potential to generate waste. An empirical approach should be put forward in terms of tons/year in the area where the production activity is carried out. Equation 1 and Equation 2 give the link between the number of product harvests (HS), how many harvests are made in the same area in a year, how much waste is generated against the product produced as a result of each harvest, and the waste generation potential (AOP) and how much production is made (BÜM).

$$A\ddot{U}M=B\ddot{U}M\times AOP\times HS \quad (\text{one})$$

AÜM: Amount of waste generated, tons/year

BÜM: Crop production, tons/harvest

AOP: Waste generation potential for each plant species, %

HS: Number of harvests per year, harvest/year

For the total amount of waste generated as a result of various productions in a region,

$$M_{\text{toplam}} = \sum_i^n B\ddot{U}M_i \times AOP \times HS_i \quad (\text{2nd})$$

M_{total} = Total amount of waste generated in a region, Tons/year
 i = Product

If different crops are planted on the same land in the 2nd and 3rd plantings, it should be considered as a different application as in the 2nd Equation and the HS should be taken as 1 for each different planting.

When the product-waste relationship is examined, it is seen that the amount of waste for some plant products is not directly related to the amount of production, the purpose of use of the produced product is the main determining factor in the amount of waste.

When we consider corn production, when the production purpose is made as animal feed, it is accepted that there is no waste because the whole product can be silage and the post-harvest part does not need to be removed from the soil, while the wastes generated in grain corn production are more than the total production amount. In order to see this difference better, it is necessary to look at the tables in which the plant production-waste relationship is established. Production in the form of vegetable field, garden and vegetable crop production was evaluated in three main subgroups.

As seen in Figure 4.1, the main waste production methods are wheat, barley, corn (grain), cotton, sunflower, and paddy. The main sources are the sources that generate over million tons of waste annually. Since this table is Turkey-wide, it is necessary to make a regional evaluation before deciding on any planning process.

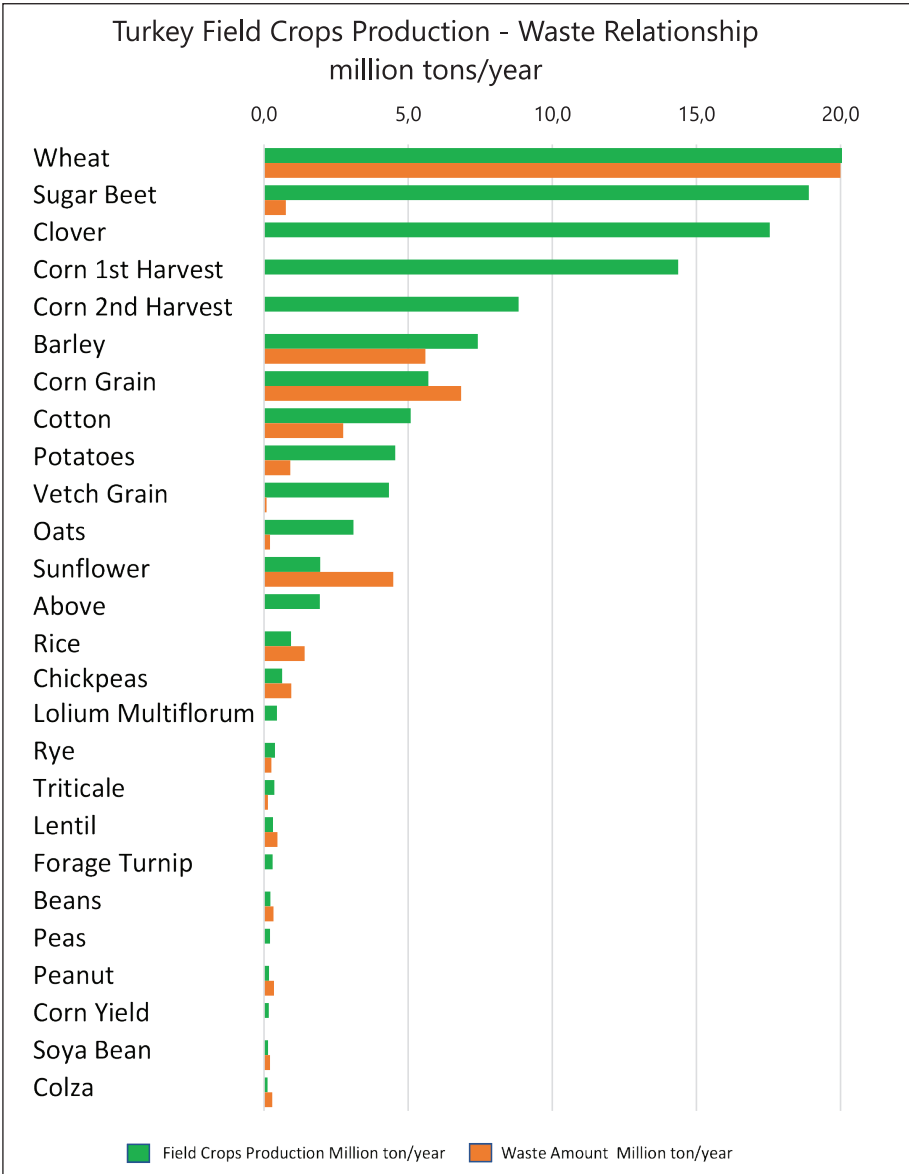


Figure 4.1 Turkey, field crops production-waste relationship

Figure 4.2 horticultural crop production, waste relation data, grape, olive, hazelnut, banana production comes to the fore. The fact that these types of production are carried out in a more limited geography will provide an advantage in the planning processes.

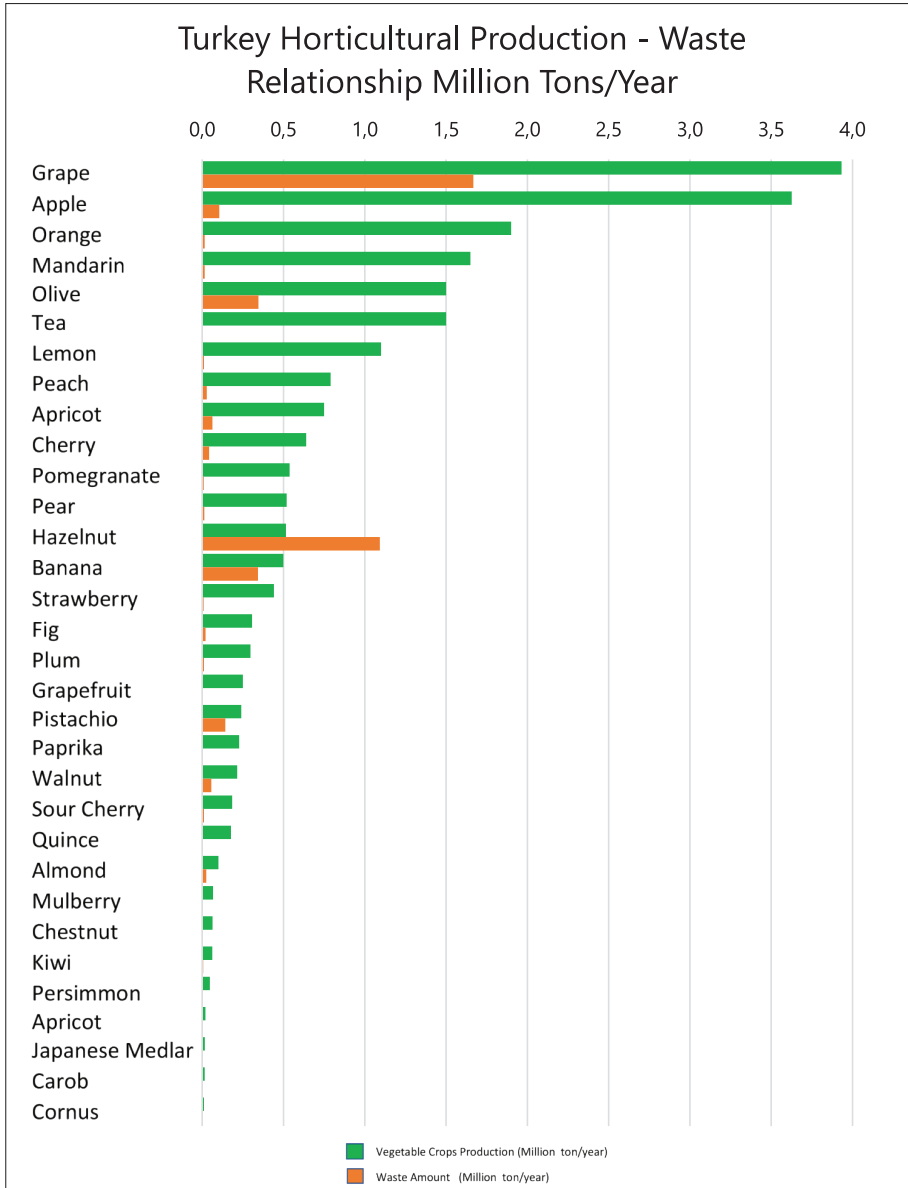


Figure 4. 2Turkey’s horticultural crop production-waste relationship

Figure 4. Considering the data of 3 vegetable crop production and waste relation, tomato, cucumber, watermelon, onion, bean, pepper production comes to the fore. The fact that these types of production are carried out in a more limited geography will provide an advantage in the planning processes.

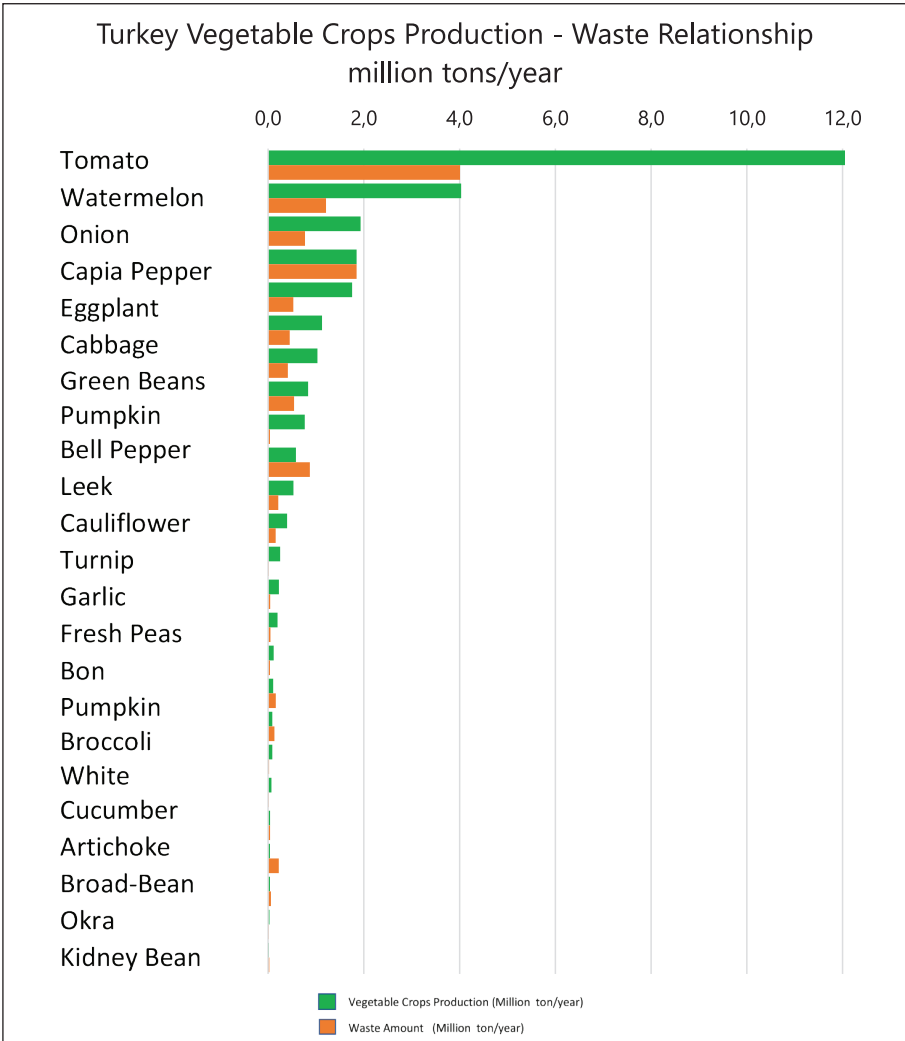


Figure 4. 3 Turkey's vegetable crops production-waste relationship

In Figure 4.4, the production-waste relationship is given for all plant production types. In order to be able to plan, various analyzes should be made for each waste and a micro-scale planning should be made by making a classification as a result of these analyzes.

