



**T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI**

TARIMSAL ATIKLARIN ENERJİ POTANSİYELLERİNİN ÖNGÖRÜLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENES ADIGÜZEL

DANIŞMAN: DOÇ.DR. EZGİ BAYRAKDAR ATEŞ

**YALOVA
EKİM 2024**



T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

TARIMSAL ATIKLARIN ENERJİ POTANESİYELLERİNİN ÖNGÖRÜLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENES ADIGÜZEL
218107002

DANIŞMAN: DOÇ.DR. EZGİ BAYRAKDAR ATEŞ

YALOVA
EKİM 2024

ETİK BEYAN

Yalova Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım “TARIMSAL ATIKLARIN ENERJİ POTANSİYELLERİNİN ÖNGÖRÜLMESİ” başlıklı bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksinin tespiti halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Enes ADIGÜZEL



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca benden yardımlarını esirgemeyen, akademik anlamda bana her zaman destek olan ve doğru yolu gösteren sayın danışman hocam sayın Doç. Dr. Ezgi BAYRAKDAR ATEŞ’e teşekkür ederim. Her zaman yanımda oldukları ve benden desteklerini hiçbir zaman esirgemedikleri için aileme canı gönülden teşekkür ederim.

Ekim – 2024

Enes ADIGÜZEL





İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN	i
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	v
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xv
ABSTRACT	xvii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1 Biyokütle	5
2.2 Biyokütle Enerjisi	6
2.2.1 Biyokütlenin yakılması	8
2.2.2 Biyofuel (biyoyakıt) üretimi	8
2.2.2.1 Biyogaz üretimi.....	10
2.2.2.2 Biyoalkol üretimi	11
2.3 Türkiye’de Biyokütle Enerjisi	11
2.4 Dünya’da Biyokütle Enerjisi	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM	19
3.1 Jamovi.....	19
3.1.1 Jamovi programı arayüzü.....	20
3.1.2 Jamovi veri kurulumu	20
3.1.3 Jamovi doğrusal regresyon analizi.....	20
3.1.4 Doğrusal (linear) regresyon	22
3.2 Öngörülen Tarımsal Ürünlerden Elektrik Enerji Hesaplanması için Formüller...23	
4. SİSTEM TANITIMI	25
4.1 Tarımsal Ürünler.....	27
4.1.1 Buğday	27
4.1.2 Arpa	28
4.1.3 Çavdar.....	28
4.1.4 Mısır.....	29
4.1.5 Tütün	29
4.1.6 Badem	30
4.1.7 Ceviz	31

4.1.8 Ayçiçeği	31
4.1.9 Kiraz.....	32
4.1.10 Kayısı.....	33
4.2 Türkiye'de Yıllara Göre Tarımsal Ürünlerin Üretim Miktarları.....	33
4.3 Tarımsal Ürünleri Etkileyen Faktörler	39
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	45
6.SONUÇLAR VE ÖNERİLER	63
KAYNAKLAR.....	69
EKLER	81
EK-A Buğday, Arpa, Çavdar, Mısır, Ayçiçeği ve Tütünün Yıllara Göre Üretim Miktarı	81
EK-B Badem, Ceviz, Kayısı ve Kirazın Yıllara Göre Üretim Miktarı.....	83
EK-C Buğday, Arpa, Çavdar, Mısır, Ayçiçeği ve Tütünün Yıllara Göre Öngörü Üretim Miktarı.....	85
EK-D Badem, Ceviz, Kayısı ve Kirazın Yıllara Göre Öngörü Üretim Miktarı	86
EK-E Buğday, Arpa, Çavdar, Mısır, Ayçiçeği ve Tütünün Yıllara Göre Öngörülen Üretim Miktarının Atık Miktarı.....	87
EK-F Badem, Ceviz, Kayısı ve Kirazın Yıllara Göre Öngörülen Üretim Miktarının Atık Miktarı	88
EK-G Buğday, Arpa, Çavdar, Mısır, Ayçiçeği ve Tütünün Yıllara Göre Öngörülen Üretim Miktarının Atık Miktarı Kullanılarak Direkt Yakma Sonucu Elde Edilen Elektrik Enerjisi.....	89
EK-H Badem, Ceviz, Kayısı ve Kirazın Yıllara Göre Öngörülen Üretim Miktarının Atık Miktarı Kullanılarak Direkt Yakma Sonucu Elde Edilen Elektrik Enerjisi	90
EK-I Buğday, Arpa, Çavdar, Mısır, Ayçiçeği ve Tütünün Yıllara Göre Öngörülen Üretim Miktarının Atık Miktarı Kullanılarak Biyogaz Üretimi Sonucu Elde Edilen Elektrik Enerjisi.....	91
EK-J Badem, Ceviz, Kayısı ve Kirazın Yıllara Göre Öngörülen Üretim Miktarının Atık Miktarı Kullanılarak Biyogaz Üretimi Sonucu Elde Edilen Elektrik Enerjisi ...	92
ÖZGEÇMİŞ	93

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

SİMGELER

E_{CH_4}	: Metan birim enerji içeriği 36 MJ/m ³
E_m	: Biyogazdan üretilen enerji miktarı (kWh/yıl)
E_{me}	: Biyogazdan elektrik üretimi (MW)
h	: Tesisin yıllık çalışma saati (saat)
H_u	: Alt Isıl Değer (MJ/kg)
K_{bio}	: Toplam katı madde başına tahmini biyogaz üretim miktarı (L/kg UKM)
KM	: Katı Madde Oranı (%)
M_o	: Meta Oranı (%)
η	: Biyometan enerjisinin elektrik dönüşümü %40
$OUKO$	: Ortalama Ürün Kalıntı Oranı (%)
R^2	: Belirtme Katsayısı
UKM	: Uçucu Katı Madde Oranı (%)
UM	: Yıllık Üretim Miktarı (ton)
V_1	: Kullanılabilir Atık Miktarı (ton/saat)
V_{bio}	: Biyogaz üretim miktarı (m ³ /saat)
Q	: Isıl Güç Miktarı (MW)

KISALTMALAR

AIC	: Akaike Bilgi Kriteri
BEPA	: Biyokütle Enerji Potansiyeli Atlası
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CH_4	: Metan
CIMMYT	: Uluslararası Mısır ve Buğday Geliştirme Merkezi
CO_2	: Karbondioksit
$COOH$	: Karboksilik Asitler
H_2	: Hidrojen
KO	: Kullanılabilirlik Oranı
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NH_3	: Amonyak
NO_x	: Azot Oksit
OH	: Hidroksit
RMSE	: Kök Ortalama Kare Hatası
RPR	: Ortalama Ürün Kalıntı Oranı
LHV	: Alt Isıl Değer
TMO	: Toprak Mahsulleri Ofisi
TUIK	: Türkiye İstatistik Kurumu



TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1 Biyokütle kaynaklarının sınıflandırılması [30]	6
Tablo 2.2 Biyokütle dönüşüm teknolojilerinin avantajları ve dezavantajları [38-42]	7
Tablo 2.3 Biyoyakıtların sınıflandırılması [54-56]	9
Tablo 2.3 Biyoyakıtların sınıflandırılması (Devam) [54-56]	10
Tablo 2.4 BEPA - Türkiye'ye ilişkin biyokütle temelli genel bilgiler 2024 [73]	13
Tablo 2.5 Dünya'da biyoyakıt ve atıklardan elektrik üretimi [78]	15
Tablo 2.5 Dünya'da biyoyakıt ve atıklardan elektrik üretimi (Devam) [78]	16
Tablo 2.6 Dünya'da elektrik üretiminde yenilenebilir ve biyokütle enerjileri payı [78]	16
Tablo 2.7 2020 yılında dünyada biyoyakıtlardan ve atıklardan üretilen elektrik miktarı [80].....	17
Tablo 2.7 2020 yılında dünyada biyoyakıtlardan ve atıklardan üretilen elektrik miktarı (Devam) [80]	18
Tablo 4.1 Tarımsal ürünlerin ortalama ürün kalıntı oranı, kullanılabilirlik yüzdesi ve alt ısı değerleri [135-144]	42
Tablo 4.2 Tarımsal ürünlerin katı madde, uçucu katı madde, kg uçucu toplam katı madde başına tahmini biyogaz üretim miktarı, kullanılabilirlik yüzdesi ve metan oranı değerler [145-159]	43
Tablo 5.1 Jamovi programıyla elde edilen denklemlerin R^2 değerleri.....	50
Tablo 5.1 Jamovi programıyla elde edilen denklemlerin R^2 değerleri (Devam).....	51

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1	Biyokütle enerji dönüşüm yöntemleri ve ürünler [36].....	7
Şekil 2.2	Biyogaz üretimi için anaerobik sindirim prosesi [59].....	10
Şekil 2.3	Türkiye’de illere göre biyokütle potansiyel dağılımı [71,72]	12
Şekil 2.4	Biyokütle ve atık ısı enerjisine dayalı kurulu güç miktarı [73,74].....	14
Şekil 2.5	Toplam kurulu güç içerisinde biyokütle ve atık ısı enerjisine dayalı kurulu güç oranı [73,74].....	14
Şekil 3.1	Örnek bir doğrusal regresyon analizi çıktısı	21
Şekil 3.2	Doğrusal regresyonda model katsayısından elde edilen formül	21
Şekil 3.3	Jamovi programı yardımıyla model katsayısı formülü bulunan bir ürünün gelecek yıllardaki öngörü örneği	22
Şekil 4.1	Doğrudan yakma işlemi akış şeması [101]	25
Şekil 4.2	Biyogaz üretimi akış şeması [101].....	26
Şekil 4.3	Türkiye’de buğday üretiminde önemli illerin payları (%) [107]	27
Şekil 4.4	Türkiye’de arpa üretimi [110].....	28
Şekil 4.5	Türkiye’de çavdar üretimi [112]	28
Şekil 4.6	Türkiye’de mısır üretimi [113]	29
Şekil 4.7	Türkiye’deki tütün üretimi [116]	30
Şekil 4.8	Türkiye’deki badem üretimi [113].....	30
Şekil 4.9	Türkiye’deki ceviz üretimi [117]	31
Şekil 4.10	Türkiye’deki ayçiçeği üretimi [113]	32
Şekil 4.11	Türkiye’deki kiraz üretimi [117].....	32
Şekil 4.12	Türkiye’de kayısı üretimi [112]	33
Şekil 4.13	Türkiye’de yıllık buğday üretimi [128-130]	34
Şekil 4.14	Türkiye’de yıllık arpa üretimi [128-130]	34
Şekil 4.15	Türkiye’de yıllık çavdar üretimi [128-130]	35
Şekil 4.16	Türkiye’de yıllık mısır üretimi [128-130].....	35
Şekil 4.17	Türkiye’de yıllık tütün üretimi [128-130].....	36
Şekil 4.18	Türkiye’de yıllık badem üretimi [128-130]	36
Şekil 4.19	Türkiye’de yıllık ceviz üretimi [128-130]	37
Şekil 4.20	Türkiye’de yıllık ayçiçeği üretimi [128-130].....	37
Şekil 4.21	Türkiye’de yıllık kiraz üretimi [128-130]	38
Şekil 4.22	Türkiye’de yıllık kayısı üretimi [128-130]	38
Şekil 4.23	Türkiye’de yıllık yağış ortalaması (mm) [132]	39
Şekil 4.24	Türkiye’de yıllık sıcaklık ortalaması (°C) [132].....	39

Şekil 4.25 Türkiye’de yıllara göre nüfus sayısı (milyon) [131]	40
Şekil 4.26 Türkiye’de yıllık yağış ortalaması öngörüsü (mm) [133]	40
Şekil 4.27 Türkiye’de yıllık sıcaklık ortalaması öngörüsü (°C) [133]	41
Şekil 4.28 Türkiye’de yıllara göre nüfus sayısı öngörüsü [134]	41
Şekil 5.1 Buğday için Jamovi programında elde edilen denklem	45
Şekil 5.2 Arpa için jamovi programında elde edilen denklem	46
Şekil 5.3 Çavdar için jamovi programında elde edilen denklem	46
Şekil 5.4 Mısır için jamovi programında elde edilen denklem	47
Şekil 5.5 Tütün için jamovi programında elde edilen denklem	47
Şekil 5.6 Badem için jamovi programında elde edilen denklem.....	48
Şekil 5.7 Ceviz için jamovi programında elde edilen denklem.....	48
Şekil 5.8 Ayçiçeği için jamovi programında elde edilen denklem	49
Şekil 5.9 Kiraz için jamovi programında elde edilen denklem	49
Şekil 5.10 Kayısı için jamovi programında elde edilen denklem	50
Şekil 5.11 Öngörülen buğday üretim değerleri (ton)	51
Şekil 5.12 Öngörülen arpa üretim değerleri (ton)	52
Şekil 5.13 Öngörülen çavdar üretim değerleri (ton)	52
Şekil 5.14 Öngörülen mısır üretim değerleri (ton).....	53
Şekil 5.15 Öngörülen tütün üretim değerleri (ton).....	53
Şekil 5.16 Öngörülen badem üretim değerleri (ton)	54
Şekil 5.17 Öngörülen ceviz üretim değerleri (ton).....	54
Şekil 5.18 Öngörülen ayçiçeği üretim değerleri (ton).....	55
Şekil 5.19 Öngörülen kiraz üretim değerleri (ton)	55
Şekil 5.20 Öngörülen kayısı üretim değerleri (ton).....	56
Şekil 5.21 Buğdayın gelecek yıllardaki atık miktarı öngörüsü (ton/saat)	56
Şekil 5.22 Arpanın gelecek yıllardaki atık miktarı öngörüsü (ton/saat)	57
Şekil 5.23 Çavdarın gelecek yıllardaki atık miktarı öngörüsü (ton/saat)	57
Şekil 5.24 Mısırın gelecek yıllardaki atık miktarının öngörüsü (ton/saat).....	58
Şekil 5.25 Tütünün gelecek yıllardaki atık miktarının öngörüsü (ton/saat)	58
Şekil 5.26 Bademin gelecek yıllardaki atık miktarının öngörüsü (ton/saat)	59
Şekil 5.27 Cevizin gelecek yıllardaki atık miktarının öngörüsü (ton/saat)	59
Şekil 5.28 Ayçiçeğinin gelecek yıllardaki atık miktarının öngörüsü (ton/saat)	60
Şekil 5.29 Kirazın gelecek yıllardaki atık miktarının öngörüsü (ton/saat)	60
Şekil 5.30 Kayısının gelecek yıllardaki atık miktarının öngörüsü (ton/saat)	61

Şekil 5.31 Tarımsal ürünlerden doğrudan yakma ile elde edilmesi öngörülen elektrik enerjisi miktarı (MW)	61
Şekil 5.32 Öngörülen biyogaz üretim miktarı (m ³ /saat)	62
Şekil 5.33 Tarımsal ürünlerden biyogaz üretimi ile elde edilmesi öngörülen elektrik enerjisi miktarı (MW)	62





TARIMSAL ATIKLARIN ENERJİ POTANSİYELLERİNİN ÖNGÖRÜLMESİ

ÖZET

Sürdürülebilir enerji üretimi ve tedariği ülkelerin enerji üretim politikalarının temelini oluşturmaktadır. Bu üretim politikaları oluşturulurken ilgili enerji kaynağının potansiyelinin öngörülmesi enerji üretim, iletim, dağıtım ve depolama gibi adımlarının da planlanarak her aşamada sürdürülebilirliğin ve kontrolün sağlanmasını kolaylaştırmaktadır. Temiz ve sürdürülebilir enerji üretiminde ülkemiz gibi biyoçeşitlilik potansiyeli yüksek ülkelerde biyokütle ön plana çıkmaktadır. Enerji alanındaki öngörü çalışmalarında yeni nesil enerji teknolojilerinden farklı örneklerle karşılaşılsa da özellikle ülkemiz için biyokütle temelli öngörü çalışmalarının geçmişi çok da eskiye dayanmamaktadır. Bu alanda sektöre yol gösterecek öncü çalışmalara olan ihtiyaç sebebiyle bu tez çalışmasında tarımsal ürünlerle ilgili hem öngörü hem de enerji potansiyellerinin incelenmesi yönünde bir çalışma yapılmıştır. Öncelikle kullanılacak tarımsal ürünler seçilmiştir. Tercih edilen tarımsal ürünlerin yıllara göre üretim miktarları için literatürdeki verileri kullanılmıştır. Daha sonra da tarımsal ürünlerin yıllık üretim miktarlarını etkileyen faktörler uzman görüşü de alınarak belirlenmiştir. Bu faktörlerin yıllara göre değerleri de yine literatürden bulunmuştur. Tüm bağımlı ve bağımsız değişkenler saptandıktan sonra Jamovi programı yardımıyla doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Doğrusal analiz sonucunda önce mevcut yıllar ait bir denklem elde edilmiştir. Elde edilen mevcut denklem yine Jamovi programı yardımıyla fonksiyon oluşturulup gelecek yıllara ait üretim miktarının öngörüsü yapılmıştır. Öngörüsü yapılan üretim miktarı üzerinden gerekli dönüşüm eşitlikleri kullanılarak tarımsal ürünlerin gelecek yıllara ait atık miktarları hesaplanmıştır. Hesaplanan atık miktarları üzerinden direkt yakma hesaplanarak bir enerji potansiyeli elde edilmiştir. Yine aynı şekilde hesaplamalar yapılarak bu sefer biyogaz üretimi için değerler hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda doğrudan yakma işleminin biyogaz üretimi ile karşılaştırıldığında enerji potansiyeli açısından daha verimli olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyokütle, Öngörü, Jamovi, Tarımsal Atık, Enerji Potansiyeli



FORECASTING THE ENERGY POTENTIAL OF AGRICULTURAL WASTES

ABSTRACT

Sustainable energy production and supply constitute the basis of the energy production policies of countries. Predicting the potential of the relevant energy source while creating these production policies facilitates the planning of steps such as energy production, transmission, distribution and storage, and ensuring sustainability and control at every stage. In clean and sustainable energy production, biomass comes to the forefront in countries with high biodiversity potential such as our country. Although different examples of new generation energy technologies are encountered in foresight studies in the field of energy, biomass-based foresight studies, especially for our country, do not date back to a long time. Due to the need for pioneering studies that will guide the sector in this field, in this thesis, a study has been carried out to examine both forecasting and energy potentials of agricultural products. Firstly, the agricultural products to be used were selected. The data in the literature were used for the annual production amounts of the preferred agricultural products. Then, the factors affecting the annual production amounts of agricultural products were determined by taking expert opinion. The values of these factors according to years were also found from the literature. After all dependent and independent variables were determined, linear regression analysis was performed with the help of Jamovi program. As a result of the linear analysis, an equation for the current years was first obtained. The current equation obtained is again formed as a function with the help of Jamovi program and the production amount of the future years is predicted. By using the necessary conversion equations over the predicted production amount, the waste amounts of agricultural products for the next years were calculated. An energy potential was obtained by calculating direct incineration over the calculated waste amounts. Again, calculations were made in the same way and values for biogas production were calculated this time. As a result of the calculations, it was determined that direct incineration would be more efficient in terms of energy potential compared to biogas production.

Keywords: Biomass, Forecasting, Jamovi, Agricultural Waste, Energy Potential



1. GİRİŞ

Dünya nüfusu gün geçtikçe hızla artmaktadır. Hızlı küresel nüfus artışı ve sanayileşme, küresel enerji talebini artırmaktadır [1]. Bu artışlardan dolayı enerji üretimi ve tüketimi arasındaki fark çoğalmaktadır [2]. Günlük yaşamımız en önemli faktörlerden biri olan enerji tarafından şekillenmektedir. Dolayısıyla insanlığın yaşam ihtiyaçları için kaliteli ve kesintisiz bir enerjiye ihtiyacı vardır. Enerji ihtiyacının karşılanmasında fosil kaynaklar ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmaktadır [3,4]

Dünyada ihtiyaç duyulan enerjinin büyük çoğunluğu fosil kaynaklardan sağlanmaktadır [3,4]. Başlıca kullanılan fosil kaynaklar kömür, petrol ve doğalgaz olurken, global enerji üretiminin %60'ı fosil kaynaklardan elde edilmektedir [5]. Ülkemizde ise enerji ihtiyacının %70'i fosil kaynaklardan elde edilmektedir [6]. Enerji ihtiyacının geriye kalanı güneş, rüzgâr, biyokütle, jeotermal, hidroelektrik, hidrojen, dalga ve nükleer enerjiden karşılanmaktadır.