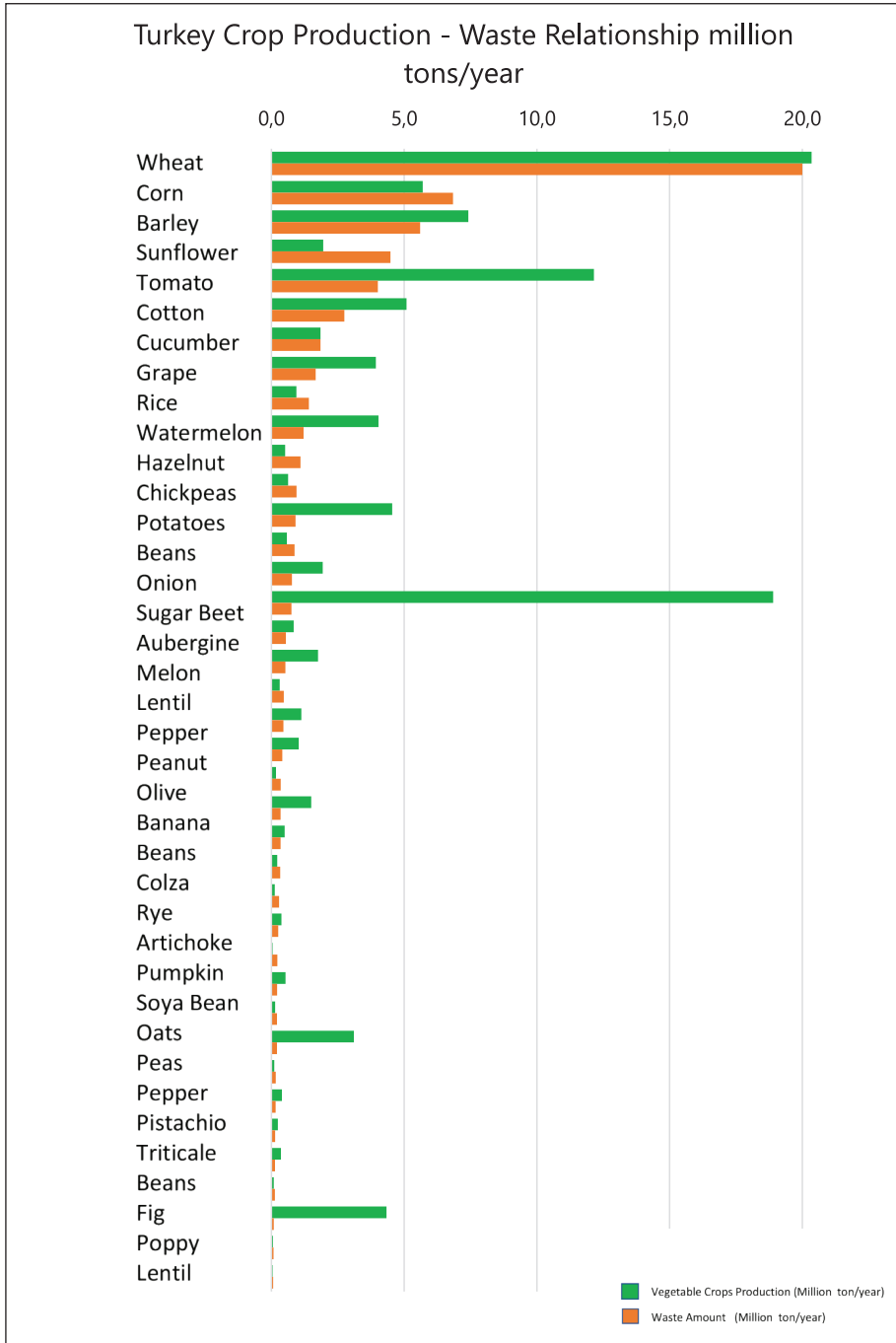


Figure 4. 4 Turkey’s plant production-waste relationship

4.3 Characteristics of Crop Production Wastes

Crop production waste generally consists of the above-ground part of cereal crops after the grain has been removed. Due to their high dry matter content and being composed largely of polysaccharides, they are potentially rich sources of energy. [18] Although these wastes have the potential to be used as a food source for herbivores, they exhibit a structure that is low digestible and partially resistant to rumen microbial effects due to their specific cell wall structure and chemical composition. Due to their hard structure and bad taste, their food/energy intake is low. However, they are also deficient in elements such as nitrogen, sulfur and phosphorus, which are necessary for ruminal microorganisms. [18] For these reasons, they can be primarily considered as a renewable energy source.

Characterization studies of plant production wastes are directly related to the technology to be selected. Different methods are used for the energy conversion of biomass. In order for each of these methods to be transformed into a large-scale engineering project, both economically and technologically sustainable, the most basic component is the necessity of knowing the waste to be used and the necessary components suitable for that technology.

Knowing their characteristics is not the only sufficient condition for the sustainability of these technologies. In order to make an ideal feasibility, pilot studies that will represent that method according to the selected waste menu will greatly reduce the margin of error. For this reason, it is important that the structure that will only invest (public, private, etc.) is created in areas that can do this research and development, as well as its technological and knowledge level. Under the current conditions, there are institutes and university departments that conduct research and development on various technologies in our country. The capacity and number of these institutions should be increased and they should also have the flexibility (both in terms of economic and human resources) to evolve themselves in accordance with the developing technologies in the world.

Among the energy conversion options of vegetable biomass, the main properties sought in biomass for combustion processes are high calorific value, low moisture content and low ash content.

In addition to its physicochemical properties, the suitability of the material to the method in which the combustion process will be carried out is also important.

Table 4.1 , some of the analyzes carried out by the Black Sea Agricultural Research Institute within the scope of the determination of the energy potential of plant biomass are given.

Table 4. 1 Properties of biomass from crop production for combustion processes

Plant/Biomass	calorific value		Humidity (%)	Ash (%)
	MJ/kg	cal/g		
Farm plants				
Wheat	18.11	4.333	5.64	8.76
Sweetcorn	17.90	4.282	7.72	7.10
Paddy	15.19	3,634	6.37	18.47
Sunflower	16.91	4.045	8.82	9.76
Rapeseed (Canola)	17.11	4,093	7.65	8.61

Biogas processes are technologies based on the principle that organic waste is broken down by microorganisms under anaerobic conditions to produce a gas with calorific value consisting of methane, carbon dioxide and other gases, and this gas is used to obtain energy (heat + electricity).

The bioreactors, where gas production takes place, operate uninterruptedly. In these reactors, which operate with a process balance within themselves, the parameters required for maintaining the balance of the reactor are important as well as the properties of the input material. It is necessary to maintain a constant pH and constant temperature inside the reactor. Parameters such as volatile fatty acids, organic load, carbon nitrogen ratio and the balance of trace elements (selenium, nickel, manganese, iron, etc.) are also important in the reactor.

In order to keep the internal balance and production efficiency of the reactor high and optimum, it is preferable to create a menu from the items fed. This menu can be preferred in a wide range of wastes originating from agriculture and livestock, domestic sewage sludge, agro-industrial waste.

In the biomass to be fed, the solid matter, organic solids, biogas and methane yield (forming potential), C/N ratio are the parameters that should be examined primarily. [19]

In Table 4.2, biochemical properties related to the use of biomass originating from plant production as raw material in biogas plants are given.

Table 4. 2 Values of some plant biomass for biogas plants [19]

Biomass	KM **	OKM***	Nitrogen Ratio	P2O5 -	K2O -	Biogas production	CH ₄ -Ef- ficiency	CH ₄ -Efficiency
	%	KM %			Nm ³ /tonne YM		Nm ³ /tonne OKM	
corn silage	33	95	2.8	1.8	4.3	200	106	340
Grain GPS	33	95	4.4	2.8	6.9	190	105	329
Green rye silage	25	90				150	79	324
Grain grains	87	97	12.5	7.2	5.7	620	329	389
Weed silage	35	90	4.0	2.2	8.9	180	98	310
Candy beet	23	90	1.8	0.8	2.2	130	72	350
Manger beet	16	90	-*	-*	-*	90	50	350
Sunflower silage	25	90	-*	-*	-*	120	68	298
Sudan grass	27	91	-*	-*	-*	128	70	286
sugar millet	22	91	-*	-*	-*	108	58	291
Green rye	25	88	-*	-*	-*	130	70	319

* No data, ** Solids, *** Organic Solids

The biggest disadvantage for biogas plants in terms of plant biomass is that it is difficult/slow to digest by microorganisms due to its cellulosic structure. They have the potential to turn into more efficient products after pre-processing.

Compost technologies are one of the basic methods of solid waste management strategies. It differs in reactor or heap type, with oxygen, without oxygen, and as thermophilic or mesophilic. It is applied in 3 basic methods: static piles, mixed piles (turned windrows) and reactor type (in-vessel composting). Since the process is carried out by microorganisms, as in biogas technologies, C/N ratio, balance/presence of micro and macronutrients are important Table 4.3. High humidity is important for microorganism activity, while particle size affects the speed of the process, pH level and temperature are important parameters for the uninterrupted and stable continuity of the process. [20]

Table 4. 3 Basic parameters for selected biomass for compost [20]

Biomass	N (Dry weight) %	C/N (Mass)	Humidity (%)
corn cob	0.4-0.8	56-123	9-18
corn stalk	0.6-0.8	60-73	12
fruit waste	0.9-2.6	20-49	62-88
rice husk	0.0-0.4	112-1120	62-88
mowing waste	2.0-6.0	9-25	72-84
Leaf	0.5-1.3	40-80	72-84
shrub pruning	one	53	15
tree pruning	3.1	16	70

Research continues to determine an optimal biomass component in terms of pyrolysis energy production. [21]. However, studies after 2010 focused on a wide variety of biomass feeds in pyrolysis applications. The highest biochar yield is achieved when the feed with a high lignin content is pyrolyzed at moderate temperatures (approximately 500 °C). In addition, volatile matter, fixed carbon, ash content and humidity are also indicators of pyrolysis product yields. In general, biomass with high volatile matter produces large amounts of biooil and syngas, while fixed carbon increases biochar production. Moisture content in biomass has an effect on the heat transfer process, which has significant effects on product distribution [22]. It is observed that the yield of liquid product increases with the increase in moisture content, while the yield of solid and gaseous products decreases [23]. This is because humidity produces large amounts of condensate in the liquid phase [24]. Therefore, biomass such as walnut shell, olive shell and hazelnut shell are more favorable for biochar production (related to lignin content) as shown in Table 4.4 and Table 4.5. Figure 4.5 shows the variation of the biomass mass loss during pyrolysis depending on the temperature and structural characteristics.

Table 4. 4 Vegetable biomass lignin, cellulose and hemicellulose contents [21]

Biomass	lignin (%)	Cellulose (%)	hemicellulose (%)
Barley Straw	14–15	31–34	24–29
Oat Straw	16–19	31–37	24–29
Bamboo	21–31	26–43	15–26
Rye Straw	16–19	33–35	27–30
jute fiber	21–26	45–53	18–21
banana waste	14	13.2	14.8
wheat straw	15–20	33–40	20–25
sugar cane tub	23–32	19–24	32–48
Corn residues (post-harvest)	16–21	28	35
Hazelnut Shells	42.9	28.8	30.4
olive peel	48.4	24	23.6
corncob	15	50.5	31
tea waste	40	30.20	19.9
Walnut shell	52.3	25.6	22.7
Leaf	0	15–20	80–85
rice husk	18	32.1	24

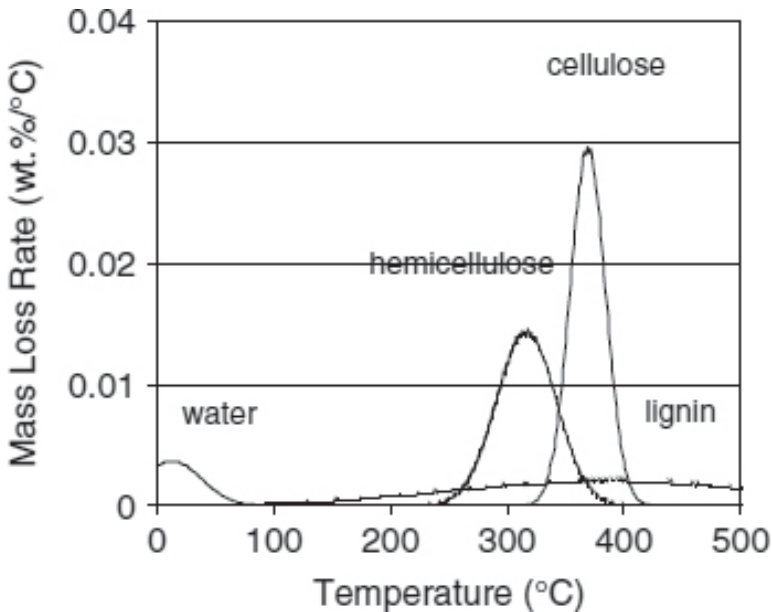


Figure 4. 5 Graph of temperature and mass loss by biomass property [21]

Table 4. 5 Necessary components and case studies for the characterization of biomass specific to pyrolysis processes [25]

	Intensity (Kg/m ³)	Moisture (%)	Ash (%)	volatile substance (%)	Carbon (%)
Wood	1186	20	0.4–1	82	17
switchgrass	108	13–15	4.5–5.8	-	-
Miscanthus	70–100	11.5	1.5–4.5	66.8	15.9
Sugar cane	1198		3.2–5.5	-	-
barley grass	210	30	6	46	18
wheat straw	1233	16	4	59	21
rice husk	200	6	4.3	79	10.7
Grateloupia filigree	-	4.93	22.37	55.93	17.01
Birch	125	18.9	0.004	-	20
Pine	124	17	0.03	-	16

For gasification methods, information about biomass, H/C ratio, O/C ratio, (Figure 4.6 Ternary Diagram), ignition temperature, elemental composition, ash, moisture, volatile matter, hemicellulose, cellulose, lignin content should be known. [25]

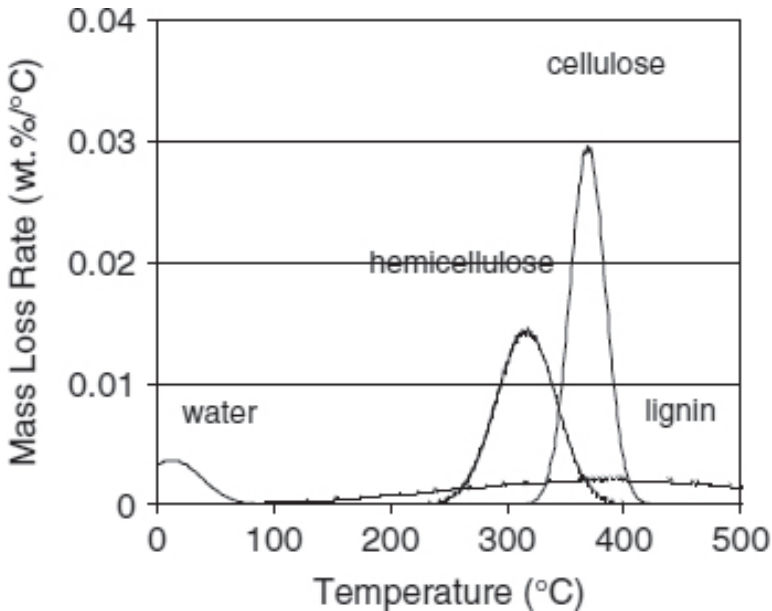


Figure 4. 6 Ternary Diagram

Table 4. 6 Biochemical properties of plant-derived biomass for the gasification process. [34]

	C	H	N	S	HE IS	Ash	Upper Calorific Value	
Fuel	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(kJ/kg)	Source
Rice Straw	39.2	5.1	0.6	0.1	35.8	19.2	15,213	Tillman, 1978
rice husk	38.5	5.7	0.5	0	39.8	15.5	15,376	Tillman, 1978

4.4 Distribution of Crop Production Wastes by Province and Region

When a comparison is made according to the amount of herbal products produced in the provinces in Turkey and the amount of waste generated, it is seen that there is a difference. This difference occurs depending on the potential of the produced product to create waste, the purpose for which the product will be used (such as silage corn, grain corn) and the diversification or differentiation of production depending on the regions.

Due to these factors, although a link can be established between the amount of waste production and the generated waste, this link loses its linearity in the upper perspective, like the region or the whole of Turkey (Figure 4.7).

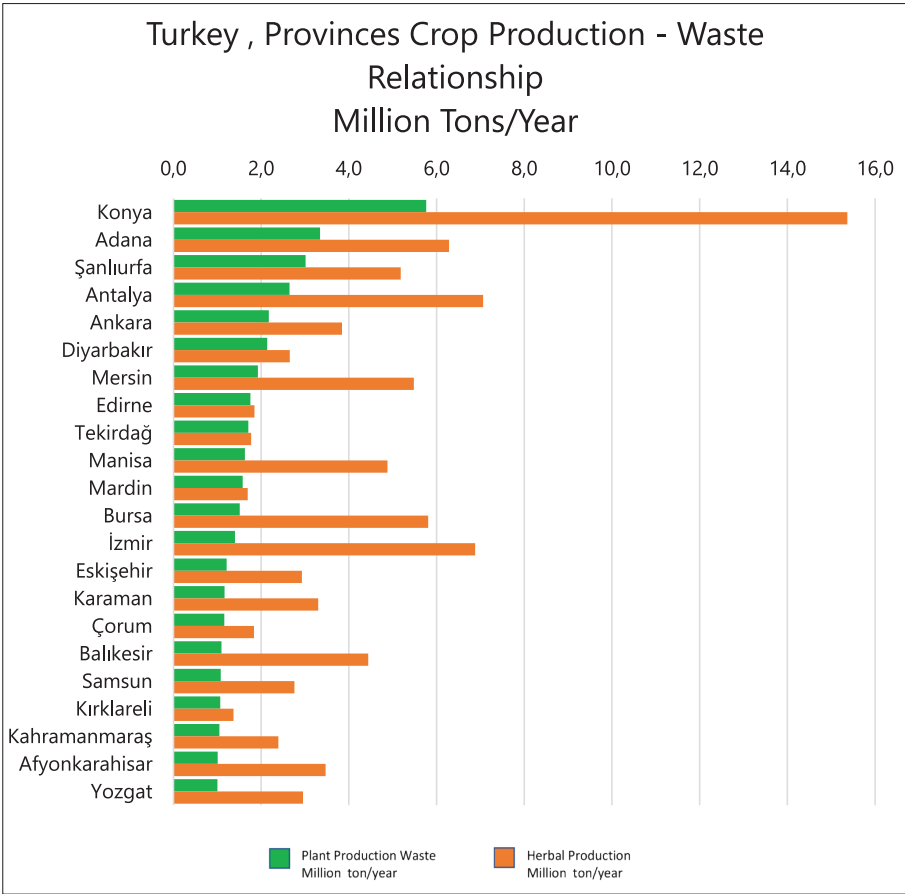


Figure 4. 7 Comparison of the provinces that generate 1 million tons of production waste per year and the amount of plant waste production.

The main reason for this is the rich diversity of the products produced, the size and distribution of arable land, and the change in regional production diversity in line with climatic characteristics.

While analyzing the waste and developing the management strategy, macro-scale studies should be carried out and regional solutions should be produced by combining these studies specific to the province.