Fosil yakıtların (kömür, petrol, doğalgaz) enerji üretimi amacıyla kullanımının artması sanayi devrimini tetiklemiştir. Bu da dolaylı şekilde teknolojik, ekonomik ve sosyal ilerlemeyi sağlamıştır. Fakat iklim değişikliği üzerindeki olumsuz etkileri de beraberinde getirmiş ve bu etkiler artarak devam etmektedir [7]. Enerji ihtiyacının karşılanmasında büyük payı olmasına rağmen fosil kaynaklar insanlığa ve çevreye birçok zararı vardır [8]. Özellikle atmosfere başta karbondioksit (CO_2) emisyonu olmak üzere insanlığa ve çevreye karşı çeşitli zararlı salınımlara neden olmaktadır. Bu emisyonlar asit yağmurları, ozon tabakasının delinmesi ve küresel ısınma gibi birçok çevresel soruna sebebiyet vermesi nedeniyle doğaya oldukça zararlıdır [9]. Enerji talebinin yüksek bölümünü karşılayan fosil kaynaklar yenilenemez, yani sonlu olarak tanımlanan kaynaklardır [8]. Bundan dolayı fosil kaynaklar her geçen gün azalmakta ve tükenmeye başlamaktadır. Fosil kaynakların tüenecek olması düzenli enerji tedarikinin sağlanamaması riskini artırmaktadır. Mevcut rezervlerdeki azalışın fiyat artışlarına yansımalarının ilerleyen yıllarda belirgin şekilde olması beklenmektedir. Bundan dolayı da enerji arz sıkıntıları yaşanması olası gözükmemektedir. Fosil kaynakların zamanla azalacak olması enerji güvenliği konusunda ciddi kaygılara yol açacaktır [10]. Fosil kaynakların rezervleri incelendiğinde; kömürün 112 yıl, doğalgazın 64 yıl ve petrolün 54 yıllık rezervinin kaldığı öngörülmektedir [11-13].

Ülkelerin temiz ve sürdürülebilir nitelikteki enerji hedefleri arasında fosil kaynaklara göre çok daha düşük oranda çevresel etkilere sahip yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmak vardır [14]. Bundan dolayı yenilenebilir enerji kaynakları fosil kaynakların yerini gün geçtikçe

almaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları; hidroelektrik, jeotermal, güneş, rüzgâr, biyokütle, gel-git, dalga ve hidrojen enerjisi olarak sınıflanmaktadır [15]. Yenilenebilir enerji kaynakları birçok avantajıyla ön plana çıkmaktadır. Başlıca en önemli avantajlarından biri yenilenebilir enerji kaynaklarının zamanla tükenmemesi yani sürdürülebilir olmasıdır. Ayrıca çevre dostu olması ve yerli kaynak kullanımının sağlanması da diğer önemli avantajlarından [16]. Yenilenebilir enerji kaynakları yıllık ortalama olarak %9,8 büyüme oranına sahiptir. Dünya enerji üretimindeki yenilenebilir enerji kaynakları payının 2040 yılına gelindiğinde %16,1 olacağı öngörülmektedir [17,18]. Türkiye’de ise 2022 senesinde üretilen toplam elektriğin; %20,6 hidrolik enerji, %10,8 rüzgar enerjisi, %4,7 güneş enerjisi, %3,3 jeotermal enerjisi, %3,7 diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından, %34,6 kömür ve %22,2 doğalgazdan elde edilmiştir [19].

Artan nüfus ve sanayileşmeyle birlikte gün geçtikçe artan enerji gereksinimini sürdürülebilir, yenilenebilir ve çevre dostu olarak en doğru biçimde karşılayacak olan enerji kaynağına biyokütle enerjisi örnek olarak verilebilir [20]. Biyokütle; yenilenebilir kaynak olması, lokasyon bağımsız yetiştirilebilmesi, kırsal bölgelerde sosyo-ekonomik gelişmelere de yardımcı olması sebebiyle günümüzde önemli bir enerji kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır [21]. Bu yüzden de biyokütle enerji kaynaklarının kullanımı ve gelişimi giderek önem kazanmaktadır [22].

Artan enerji ihtiyacı mevcut ekonomileri de etkilemektedir. Bu noktada hem işletmelerin enerji ihtiyaçlarını karşılamak için geleceği öngörmek istemleri hem de sürdürülebilir kaynak yönetimi ve enerji üretimi için enerji hammaddelerinin öngörülmesi önem arz etmektedir. Bu nedenle öngörü, kısa ve uzun vadeli enerji hedeflerine ulaşmak için kullanacak en önemli araçlardan biri haline gelmiştir. Günümüzde önemi daha fazla kavranan enerji ekonomisinin sürdürülebilir şekilde yönetilmesi, her türlü üretim, iletim, dağıtım ve depolama süreçlerinin teknik ve mali planlamalarının yapılabilmesi, finansal kaynakların doğru bir şekilde dağıtılabilmesi için öngörü yapmak önem arz etmektedir. Ülkelerin ve enerji yöneticilerinin oluşturacakları enerji politikalarının da planlanması ve yönetilebilmesi için de öngörü yapmak gerekmektedir.

Öngörü üzerine yapılan araştırma çalışmaları, mevcut sistemlerin hali hazırdaki durumlarından daha verimli ve etkin kullanılması çalışmaları üzerine odaklanmıştır. Bu bağlamda çalışma yapan A.A Şenocak ve diğ. [23] çeşitli biyokütle kaynaklarının miktarlarını, dağılımlarını, üretim miktarlarını, atık miktarlarını ve enerji potansiyellerini tahmin etmek için destek vektör regresyonu ve coğrafi bilgi sistemleriyle entegre bir yöntem üzerine çalışmıştır. Türkiye'nin Denizli ilinin Acıpayam ilçesinde uygulanan bu yöntemle, tarımsal ve hayvansal atıkların

gelecekteki enerji üretim potansiyelleri hesaplanmıştır. Önerilen senaryolardan biri, kullanılmayan tarım arazilerinde kolza bitkisinin yetiştirilmesi ve bu bitkiden elde edilen atıkların biyoenerji üretiminde kullanılmasıdır. Bu senaryoya göre, üç yıl içinde tarımsal atıklardan %27,6 ila %29,2 arasında enerji artışı sağlanabileceği ve yaklaşık 6545 ila 6972 konutun yıllık elektrik ihtiyacının karşılanabileceği öngörülmüştür.

A. Tryhuba ve diğ. [24] tarımsal atıklardan biyohidrojen üretim projelerinin simülasyon modellemesine dayanan bir araştırma yapmışlardır. Biyohidrojen ve doğal gazın piyasa değer modellerini olasılık teorisi ve matematiksel istatistiklerle doğrulamıştır. 2019'da biyohidrojen üretim projelerinin genellikle kârsız olduğu, maliyetlerin yaklaşık 1,0 \$/kg civarında olduğu ve bu nedenle projelerin yatırımcılar için çekici olmadığı belirlenmiştir. Ancak 2030'dan sonra maliyetlerin düşmesiyle biyohidrojen üretim projelerinin karlı hale gelmesi ve dünya çapında yaygınlaşacağını belirtmişlerdir.

M. Melikoğlu ve diğ. [25] Türkiye'nin 2030 yılına kadar buğday, mısır, pirinç ve patates üretim ve tüketim kayıplarından biyoetanol üretim potansiyellerini tahmin etmek için yeni yarı deneysel modelleme yöntemleri kullanmaktadır. Gerçekleştirdikleri tahminlere göre; buğday için üretim kayıplarından 25,0 milyon ton, tüketim kayıplarından 19,3 milyon ton biyoetanol üretilebilir. Mısır için üretim kayıplarından 6,2 milyon ton, tüketim kayıplarından 1,5 milyon ton biyoetanol üretebileceği, pirinç için üretim kayıplarından 0,6 milyon ton, tüketim kayıplarından 0,8 milyon ton biyoetanol üretilebileceği belirtilmiştir. Patates için üretim kayıplarından 5,5 milyon ton, tüketim kayıplarından 4,7 milyon ton biyoetanol üretebileceği hesaplanmıştır. Ayrıca, 2023 yılında Türkiye'nin bu tahılların üretim ve tüketim kayıplarından toplamda 0,555 milyar litre biyoetanol üretebileceği tahmin edilmektedir. Bu miktarların, Türkiye'nin 2023 yılı potansiyel biyoetanol talebini fazlasıyla karşılayabileceği belirtilmektedir.

Literatür dikkate alınarak planlaması yapılan bu çalışmada tarımsal ürünlerden elde edilecek atıkların enerji potansiyelleri ve üretim miktarları hakkında öngöründe bulunmaktadır. Güncel ve ayrıntılı bilgi sağlayarak, sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak kullanımını açıklanmaktadır. Tarımsal ürünlerden elde edilecek atıkların enerji potansiyellerinin ve üretim miktarlarının öngörülmesi işlemi son yıllarda biyokütlenin önemli bir alternatif olmasıyla daha fazla gündeme gelmektedir. Bu işlemin genel mekanizması ve öngörü için regresyon analizi kullanılarak, tarımsal ürünlerin üretim miktarı oradan da atık miktarı öngörülerek biyogaz üretimi ve doğrudan yakma işlemleri yapılmıştır. Daha sonra da ilgili enerji potansiyellerinin hesaplanacağı bir öngörü çalışması gerçekleştirilmiştir. Literatürde farklı öngörü çalışmaları

sayısında artış olsa da JAMOVİ ‘nin biyokütle ile ilgili öngörü çalışmaları için ilk kez kullanılmış olması ve seçilen hammaddeler açısından özellikle yemişlerin de atık potansiyellerinden yararlanılması düşüncesi ülkemiz için öngörüsü daha önce yapılmamış bir alan olduğu için çalışmayı öncü bir noktaya taşımaktadır. Bununla birlikte, temel tarım ürünleri, tütün ve meyveler gibi farklı tarımsal ürünlerin de atıklarının enerji potansiyellerinin değerlendirilmesi fikri de farklı tarımsal ürünlerin öngörülen enerji potansiyellerinin karşılaştırılması imkanını sağlamaktadır. Öte yandan, son yıllarda ülkemizde özellikle yemiş ve meyvecilikte verilen tarımsal teşvik, destek ve yönlendirmelerin de ürün potansiyeline dolayısıyla da atık miktarları ve bunların enerji potansiyeline olacak etkisinin de çalışma sonuçlarından ortaya konması hedeflenmiştir. Çalışma sonuçlarının politika yapıcılara, yatırımcılara, devlet yetkililerine ve enerji sektörü yetkililerine bilgi ve farkındalık sağlaması amaçlanmıştır. Atıkların enerji potansiyelinin yüksek olduğunun görüldüğü tarım ürünlerine doğal bir teşvik ortamı oluşabileceği ve bu sayede artan üretimin hem tarımsal kaynaklı ekonomiye hem de yeni nesil enerji temelli ekonomiye büyük katkıları olması öngörülmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

Sanayileşme, dünya genelinde nüfus artışı, artan nüfusun alışkanlıklarının değişmesi ve teknolojiadaki gelişmeler enerji talebini gün geçtikçe artırmaktadır. Bu enerji talebini en doğru biçimde, çevre dostu olarak, sürdürülebilir ve yenilenebilir olarak temin etmek oldukça önem arz etmektedir. Özellikle fosil kaynakların tükenebilir bir kaynak olmaları, çevre dostu olmamaları ve rezervi azaldıkça maliyetinin yükseleceğinden dolayı sürdürülebilir bir seçim olmadığı açıktır. Bu yüzden gün geçtikçe yenilenebilir enerji kaynaklarına ilgi ve alaka artmakta ve farklı bakışlardaki çalışmalara ağırlıklar verilmektedir [26,27].

2.1 Biyokütle

Biyokütle, tarımsal artıklar, orman kalıntıları, evsel atıklar ve biyoçeşitlilikten kaynaklanan malzeme ve enerji potansiyeline sahip organik maddeleri kapsamaktadır. Canlı organizmalardan üretilen madde olarak da tanımlanabilir [28,29]. Tarımsal atıklara örnek olarak saman, mısır koçanı, pamuk atığı, şeker pancarı yaprağı, meyve ve kabuk atıkları verilebilir. Belediye kanalizasyon atıkları, kâğıt endüstrisindeki siyah likör, şeker endüstrisindeki küspe vb. de biyokütle kaynağı olarak enerji amaçlı kullanılmıştır. Odunun doğrudan yakılmasından elde edilen ısı enerjisi pişirme ve ısıtmada uzun yıllardır kullanılmaktadır. Enerji yoğunluğunun artırılması ve yakıt yakıt dönüştürülmesi, 21. yüzyılda biyokütle kullanımının bir parçasıdır.

Biyokütleden üretilen biyoyakıtlar katı, sıvı ve gaz olarak üç sınıfa ayrılmaktadır. Odun, pelet ve diğer enerji türleri katı olarak gruplandırılırken, etanol, biyodizel, biyometanol sıvı biyoyakıt türlerine örnek olarak verilebilir. Ayrıca biyogaz, biyohidrojen gibi gaz biyoyakıtlar da bulunmaktadır. Biyokütle kaynakları farklı dönüşüm teknikleriyle (gazlaştırma, piroliz, doğrudan yakma vb. gibi) çeşitli enerji kaynaklarına dönüştürülebilir [28]. Bu yakıtların ve farklı enerji kaynaklarının üretilbildiği biyokütle kaynakları çok çeşitlidir. Ama genel anlamda karasal, suda yaşayan ve atıklar olmak üzere 3 farklı kategoride sınıflandırabiliriz. Tablo 2.1’de biyokütle madde kaynaklarının sınıflandırılması gösterilmiştir.

Tablo 2.1 Biyokütle kaynaklarının sınıflandırılması [30]

Biyokütle Kaynakları		
Karasal	Suda Yaşayan	Atıklar
Orman Bitkileri	Su Yosunları	Endüstriyel Atıklar
Çimenler	Algler	Şehir Atıkları
Enerji Bitkiler		Hayvansal Atıklar
		Bitki ve Tarımsal Atıklar

2.2 Biyokütle Enerjisi

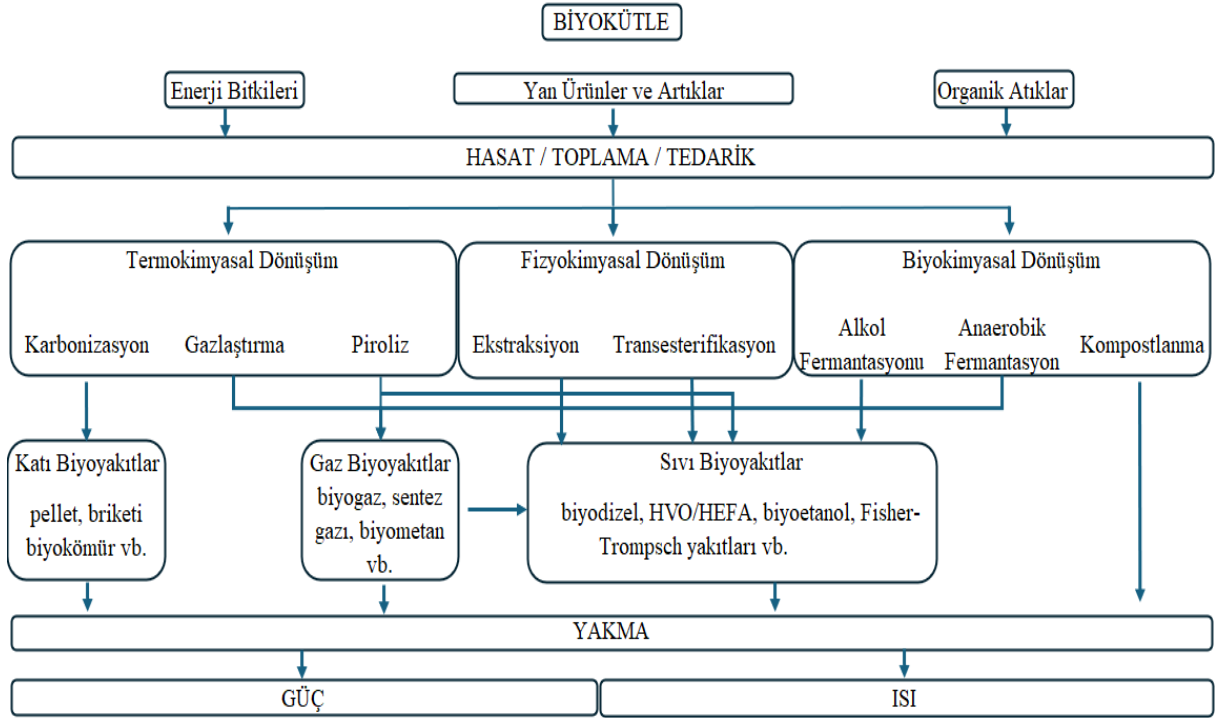
Biyokütle yaygın bulunabilme potansiyeline sahip yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Biyokütle yenilenebilir enerji olduğundan sürdürülebilir ve temiz bir teknolojidir. Biyokütle hem bu özelliklere sahip olması hem de yaygın olarak bulunması sayesinde önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir [31].

Günümüzde yukarıda da belirtildiği gibi biyokütle enerji kaynaklarından biyodizel, biyogaz ve biyoetanol, biyohidrojen gibi yakıtlar elde edilmektedir. Bunlardan, biyogaz organik maddelerden oksijensiz ortamda fermentasyon ile çoğunluğu metan ve karbondioksitten oluşan gaz karışımı şeklinde elde edilmektedir. Bu organik maddeler bitkisel ve hayvansal atıklar, şehir ve endüstriyel atıklardan oluşmaktadır. Biyodizel ve biyoetanol ise hayvansal yağlar ve bitkilerden üretilen bir yakıttır [32,33].

Biyokütleden elde ürünlerin başka bir sınıflandırılmasında ise 3 ana ürüne dönüştürülebildiği ifade edilebilir. Bunlar; kimyasal hammadde, ulaşım yakıtları ve güç/ısı üretimini içermektedir [34,35].

Biyokütle kaynakları ile elektrik, ısı ve yakıt üretimi farklı teknolojik yollarla sağlanabilmektedir. Enerji üretimi amacıyla seçilmiş olan kaynaklar, termo-kimyasal, biyo-kimyasal veya fizikokimyasal çevirim yöntemleriyle istenilen bir enerji formuna ve sonrasında da elektriğe çevrilebilmektedir. Şekil 2.1’de biyokütle için enerji dönüşüm yöntemleri ve bu yöntemler sayesinde elde edilen biyokütle esaslı ürünler görülmektedir [36]. Her bir proses kullanılacak olan hammadde ve proses sonucunda elde edilmek istenen ürün niteliğine göre belirlenmektedir. Süreç koşulları da buna bağlı olarak bu parametreleri göz önünde

bulundurarak oluşturulmaktadır [37]. Tablo 2.2.'de ise biyokütle dönüşüm teknolojilerinin avantajları ve dezavantajları verilmektedir.



Şekil 2.1 Biyokütle enerji dönüşüm yöntemleri ve ürünler [36]

Tablo 2.2 Biyokütle dönüşüm teknolojilerinin avantajları ve dezavantajları [38-42]

Teknoloji	Avantaj	Dezavantaj
Termokimyasal	Hızlı tepki verir ve tamamlanması saniyeler veya dakikalar alır	Yüksek enerji kullanımı ve tehlikeli koşullar
Fizyokimyasal	Kolay kullanım ve daha az kimyasal tüketimi	Yüksek enerji tüketimi ve ekonomik açıdan mümkün değil
Biyokimyasal	Ortam basıncı ve sıcaklığı, atık malzeme çeşitliliği, CO ₂ birikimi olmaması ve maliyet etkinliği.	Yavaş süreç ve tamamlanması saatler, günler, haftalar veya yıllar alabilir

Türkiye'nin yıllık biyokütle potansiyeli 2021 yılı itibarıyla 25-30 milyon ton civarındadır. Türkiye'nin bu biyokütleden yıllık elektrik enerjisi potansiyeli ise 371,2 TWh'dır. Biyokütleden en yüksek pay 168,635 TWh olarak tek yıllık bitkilerin atıklarına aittir. Ardından 62,802 TWh ile orman atıklarına ve çok yıllık bitkilerin atıklarına aittir. Türkiye'nin hayvansal atıklardan

elde edeceği biyogaz miktarının 17-23 TWh olduğu tahmin edilmektedir. Fakat Dünya’da sıkça kullanılan ve ülkemizde de önemli bir potansiyeli olmasına rağmen biyokütle kaynaklarından Türkiye yeterince faydalanamamaktadır. Buna rağmen Türkiye’de biyokütle enerji teknolojileri açısından, tarımsal tabanlı atıklar ve biyogazdan enerji etmeye yönelik yatırımlar gün geçtikçe artmaktadır. Belediyeler atık yakma ve enerji üretim tesisleri kurmuş ve kurulumu planlanan tesisler bulunmaktadır. Bu sayede 2003 senesinde 15 olan katı atık tesisi sayısı 2012 senesinde 69’a yükselmiştir [43-46].