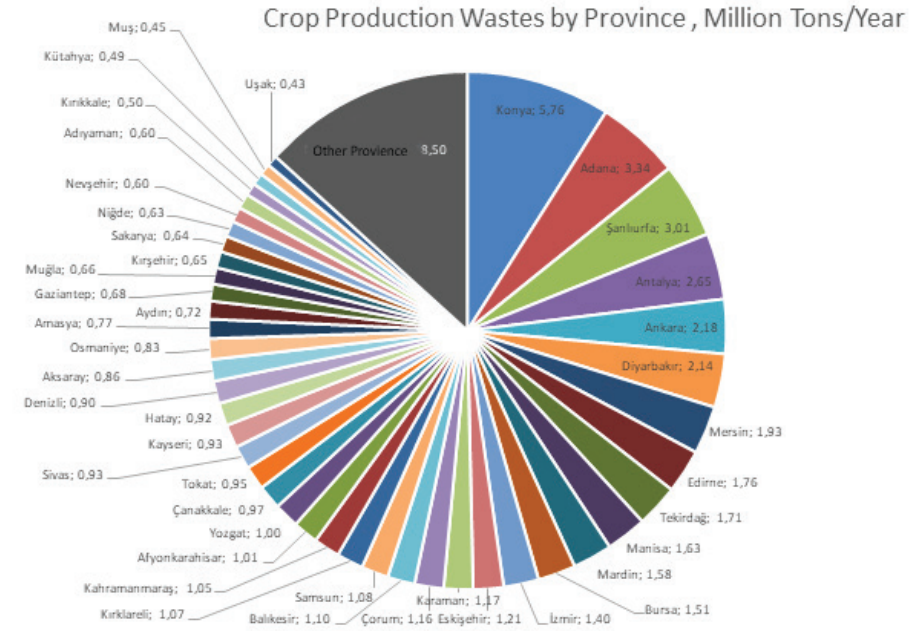


Figure 4. 8 Crop production wastes by province, million tons/year

As can be seen in Figure 4.8, the number of cities that generate more than 1 million tons of plant production waste per year is 22. The number of products generating over 1 million tons of waste is 11, and the number of products generating over 500 thousand tons of waste is 18.

When we look at the first 15 that generate the most waste, wheat production, which is the 1st activity, is one of the first 5 production products in all of the first 15 provinces. Corn (grain) is one of the main production products in 15 provinces, while barley in the 3rd row and tomato (for table, tomato paste) in the 5th row are produced in 15 provinces, the main production product of only 12 provinces, sunflower is produced in 12 provinces. 6. Cotton is the main production product of only 4 provinces, while it is produced in the first 7 provinces.

Cucumber (for table, pickle) in 7th place is the main production product of only 8 provinces while it is produced in 15 provinces, while grapes are produced in 14 provinces, it is the main production product of 6 provinces. For example, the 23rd rank banana is the main production product of the provinces of Antalya and Mersin, generating 144 thousand and 193 thousand tons of annual waste.

These data reveal the variability of production diversity and distribution.

4.5 Waste Accessibility and Logistics

4.5.1 Accessibility to Waste

The main feature of plant production waste that distinguishes it from other waste management is that the wastes are wastes that must be removed from the agricultural land after harvest. This concept gives rise to two situations, the discovery of waste and the precision of the definition of waste.

4.5.1.1 Presence of waste

Since waste is generated as a result of one or more harvests per year, waste generation in the regions takes place in a limited time within that year and these amounts can reach thousands of tons depending on the intensity of production. This creates a very difficult situation to manage and plan.

Under these difficult conditions, it may be possible to process the waste in sections by removing it from the area and storing it in a way that will not harm the environment. In this case, there should be no change in the basic properties of the waste in the time it spends under storage conditions, depending on the selected process type and waste. Storage conditions affect the size of the storage area and the selection of raw materials according to the components.

Another option is to evaluate it in a process type that can handle different types of waste, in different plants such as incineration, biogas or compost.

It is possible for the mass flow to be intermittent and intense in a short time and to be managed efficiently with a regional management approach in which many different methods are used together.

4.5.1.2 Precision of Waste Definition

BAT (Sum of Plant Residues) is defined to indicate the total amount of post-plant residue (Residue) produced in a particular region. However, it will not be possible to use all the residues produced as renewable energy raw materials. Total biomass is an important and valuable raw material source for both agriculture and agriculture industry. It is used for various activities such as reclamation of agricultural land, animal feed. Therefore, the definition of raw material to be used for renewable energy raw materials and/or compost applications is important. From this perspective, it directly affects the availability of waste or the amount to be used as waste. This impact will vary significantly from region to region and from activity to activity. These changes should be determined by regional studies on a micro scale, master plans should be prepared, and the feasibility of the management plan to be established and the facilities and facilities suitable for this should be done through these master plans. It is important that the entire planning part is done by the public.

$$BAT = B\ddot{U}A - (BK_{kalıntı} + BK_{hammedde}) \quad (3)$$

$B\ddot{U}A$ = Crop production residues, Tons/year

BAT = Total plant residues, Tons/year

$UK_{residue}$ = Vegetative residue, Tons/year (amount to be left in agricultural land)

$BK_{raw\ material}$ = Use of plant residue as raw material, Tons/year (Animal feed or raw material for agricultural industry)

The amount of residue that should be left in the field ($UK_{residue}$) depends on the soil type and structure (such as soil organic carbon content, nutrients, porosity), fertilization method (chemical, organic fertilizers), agricultural application (crop rotation, tillage) and soil structure.

Another purpose of defining Equation 3 is to avoid conceptual confusion between waste and residue. It is seen that these two concepts are sometimes confused with each other in regulations and practices. Agriculture and Livestock sector is a fragile sector under the pressure of both economic and climate change. For this reason, it does not affect the dynamics and sectors formed in this fragile structure. The intent here is not to continue the structures that harm both the environment, the ecosystem and the economy, such as the unregistered buying and selling of untreated animal feces in the plans to be created.

4.5.2 Transport of Waste

Especially for renewable energy production facilities from biomass, the transportation of wastes is of great importance for the sustainable operation of the facilities. Apart from the existence of wastes in the region, being able to deliver these wastes to the facility or facilities in an economical and sustainable way is a critical decision-making factor in the planning processes.

Apart from the existence of the waste, there may be physical and economic difficulties in the collection and transportation of this waste. However, every increase in transport distance will create a footprint on transport-induced climate change. Transport distances are an important criterion for a sustainable system, as heavy transport in Turkey is carried out by land and there is no conversion from fuel-powered vehicles to electric vehicles.

The factors affecting the transport of waste are classified as follows;

4.5.2.1 Shipping distance

Transport has a significant impact on climate change. The impact of heavy road transport with fuel-powered vehicles stands out. However, transportation has an important place in operating expenses. It should not be forgotten that these investments are investments that can be sustained with incentives and that these incentives are only given per kWh when electricity production is realized.

The investments to be made should be planned in such a way that the transport distance is the least. Medium-sized facilities should be planned instead of large facilities planned as overdesign. Considering all these components, the size of the facility should be decided as a result of a well-done feasibility study. (Capacity in MWe, tons/day, etc.) Should not be below the size of the sustainable facility under engineering and automation control. Logistics is important in determining this size.

4.5.2.2 *Physical Conditions*

Access to the place where the waste is located or road condition is an important criterion. As in the Black Sea Region, physical conditions such as the slope of the road may be far from being economical among other restrictive alternatives for heavy vehicle transportation. Situations where infrastructure features are decisive should not be neglected.

4.5.2.3 *Characteristics and Condition of Waste*

Parameters such as the density, shape and stacking of the waste are also decisive. Another important criterion is whether the waste is removed from the field and ready for transport. Who will be responsible for this work is an issue that needs to be resolved and regulations need to be made.

Waste that is collected and baled primarily in the field, such as straw or straw, is a highly identifiable criterion for both logistics and accessibility. It means being usable as an energy source with minimum transportation and processing costs. Another example is rice husk, corn cob, sunflower table, etc.

In this section, the technical and economic dimension of the existence of waste is mentioned. It is important to remember that the manufacturer is an important component of the structure to be created. The business model and plans to be developed should be made by including the manufacturer. Raising awareness of the producer, including them in the process and acting jointly with the producer reveals the existence of the socio-economic dimension of this process.

The well-defined waste exchange and its determination by regulations, the cyclical nature of the process to be established, and the activities planned to support the production in that region will make it sustainable.

Resources

[17] OECD Glossary of Statistical Terms, <https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=77>

[18] FAO, Animal Production Based on Crop Residues - Chinese Experiences, <https://www.fao.org/3/Y1936E/y1936e00.htm#Contents>

[19] Turkish-German Biogas Project, German Renewable Raw Materials Specialization Agency, Biogas guide

[20] Handbook of Solid Waste Management, G. Tchobanoglous & F. Kreith

[21] Jahirul, MI, Rasul, MG, Chowdhury, AA, & Ashwath, N. 2012. Biofuels Production through Biomass Pyrolysis—A Technological Review. 4952–5001. <https://doi.org/10.3390/en5124952>

[22] Das, LM; Gulati, R.; Gupta, PK A comparative evaluation of the performance characteristics of a spark ignition engine using hydrogen and compressed natural gas as alternative fuels. *int. J. Hydrog. Energy* 2000, 25, 783–793.

[23] Minkova, V.; Razvigorova, M.; Bjornbom, E.; Zanzi, R.; Budinova, T.; Petrov, N. Effect of water vapor and biomass nature on the yield and quality of the pyrolysis products from biomass. *Fuel Proc. Technol.* 2001, 70, 53–61.

[24] Arni, SA; Bosio, B.; Arato, E. Syngas from sugarcane pyrolysis: An experimental study for fuel cell applications. *renew. Energy* 2010, 35, 29–35.

[25] Jahirul, MI, Rasul, MG, Chowdhury, AA, & Ashwath, N. 2012. Biofuels Production through Biomass Pyrolysis—A Technological Review. 4952–5001. <https://doi.org/10.3390/en5124952>

5 Energy Conversion Technologies for Crop Production Wastes

Wastes of crop production, direct combustion to generate heat and electricity, thermochemical conversion to produce solid, gaseous and liquid fuels, physicochemical conversion to produce liquid fuels. It is converted into energy by various processes, including biological conversion, to produce liquid and gaseous fuels. However, the quality (characteristics) and amount of the biomass raw material and the availability of biomass, the desired end product and process economy affect the choice of energy conversion technology to be applied for plant production wastes.

In order to decide which method is suitable for which waste, it is necessary to define the biochemical and physical criteria of the waste. These criteria have been mentioned in the previous sections.

Basically, for process selection, the physical and chemical composition of the waste should be known and its biodegradability (decomposition rate, biogas/methane generation potential, etc.) should be determined. It is also necessary to examine how the selected waste works in the process considered suitable, such as combustion efficiency and biogas production potential.

According to the process type of the waste, the preparation processes are another important factor. The pre-treatment or pre-treatments to be made are the determining criteria for the selected process and the types of the selected process.

For the applicability of the process, concepts such as the existence of waste, its accessibility, and the suitability of the selected process of the waste supply chain should also be considered.

Determining the waste or waste menu is another important step. Most of the systems that perform the energy conversion of biomass work with menus created with a mixture of more than one type of waste. This changes in line with the optimum operation of the systems, the presence of waste and the needs of the region where the facility is located.

For these reasons, the dimensions of the selected technology and facility are directly related to the region in which it is located. This relationship should be examined and established correctly with the best analysis methods.

In general, the technology tree, which expresses the methods used for energy conversions of biomass and products and intermediates, can be expressed as in Figure 5.1.

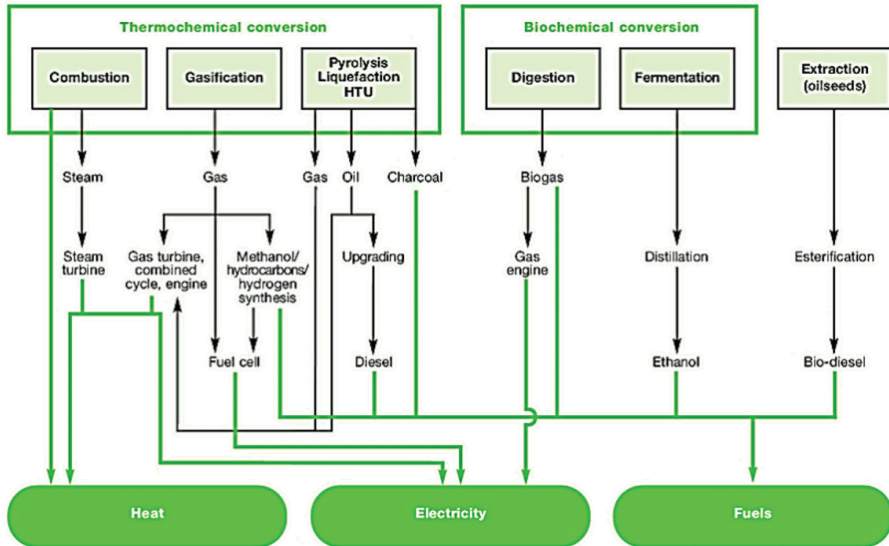


Figure 5. 1 Energy conversion methods of biomass

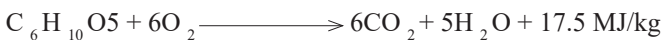
Another method that should be considered is composting methods. Effective waste management is needed to reduce stubble burning, which is one of the project objectives. For a sustainable, low greenhouse gas footprint or neutral agriculture target, a strategy covering all of the crop production waste should be determined. Within the scope of the criteria defining the energy conversion of biomass above, wastes that are not suitable (in terms of distance, accessibility or bio-chemical properties) should be processed. One of the most ideal methods is composting.

In sustainable agricultural transformation, it is necessary to establish a waste-technology relationship and develop policies in this context, as well as the establishment of the product-waste relationship of plant wastes. In order to examine the waste-technology relationship, commonly used technologies will be discussed in the next section.

5.1 Thermochemical Methods

5.1.1 Incineration

Combustion processes are the most widely used method of obtaining energy from biomass. Combustion is an exothermic chemical reaction. The reaction proceeds spontaneously with the heat produced by the reaction. Combustion is represented by the following equation. [26]



When biomass is used as fuel, the oxidation reaction that produces heat is defined as combustion. The carbon, hydrogen, oxygen, combustible sulfur and

nitrogen contained in the biomass react with air or oxygen. The combustion process continues with gas phase reaction, surface reaction, or both. This is followed by fusion, evaporation and pyrolysis processes. In the combustion reaction, many processes such as evaporation, mixing, diffusion, convection, heat conduction, heat radiation take place at a high speed in a complex way. Gaseous fuel burns directly in the gas phase as pre-mix combustion or diffuse combustion. Liquid fuel, on the other hand, burns as a flammable gas in the gas phase after surface evaporation, which is called evaporative combustion. Heavy oil etc. in evaporative combustion. While such substances burn, decomposition combustion continues where the decomposition of the fuel part occurs with the heat produced. [26]

In biomass combustion, evaporative combustion, decomposition combustion, surface combustion, smoldering combustion processes take place. [26]

In Table 5.1, the types of furnaces that determine the type of incineration process according to the characteristics of the waste are indicated.

Table 5. 1 Types of incinerators by waste characteristics [26]

Fixed grate combustion Fixed-Bed Combustion	It is used for small scale batch processes for low ash biomass.
Moving grate combustion Moving-bed combustion	It can be used in a variety of applications, from small particles such as sawdust to biomass in bales.
fluidized bed combustion Fluidized-bed combustion	Sand is used as bedding material, combustion takes place in the furnace with high pressure combustion air, with the effect of thermal storage and heat conduction of fuel and sand. It is suitable for high humidity fuel and low calorific value fuels and wastes.
rotary drum oven Rotary hearth furnace combustion	It is used for incineration of high humidity or large wastes such as sewage sludge and domestic solid waste.
Burner Burner combustion	As with liquid fuels, wood dust is used for the combustion of fine/powder particles such as pulp pulp.

Biomass energy production facilities have less and limited installed power compared to conventional facilities. Combustion plants have the largest installed capacity compared to other biomass energy conversion plants. Their approximate size is less than 100 MWe. Fluidized bed plants are designed in the installed power range of 2 – 8 MW. [27] Smaller-scale biomass combustion systems have reduced plant efficiency and higher unit costs than large-scale power plants.

Various biomass fuels such as wood, agricultural residues (pulp, waste wood, rice husk, palm oil, poultry chicken waste, etc.), wood pulp, municipal solid waste, and waste-derived fuel (ATM) can be incinerated in industrial biomass incineration plants. Biomass is burned to produce steam, the steam powers a turbine, the turbine drives a generator, and electricity is produced. Heat is recovered using heat transfer media such as steam and hot water, as well as boilers and heat exchangers. The ash content/inorganic matter ratio of the waste is important here. Wastes with high ash content cause high slag formation.

As mentioned in Chapter 4, moisture content of biomass, ash content, particle size, calorific value and mass density are the factors affecting the type of furnace to be used and the size of the facility to be established accordingly, in energy recovery processes of biomass by combustion methods.

5.1.2 Pyrolysis

Biochar, a fuel used for heating purposes, has been produced from wood biomass for thousands of years. Its first technological use can be traced back to the Iron Age, when coal was used to smelt ore to produce iron. The disadvantages of early pyrolysis technology include slow production, low energy efficiency and excessive air pollution. [25] Therefore, they are important tools in technology development, sustainability transformations and climate change processes to produce the maximum possible energy from a particular type of biomass. There are three commonly used ways to obtain energy from biomass today. These are: combustion (exothermic), gasification (exothermic) and pyrolysis (endothermic) [29]. Combustion is the oxidation of fuel in which the biomass can be completely oxidized and converted into heat. However, the efficiency of this process is only around 10%, and this use is a major source of pollution [26]. Gasification is a partially oxidizing process that converts solid fuel into a gaseous fuel, while pyrolysis is the first stage of both combustion and gasification processes [29]. Therefore, pyrolysis is not only an independent conversion technology, but also a part of gasification and combustion, which consists of the thermal decomposition of the initial solid fuel into gases and liquids without an oxidizing agent [30].

The pyrolysis process of organic matter is very complex and consists of both simultaneous and sequential reactions when organic material is heated in a non-reactive atmosphere. In this process; The thermal decomposition of organic components in biomass starts at 350 °C–550 °C and goes up to 700 °C–800 °C in the absence of air/oxygen [31]. Long chains of carbon, hydrogen and oxygen compounds in biomass are broken down into smaller molecules under pyrolysis conditions in the form of gases, condensable vapors (tars and oils) and solid charcoal. The rate and extent of degradation of each of these components depends on reactor (pyrolysis) temperature, process parameters, biomass heating rate, pressure; depends on reactor components/ design and raw material properties.[25]

Pyrolysis processes are divided into three as slow, fast and flash. In Table 5.2, process parameters are given for all 3 types of processes.

Table 5. 2 Pyrolysis process types and process parameters [32]

Process Type	Solid Retention Time (s)	Heating Rate (K/s)	Particle Size	temperature (K)	Product Yield		
					Oil	Tsar	Gas
Slow	450-550	0.1–1	5–50	550–950	30	35	35
Fast	0.5-10	10-200	<1	850-1250	50	20	30
Flash	<0.5	>1000	<0.2	1050-1300	75	12	13

Due to slow pyrolysis, long residence time and low heat transfer, it requires extra energy input to the process. [25] Rapid pyrolysis technology is advantageous in the production of liquid fuels and a range of specialty and commodity chemicals. Another advantage of the liquid product is that it can be easily and economically transported and stored. Rapid pyrolysis technology can have relatively low investment costs and high energy efficiency compared to other processes, especially on a small scale. Bio-oil production by rapid pyrolysis has received more attention in recent years because of it. [25]

As a renewable fuel, it offers advantages such as the potential to produce boiler, engine and turbine fuel, low investment cost and neutral CO₂ balance, the possibility of separating the minerals in the liquid fuel production area to be recycled into the soil and using them as nutrients. [25]

Flash pyrolysis, on the other hand, has the potential to provide an advantage in the production of solid, liquid and gaseous fuels that can yield up to 75% bio-oil from biomass. However, there are limitations due to the poor thermal stability and abrasiveness of the oil, the solids in the oil (impurities) and the increase in viscosity over time due to the catalytic effect of the coal, the concentrated alkali and oil solubility in coal, and the production of pyrolytic water.

The main components of biomass (from plant production) are cellulose, hemicellulose and lignin. The molecular structures of the components differ from each other, these differences depend on the heating rate, temperature and pollutant (impurity) concentration. These three components have different physicochemical properties and directly affect the output products. For example, pyrolysis of high lignin-containing biomass can produce better bio-oil yield. (Percentage rates and physicochemical properties for some wastes are given in Table 4.4 and Table 4.5.)

5.1.3 Gasification

It is the process of converting biomass to gaseous fuel by heating it in a gasification medium in the presence of air, oxygen or steam. The gasification process converts the intrinsic chemical energy of the carbon in the biomass into a combustible gas in two stages, unlike the combustion process in which the oxidation is carried out in only one step. The quality of the produced gas can be standardized and its use is more advantageous than the original biomass. It can be used to power gas engines and gas turbines, or it can be used as a substrate to produce liquid fuels.

Gasification of fossil fuels is more common for the production of synthetic gases than non-fossil fuels such as biomass. In essence, gasification processes are the process of converting a potential fuel from one form to another. There are three main reasons for such a transformation. [34]

To increase the heating value of the fuel by eliminating the non-combustible (non-calorific value or non-fuel) components such as nitrogen and water. To remove sulfur and nitrogen from the fuel so that sulfur and nitrogen emissions during combustion do not occur. To reduce the carbon-hydrogen ratio by mass in the fuel. [35]

At the same time, gasification and pyrolysis processes reduce the relative hydrogen content of the product directly by exposing it to hydrogen under high pressure and by adding an intermediate product and exposing it to steam at high temperature and pressure (steam reformation), or indirectly by reduction of carbon with solid char or by pyrolysis method, or by converting it to CO_2 gas. is to increase. The higher the hydrogen content of a fuel, the lower its evaporation temperature and the higher the probability that the fuel will be gaseous. [34]

Gasification of biomass also involves removing oxygen from the fuel to increase its energy density. For example, a typical biomass has about 40 to 60% oxygen by weight, but a useful fuel gas contains only a small percentage of oxygen. Oxygen is removed from the biomass by dehydration or decarboxylation. The second process, which rejects oxygen through CO_2 , increases the H/C ratio of the fuel, resulting in fewer greenhouse gas emissions when burned. [34]

Table 5.3 shows a comparison of the physicochemical methods used for energy conversion of biomass.