Biyokütle temelli enerji üretimi dolaylı ve doğrudan olmak üzere iki grupta gerçekleştirilmektedir. Doğrudan yani direkt yakma işlemi biyokütleyi yakarak ısıya veya elektriğe dönüştürülmesiyle olur. Biyodizel, biyogaz ve biyoetanol gibi biyoyakıtlar ile de önce bir yakıtla dönüştürülüp sonrasında ısı, hareket ve elektrik enerjisine dolaylı yoldan da enerji kaynağı olarak dönüştürülerek kullanılabilir [47]. Biyo temelli atık ürünler organik bileşenler baz alındığında oldukça zenginlerdir ve biyoenerji üretmek için kullanılabilir. Anaerobik sindirim, transesterifikasyon, fermantasyon ve mikrobiyal yakıt hücreleri gibi biyolojik yöntemler ve yakma, gazlaştırma, depolama ve piroliz gibi fizikokimyasal yöntemler ile de biyokütlenin dönüşümü ve enerji kaynağı olarak kullanılabilmesi mümkün olabilmektedir [48-50].

2.2.1 Biyokütlenin yakılması

Biyokütle enerjisinin elde edilmesinde en yaygın kullanılan yöntemlerden biri, biyokütlenin yakılmasıdır. Bu süreçte, organik atıklar oksijenle birlikte yakılarak ısı formunda enerji üretilir. Elde edilen bu enerji, hem ısınma hem de elektrik üretimi için kullanılabilir. Biyokütle yakma işlemi, geleneksel fosil yakıtlara kıyasla çok daha düşük karbon salınımına neden olmaktadır. Ancak, bu işlem sırasında oluşabilecek CO₂, NO_x ve diğer zararlı gaz emisyonlarının dikkatlice kontrol edilmesi gerekmektedir. Emisyonların kontrol altına alınması için baca gazı temizleme gibi teknolojiler yaygın olarak kullanılmaktadır. Biyokütle yakma işlemi, yüksek verimliliği sayesinde birçok gelişmiş ülkenin yenilenebilir enerji politikalarında önemli bir yere sahiptir [51].

2.2.2 Biyofuel (biyoyakıt) üretimi

Biyoyakıtlar tarımsal ürünlerin (odun, hayvan, bitki ve belediye atıkları) çeşitli biyokimyasal veya termokimyasal dönüşüm süreçleriyle elde edilebilmektedir. Biyoyakıtlar katı, sıvı ve gaz formunda olmaktadır. Katı formda olan biyoyakıtlar; odun kömürü, biyokömür, biyopelet, biyobriket vb ürünler örnek verilebilir. Sıvı formda olan biyoyakıtlara ise; biyoetanol,

biyodizel, biyometanol, biyodimetileter ve bitkisel yağlar örnek olarak verilebilir. Gaz formunda olan biyoyakıtlara ise; biyohidrojen, biyogaz olarak sınıflandırılmaktadır [52].

Biyoyakıtlar üretim süreçlerine ve kaynaklarına göre de kategorilere ayrılırlar. Birincil ve ikincil biyoyakıtlar olmak üzere 2 ayrı kategoride sınıflandırılırlar [53].

Birincil biyoyakıtlar odun, bitki, orman, hayvansal atık ve gıda atıklarından üretilen işlenmemiş biyokütleden oluşan doğal yakıtlar olarak tanımlanabilir. Endüstriyel uygulamalarda pişirme yakıtı, ısıtma veya elektrik üretimi için doğrudan kullanılırlar [53].

İkincil biyoyakıtlar ise biyokütlenin işlenmesiyle elde edilen biyodizel, etanol gibi araçlarda ve endüstriyel işlemlerde kullanılan biyoyakıtlar olarak tanımlanabilir. Bu yakıtlar katı, sıvı ve gaz şeklinde işlenerek elde edilen yakıtlardır [53,54]. İkincil biyoyakıtlar kullanılan hammadde ve teknolojiye göre 3 kategoriye ayrılmaktadır [53]. Bunlar; birinci nesil biyoyakıtlar, ikinci nesil biyoyakıtlar ve üçüncü nesil biyoyakıtlardır. Birinci nesil biyoyakıtlara örnek olarak buğday, arpa, mısır, patates, şeker kamışından etanol veya soya fasulyesi, ayçiçeği ve hayvansal yağlardan biyodizel üretimidir. İkinci nesil biyoyakıtlar için ise saman, çimen ve odun gibi çeşitli bitki türlerinden biyoetanol veya biyodizel üretimi örnek olarak verilebilir. Üçüncü nesil biyoyakıtlarda ise mikroalgler ve mikroplardan biyodizel üretimi örnek verilebilir. Tablo 2.3'te biyoyakıtların sınıflandırılması ile ilgili detaylı olarak bilgiler verilmiştir.

Tablo 2.3 Biyoyakıtların sınıflandırılması [54-56]

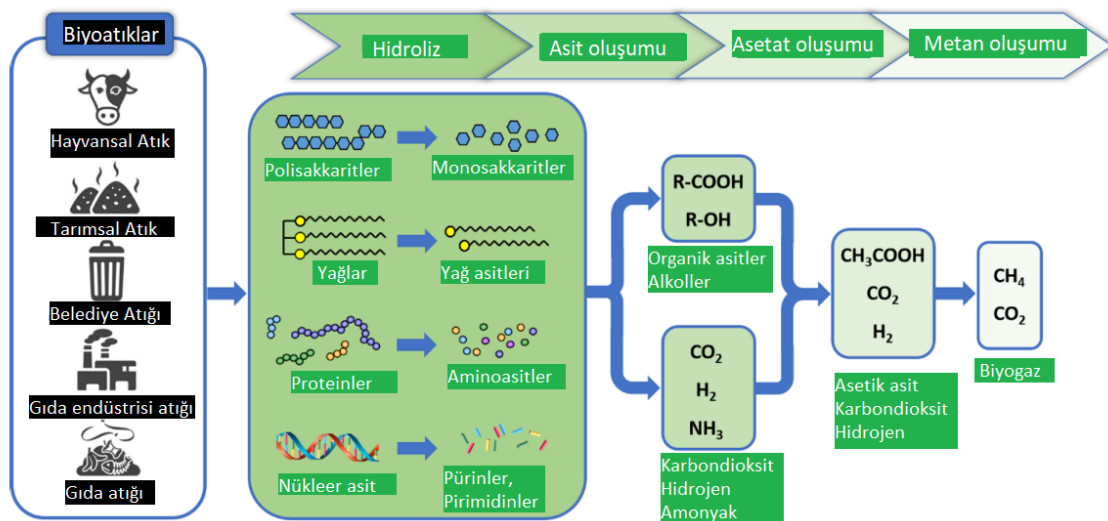
Birincil	İkincil		
	Birinci Nesil	İkinci Nesil	Üçüncü Nesil
Yakacak odun, talaş, pelet, hayvan atıkları, orman ve mahsul artıkları, çöp gazı	Nişastanın (buğday, arpa, mısır, patatesten) veya şekerlerin (şeker pancarından ve şekerden) fermantasyonu ile biyoetanol veya bütanol.	Geleneksel teknolojilerle üretilen nişasta, yağ ve şeker mahsullerine dayanan biyoetanol ve biyodizel.	Mikroalglerden biyodizel Mikroalg ve deniz yosunlarından biyoetanol Yeşil mikroalglerden ve mikroplardan hidrojen

Tablo 2.3 Biyoyakıtların sınıflandırılması (Devam) [54-56]

Birincil	İkincil		
	Birinci Nesil	İkinci Nesil	Üçüncü Nesil
	Yağlı bitkilerin (kolza tohumu, soya fasulyesi, ayçiçeği, palmiye, hindistancevizi, kullanılmış yemeklik yağ ve hayvansal yağlar) transesterifikasyonu yoluyla biyodizel	Lignoselülozik malzemelerden (örneğin saman, ağaç ve çimen) üretilen biyoetanol, biyobütanol.	

2.2.2.1 Biyogaz üretimi

Biyogaz, biyokütlenin anaerobik organizmalar tarafından anaerobik sindirim (çürütme ya da biyolojik çözünme) yoluyla parçalanması sonucu oluşmaktadır [57]. Anaerobik sindirim, oksijen yokluğunda bir grup mikroorganizmanın biyolojik materyali parçalamasının kolektif bir sürecidir [57,58]. Anaerobik sindirim; hidroliz, asit oluşumu, asetat oluşumu ve metan oluşumu yoluyla meydana gelmektedir. Şekil 2.2’ de gösterilmiştir [59].



Şekil 2.2 Biyogaz üretimi için anaerobik sindirim prosesi [59]

Biyokütle polisakkaritler, yağlar, proteinler ve nükleik asitlerden oluşmaktadır. Hidroliz esnasında enzim bunları daha basit yapılara yani amino asitlere, yağ asitlerine ve şekerlere dönüştüren hidrolazlar üretmektedir [60].

Biyogaz üretimi özellikle tehlike oluşturan büyük depolama alanlarındaki atıkların dönüştürülmesi ile hayvansal atıkların değerlendirilmesi için sıklıkla tercih edilmektedir. Atıklar depolama alanlarına bırakıldığından dolayı çevreyi tehdit eden sera gazlarını barındırmaktadır. Atık malzemelerin depolama alanlarından anaerobik sindirime yönlendirilmesi, metanın daha fazla elde edilmesine olanak tanımaktadır. Anaerobik sindirim enerji üretimine ek olarak atık kokularını ve patojenleri de yok ederek atık boyutunun azaltılmasında yardımcı olmaktadır [61].

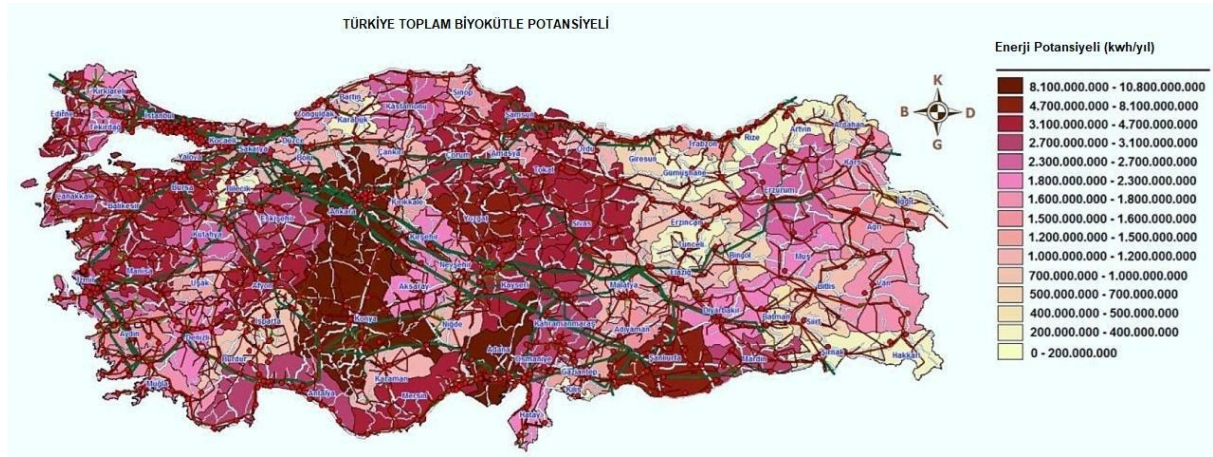
2.2.2.2 Biyoalkol üretimi

Biyoalkol, şeker ve nişasta gibi karbonhidrat içeriği bakımından zengin biyokütle kaynaklarının fermantasyonuyla elde edilmektedir. En yaygın olarak bilinen biyoalkoller etanol ve biyobütanoldur. Bunlar biyolojik olarak yenilenebilir kaynaklardan üretilmektedir. Biyoalkoller nakliyat sektöründe fosil yakıtlar yerine kullanılabilir. Alkoller, genellikle yakıt ve solvent yapıda daha çok talep edilmektedir [62-65]. Etanol genel olarak biyolojik materyalin fermantasyonu ile üretilmektedir ve direkt olarak ya da yakıt katkısı olarak içten yanmalı motorlarda kullanılabilir [66]. Bütanol %85 güçte biyoyakıt olarak kullanılabilir. Ayrıca herhangi bir işlem yapmadan direkt olarak benzinli motorlara da güç vermek için kullanılabilir [67]. Biyodizel de yine biyoetanol gibi içten yanmalı motorlarda yakıt ya da yakıt katkısı olarak kullanılabilir. Biyoetanol ve biyodizel üretiminde çoğunlukla tarımsal atıklar tercih edilmektedir. Tarımsal atıklar da yapıları itibarıyla büyük moleküllü yapılardan oluştukları ve fiziksel olarak da homojenliği sağlamak adına fiziksel ve kimyasal yöntemler ile ön işleme tabi tutularak fermentasyon işleminde kullanılması gerekmektedir.

2.3 Türkiye’de Biyokütle Enerjisi

Türkiye’nin enerji kaynaklarında 2022 yılı itibarıyla dışa bağımlılığı %74’tür. Fosil kaynaklar sonlu kaynak olduğundan dolayı gelecek yıllarda tükenecektir. Bu sonlu kaynak olan fosil yakıtlar azaldıkça Türkiye gelecek yıllarda enerji kıtlığı, enerjide güvensizlik ve kaynak sıkıntısından dolayı fahiş fiyat artışlarıyla karşı karşıya kalacaktır. Bundan dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim ve bu kaynaklarının teknolojilerinin geliştirilmesi, sürdürülebilir ekonomik bir gelişim için büyük önem kazanmaktadır [22,68].

Biyokütle enerjisi Türkiye'nin yerli enerji üretiminin dörtte birini karşılamaktadır [69]. Modern biyokütle enerjisinin kullanımının yaygınlaşması ülke ekonomisi ve çevre kirliliğini azaltma yönünden büyük önem taşımaktadır. Ayrıca Türkiye yenilenebilir enerji kaynaklarından biyokütle enerjisi için oldukça elverişlidir. Ülkedeki güneş, mevcut tarımsal alanların kullanılabilirliği, su kaynakları ve iklim koşulları da biyokütle enerjisi için Türkiye'ye bol miktarda biyokütle kaynağı sunabilecek bir yapıdadır [70]. Türkiye'nin biyokütle kaynakları tarım, orman, hayvan, organik kentsel atık vb. maddelerden oluşmaktadır. Türkiye'nin biyokütle enerji potansiyelinin dağılımı Şekil 2.3'teki gibi yer almaktadır [71,72].



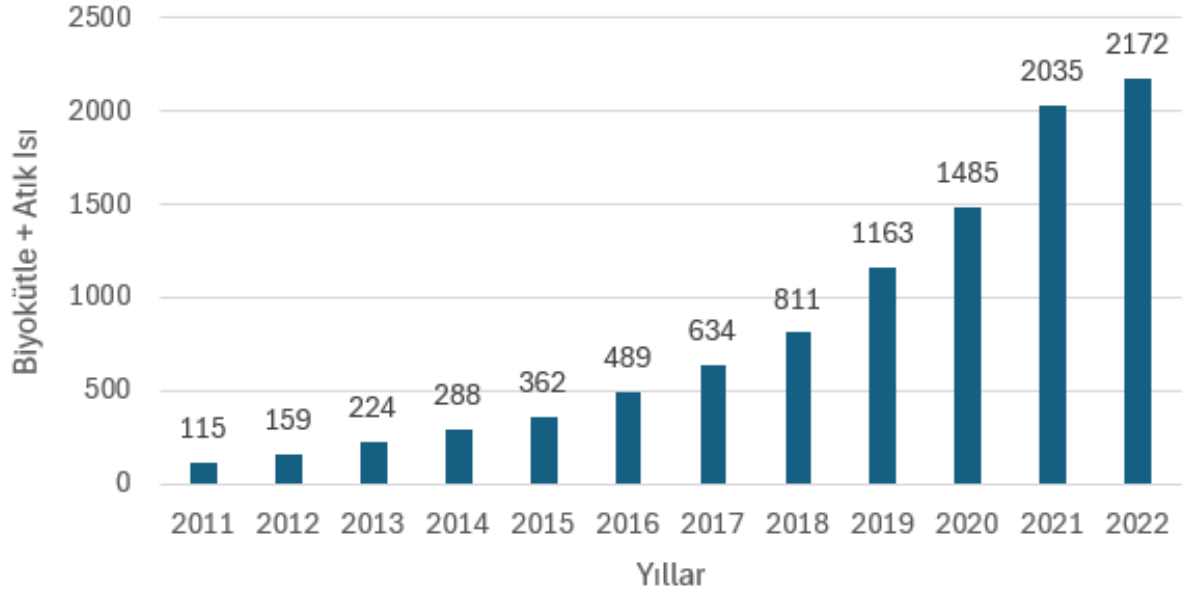
Şekil 2.3 Türkiye'de illere göre biyokütle potansiyel dağılımı [71,72]

Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün resmî sitesinde Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası (BEPA) isimli uygulaması ülkemizin biyokütle potansiyeli detaylarıyla vermektedir. BEPA uygulaması, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) uygulaması olarak tanımlanmaktadır. Bunun nedeni bu uygulama Türkiye'nin herhangi bir yerinin hangi biyokütle kaynağından ne kadar biyoyakıt üretme potansiyelinin olduğunu, ne kadar elektrik üretebileceğini ve hangi yörelerde yoğunlaştığını Türkiye haritası üzerinden grafiksel ve sayısal biçimde sunabilmesindendir. BEPA'da Türkiye geneli enerji potansiyeli incelenebildiği gibi il ve ilçe bazında da aynı işlemler yapılabilmektedir [73]. BEPA'dan Türkiye'ye ilişkin genel bilgiler Tablo 2.4'te gösterilmiştir.

Tablo 2.4 BEPA - Türkiye'ye ilişkin biyokütle temelli genel bilgiler 2024 [73]

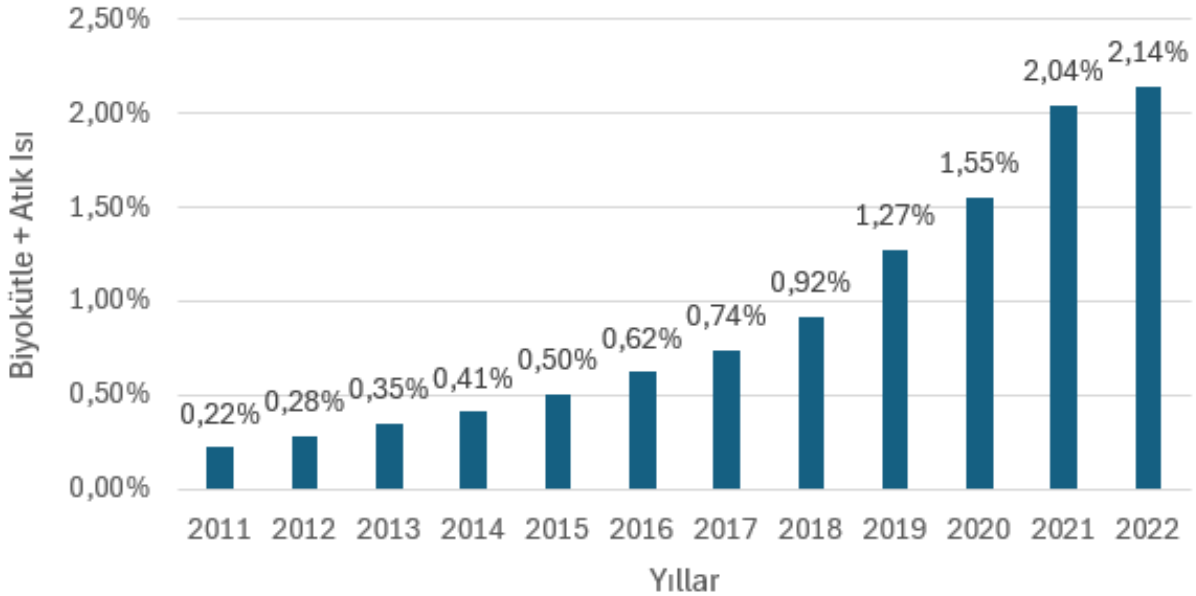
Nüfus	82.003.882
Hayvan Sayısı (adet)	422.832.374
Hayvansal Atık Miktarı (ton/yıl)	193.878.079
Hayvansal Atıkların Teorik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	4.385.371
Hayvansal Atıkların Ekonomik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	1.084.506
Bitkisel Üretim Miktarı (ton/yıl)	171.399.002
Bitkisel Atık Miktarı (ton/yıl)	62.206.754
Bitkisel Atıkların Teorik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	25.384.268
Bitkisel Atıkların Ekonomik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	1.462.159
Belediye Atıkları Miktarı (ton/yıl)	32.170.975
Belediye Atıkların Teorik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	3.373.011
Belediye Atıkların Ekonomik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	485.858
Orman Varlığı Artıkları (ster/yıl)	3.914.904
Orman Varlığı Artıklarının Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	859.899
Biyodizel İşleme Lisansı Sahibi Firmalar	8
Biyoetanol İşleme Lisansı Sahibi Firmalar	5
Biyokütle Kaynaklı Elektrik Üretim Santral Sayısı	199
Atıkların Toplam Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	34.002.549

Biyokütle ve atık ısı enerjisine dayalı kurulu güç miktarı Enerji bakanlığı ve BEPA verilerine göre 2022 Haziran sonunda 2.172 MW'dır. 2011-2022 arası kurulu güç değerleri Şekil 2.4'te verilmiştir [73,74].