Table 5. 3 Difference between combustion, pyrolysis and gasification processes [24]

Incineration	pyrolysis	Gazifikayson
The raw material is completely burned with excess air or oxygen and hot combustion gases are produced. The heat generated during combustion is the final product and is used to convert it into power in boilers for steam production. Hot combustion gases mainly consist of CO_2 , water vapor and nitrogen.	No air or oxygen is allowed in the reactor with the raw material, and the ultimate goal is to produce liquids (bio-oil) for further upgrading as fuel, a small amount of coal, and syngas. Most of the energy in the starting feedstock is concentrated in a liquid, which is a complex mixture of more than 300 compounds. Compared to crude oil, it has a red-brown appearance with high acidity or low pH, high viscosity and lower calorific value. It is a mixture of organic compounds such as carboxylic acids, alcohols, aldehydes, esters, ketones, sugars, phenols, guaiacols, syringol, furans, terpenes and other minor compounds. Bio-oil can be used as a fuel in diesel engines with some modifications or after mixing with conventional diesel or as a fuel in furnaces; oil-fired boilers; and turbines. Due to the properties of bio-oil, some improvements are required to enable its applications as liquid fuels.	The raw material is partially combusted with limited oxygen or air, producing fuel gas (syngas) with a calorific value greater than 4 MJ/m^3 . This syngas is then further cleaned for other uses in boilers, engines, turbines, fuel cells and chemical synthesis. It consists mainly of CO , CO_2 , water vapor, hydrogen, nitrogen and C_2H_n gases in varying concentrations. Syngas (CO and H_2) is a precursor for the production of liquid fuels through the Fischer-Tropsch (FT) synthesis process. The gaseous product from gasification can be used in many different ways, such as in heating applications (ovens, boilers), power. Applications (gas engines, integrated gasification combined cycle (IGCC)) or chemical synthesis via catalyst reactions to produce ammonia, hydrogen, FT hydrocarbons and methanol.

5.2 Biochemical Processes

Biochemical conversion of biomass involves the use of microorganisms and enzymes to break down biomass into gaseous or liquid fuels such as biogas or bioethanol. The most popular biochemical conversion processes are anaerobic fermentation (also called biomethanization). In anaerobic digestion, organic material is broken down through the metabolic pathways of naturally occurring microbes in an oxygen-deficient atmosphere. Biomass wastes can also be used to produce liquid fuels such as cellulosic ethanol, which can be used as a substitute for petroleum-based fuels. [35]

5.2.1 Anaerobic Digestion

The process of decomposition of organic matter by microorganisms in an oxygen-free environment is defined as anaerobic digestion. As a result of the process, digestate is a biomass that is in fluid and/or solid phase depending on the process type that has become biologically stable and contains nutrients, it is a material with a high potential to transform into organic fertilizer. - And biogas is formed.

The biogas content consists of 50-75% by volume of methane and 25-50% by volume of carbon dioxide. In addition, biogas also contains small amounts of hydrogen, hydrogen sulfide, ammonia and traces of other gases. The gas ratios in the biogas are mainly determined by the type of biomass used, the fermentation process and different technical applications. The biogas formation process takes place in many stages. In the meantime, in order for the whole process to develop in a way that does not cause any negativity, it is necessary for the individual decomposition stages to continue in harmony with each other and a stable environment should be created. [36]

Biogas basically has an important calorific value depending on the methane concentration it contains by volume. The biogas formed is converted into heat and electrical energy in combined heat and power engines (CHP engines) after passing through the gas treatment system or systems. Heat energy creates many different and advantageous application opportunities, from the heat requirement in agricultural and industrial activities in the region to central heating systems.

For biogas plants, the biochemical properties of the product mix (menu) and their analysis are important, as well as the continuous and ongoing processes in the bio reactor are of great importance in the analysis. [36]

In addition to the basic process parameters such as the constant temperature of the reactor (design, sacrophilic, mesophilic and thermophilic), pH value, organic matter load, it is also important to control the balance of trace elements, the carbon nitrogen ratio, as well as the balance of nutrients such as phosphorus and sulfur. Many biochemical parameters such as the substance to be fed into the system, particle size/physical state, biodegradability, biogas production potential, harmful substance content, nutrient content, organic inorganic substance ratios are important. [36]

Due to these defined process components and biomass properties, biogas plants are technology/investments that must be precisely monitored with laboratory analyzes and process control equipment in order to have a stable and efficient operation.

If these follow-ups are not followed, the process can lead to unsustainable results, both technically and economically, such as the collapse of the process in the reactors, the formation of not fully decayed material at the end of the process, and the formation of biogas with low methane content.

Digestate, which has not been fully biologically stabilized (decomposition), continues to emit methane gas and intermediate products formed as a result of ongoing biological decomposition. For these reasons, climate change caused by greenhouse gas emissions can both increase the footprint and cause soil pollution, surface and groundwater pollution.

For these reasons, it is important to plan and operate biogas plants under modern engineering control of a certain size.

It is a raw material that has a good biological stabilization, digestate (processed biomass), nutrient content and high potential to be converted into organic fertilizer due to its structure, has economic value and will contribute to sustainable agriculture. For this reason, besides being a facility that only produces energy, they are systems that support material cycles and therefore complete cyclical agriculture and have many advantages in waste disposal.

The biomass properties defined in the third section form the basis of the design parameters, however, the biomass supply chain, biomass diversity are the other criteria affecting the design.

Table 5. 4 Methane production potentials for different biomasses [36]

Biomass	Methane Production Potential (Nm ³ CH ₄ /tVS)
barley straw	226.4
corn stalk	80-157.3
Leaf	47-75
Sweetcorn	418
rice husk	302
Sorghum	286-319
Sugar cane	278
sunflower stalk	231-297
switchgrass	125
wheat straw	130-290

5.2.2 Fermentation

Fermentation is used on a commercial scale to produce ethanol from different types of raw materials [35]. Sugar crops, starch crops and lignocellulosic biomass are used as raw materials. After the fermentable sugar in the structure of the biomass is released, it is converted into ethanol with the help of yeast. The ethanol is purified using the distillation process. This step is energy intensive and produces approximately 450 L of ethanol per ton of dry corn. The solid residue from the fermentation process can be used as animal feed. In the case of sugar cane, the pulp can be used as fuel for boilers or for subsequent gasification [36]. The conversion of lignocellulosic biomass to ethanol is more difficult due to the presence of polysaccharide molecules. This difficulty is due to its lignocellulosic nature, the sugars obtained must be pre-treated by acid or enzymatic hydrolysis before being converted to ethanol. Such hydrolysis methods are currently in the pilot phase. [26]

The biochemical production of ethanol mainly consists of four stages: hydrolysis, fermentation, distillation and dehydration. The biodegradation of biomass begins during the hydrolysis of complex compounds into simple compounds that are readily available for the fermentation step. This natural pathway is driven by microbes that ferment sugars into ethanol, lactic acid or other end products, depending on both the operating conditions and the raw material. [26]

The success of the bioethanol production process requires combining the most suitable options at each step [39]. As a biological process, bioethanol fermentation is dependent on many factors. These include pH, oxygen and temperature, which significantly affect the specific growth rate. The specific fermentation rate, sugar uptake rate, and viability of cell populations are directly related to the desired environmental condition [37]. Similarly, both process configuration and yeast strain greatly influence fermentation yields as well as substrate properties [26].

Resources

[26] Bajpai, P. (n.d.). Biomass to Energy Conversion Technologies The Road to Commercialization.

[27] Frassoldati, A.; Migliavacca, G.; Crippa, T.; Velata, F.; Faravelli, T.; Ranzi, E. Detailed Kinetic Modeling of Thermal Degradation of Biomasses. In Proceeding of the 29th Meeting on Combustion, Napoli, Italia, September 2006.

[28] van Loo, S., Koppejan, J. (Eds.), 2003. Handbook of Biomass Combustion and Co-firing. Twente University Press, The Netherlands.

[29] Thornley, P.; Upham, P.; Huang, Y.; Rezvani, S.; Brammer, J.; Rogers, J. Integrated assessment of bioelectricity technology options. Energy Policy 2009, 37,890–903.

[30] Somerville, C. Energy from Biomass; Workshop Presentation for the Inter Academy Council Study Report; Lighting the Way: Towards Sustainable Energy Future; IAC: Amsterdam, The Netherlands, 2005

[31] Grønli, M.G.; Varhegyi, G.; Blassi, C.D. Thermogravimetric analysis and devolatilization kinetics of wood. Ind. Eng. Chem. Res. 2002, 41, 4201–4208.

[32] Fisher, T.; Hajaligol, M.; Waymack, B.; Kellogg, D. Pyrolysis behaviour and kinetics of biomass derived materials. J. Appl. Pyrolysis 2002, 62, 331–349.

[33] Balat, M.; Balat, M.; Kirtay, E.; Balat, H. Main routes for the thermo-conversion of biomass into fuels and chemicals. Part 1: Pyrolysis systems. Energy Conv. Manag. 2009, 50, 3147–3157.

[34] Design, P. (n.d.). Biomass Gasification and Pyrolysis.

[35] <https://www.bioenergyconsult.com/biochemical-conversion-technologies/>

[36] Türk-Alman Biyogaz Projesi, Biyogaz Kılavuzu, Nachwachsende, F. (n.d.). *Biyogaz Kılavuzu Üretimden kullanıma*, 2010

[37] Lin, M. Y., & Tanaka, S. 2006. Ethanol fermentation from biomass resources : current state and prospects. 627–642. <https://doi.org/10.1007/s00253-005-0229-x>

[38] Demirbas, A. 2009. Energy Sources , Part B Global Renewable Energy Projections. 7249. <https://doi.org/10.1080/15567240701620499>

[39] Saxena, R. C. Ā., Adhikari, D. K., & Goyal, H. B. 2009. Biomass-based energy fuel through biochemical routes : A review. 13, 167–178. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.07.011>

6 Results

Energy conversion from biomass is a promising environmentally friendly renewable energy source in the context of current energy scenarios. Although energy production using renewable energy sources continues to increase proportionally, the current global energy supply is still largely based on fossil fuels (oil, natural gas, coal) with limited reserves. Considering the increasing world population, the increase in energy consumption per capita and the effects of global warming, the need for long-term alternative energy sources is obvious. For this triple crisis facing the depletion of fossil fuels, environmental pollution and climate change pressure, energy planning and technology development are becoming an important public agenda of developed and developing countries.

The importance of renewable energy sources and the potential for scientific innovation are emphasized in the processes that started with the European Union, the Kyoto Protocol in 2002, continued with the 2015 Paris Climate Agreement, and continued with the COP26 meetings, in order to take measures against greenhouse gas emissions and determine strategies. Unfortunately, each of these processes are processes within the framework of goodwill, it is clear that these processes without sanctions are ineffective, they cannot go beyond populist approaches and do not focus on real problems. The biggest indicator of this is the fact that the agreed targets have not been reached, and that many parties have not even been approached. It is the green agreement that is different from these processes and creates an economic risk/opportunity dilemma for countries like Turkey.

The fact that the 2007 Nobel Peace Prize has been awarded to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and Al Gore and continues to be given to the work done in this field reveals the importance of the climate change problem in terms of its reflections in the scientific community.

However, while the knowledge, experience and contributions of experts and scientists who have knowledge of the subject are a matter of debate, the effectiveness of policies created in climate - energy and sustainability processes, while the use of this serious risk for different purposes under the influence of populist approaches, *climate change*, which constitutes 27.5% of the 2022 global risks. This constitutes the main reason for the failure of the World Economic Forum (World Economic Forum).

The main focus of policies to be developed on the axis of climate change and energy is to reduce the climate change footprints of sectors and make resource use more effective and efficient. However, targeting cyclicality and planning energy efficient systems are other important concepts.

While these plans are being made, strategies should be developed together with their sub-sectors without any disconnection between the sectors. The work done in one sector should not disrupt the cyclicality of another sector. The plans of the sectors

should be complementary and holistic at a high scale, the climate change footprint should be low, neutral if possible, and resource use should be efficient.

Strategies and policies need to be developed in order to achieve targets that include the same approaches in plant production processes, which are the sub-components of agriculture. These should cover different and various focal points such as reduction of water footprint used in agriculture, energy efficiency, reduction of chemical use, use of organic fertilizers, renewable energy conversions of biomass, change in crop production methods and products under the influence of climate change.

Within the scope of the report, the current situation of plant production wastes has been revealed and the evaluation options as biomass energy have been discussed. The focus is on identifying needs and components so that planning can be done and a systemic approach can be put forward. The effects of agriculture on climate change have been examined. In the following sections, plant production types in Turkey, their amount and distribution according to the provinces were examined and the relation between plant production and waste was established.

By introducing a waste definition/biomass definition; In this definition, it is made in such a way that the substance included in the scope of waste does not affect other activities (such as the use of animal feed, the amount used for the needs of the soil).

As a result of this relationship, it has been determined that 143 different types of products are produced, 90 of them produce waste in accordance with the definition of waste, and there are 36 products that produce over 100 thousand tons of waste annually. It has been revealed that 18 products, which are considered as the main waste generating products, produce 500 thousand tons and more waste (approximately, each of them is close to the amount of domestic solid waste produced by a big city). Of these 18 products, wheat produces 20 million tons, corn (grain) 6.8 million and barley 5.6 million tons of waste.

In the study, although a relationship was established on the basis of product as a potential to create waste with plant product production, a linear link could not be established between total product type and waste production on a provincial basis. The main reason for this is that the waste generation potential of the product varies greatly from product to product or according to the intended use of the product. As an example, 2 of the 5 products with the highest production (alfalfa and silage corn produced for animal feed) are considered to be 0 waste. For these reasons, the definition of waste gains importance.

If, outside the scope of the project, our analysis point was not the waste-energy axis, but the climate change – drought or climate change – water footprint study, these two neglected products would be in the focus of the study this time.

As given in this example, the presence-absence and analysis of data form the basis of these studies.

In the second stage, the distribution of waste generation by regions was examined. The definition of the region is defined by the provincial borders. The number of provinces with an annual waste production of more than 1 million tons has been determined as 22. It is seen that the total waste produced by 36 provinces that produce the least waste is equivalent to Konya, which is the province that produces the most waste. When we look at the production type and waste relationship of the 22 provinces that produce the most waste, although there are basically similarities, this difference, which also includes different types of production due to geographical and economic conditions, causes regional divergences.

The results of these two analyzes show that: The regional analysis should be handled outside the administrative structure by dividing it into smaller components, district borders or neighborhood borders, basin-specific or according to the production types spreading to the basins.

There may be situations where a planning covering the neighboring districts of two different provinces should be developed. This situation may lead to some difficulties in terms of administrative management and provincial organizations in terms of administrative and job descriptions. 1- February 3, 2022 The Energy Journey of Biomass is one of the topics discussed at the Workshop.

Apart from this, another limiting factor is the existence and accessibility of waste. Vegetable production wastes are formed in high tons in a short period of 10-15 days per year during the harvest period and must be removed from the planting area. Supply chain components such as access, transportation and storage constitute the second critical pillar of planning.

The third critical pillar is the determination of the energy conversion strategy of biomass according to regional needs. If the focus is on energy generation, while focusing on biomass combustion plants, if the focus will be on reducing the use of inorganic fertilizers and increasing the use of organic fertilizers, then a planning should be made in the focus of biogas plants.

The most ideal state of the planning processes is the examination and application of all technologies as a mix with multidimensional approaches.

When the current situation of the plants for obtaining energy from biomass is analyzed as of 2022, the share of biomass plants in the total installed power is 1.7% in line with the data of TEİAŞ January 2022 report. The share of renewable energy in the total installed power is 3.7%. Although a wide range of resources are included in the definition of biomass energy facilities, from the energy conversion of the landfill gas formed during the storage of domestic wastes to the conversion of forest wastes into energy using incineration processes, its share in the total electrical energy production remains very low.

In line with the data in the 2022 RES list published within the scope of YEKDEM, the total number of biomass facilities is 293, approximately one third of which is biogas facility, one third is energy generation facility from landfill gas, and the rest is incineration and pyrolysis facilities. In addition, there are nearly 100 unlicensed facilities. There are over 20 different definitions under the main facility type classification in the RES List. While most of these descriptions are the same, almost all descriptions do not correctly define the type of facility. The same problem is encountered in the Environmental Impact Assessment Report processes and other practices of the Ministry of Environment. This reveals that the concept of biomass is not well understood by the ministries, especially in technical terms.

On the axis of the current potential and the use of this potential, it is seen that the raw potential for incineration is 295 million MWe and the economic potential is 17.4 million MWe (agricultural and horticultural) in terms of biomass originating from plant production, in the axis of BEPA and KTAE studies. In some institutions and non-scientific publications, this potential is passed as 70.0 million MWe. On the other hand, the installed power capacity of a total of 293 facilities is 2266 MWe.

Considering the example of Germany, it is estimated that the number of biogas plants based on agriculture (including livestock wastes and plant production wastes and energy crops) is around 10 thousand. It is estimated that Turkey's biogas and biomass potential is above Germany's.

2018 and 2019 RES lists, it is seen that there is a big difference between the installed power and the electricity produced in almost all of the biogas plants. The reasons for this are due to factors such as not making the right feasibility, problems in the transition to full production capacity, not reaching the waste or not planning this process well, not creating a stable operating conditions or bad process engineering, mistakes made during plant design and construction.

Even though there seems to be a negative picture in the light of this information, this picture presents an important opportunity and sheds light on a great potential. Currently, we are going through a period in which the pains of a newly formed sector are experienced. These investments, made with a good planning and sound policy, will make a great contribution to the country's economy by adding positive effects to many sectors. This table has been revealed in the SWOT analysis, in which the current situation is examined in the chapter. The analysis has been created by examining national and international scientific studies and developments that have been made before.⁴The outputs that were discussed and mentioned in the Energy

4 Scientific studies examined while performing SWOT analysis, Major studies examined are Celiktaş et al. 2009, Benmayor, 2008, Kaygusuz and Sari, 2003, Hassan, 200, C Mitchell , et al. 2008, J West et al. 2010.

Non-scientific news published on the internet, interviews (Haber newspaper 2020, etc.), statements of NGOs (TEMA and Ecology Union, etc.), chambers' statements (TMMOB), surveys to measure environmental awareness (KONDA, 2020, etc.) were also examined.

Journey of Biomass Workshop held between 1 and 3 February 2022 were transferred to this analysis.

The analysis was analyzed in 4 different dimensions, namely Agricultural-Energy-Environmental Policies (Table 6.1), Sector and Market Dimension (Table 6.2), Technology - Infrastructure - Human Resources Dimension (Table 6.3) and Socio-Economic Dimension (Table 6.4).

In the evaluation made on the axis of agriculture-energy-environmental policies (Table 6.1), reduction of greenhouse gas emissions (CH_4 - NO_x), support of circular economy models, sustainable, clean and safe energy, low carbon, agricultural policies with water footprints were discussed as strengths. While these components are discussed in the study, especially in Chapter 2, it is also revealed that it is compatible with the targets of reducing greenhouse gas emissions, which is one of the goals of the project.

In the weak aspects, the disadvantage of the incentive system compared to the previous period (pricing for the electricity produced per unit) and being a rigid incentive mechanism (independent from regional or other socio-economic and strategic parameters) come to the fore. The inability of stakeholders to take part in policy development processes together constitutes one of the main reasons for the lack of coordination and planning.

The concept that stands out in the opportunities is the processes that come and will come with the green agreement. With this adaptation process, it is foreseen that the sectors related to agriculture will be more participatory in the process, and the energy conversion of biomass will take a major place in their investment plans.

The fact that the investment initiation process can extend from at least two years to an indefinite period, the changes in regulations during the investment process, the absence or scarcity of experts on the subject in the public sector come to the fore. 1- February 3, 2022 In the Workshop on the Energy Journey of Biomass, the most emphasized issues were the contradictions and gray points of the regulations. This issue should be covered by more than one ministries (TC Ministry of Agriculture and Forestry, TR Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change, Ministry of Energy and Natural Resources) and the negative effects of this multiple authority structure on the process and the sector should be eliminated by examining.

In addition to these, it is seen that the scarcity of biomass power plant investments, as well as wind power plants and solar power plant investments, remain weak in terms of sector perception and orientation, planning and strategic orientation, and the emphasis on wind energy and solar energy comes to the fore in the policies and projects produced.

In the light of all these components, Turkey needs to quickly establish a low-carbon agricultural transformation policy. The multidimensional nature of biomass

energy conversions (such as waste disposal, circular agriculture, energy, and environment) plays a key role in the implementation of these policies.

Table 6. 1 Biomass sector analysis on the axis of agriculture, energy and environmental policies

Agriculture - Energy - Environmental Policies Axis	
Strong	<ul style="list-style-type: none"> • Reducing greenhouse gas emissions, (CH₄-NO_x) • Supporting circular economy models • Sustainable, clean and safe energy • Low carbon, water footprint agricultural policies ¹
Weak	<ul style="list-style-type: none"> • Energy investment policies ² • Renewable energy incentives ³ • Hybrid technologies and incentive mechanism ⁴ • Disconnection between industry stakeholders academia-public-private sector • Lack of coordination and planning
Opportunity	<ul style="list-style-type: none"> • Reducing dependency on fossil fuels • Decrease in dependence on foreign energy • Reducing the use of inorganic fertilizers • Compliance with EU and international processes • Compliance with the green accord • sustainable agriculture
Threatening	<ul style="list-style-type: none"> • Length of permit and license periods • Lack of long-term and stable policy • Deficiencies of local and central governments in planning • Contradictions between regulations • Gray dots in regulations

1 Norse, D. (2012). Low carbon agriculture: Objectives and policy pathways.

2 One-dimensional renewable energy policies (focusing on solar and wind)

3 YEKDEM incentives being lower than the previous period, implementation of incentive mechanism for all biomass facilities, lack of regional incentives etc.