Şekil 2.4 Biyokütle ve atık ısı enerjisine dayalı kurulu güç miktarı [73,74]

Yine enerji bakanlığı ve BEPA verilerine bakıldığında Türkiye’deki toplam kurulu güç içerisinde biyokütle ve atık ısı enerjisine dayalı kurulu güç oranının %2,14 olduğu aşağıdaki Şekil 2.5’te yer görülmektedir [73,74].



Şekil 2.5 Toplam kurulu güç içerisinde biyokütle ve atık ısı enerjisine dayalı kurulu güç oranı [73,74]

Bütün bunların haricinde Türkiye’de biyokütle enerjisi potansiyeli ve biyokütle için çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar enerji stratejileri açısından da oldukça önemli ve

kıymetlidir. Bu araştırmalar sayesinde enerji politikaları belirlenebilir ve enerji kaynaklarının doğru bir biçimde kullanımına olanak sağlar [72].

2.4 Dünya’da Biyokütle Enerjisi

Dünya genelinde giderek artan sanayileşme, yükselen nüfus sayısı ve teknolojik gelişmelerden kaynaklı olarak enerji ihtiyacı her geçen sene %4-5 oranında artış göstermektedir [75]. Yükselen enerji talebi genellikle bütün dünyada yenilenemez enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. Bunun başlıca nedeni maliyetinin yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla düşük olması ve ulaşılabilirliğin kolay olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtların doğaya salınım yaptığı zararlı emisyonlar çevre kirliliğine sebebiyet vermektedir. Bundan dolayı da küresel ısınmanın hızlanmasına neden olmaktadır. Ek olarak iklim değişikliği, tarımsal ürünlerde ve biyolojik çeşitlilikte verimsizlik ve erozyonlarda yükselişler maalesef kaçınılmaz bir duruma gelmektedir [76]. Tüm bu olumsuzluklardan dolayı dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim gün geçtikçe artarak devam etmektedir. Hatta yenilenebilir enerji alanında yatırımlar yapmak hükümetlerin politikaları arasına uzun bir zamandır girmiştir.

Biyokütle enerjisinden ısınma, enerji ve ulaşım gibi birçok alanda faydalanılabilmektedir. Biyokütle enerjisi yeryüzünde tüketilen toplam enerjinin %14’ünü oluşturmaktadır. Bu %14’ün %4’ü hidrojen ile işlem görmüş bitkisel yağlardır. Kalanı ise %22 biyodizel yakıtlar ve %74’ü de etanol yakıtlarından oluşmaktadır [77]. Dünyada her geçen yıl biyoyakıt ve atıklardan elektrik üretimi artarak devam etmektedir. Tablo 2.5’te 1990-2017 yılları arasında biyoyakıt ve atıklardan elektrik üretimi gösterilmektedir.

Tablo 2.5 Dünya’da biyoyakıt ve atıklardan elektrik üretimi [78]

Yıl	Toplam (GWh)	Endüstr. Atıklar (GWh)	Birincil Katı Biyoyakıt	Biyogaz (GWh)	Belediye Atıkları (GWh)	Sıvı Biyo Yakıtlar (GWh)
1990	129.457	7.665	101.828	3.651	16.313	
1995	128.162	10.936	89.081	6.166	21.979	
2000	163.966	15.259	101.285	13.122	34.300	
2005	228.737	11.662	147.910	20.985	46.200	1.980

Tablo 2.5 Dünya’da biyoyakıt ve atıklardan elektrik üretimi (Devam) [78]

Yıl	Toplam (GWh)	Endüstr. Atıklar (GWh)	Birincil Katı Biyoyakıt	Biyogaz (GWh)	Belediye Atıkları (GWh)	Sıvı Biyo Yakıtlar (GWh)
2010	369.585	26.626	229.022	46.469	62.400	5.068
2015	519.173	28.570	327.370	82.807	72.800	7.626
2017	595.616	39.987	388.521	86.328	74.100	6.680

Aynı zamanda dünyadaki elektrik üretimindeki yenilenebilir enerji ve biyokütle enerjisi payı da yıllar geçtikçe artmakta ve fosil yakıtlara olan bağılılık giderek azalma eğilimi göstermektedir. Tablo 2.6’da dünya’da elektrik üretiminde yenilenebilir ve biyokütle enerjisi payı gösterilmiştir. Tabloda yenilenebilir/toplam (%), biyokütle/yenilenebilir (%) ve biyokütle/toplam (%) oranlarını vermektedir. Tek azalma eğilimini 1990-1995 arasında gösteren biyokütle ve yenilenebilir kaynaklar, diğer yıllarda artarak devam ettiğini göstermektedir.

Tablo 2.6 Dünya’da elektrik üretiminde yenilenebilir ve biyokütle enerjileri payı [78]

Yıl	Yenilenebilir/Toplam (%)	Biyokütle/Yenilenebilir (%)	Biyokütle/Toplam (%)
1990	19,86	5,49	1,09
1995	20,45	4,77	0,98
2000	18,98	5,57	1,06
2005	18,58	6,70	1,24
2010	20,09	8,51	1,71
2015	23,32	9,13	2,13
2018	25,56	9,35	2,39

Dünya biyoenerji üretimi 2021 yılında %6 artarak 646 TWh oldu. Bu bağlamda biyoenerji üretimi 2015 yılından bu yana küresel elektrik talebine paralel olarak büyüyerek küresel üretimdeki yüzde 2'lik payını korudu. Diğer yenilenebilir enerji türleri gibi biyoenerji üretimi de Asya (%43) ve Avrupa (%31) en büyük paya sahiptir. Çin, %23 ile küresel biyoenerji üretiminde açık ara en büyük paya sahiptir ve Japonya dışında biyoenerji üretimini önemli ölçüde artıran tek ülkedir. Çin, 2015'ten bu yana üretimini üç katına çıkararak küresel ekonomik büyümenin üçte ikisini oluşturdu. Japonya, 2021'de yalnızca yüzde 29'luk büyümeyle İngiltere'yi geride bırakarak beşinci büyük biyoenerji üreticisi oldu. ABD, Almanya ve Brezilya gibi en büyük biyoenerji üretimine sahip diğer önemli ülkelerde ise 2015-2021 yılları arasında neredeyse hiç büyüme görülmemiştir. Danimarka bu alanda en büyük ülke olup, elektriğinin %23'ünü biyoenerji ile üretmektedir. Danimarka'yı yüzde 19 ile Finlandiya ve yüzde 16 ile Guatemala takip etmektedir. Türkiye'nin dünya üretimindeki payı %1'dir. [79].

2020 yılında dünyada biyoyakıtlardan ve atıklardan üretilen elektrik miktarı Tablo 2.7'de gösterilmektedir. Tabloya göre en fazla elektrik üreten ülkeler birincil katı yakıtta Çin 113961 GWh, endüstriyel atıkta Japonya 18522 GWh, biyogazda Almanya 33041 GWh, sıvı biyoyakıtlarda 555 GWh ile Brezilya ve belediye atıklarında 7120 GWh ile Amerika Birleşik Devletleri'dir. Çin, biyoyakıt ve atıklardan toplam 124.336 GWh elektrik üreterek dünyadaki birinci ülke olmuştur. Uluslararası Enerji Ajansı'nın bir raporuna göre, küresel ısınmayı 1,5°C'de tutmak için biyoenerji üretiminin 2020 ile 2030 arasında kabaca ikiye katlanması gerekmektedir. Bu da 2021 yılında 646 TWh olan yıllık biyoenerji üretiminin 2030 yılında 1407 TWh'ye çıkması gerektiği anlamına gelmektedir [81].

Tablo 2.7 2020 yılında dünyada biyoyakıtlardan ve atıklardan üretilen elektrik miktarı [80]

Ülkeler	Birincil Katı Biyoyakıtlar (GWh)	Endüstriyel Atıklar (GWh)	Biyogaz (GWh)	Sıvı Biyoyakıtlar (GWh)	Belediye Atıkları (GWh)	Toplam (GWh)
Çin	113961	10301	31	0	43	124336
ABD	40692	1512	12070	335	7120	61729
Brezilya	56231	2269	1956	555	0	61011

Tablo 2.7 2020 yılında dünyada biyoyakıtlardan ve atıklardan üretilen elektrik miktarı
(Devam) [80]

Ülkeler	Birincil Katı Biyoyakıtlar (GWh)	Endüstriyel Atıklar (GWh)	Biyogaz (GWh)	Sıvı Biyoyakıtlar (GWh)	Belediye Atıkları (GWh)	Toplam (GWh)
Almanya	11327	772	33041	383	5811	51334
İspanya	22181	18522	136	0	1824	42663
İngiltere	27523	1246	7571	0	4304	40644
Hindistan	30170	0	1144	0	798	32112
Türkiye	1321	15	3032	38	14	4420
OECD ülkeleri	192996	24995	82269	7562	33927	341749

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Jamovi ile gelecek yıllardaki üretim miktarları öngörülecek tarımsal ürünler için yapılacak ilk adım modellemenin yapılacağı tarımsal ürünleri belirlemektir. Seçilecek olan tarımsal ürünlerin üretim miktarları verilerine literatürden ulaşılabilirlikte öncelikli ihtiyaçlar arasındadır. Tarımsal ürünleri etkileyen faktörleri belirlemek de yapılacak öngörü açısından büyük önem taşımaktadır. Özellikle yıllık sıcaklık değerleri, yağış değerleri ve toplum nüfus sayısı tarımsal ürünlerin üretim miktarlarını etkileyen önemli faktörler arasında yer almaktadır. Bu etkenlerin yanı sıra ortalama ürün kalıntı oranı (RPR), kullanılabilirlik yüzdesi ve alt ısı değeri (LHV) gelecek yıllardaki ürün miktarlarından atık miktarını hesaplayabilmek için bulunması gereken diğer hususlardandır. Bütün bu faktörler Jamovi uygulaması için önem arz etmektedir. Tarımsal ürünlerin üretim miktarını etkileyen faktörleri ne kadar çok modellemeye eklersek modelleme doğruluğu da bir o kadar yükselmektedir.

Bu çalışmada, öncelikle tarımsal ürünler belirlenmiştir. Hangi tarımsal ürünlerin seçileceği o ürünlerin yaygınlığı, üretim potansiyelleri, devletin hangi tarımsal ürünlerin üretimine destek verdiği, en yaygın üretilen ya da üretim potansiyelinin artmasının beklendiği ürünler neler gibi farklı parametreler dikkate alınarak yapılmıştır. Bu doğrultuda, buğday, arpa, çavdar, mısır, ayçiçeği, tütün, badem ve ceviz tarımsal ürünleri seçilmiştir. Belirlenen tarımsal ürünlerin literatürden yıllık üretim miktarları bulunmuştur. Üretim miktarlarını etkileyen faktörler literatür araştırması ve uzman görüşü desteğiyle belirlenmiştir. Bu faktörler; yıllık sıcaklık değeri, yıllık yağış miktarı ve yıllara göre nüfus değerleridir. Saptanan bu faktörlerin de yıllar içindeki değerleri literatürden elde edilmiştir. Jamovi programı yardımıyla seçilen tarımsal ürünlerin gelecek yıllardaki üretim miktarları doğrusal regresyon ile elde edilmiştir. Gelecek yıllardaki tahmini üretim miktarları kullanılarak ortalama ürün kalıntı oranı, kullanılabilirlik yüzdesi ve alt ısı değeri kullanılarak enerji hammaddesi olarak kullanılabilecek atık miktarı bulunmuştur. Daha sonra bu atık miktarları kullanılarak hem doğrudan yakma hem de biyogaz üretimi için hesaplamalar yapılmıştır. Her iki açıdan da enerji potansiyelleri değerlendirilmiştir. Hesaplamalar sonucunda tarımsal ürünlerin yıllık üretim miktarlarından elde edilen atık miktarının, enerji potansiyeli açısından hangi yöntem ile kullanılmasının daha verimli ve uygun olacağı tespit edilmiştir.

3.1 Jamovi

Jamovi programı 2017 yılında geliştirilmiştir. Jamovi açık kaynak kodlu, grafiksel gösterimli ve R programlama diline sahiptir [82]. Jamovi programı kendi internet sitesinden kullanıcılar

tarafından ücretsiz bir şekilde temin edilebilmektedir. Aynı zamanda ek modüllere sahip olması sayesinde geniş analiz yelpazesine sahiptir. Bu da son yıllarda Jamovi'yi popüler hale getirmektedir. Jamovi kullanıcı dostu bir işleyişe sahip olup herhangi bir kodlama bilinmesine gerek duymadan ilgili menülerinden bütün analizler yapılabilmektedir. En önemli avantajlarından birisi de veri ve çıktı penceresinin birlikte görüntülenebilmesidir. Bu da kullanıcılara büyük avantaj ve kolaylık sağlamaktadır.

Jamovi csv, RData, dta ve sav gibi veri dosyaları formatlarıyla uyumludur. Ek olarak tekli ve çoklu değişken analizi yapabilmektedir. Bu analizlere örnek olarak; t-testleri, ANOVA, ANCOVA, MANCOVA, doğrusal regresyon ve lojistik regresyon, açıklayıcı ve doğrulayıcı faktör analizi ve parametrik olmayan testler verilebilir.

3.1.1 Jamovi programı arayüzü

Veri paneline manuel olarak veri girişi yapılabilmektedir. Ama istenirse.xlsx, csv, txt, sav (SPSS), dta (STATA), xpt (SAS) ve jasp uzantılı dosyalar import seçeneği sayesinde Jamovi programına aktarılabilir. Bu da programın kolaylıkla kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır. Jamovi uygulamasının sol üst köşesinde veri ve analiz sekmeleri bulunmaktadır. Veri sekmesinde değişkenlere ilişkin süreçleri sağlamaktadır. Analiz sekmesi ise veri analizini sağlamak için kullanılmaktadır.

3.1.2 Jamovi veri kurulumu

Veriler jamoviye manuel olarak girildikten sonra veya dışarıdan dosya olarak programa aktarıldıktan sonra bu verilerin tanımlanması gerekmektedir. Bunun için veri sekmesinin altındaki kurulum butonuna basılır ve veri değişkenleri detayları gözükmemektedir.

3.1.3 Jamovi doğrusal regresyon analizi

Bir veya birden daha fazla eş değişken ve bir bağımlı değişken tahmin edilecek ise Jamovi uygulamasında ve diğer uygulamalarda “doğrusal regresyon” kullanılmaktadır [83]. Jamovi uygulamasında doğrusal regresyon analizini yapmak için analiz sekmesinden regresyon menüsündeki linear regresyon seçilir. Doğrusal regresyon seçildikten sonra bir veya birden fazla eş değişken ve bir bağımlı değişken seçilir. Linear regresyon yönteminde varsayım kontrol bölümünden otokorelasyon testleri, doğrusallık testleri, artıkların Q-Q grafikleri elde edilebilir.

Ayrıca regresyon modelinin uyumunu görmek için R, R^2 ve düzeltilmiş R^2 değerlerinin yanı sıra AIC, BIC, RMSE ve F testi de hesaplanabilmektedir. Ek olarak katsayılar model katsayıları

bölümünden alınabilmektedir. Bu sayede yapılacak ön görünün denklemi oluşturulmuş olmaktadır. Temel bir linear regresyon analizinin çıktısı Şekil 3.1’de gösterilmektedir.

Linear Regression									
Model Fit Measures						Overall Model Test			
Model	R	R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p
1	0.943	0.889	-187	-176	0.0627	183	3	69	< .001

Model Coefficients - LogBuğday					
Predictor	Estimate	SE	t	p	Stand. Estimate
Intercept	3.074	0.5955	5.16	< .001	
LogYağış	0.358	0.1525	2.35	0.022	0.0969
LogSıcaklık	-1.577	0.3825	-4.12	< .001	-0.1778
LogNüfus	1.043	0.0456	22.86	< .001	1.0066

Durbin-Watson Test for Autocorrelation		
Autocorrelation	DW Statistic	p
0.282	1.25	0.002

[3]

Şekil 3.1 Örnek bir doğrusal regresyon analizi çıktısı

Linear regresyon çıktısından sonra model katsayılarındaki tablodan bir formül elde edilir. Bir model katsayısından elde edilen formül çıktısı Şekil 3.2’de verilmektedir.

Linear Regression									
Model Fit Measures						Overall Model Test			
Model	R	R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p
1	0.929	0.863	-86.5	-75.1	0.125	145	3	69	< .001

Model Coefficients - LogÇeltik				
Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	-3.234	1.1865	-2.73	0.008
LogYağış	-0.345	0.3038	-1.14	0.259
LogSıcaklık	1.791	0.7621	2.35	0.022
LogNüfus	1.628	0.0909	17.90	< .001

Data Summary

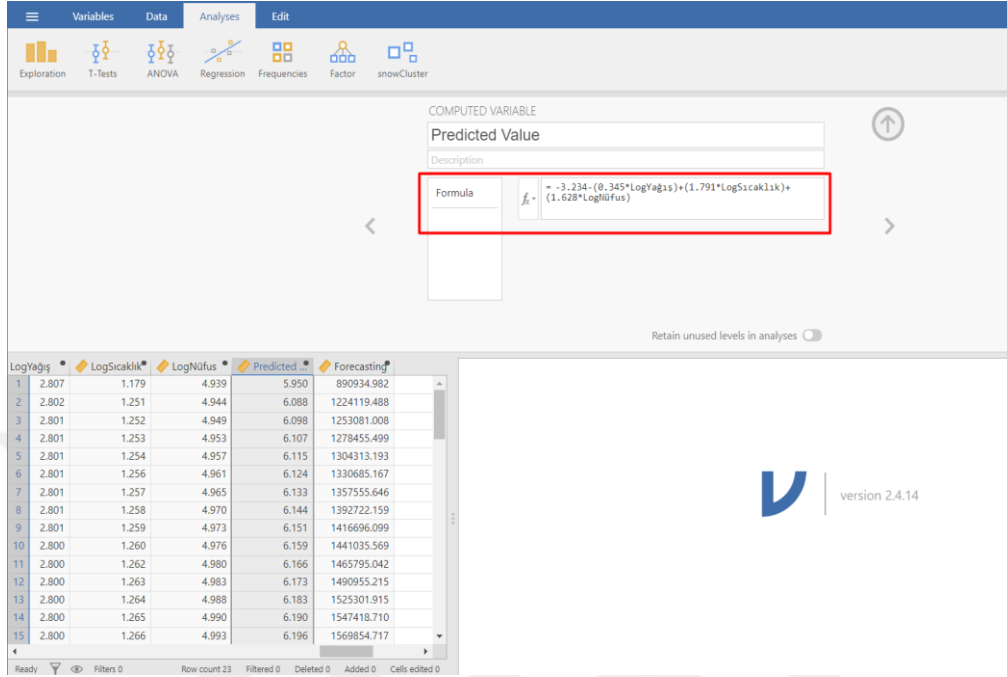
Cook's Distance				
Mean	Median	SD	Range	
			Min	Max
0.0141	0.00651	0.0214	6.07e-7	0.143

$$y = -3,234 - (0,345 * \text{LogYağış}) + (1,791 * \text{LogSıcaklık}) + (1,628 * \text{LogNüfus})$$

Şekil 3.2 Doğrusal regresyonda model katsayısından elde edilen formül

Bu elde edilen formül, yeni bir Jamovi sayfasında öngörünün gelecek yıllarındaki değerleri hesaplamak için kullanılmaktadır. Formüldeki “y” değişkeni öngörü yapmak istenilen ürünü ifade etmektedir. Şekil 3.3’te Jamovi programı yardımıyla model katsayısı formülü bulunan bir

örneğin gelecek yıllardaki öngörüsü için veri değişkenine katsayıları nasıl eklediği gösterilmektedir. Gerekli formülü veri değişkenine ekledikten sonra Jamovi istenilen öngörüü sağlamaktadır.



Şekil 3.3 Jamovi programı yardımıyla model katsayısı formülü bulunan bir ürünün gelecek yıllardaki öngörü örneği

3.1.4 Doğrusal (linear) regresyon

Bu tezde regresyon analizi olarak doğrusal (linear) regresyon analizi seçilmiştir. Doğrusal regresyon analizi neden-sonuç ilişkisi bulunan iki ve daha fazla değişken arasındaki bağlantıyı incelemek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. İncelenen konu hakkında tahminler veya öngörüler yapmak için regresyon modeli olarak bilinen bir matematiksel model kullanır [84].

Doğrusal regresyon analizinde bağımlı değişkenin (y) doğru biçimde seçilmesi ve bağımlı değişken ile bağımsız değişkenlerin (x) arasında bir ilişki bulunması büyük önem arz etmektedir. Oluşturulan modelin başarımını gösteren belirtme katsayısı R^2 ile ifade edilir. Kullanılan değişkenlerin toplam varyasyonu açıklayabilme oranını vermektedir. Bu oran $0 < R^2 < 1$ şeklindedir. R^2 değeri 1'e ne kadar yakınsa model o kadar başarılı olmuş demektir [85-89].

Lineer regresyonun diğer regresyon yöntemlerine göre birkaç önemli avantajı vardır:

- Sadelik ve Anlaşılabilirlik: Lineer regresyon, matematiksel olarak basit ve anlaşılır bir modeldir. İlişkinin doğrusal olduğunu varsayar ve bu, modelin sonuçlarını yorumlamayı

kolaylaştırır. Özellikle iş dünyasında veya sosyal bilimlerde, sonuçları açıklamak ve anlaşılır kılmak önemli olduğundan bu yöntem ön plana çıkmaktadır [90].

- Hızlı Hesaplama: Lineer regresyon, genellikle diğer karmaşık regresyon yöntemlerine göre daha hızlı hesaplanmaktadır. Bu, büyük veri setleriyle çalışırken işlem süresini ve hesaplama maliyetlerini azaltmaktadır [91].
- Kolay Uygulama ve Özelleştirme: Lineer regresyon modeli kurmak ve uygulamak genellikle kolaydır. Ayrıca, modelin performansını iyileştirmek için ek özellikler veya etkileşim terimleri eklenebilmektedir [92].
- Kolay Model Doğrulama: Lineer regresyonun hipotezlerini test etmek ve modelin geçerliliğini değerlendirmek için çeşitli istatistiksel testler ve araçlar vardır. Bu, modelin ne kadar iyi çalıştığını ve başarımını anlamayı kolaylaştırır [93].

3.2 Öngörülen Tarımsal Ürünlerden Elektrik Enerji Hesaplanması için Formüller

Tarımsal ürünlerden Jamovi ile üretim miktarları öngörüldükten sonra bu üretim miktarları kullanılarak belirli formül yardımıyla denklem (3.1)'deki formülden tarımsal ürünlerin atık miktarları hesap edilmiştir. Bu hesaplama yapılırken biyokütle tesisin yılda toplam çalışma saati 8000 saat olarak kabul edilmiştir [94]. Buradaki V_1 tarımsal ürünün atık miktarını göstermektedir [94].

$$V_1 = \frac{(U.M.yıllık \times O.U.K.O. \times K.O)}{h} \quad (3.1)$$

Daha sonra tarımsal ürünlerden elde edilen atıklar için doğrudan yakma işleminin hesaplaması yapılmıştır. Denklem (3.2)'de Q sembolü doğrudan yakma ile elde edilen ısı gücü miktarını (MW) göstermektedir [94].

$$Q = V_1 \times Hu \quad (3.2)$$

Tarımsal ürünlerden elde edilen atıklar için bir diğer yöntem olarak da biyogaz üretimi hesaplaması yapılmıştır. Biyogaz üretimi eşitlik (3.3), eşitlik (3.4) ve eşitlik (3.5)'de gösterilmektedir [95-97]. Denklem (3.3)'de V_{bio} biyogaz üretim miktarını (m³/saat) göstermektedir.

$$V_{bio} = V_1 \times K.M. \times U.K.M. \times K.O. \times K_{bio} \quad (3.3)$$

Denklem (3.4)'de E_m biyogazdan üretilen enerji miktarını (kWh/yıl) göstermektedir. E_{CH_4} Metan birim enerji içeriği 36 MJ/m³ olarak referans alınmıştır [98,99].

$$E_m = V_{bio} \times M_o \times E_{CH_4} \quad (3.4)$$

Denklem (3.5)'de E_{me} biyogazdan elektrik üretimini (MW) temsil etmektedir. n biyometan enerjisinin elektrik dönüşümü %40 olarak referans alınmıştır [99,100].

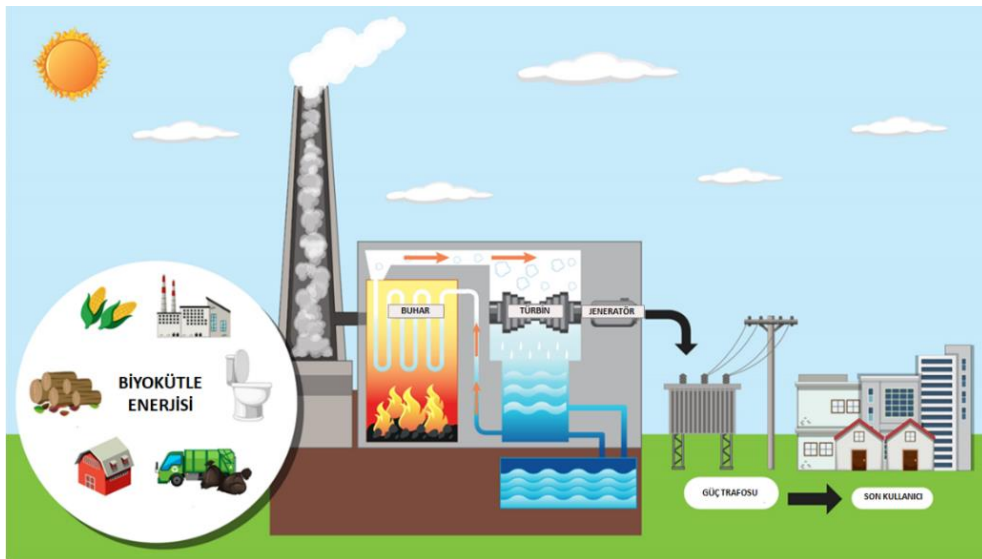
$$E_{me} = E_m \times n \quad (3.5)$$



4. SİSTEM TANITIMI

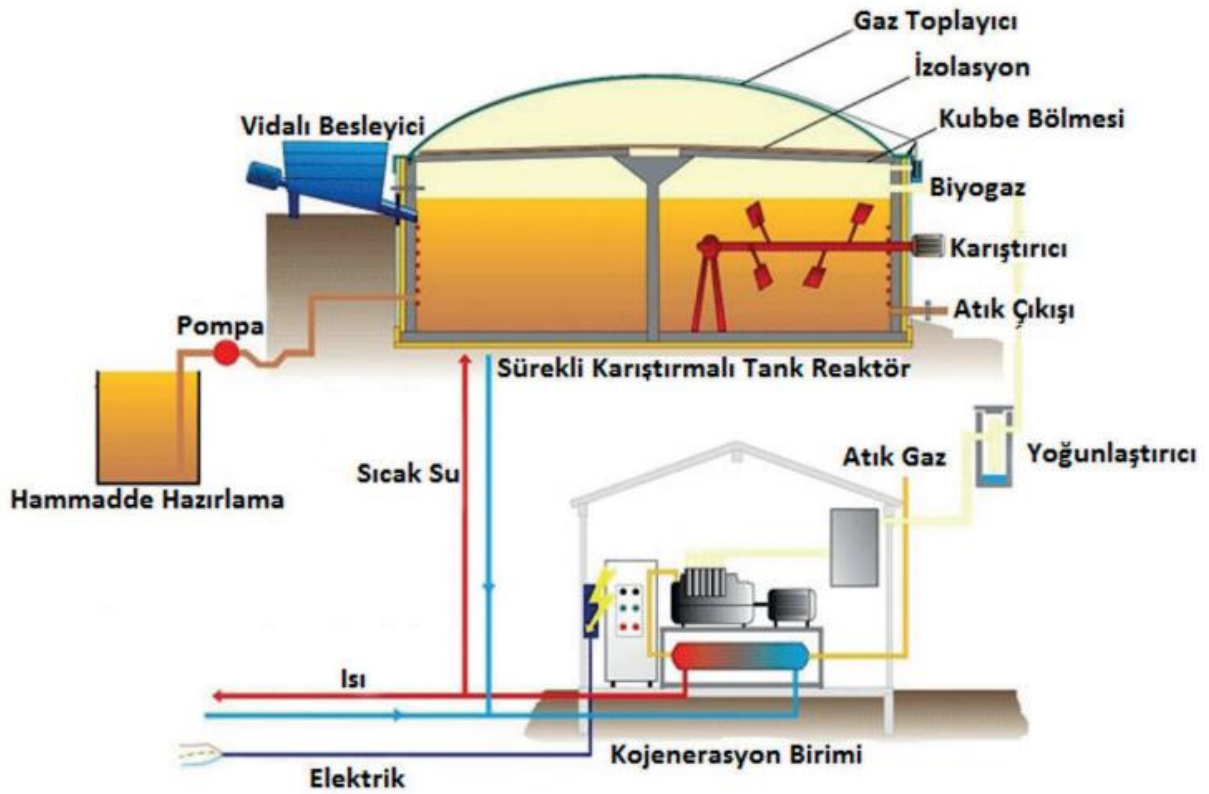
Tarımsal atıkların enerji potansiyellerinin inceleneceği tez çalışmasında öncelikle araştırmanın yapılacağı tarımsal ürünler belirlenmiştir. Tarımsal ürünler seçilirken öncelik olarak literatürden verilerin bulunabilirliği de ihtiyaçlar arasında yer almıştır. Buğday, arpa, çavdar, mısır, ayçiçeği, tütün, badem ve ceviz tarımsal ürünleri seçilmiştir. Bu tarımsal ürünlerin yıllık üretim miktarını etkileyen faktörler uzman yardımı alınarak tespit edilmiştir. Elde edilen bu değerler Jamovi programı yardımıyla doğrusal regresyon analizi yapılarak gelecek yıllara ait üretim miktarları öngörülmüştür. Öngörülen gelecek yıllardaki üretim miktarlarından atık miktarları hesaplanmıştır. Gelecek yıllardaki atık miktarlarını hesaplamadan önce de onu etkileyen faktörler literatürden bulunmuştur. Elde edilen atık miktarı hem doğrudan yakma hem de biyogaz üretimi için hesaplanıp enerji potansiyelleri açısından da karşılaştırılmıştır.

Doğrudan yakma işlemine ait süreç şeması Şekil 4.1’de verilmiştir [101]. Biyokütle temelli direkt yakma işleminde tarımsal ürünlerin atıkları bir yanma odasında yakılmaktadır. Yanma odasında yakılan biyokütle, kazandaki suyu ısıtan ısıyı serbest bırakmaktadır. Yüksek basınçta türbinlere gönderilen ısı ile kızgın buhar üretilir ve alternatörü çalıştıran türbini döndürülür. Türbinin dönmesiyle mekanik enerji elde edilmektedir. Bu mekanik enerji sayesinde de jeneratör doğru akım üretmektedir. Jeneratörün ürettiği elektrik akımı güç trafosuna aktarılmaktadır. Güç trafosunun da yardımıyla elektrik akımı orta ve yüksek gerilim hatlarına taşınması sağlanmaktadır. Aynı zamanda türbin çıkışında buharın bir kısmı geri kazanılarak ısıtma amacıyla kullanılmaktadır.



Şekil 4.1 Doğrudan yakma işlemi akış şeması [101]

Biyogaz üretim işlemine ait süreç şeması Şekil 4.2’de verilmiştir [101]. Biyogaz üretiminde sürekli fermantasyon sistemi kullanılmıştır. Tarımsal ürünlerin atıkları işlem öncesinde ısıtılarak reaktöre gönderilmektedir. Bu tipteki reaktörler sadece betonarme veya çelik silindirlere yapılmış geniş ve dikey yapılardır. Bu reaktörlerin tavanı düz veya konik şeklinde olabilir. Reaktörde tarımsal ürünlerin maddeleri ile mikroorganizmaların homojen bir şekilde etkileşime girmesi için sürekli dönen bir karıştırıcıdan faydalanılır. Biyokütle hammaddesi öncelikle bir karıştırma havuzunda toplanır ve burada gerekli durumda seyreltme yapılabilir. Daha sonra biyokütle içerisindeki yabancı ve istenmeyen maddelerin bu havuzda çökmesi sağlanır. Hammadde ısıtılarak reaktöre bir pompa veya cazibe ile akacak şekilde beslenir. Reaktöre beslenen hammaddenin sürekli karıştırılması ile hem homojen bir ortam oluşturulur hem de katı maddelerin askıda kalmaları sağlanır. Reaktördeki sürekli karıştırma ve hammaddenin ısıtılması verimliliği önemli ölçüde artırır. Oluşan biyogaz yoğunlaştırıcıya gönderilir. Daha sonra oluşan biyogaz, gaz jeneratörlerinde yakılarak elektrik enerjisine dönüştürülür.



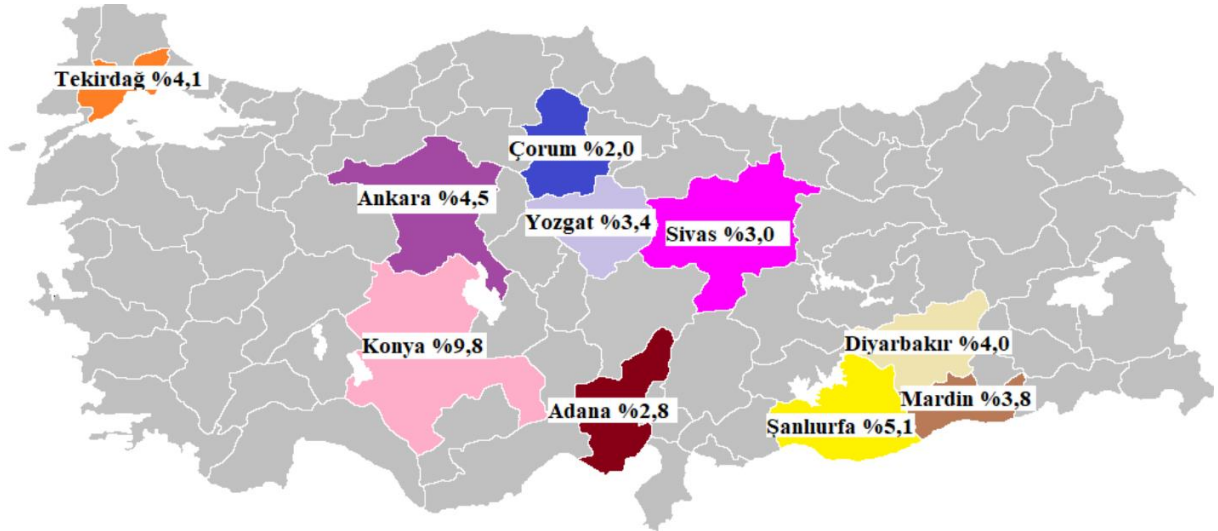
Şekil 4.2 Biyogaz üretimi akış şeması [101]

4.1 Tarımsal Ürünler

4.1.1 Buğday

Buğday tarımı, Türkiye'nin güney doğu Anadolu bölgesinde yaklaşık olarak 10-12 bin yıl önce başlamıştır. Eski toplulukların yerleşik hayata geçmesinde, Dünya'da birçok medeniyetlerin gelişmesinde ve toplulukların zenginleşmesine kıymetli roller oynamıştır [102].

Buğday, kültür oluşumunda ve farklı medeniyetlerin kurulmasında her zaman öncü bir rol oynamıştır. Dünyada çok uzun süredir devam eden buğday tarımı Dünya genelinde en çok ekim alanına sahip tarımsal üründür. Ekim alanı 217 milyon hektardır. Aynı zamanda mısır ve çeltikten sonra 729 milyon ton ile Dünya'da en fazla üretim miktarına sahip olan tarımsal üründür ve Dünya genelinde nüfusun gıda ihtiyacını karşılaması için kullanılan en önemli tarımsal üründür [102-104]. Dünya'daki nüfusun günlük enerji ihtiyacının %20'den fazlasının buğday ürünlerinden sağlandığı vurgulanmaktadır [102, 105, 106]. Uluslararası Mısır ve Buğday Geliştirme Merkezi'ne (CIMMYT) göre şu anda dünya çapında 80 milyon buğday çiftçisi bulunuyor ve 2050 yılına kadar dünya nüfusunu beslemek için %70 daha fazla buğdaya ihtiyaç duyulacaktır [106]. Toplam tarım alanları içerisinde buğday ekim alanlarının oranı %20'dir. Tarla tarımı alanları içerisinde ise buğday yetiştiriciliği oranı %40'dır [103]. Türkiye buğday üretiminde önemli illerin payları (%) Şekil 4.3'te görülmektedir [107].



Şekil 4.3 Türkiye’de buğday üretiminde önemli illerin payları (%) [107]

4.1.2 Arpa

Arpa 60-70 gün içerisinde yetişebilmektedir. Yetişen bu arpa hem insan hem de hayvan besini olarak kullanılabilir. Ayrıca arpa, iklim ve toprak bakımından hemen hemen tüm bölgelerde yetiştirilmektedir [108]. Eski zamanlarda, Türkiye'nin İç Anadolu'sundaki buğday ve arpa atlar ve develerle İzmir'e taşınmaktaydı [109]. Türkiye'deki arpa üretimi ve arpa üretimindeki ilk beş il Şekil 4.4'te görülmektedir [110].

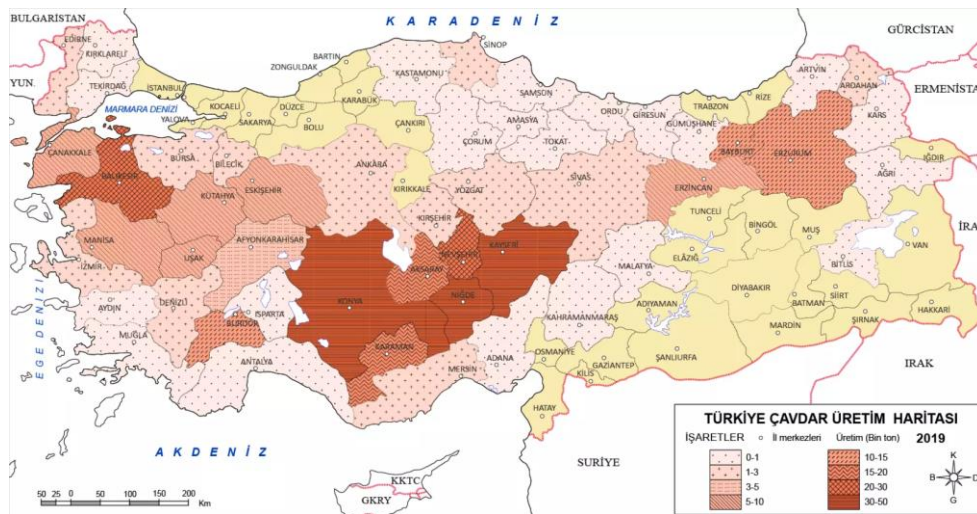


Şekil 4.4 Türkiye'de arpa üretimi [110]

4.1.3 Çavdar

Çavdarın sapları buğdaya göre daha uzun ve incedir, başakları düzdür, taneleri çok kuru ve una benzer, besin değeri az, çorak, kumlu topraklarda yetişir [111].

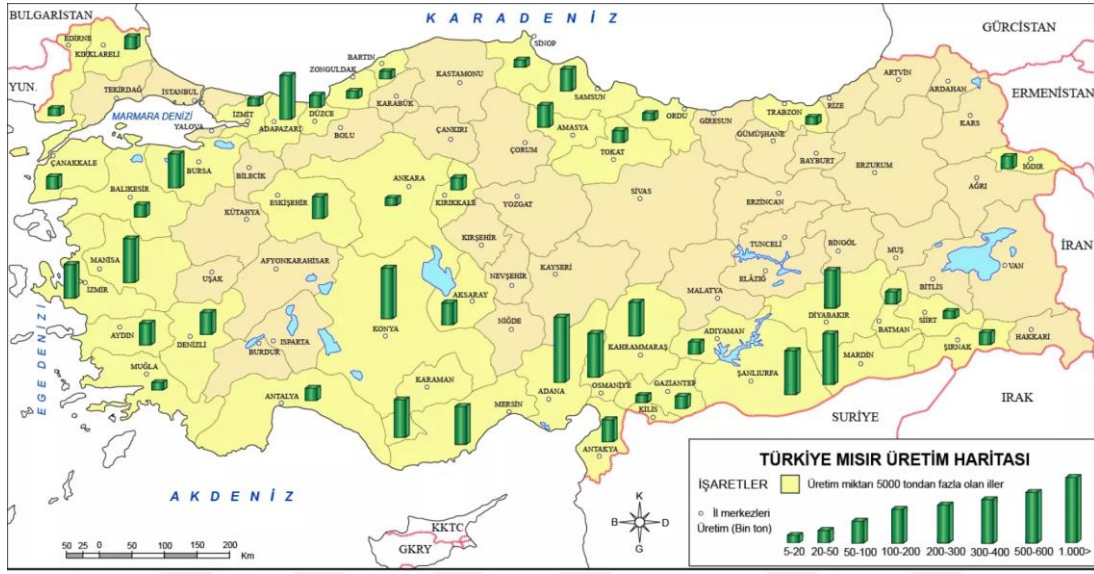
Anavatanı Orta Asya ve Güney Avrupa olan çavdar, toprak ve iklim koşulları oldukça kısıtlı olan bir tahıldır. Çorak topraklarda veya bitki besin maddeleri açısından çok düşük olan topraklarda yetişebilir [105]. Türkiye'deki çavdar üretimi Şekil 4.5'te görülmektedir [112].