4 Incentives for hybrid technologies/investments need to be developed.

Sector and market size analysis has been examined by taking into account its dynamics and components (Table 6.2). Among the strengths, it is emphasized that by-products are key for the realization of sustainable agriculture and other components, while the development of technology and the continuation of this development, and the increase in energy conversion efficiency in the equipment used, and the increase in efficiency.

As the weaknesses, the acquisition of raw materials and regulatory gaps at this point are an important determining factor in investment, while it is the main factor

that creates fragility in competitive conditions. Access to financial resources and its burden are increasing in the current conditions.

Improper technology transfer, lack of engineering approaches and weakness of process engineering are the biggest threats. The lack of a complete sector is among the important factors for the progress of the process in financial and administrative risks.

In addition to these, it is an important factor that the number of agriculture and agro-industry cooperatives and energy investors' joint structures is low and the model is not developed. In particular, it can prevent the problems experienced on the side of waste supply. In investment processes, problems arise due to regional agglomerations due to reasons such as leaving the entire planning process to the investor (from the zoning plan to the selection of the location and region) and the lack of fair competition conditions. We can define this situation as the limiting effect of the raw material source narrowing the competition conditions.

It is defined in the laws that most of the biomass is also a waste and is the responsibility of the producer. The processes related to this need to be improved by the relevant ministry. The unregistered waste trade (especially the buying and selling of waste of animal origin for money), which was also discussed in the previous sections, poses an economic obstacle to investments. Another definition of this situation is that money is paid for waste and transportation costs are borne by the biomass plant.

When we look at the sectoral dimension, it is seen that the NACE code definition used to define sectors and sub-sectors is not for the biomass sector. Only codes 16.29.90 and 20.59.13 have a designation for the manufacture of fuel billets and pellets and for biofuels.

Table 6. 2 Analysis of biomass sector and market size

Industry and Market Size	
Strong	<ul style="list-style-type: none"> • Increasing efficiency in renewable energy technologies • The driver of climate change pressure • By-products (fertilizer, waste heat) ¹
Weak	<ul style="list-style-type: none"> • Renewable energy incentives ² • Industry components communication and collaboration ³ • Weakness/weight of the financial resource • Vulnerability to competitive pressures ^{4,5} • Difficulty in finding, reaching, acquiring raw materials ^{6,7,8}
Opportunity	<ul style="list-style-type: none"> • Contribution to sustainable development models • Effective use of resources • carbon exchange • Organic fertilizer production • green consensus • Return/transition to central heating systems
Threatening	<ul style="list-style-type: none"> • R&D and lack of knowledge • natural gas deals • Mistakes made in the previous YEK period • Financial recession and instability • policy indecision • Lack of fair competition conditions • Lack of technical and engineering approach • The sector is not formed ⁹

1 Norse, D. (2012). Low carbon agriculture: Objectives and policy pathways

2 YEKDEM incentives being lower than the previous period, implementation of incentive mechanism for all biomass facilities, lack of regional incentives etc.

3 The number of agriculture and agro-industry cooperatives and energy investors' joint structures is underdeveloped and the number is very low.

4 The emergence of problems due to regional agglomerations due to reasons such as leaving the entire planning process to the investor and the lack of fair competition conditions.

5 The limiting effect of the raw material source narrows the competition conditions.

6 It is defined in the laws that most of the biomass is also a waste and is the responsibility of the producer. The necessity of improving the related processes by the relevant ministry.

7 Unregistered waste trade (especially the buying and selling of waste of animal origin for money)

8 Frequent situations where money is paid for waste and transportation costs are borne by the biomass plant.

9 The NACE code definition used to define sectors and sub-sectors is not available for the biomass sector, only codes 16.29.90 and 20.59.13 are available for the manufacture of fuel billets and pellets and for biofuels.

In the dimension of technology-infrastructure-human resources (Table 6.3), the breadth of the research and development area, the diversity of raw materials, the excess amount and the spread of this are the strengths.

Errors made in the quality and management of human resources have an impact on all sectors. It is inevitable that the impact of these reflections will be great in an area that is newly restructured and whose dynamics are not fully defined.

Table 6. 3 Technology, infrastructure, human resources dimension analysis

Technology – Infrastructure – Human Resources Dimension	
Strong	<ul style="list-style-type: none"> • Breadth of Research and Development Areas • Investment area and breadth of raw material resources
Weak	<ul style="list-style-type: none"> • Lack of qualified human resources • Lack of sectoral development of the concept of qualified human resources • Weakness of government support for research and development • The deficiencies and errors of academic infrastructure and academic human resources management
Opportunity	<ul style="list-style-type: none"> • The breadth of new research and development opportunities • Correct employment of technical and qualified workforce.
Threatening	<ul style="list-style-type: none"> • Lack of information • lack of experience • political instability • Lack of managerial depth and talent

Socio-Economic dimension (Table 6.4) will be efficient and sustainable investments if the facilities to be built are of a certain size and developed as engineering projects. Policies developed with this perspective will only create a qualified workforce in rural areas. It will have a positive impact not only on the direct direction but also on all socio-economic processes in the region. It is foreseen that demographic vulnerabilities will create an opportunity to solve major problems such as migration. Thus, it is expected to contribute to the increase of welfare in many parts of the society.

As in other components, similar weaknesses and threats also affect the socio-economic dimension. Differently, the discourses of civil society and professional chambers, which are far from being scientific and negatively affect the process, are frequently featured in the written, visual and digital media. It is possible to see these reflections in the processes of environmental lawsuits and the ideas put forward. It is possible to conclude that we are dealing with a conscious but ignorant/misinformed

civil society. This is also revealed in the surveys and researches conducted on the axis of environmental pollution and climate change, as an example from a study, 75.7% of the participants answered the multiple-choice question “What should Turkey do against climate change” as “Green areas should be protected”. It reaches 86% among university graduates (KONDA 2020). This constitutes the biggest risk/threat faced in socio-economic dimension. The sectoral effects of climate change are clearly evident in Chapter 2 of the report. From the largest source to the smallest footprint reduction strategies and policies will be the most accurate method in combating climate change.

Table 6. 4 Socio-economic impact analysis of the biomass sector

Socio-Economic Dimension	
Strong	<ul style="list-style-type: none"> • Prevention of migration • Contribution to qualified workforce • Decreased unemployment • Contribution to economic development • Rural development and strengthening of planning
Weak	<ul style="list-style-type: none"> • Weakness of state support • Ineffective climate change policies. • Non-profit organizations and professional associations do not have a climate action strategy or are far from being scientific and accurate • Inappropriate investment costs
Opportunity	<ul style="list-style-type: none"> • Sustainable environment and public health • Conservation of the environment and natural resources • Development of demographic structure
Threatening	<ul style="list-style-type: none"> • political instability • Lack of interest and opposition of environmental non-profit organizations and some professional associations ^{1,2,3} • Sensitive but insufficiently informed public awareness ³ • Environmental litigation ¹

1 Environmental lawsuits filed, institutions that are parties and their claims.

2 Press releases, reports and statements made during the litigation processes of the members of the board of directors of the relevant institutions.

3 Statements in the printed and digital media, especially the Perception of Climate Change and Environmental Problems in Turkey, KONDA, 2020 study.

In the report, the current situation was determined by evaluating in terms of climate change-vegetable waste-energy. One of the reasons for starting from the data

before 2019 is to reveal the situation before the COVID 19 epidemic. The current situation in Turkey regarding the country's economy and production components of agriculture and the energy conversion of biomass has been examined and a general situation determination has been made by summarizing the study with SWOT analysis.

In the current situation, it is clear that renewable energy policies are developed unidirectionally (on a solar and wind-weighted axis), and the energy conversion of biomass, which has a great potential, remains weak. It is seen that the sectoral dynamics are not fully formed and are fragile. For this reason, the definitions/indicators created are handled to create a process rather than a process management.

Some definitions (indicators) and/or criteria will be needed when planning energy conversion policies of biomass. The purpose of these definitions is to draw the boundaries of the concepts and make them understandable and related to each other in process management.

Definitions

A) Data presence and analysis

- Definition

It includes data from crop production (GIS data, product-waste, etc.), product waste and biomass characteristics. Processing this data, classifying it and making it meaningful for planning.

- Analysis, digitization

The obtained data should be analyzed, associated with concepts, digitized (as in equation 1, 2, 3). Models and coefficients (such as waste generation potential, waste accessibility coefficient) should be defined and determined.

- Vehicles

It covers many components from analysis programs required for data acquisition, analysis and access, to measuring devices, from pilot plants to portal(s) to be created for data access. The infrastructure to be established should be flexible, up-to-date and accessible.

B) Presence of biomass

- Definition

Examination of waste as an asset depending on the region and production type. Identification of its type and source.

- Analysis of Region/Regions

Socio-economic, infrastructure and agricultural product pattern etc. Identifying data and criteria for examining, classifying and describing regions from different perspectives.

C) Identification of Source and Establishment of Potential Relationship

- Definition

Determining the usable part according to technology and application types by establishing a correlation between the amount of biomass and the data affecting the energy conversion of that amount.

D) Zone Identification and Classification

- Definition

Establishment of strategic regions within the scope of biomass amount, production type, accessibility and other concepts.

- Administration and Administrative Processes

Identification of administrative and administrative processes according to the regions created

E) Determination of Energy Conversion Technology and Life Cycle Analysis of the Technology

- Definition

Technology/method selection and examination of the best method by making life cycle analyzes of selected technologies and technologies.

F) Sustainability Dimension

- Definition

Analyzing the strength of the chosen method and the strategy created under the influences such as socio-economic and climate change and determining the risks.

- Tracing

All these analyzes are carried out continuously at certain periods during the year and kept up-to-date by repeating them.

G) Policy Development

- Definition

Establishing regional policies by examining previous steps and other related processes (with data from the food industry, livestock and biomass).

- Establishment of regulations

- Identifying incentives

The energy conversion of biomass originating from plant production can be thought of as the meeting of a simple and plain biomass and an energy facility. For

this, it is necessary to establish a link between the two factors. The definition of this link will shape both the biomass side and the power plant side. It will define all processes, from the priority of the waste to be classified and evaluated on the biomass side, to the facility size, process type, and the evaluation method of the final product on the energy side.

The conversion of biomass to energy has the potential to be one of the main/carryer sectors, not supportive, for Turkey, therefore, policies to be developed should be focused on this focus. Planning and investments should be developed as economically sustainable business models with an engineering approach. Models to be taken as examples should be developed based on the approaches of countries with these characteristics.

The 7 concepts described above will help to ensure that this bond is sustainable, that it can be planned in line with regional needs and that strategic goals can be determined in this direction.

Within the scope of the report, these concepts are discussed at a higher scale. In addition to having a very technical and scientific depth, its administrative processes and planning parts contain many details. It is also in direct interaction with socio-economic processes. For this reason, the studies should be carried out from the micro scale to the regional and macro scale in line with the needs.

These studies should not be carried out only in terms of biomass formed by plant production wastes, but with the same point of view, biomass resulting from livestock activities and biomass originating from other agriculture and agricultural industry should be integrated with each other by making them for the food sector.