Şekil 4.5 Türkiye'de çavdar üretimi [112]

4.1.4 Mısır

Mısır hem insan gıdası hem de hayvan yemi olarak kullanılıyor. Sıcak iklimlere uygun olan bu ürün, yetiştirme koşullarına bağlı olarak farklı sıcaklıklara ihtiyaç duymaktadır. Tohumlar 16-18°C'de çimlenir ancak büyüme mevsimi boyunca 20°C'nin üzerindeki sıcaklıklara gereksinim duymaktadır [108]. Ülkemizin hemen hemen tüm bölgelerinde farklı mısır türlerinin üretimi yapılabilmektedir. Türkiye'deki mısır üretimi Şekil 4.6'te görülmektedir [113].

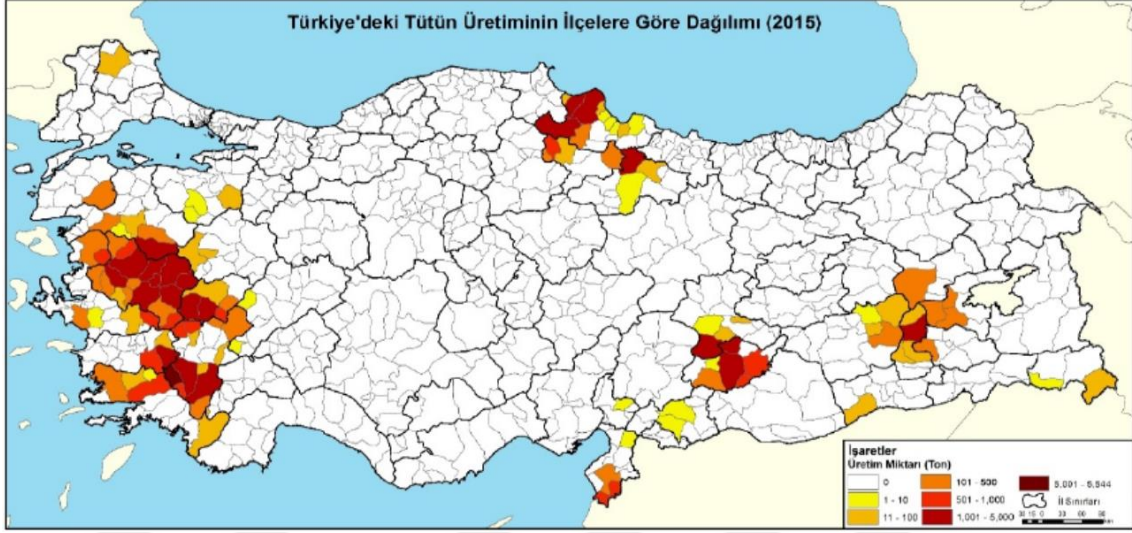


Şekil 4.6 Türkiye'de mısır üretimi [113]

4.1.5 Tütün

Tek yıllık bir bitki olan tütünün birçok çeşidi bulunmasına rağmen sadece nikotin tabacaum ve nikotin rustika çeşitleri yetiştirilmektedir. En çok yetiştirilen çeşit Nicotinona tabecaum'dur. Anavatanı Yeni Dünyanın sıcak bölgeleridir. İlk olarak 16. yüzyılda Portekizli denizciler tarafından Güney Avrupa'ya getirilmiş, daha sonra Osmanlı topraklarına yayılmıştır [108]. 19. yüzyılda Anadolu'da yetişen ürünlerden biri de tütün olmuştur. 19. yüzyılda batıda Kepsut, Simav ve Dağardı ilçeleri, Çine ilçesi, Gölhisar ilçesi, Gebiz kasabası, Uluborlu ilçesi ve Barla kasabası, güneyde Anamur ve Mut ilçeleri, doğuda Gemerek köyünde tütün tarımı yapılmaktaydı. Osmanlı'da üretilen tütün ürünlerinin fazlalığının dörtte biri ticarete açılmıştır. Tarım ürünlerinin ihtiyaç fazlası özellikle Akdeniz ve Ege bölgesindeki çiftçiler tarafından ihraç edilmekteydi. Batı Anadolu, önemli limanlara yakınlığı ve uygun iklim ve toprak koşulları nedeniyle 18. yüzyılda Anadolu'nun en ihracata yönelik merkezi olmuştur. 19. yüzyılda tarım ürünleri ihracatı hızla büyüyerek güç kazanmıştır. 19. yüzyılda Batı Anadolu'nun, özellikle

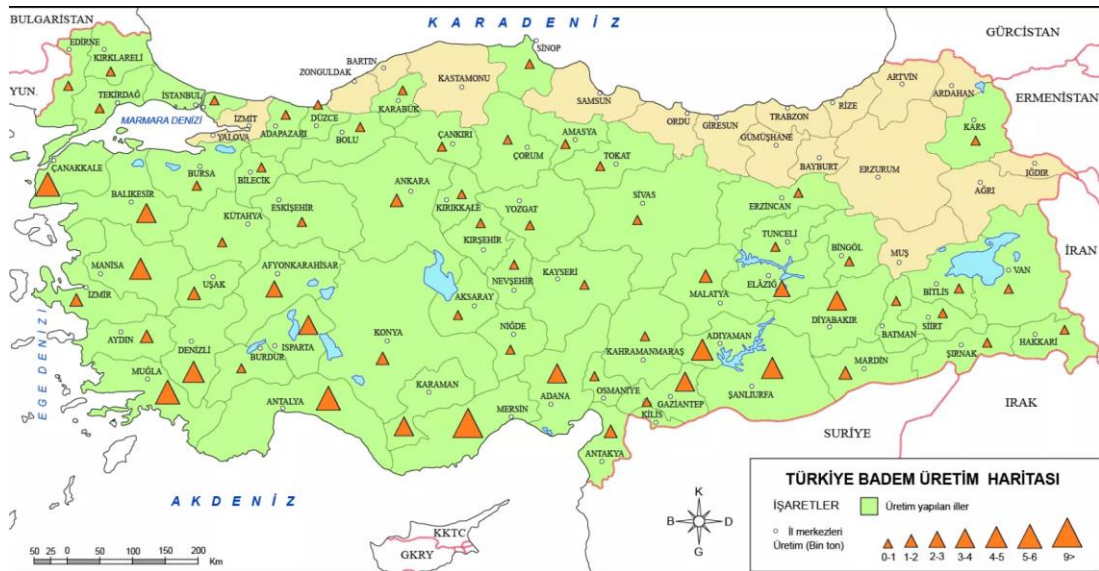
İzmir'in iç kısmının başlıca ihracatı üzüm, incir, tütün, pamuk ve zeytinyağı olmuştur [114,115]. Türkiye'deki tütün üretimi Şekil 4.7'te görülmektedir [116].



Şekil 4.7 Türkiye'deki tütün üretimi [116]

4.1.6 Badem

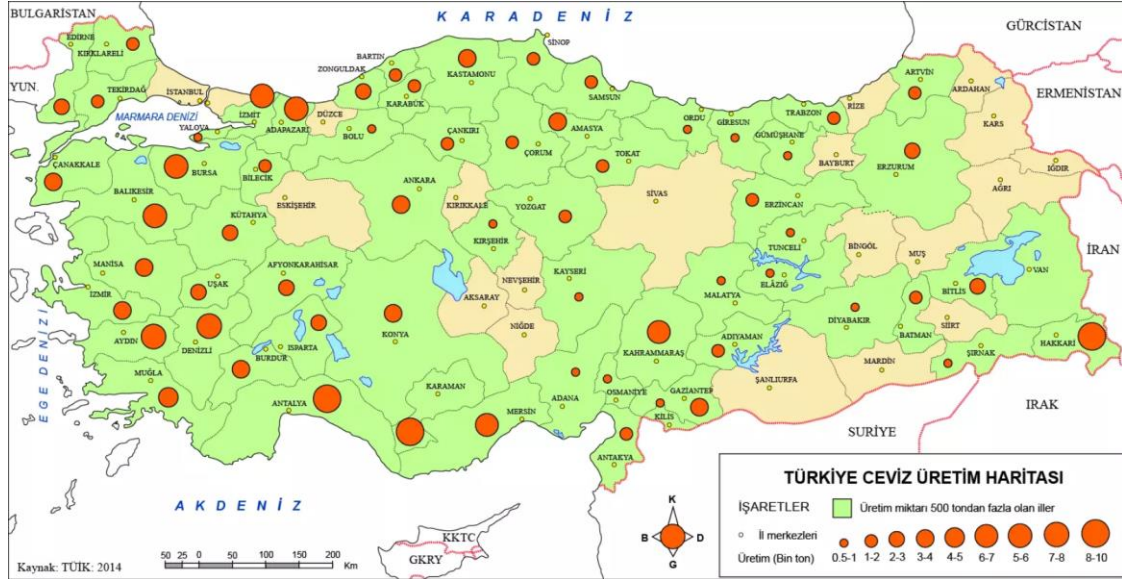
Hem meyve ağacının hem de meyvesinin kabul edilen adı olan badem, çağla adı altında yenir ve tohum kısmından yağ elde edilir. Anavatanı İran ve Afganistan olan badem, eski çağlardan beri Anadolu'da yetiştirilmektedir. Gülgiller familyasından gelmesine rağmen dikenleri yoktur [104]. Türkiye'deki badem üretimi Şekil 4.8'da görülmektedir [113].



Şekil 4.8 Türkiye'deki badem üretimi [113]

4.1.7 Ceviz

"Ceviz" tabiri bu bitkinin hem ağacını hem odununu hem de meyvesini ifade etmek için kullanılmaktadır. Meyvesinin besin değeri yüksek olması ve ahşabın cilalama amaçlı kullanılması nedeniyle mobilya üretiminde büyük önem taşımaktadır [108]. Türkiye'deki ceviz üretimi Şekil 4.9'de görülmektedir [117].

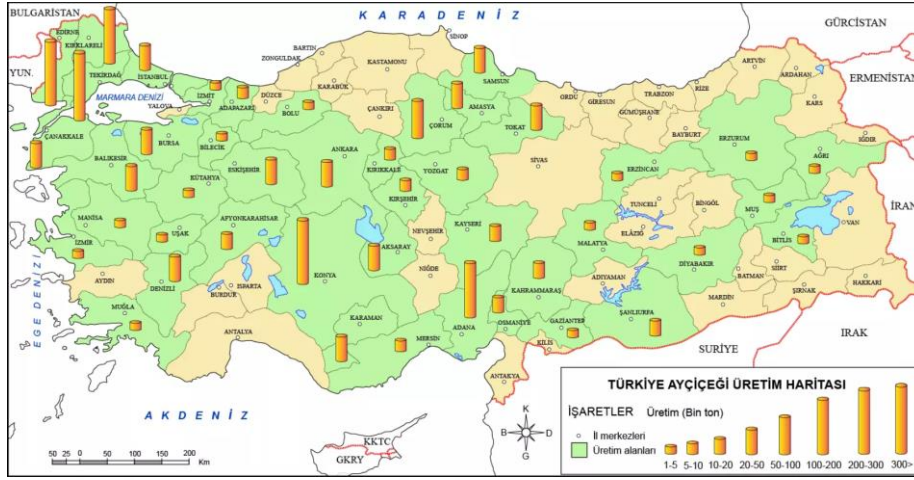


Şekil 4.9 Türkiye'deki ceviz üretimi [117]

4.1.8 Ayçiçeği

Ayçiçeği tohumlarının içerdiği yüksek yağ içeriği (%22-50) nedeniyle ayçiçek yağının yenilebilir kalitesi yüksektir. Bu nedenle ayçiçek yağı tüketimi de fazladır [118]. Türkiye'de yetiştirilen yağlı bitkiler arasında ayçiçeği, ekili alan ve üretim açısından ilk sırada yer almaktadır. Türkiye'deki yağlı tohumlar ve bitkisel yağların çoğu ayçiçeği tohumlarından elde edilmektedir. Ayçiçeğinin ekim nöbetine uygun bir bitki olarak adaptasyon yeteneğinin yüksek olması, kuru ve sulı koşullarda yetiştirilmesi ve çiftçilerimizin ülkemizdeki yetiştirme kültürüne ilişkin bilgisi, ayçiçeği yetiştiriciliğine yağlı tohumlar arasında rekabet avantajı sağlamaktadır. 2018/19 üretim yılında dünya genelinde 26,3 milyon hektar alanda endüstriyel bitkiler arasında önemli bir yer tutan yağlı ayçiçeği ekimi yapılmıştır. Aynı sezonda 1,9 t/ha verim elde edildi. 2019 üretim yılında dünya ayçiçeği üretimi ağırlıklı olarak Rusya, Ukrayna, AB, Arjantin ve Çin'de gerçekleşti ve dünya ayçiçeği üretiminin %72,5'i Rusya, Ukrayna ve AB'den gerçekleşti. Ayçiçeği tohumu ihracatında Moldova yüzde 20,9 ile ilk sırada yer alırken, ikinci sırada yüzde 20,4 ile Avrupa Birliği yer alıyor. 2019 üretim sezonunda dünya ayçiçeği tohumu ithalatının yüzde 55'i AB ve Türkiye'ye yapılmıştır [118]. Ayçiçeği ülkemizin hemen

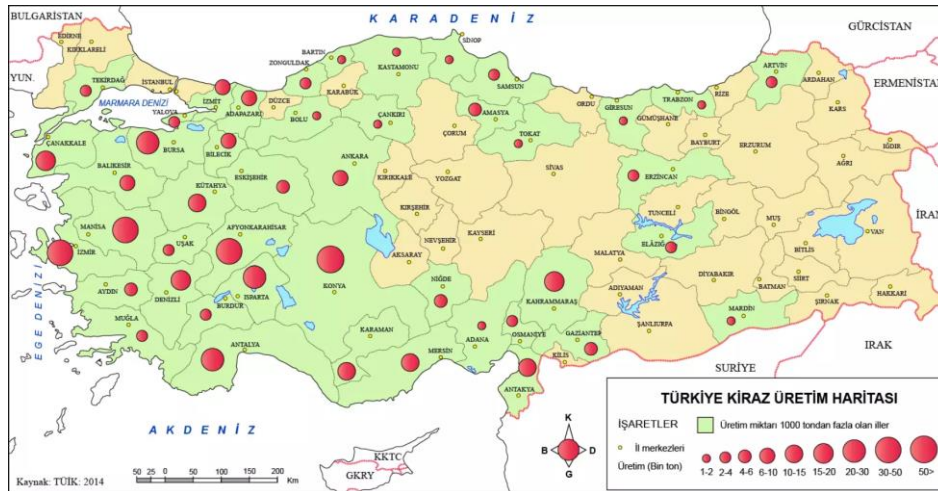
her bölgesinde yetişebilen bir sanayi bitkisi ve tohumları kaliteli yağ içeren yağlı tohumların başında gelir [119]. Türkiye’deki ayçiçeği üretimi Şekil 4.10’de görülmektedir [113].



Şekil 4.10 Türkiye’deki ayçiçeği üretimi [113]

4.1.9 Kiraz

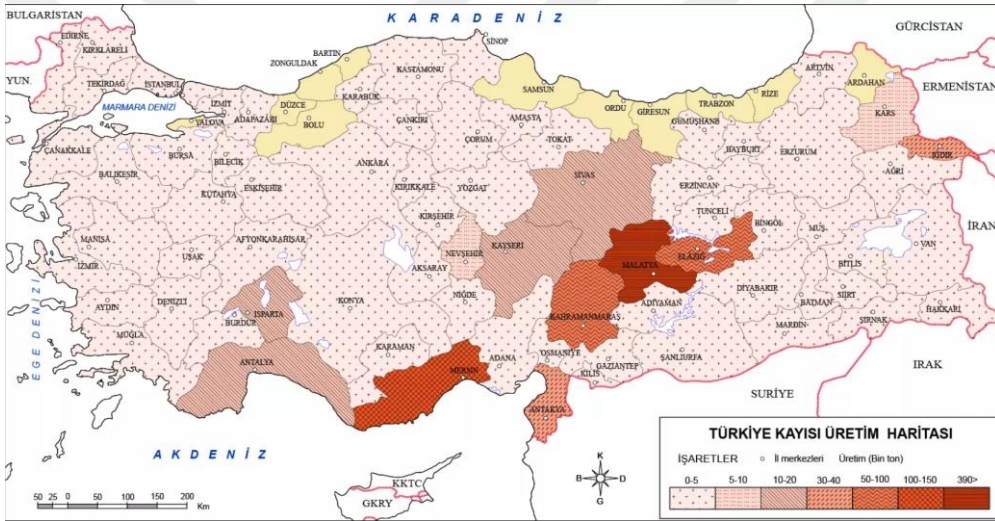
Kiraz yetiştiriciliğinde sıcaklık en önemli iklim faktörüdür. Yaz sıcaklıklarının uygun olduğu destinasyonlarda yetiştirilen bir üründür [120]. Türkiye'nin hemen her ilinde yetişebilen kiraz çeşitleri bulunmaktadır. Doğu Anadolu bölgesinin Erzurum, Kars, Ardahan gibi yüksek bölgelerinde kiraz yetiştirmek çoğu zaman zordur. Korunaklı alanlarda zorlu koşullarda yetişen kirazlar, bazı yıllarda ilkbahar mevsiminde sıcaklıkların eksi değerlere düşmesiyle birlikte kuzey rüzgarlarına maruz kalan bölgelerde donun etkisiyle çiçek tomurcuklarını dökmekte ve çiçek açmaktadır. Kiraz en yoğun olarak Ege bölgesinde üretilmektedir. Ege bölgesindeki kiraz üretimi Türkiye’deki kiraz üretiminin %27’sidir [121]. Türkiye’deki kiraz üretimi Şekil 4.11’de görülmektedir [117].



Şekil 4.11 Türkiye’deki kiraz üretimi [117]

4.1.10 Kayısı

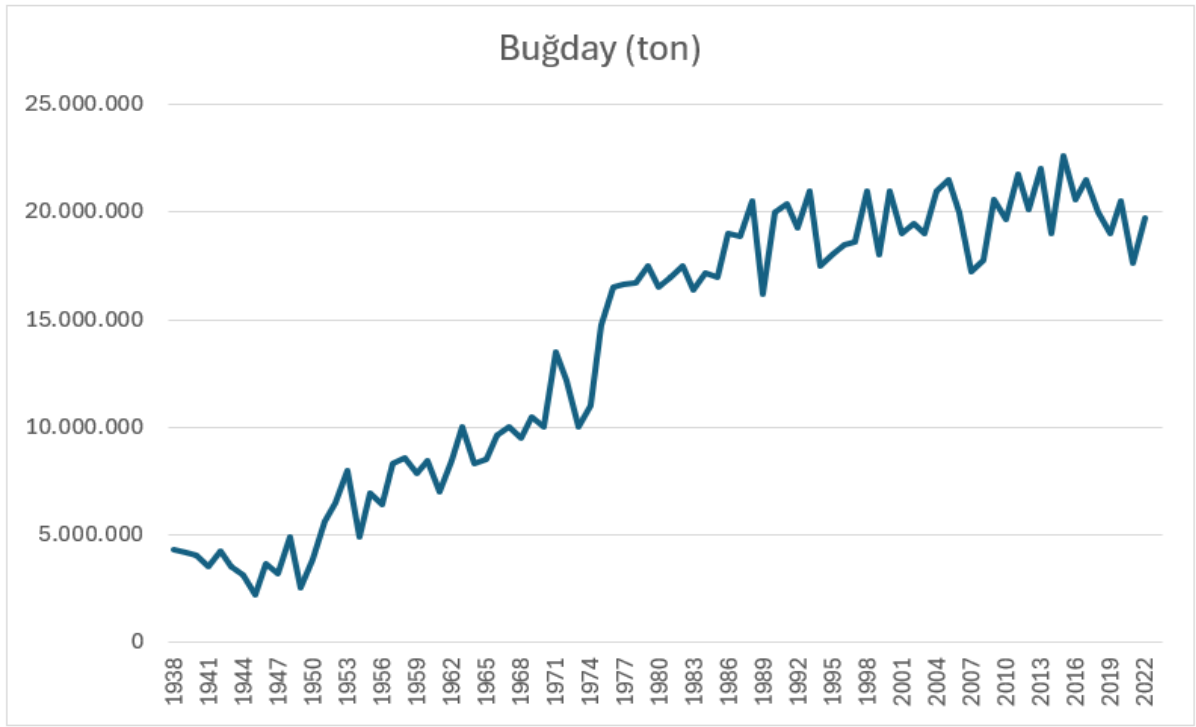
Kayısı, taze haliyle tüketilebilen veya kurutularak muhafaza edilebilen çok yönlü bir meyvedir [122]. Ayrıca kayısı reçeli, meyve suyu, meyve posası vb. ticaretinin de bu kapsamda yapılabileceği, kayısı tüketiminin ve ticaretinin oldukça yaygın olduğunu göstermektedir [123, 124]. Kayısı ekolojik gereksinimleri açısından seçici değildir, bu da onu Türkiye'nin çok çeşitli bölgelerinde ekime uygun kılmaktadır [125]. Türkiye, dünya kayısı üretiminin %20'sini gerçekleştirmektedir [123, 126]. Bu bağlamda kayısı üretiminde Türkiye ön sıralarda yer alırken, Malatya bu sektörde önemli bir yere sahiptir. Türkiye'nin kayısı üretiminde toplam üretimin yaklaşık %49'unu oluşturan Malatya ön plandadır. Mersin'i yüzde 11 ile Kahramanmaraş, yüzde 15 ile Malatya ve yüzde 5,5 ile Iğdır takip etmektedir [127]. Türkiye'deki kayısı üretimi Şekil 4.12'de görülmektedir [112].



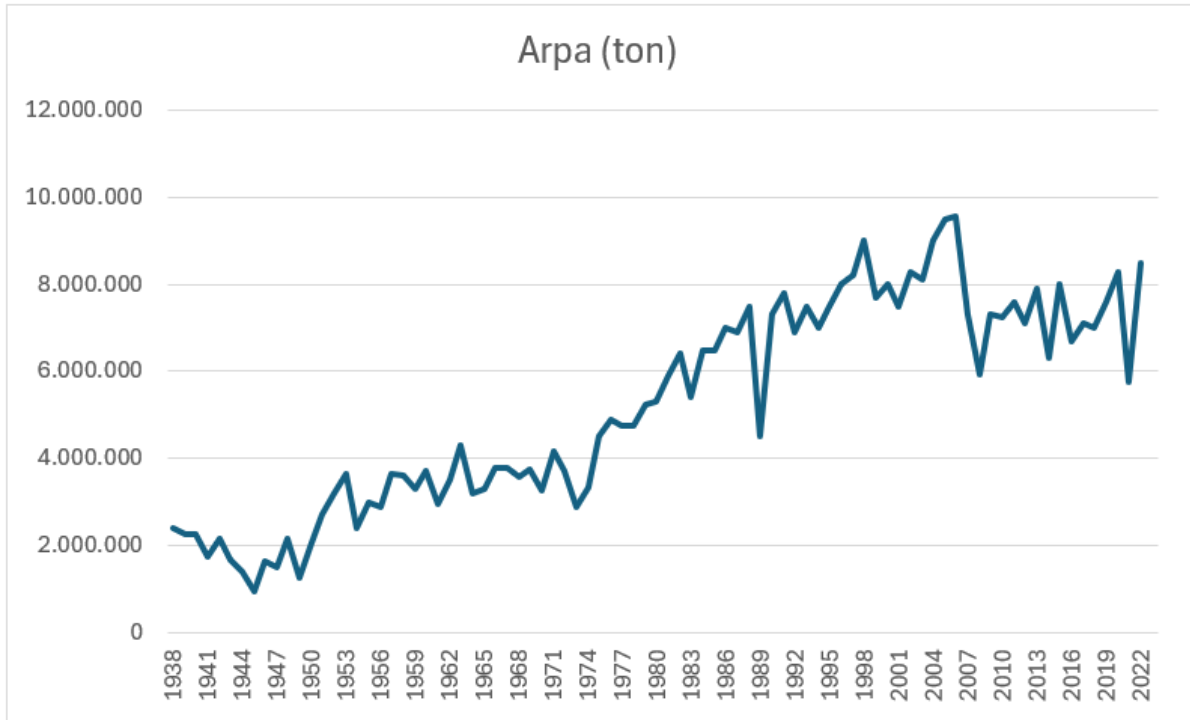
Şekil 4.12 Türkiye'de kayısı üretimi [112]

4.2 Türkiye'de Yıllara Göre Tarımsal Ürünlerin Üretim Miktarları

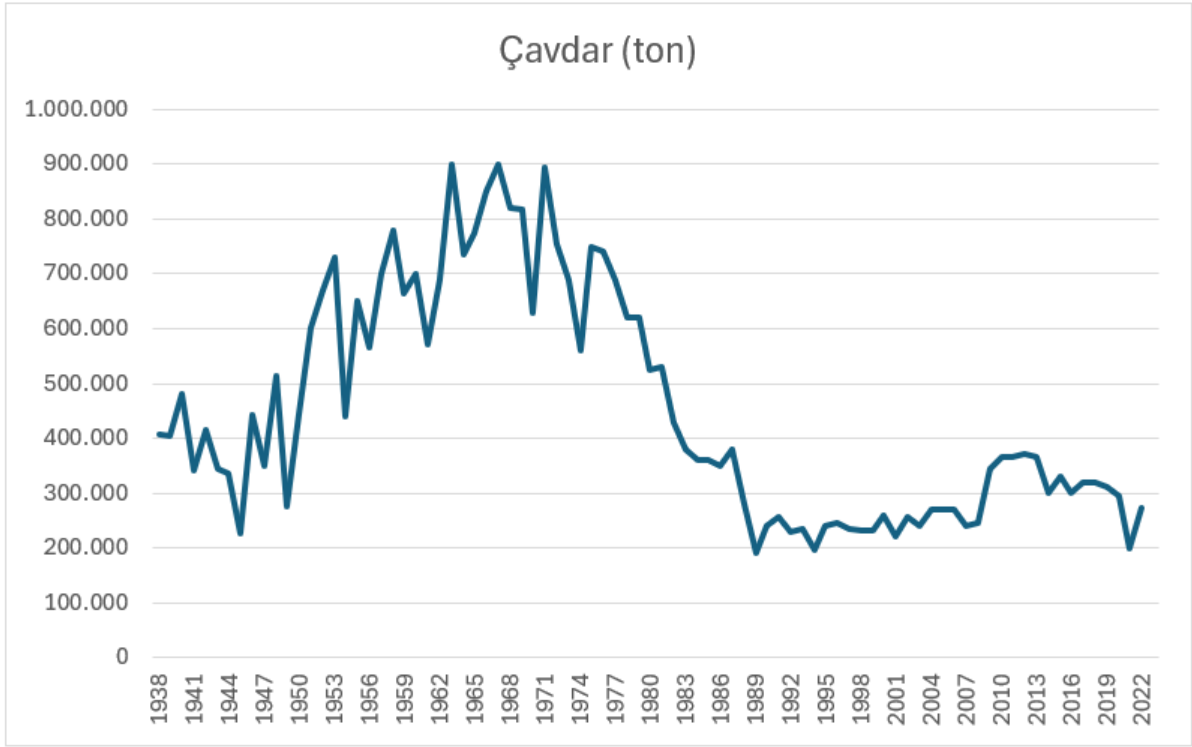
Bu çalışmada kullanılacak olan tarımsal ürünlerin yıllık üretim miktarları “TUIK, TMO, Tarım ve Orman Bakanlığı” verilerinden bulunmuştur. Buğday, arpa, çavdar, mısır, tütün, badem, ceviz, ayçiçeği, kiraz ve kayısı için üretim miktarı Şekil 4.13-Şekil 4.22'de görülmektedir [128-130].



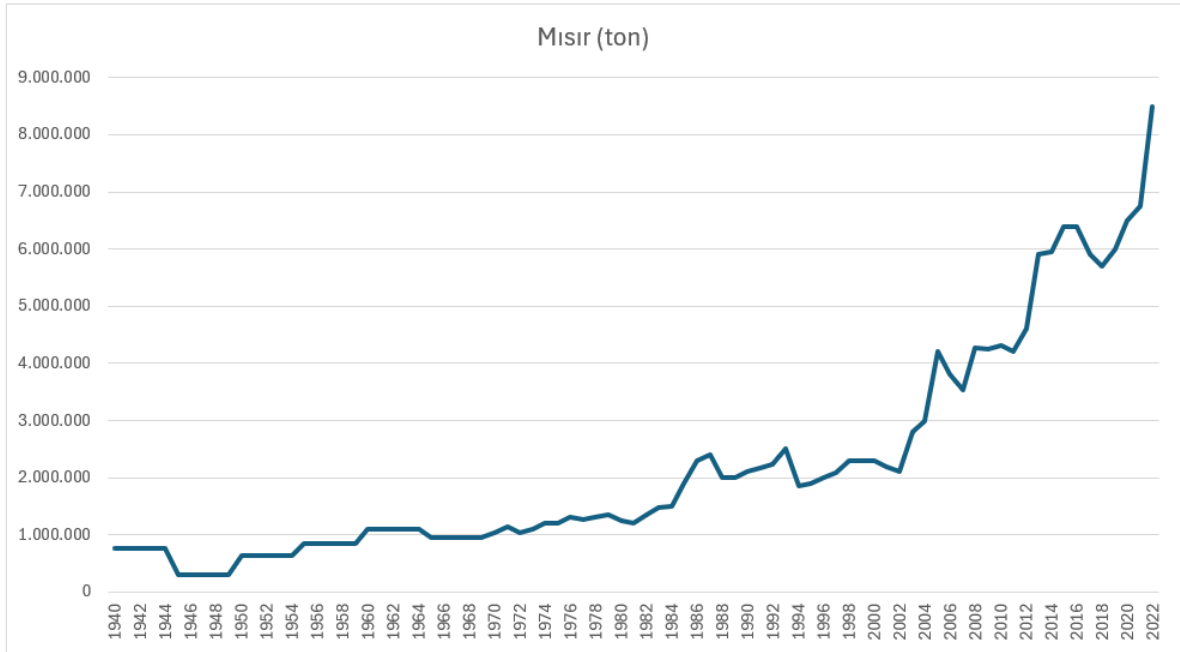
Şekil 4.13 Türkiye’de yıllık buğday üretimi [128-130]



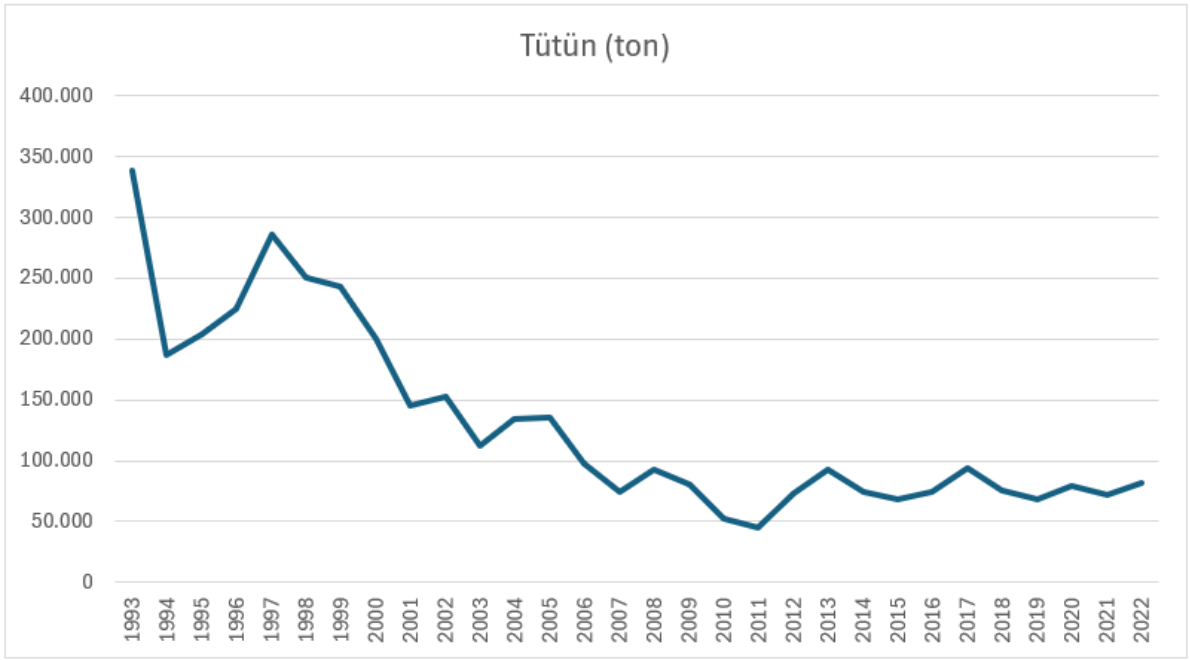
Şekil 4.14 Türkiye’de yıllık arpa üretimi [128-130]



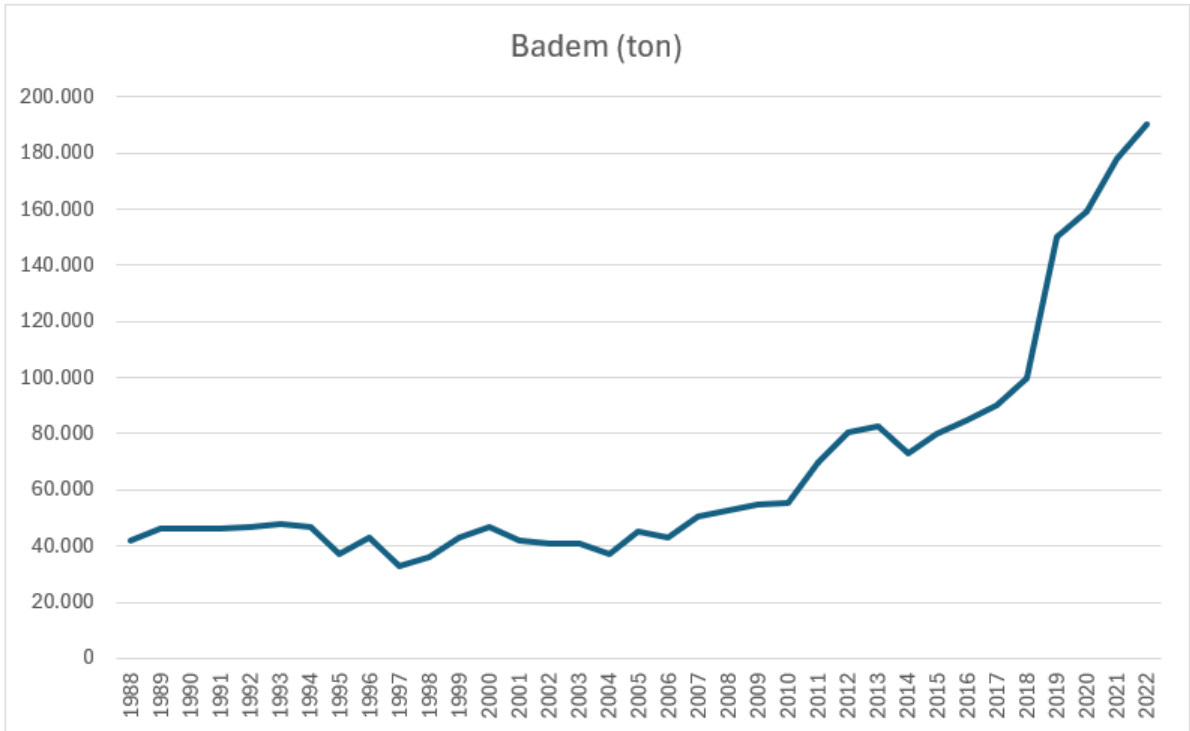
Şekil 4.15 Türkiye’de yıllık çavdar üretimi [128-130]



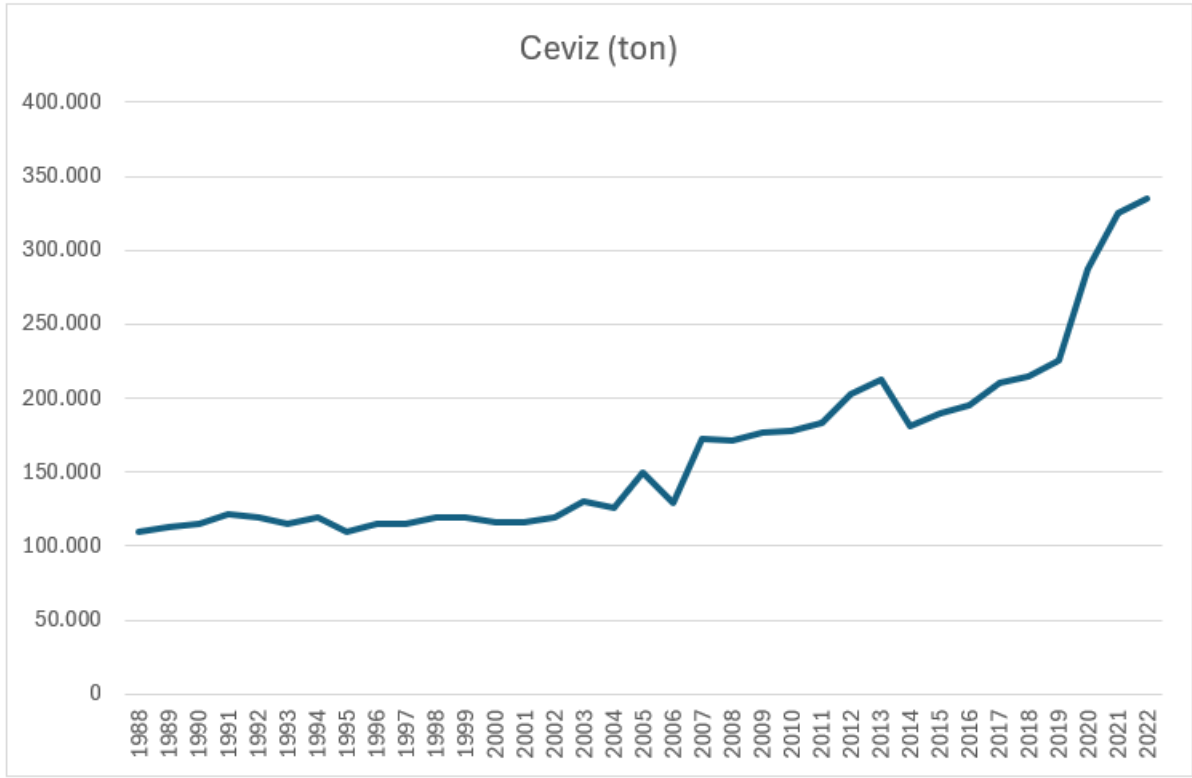
Şekil 4.16 Türkiye’de yıllık mısır üretimi [128-130]



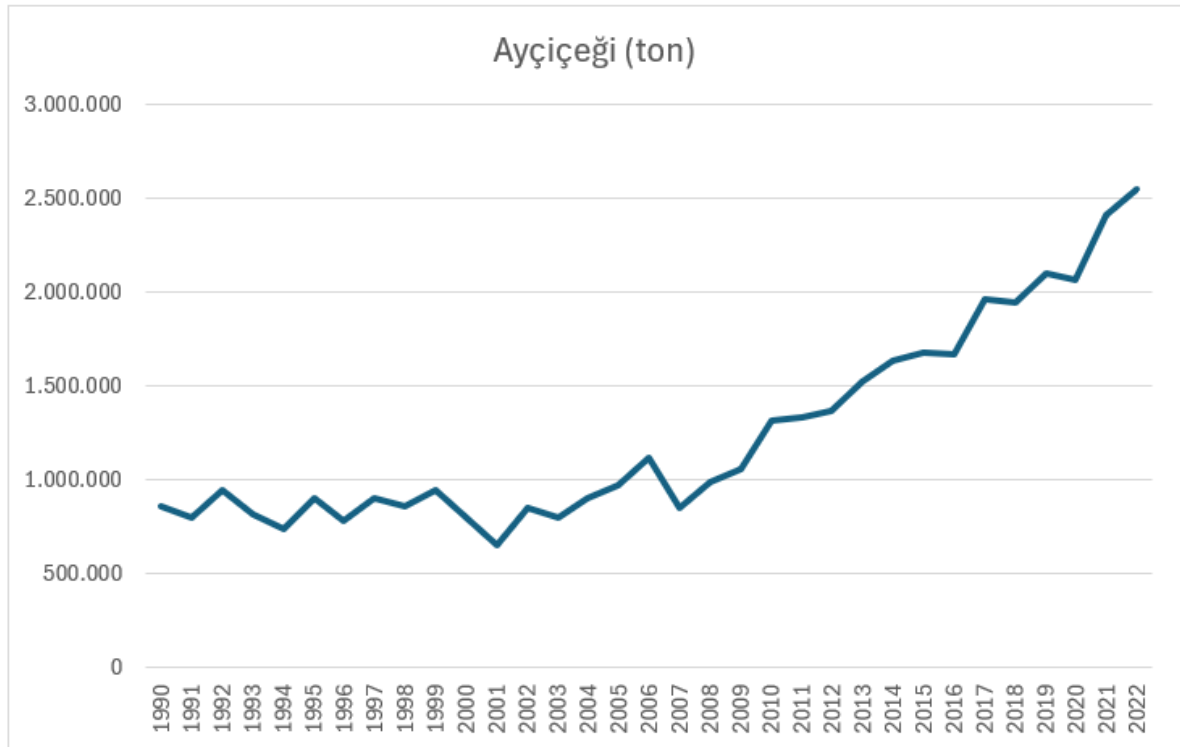
Şekil 4.17 Türkiye’de yıllık tütün üretimi [128-130]



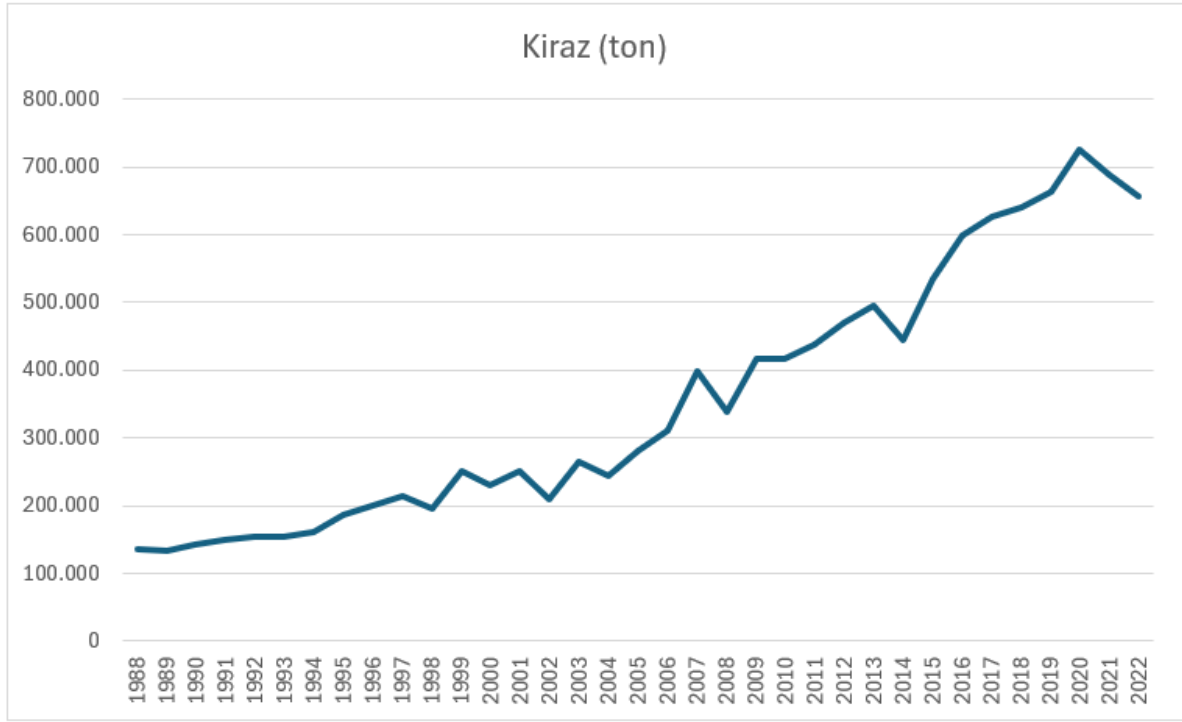
Şekil 4.18 Türkiye’de yıllık badem üretimi [128-130]



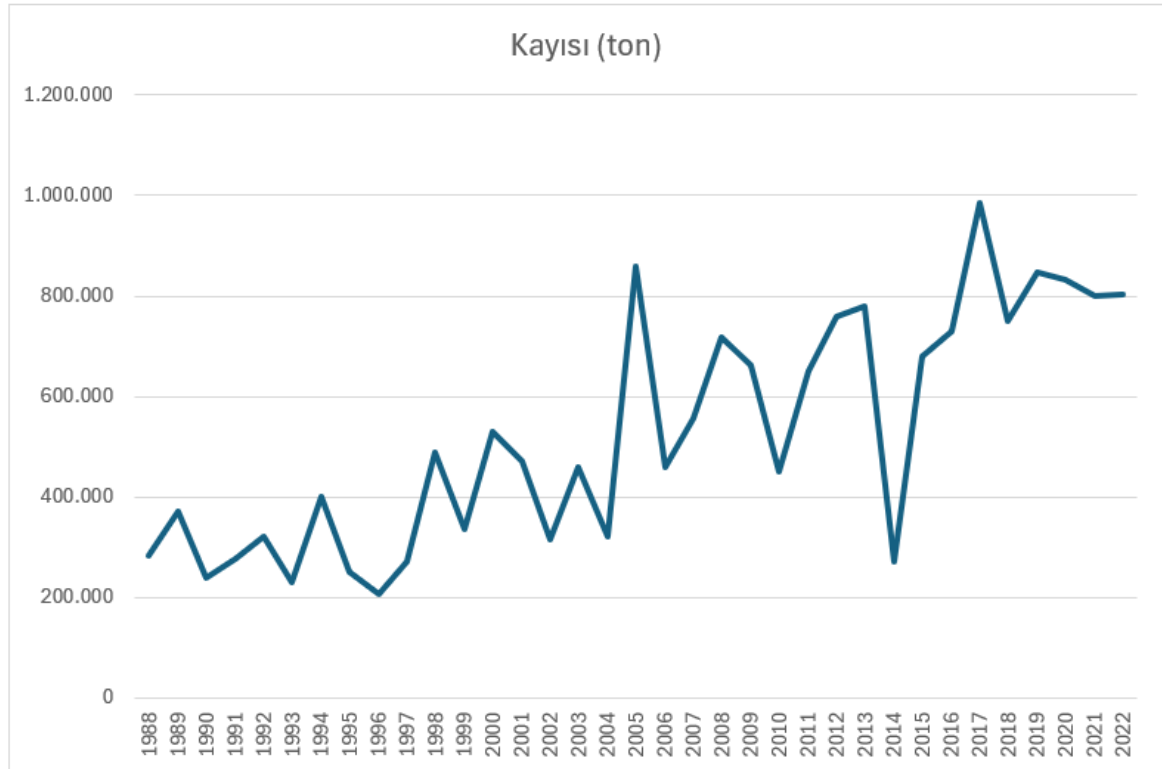
Şekil 4.19 Türkiye’de yıllık ceviz üretimi [128-130]



Şekil 4.20 Türkiye’de yıllık ayçiçeği üretimi [128-130]



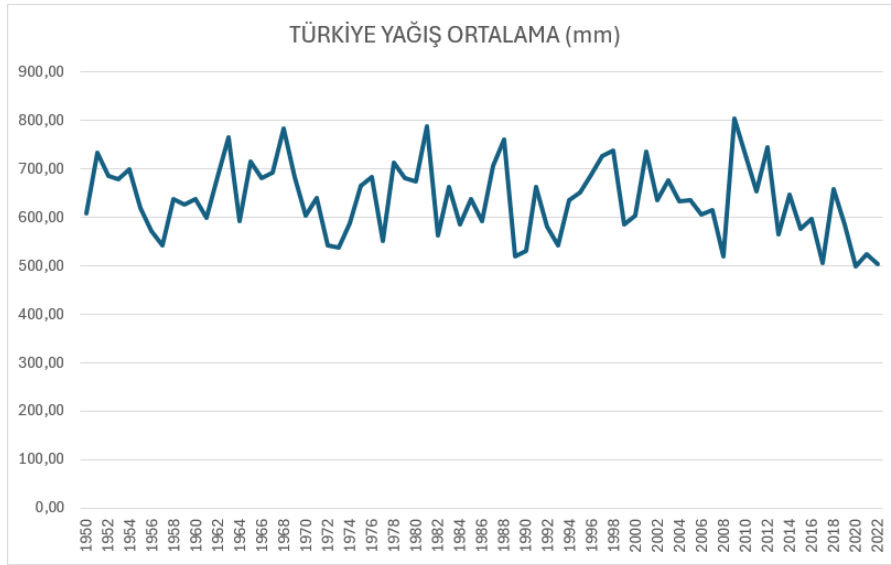
Şekil 4.21 Türkiye’de yıllık kiraz üretimi [128-130]



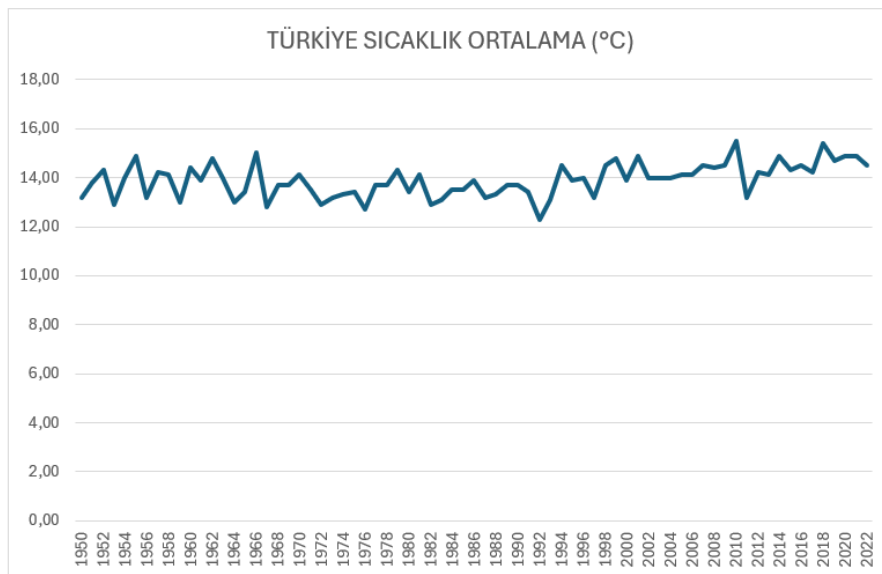
Şekil 4.22 Türkiye’de yıllık kayısı üretimi [128-130]

4.3 Tarımsal Ürünleri Etkileyen Faktörler

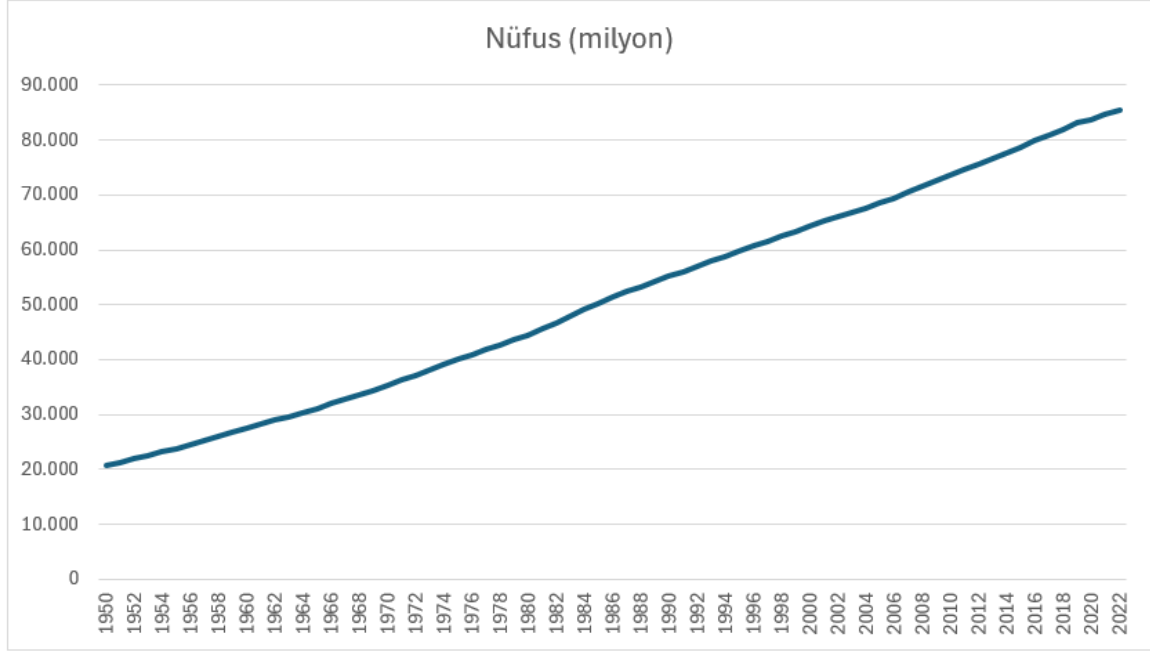
Tarımsal ürünlerin yıllık üretim miktarlarını etkileyen faktörleri belirlemek hedeflenmiştir. Araştırmaların kısıtlılığı nedeniyle bu faktörleri belirlerken literatür incelenmiş ve uzman görüşü alınmıştır. Yapılan değerlendirmeler ve alınan uzman görüşü doğrultusunda 3 faktör seçilmiştir. Tarımsal ürünlerin yıllık üretim miktarını etkileyen faktörler “yıllık sıcaklık miktarı, yıllık yağış miktarı ve nüfus değeri” olarak belirlenmiştir. Bu faktörlerin değerleri “TUIK ve MGM İklim Raporu” kaynaklarından elde edilmiştir. Şekil 4.23, Şekil 4.24 ve Şekil 4.25’te bu faktörlerin grafikleri görülmektedir. [131, 132].



Şekil 4.23 Türkiye’de yıllık yağış ortalaması (mm) [132]

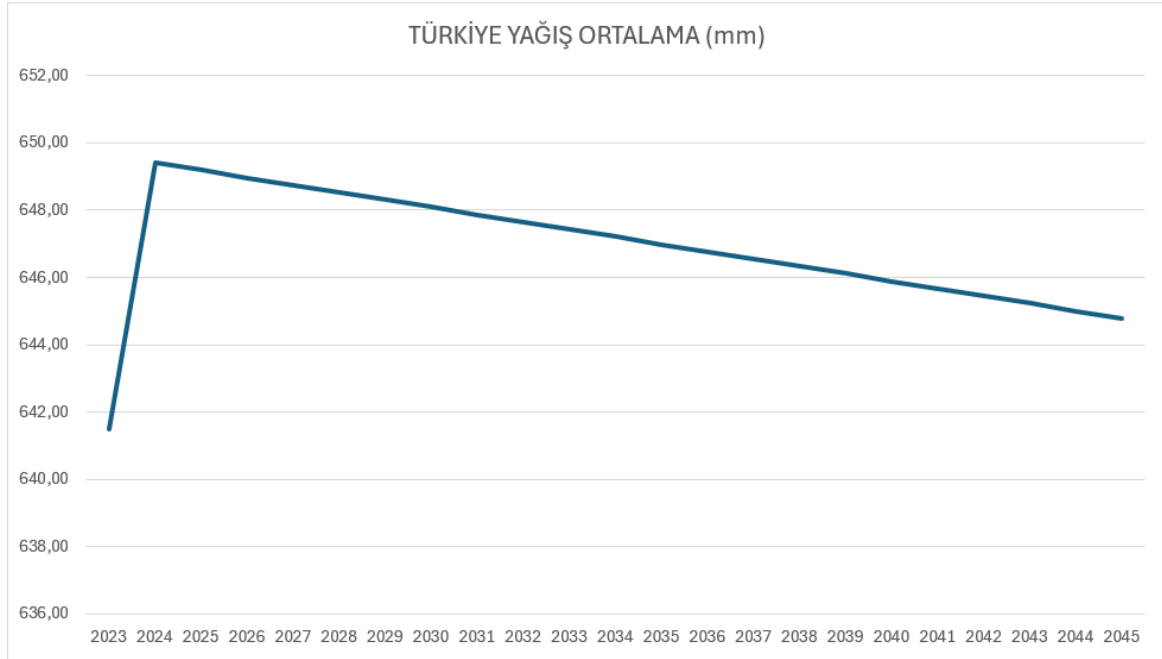


Şekil 4.24 Türkiye’de yıllık sıcaklık ortalaması (°C) [132]

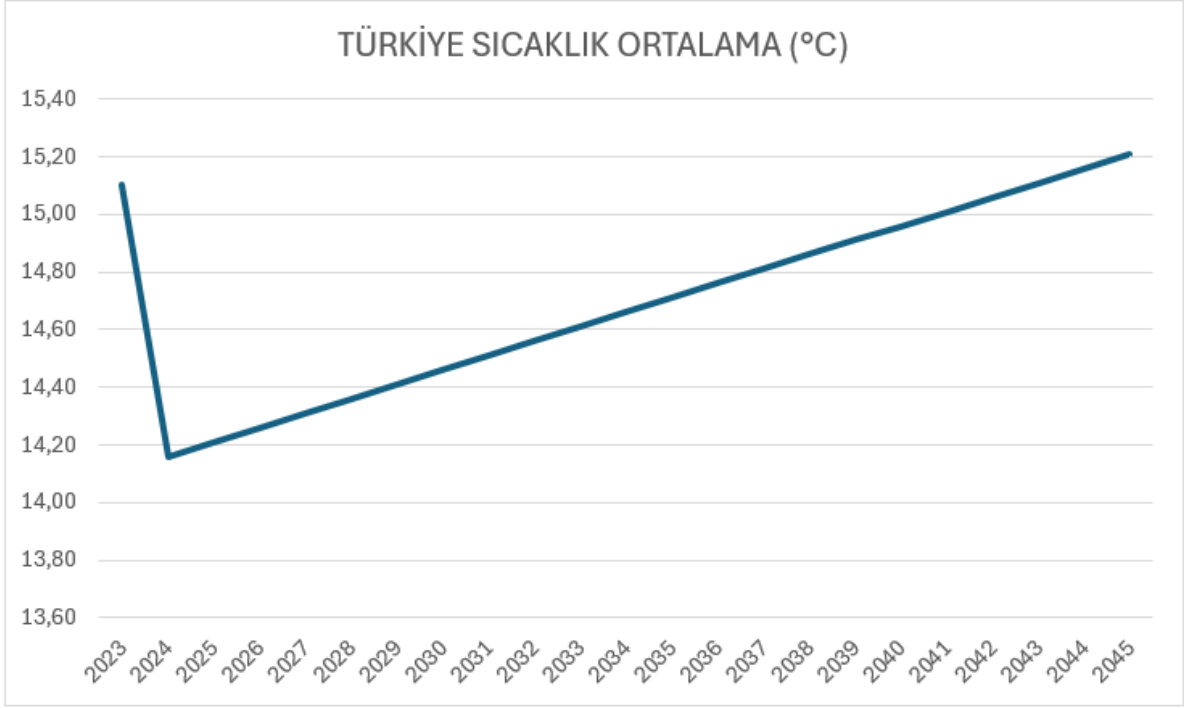


Şekil 4.25 Türkiye’de yıllara göre nüfus sayısı (milyon) [131]

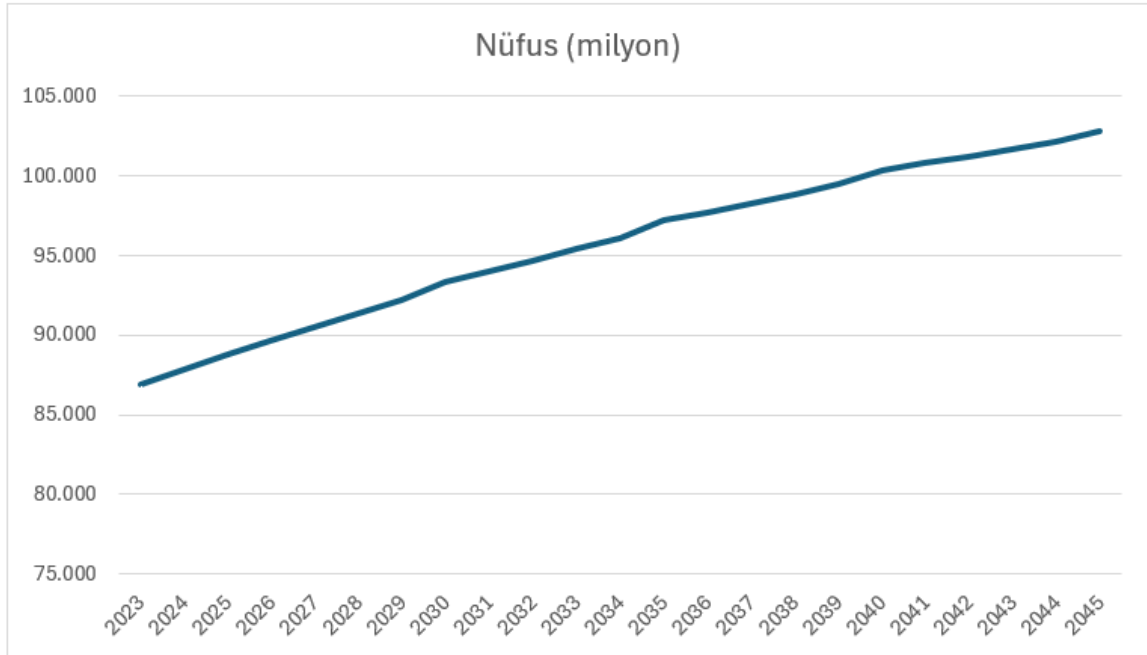
Ayrıca gelecek yıllardaki üretim miktarlarını Jamovi programından elde etmek için ilk aşamada tarımsal ürünlerin yıllık üretim miktarını etkileyen faktörlerin de gelecek yıllardaki değerleri öngörü yardımıyla hesaplanmıştır. Bu faktörlerin yıllara göre öngörülen değerleri Şekil 4.26, Şekil 4.27 ve Şekil 4.28’da verilmektedir [133,134].



Şekil 4.26 Türkiye’de yıllık yağış ortalaması öngörüsü (mm) [133]



Şekil 4.27 Türkiye’de yıllık sıcaklık ortalaması öngörüsü (°C) [133]



Şekil 4.28 Türkiye’de yıllara göre nüfus sayısı öngörüsü [134]

Ek olarak elde edilen tarımsal ürünlerden elde edilecek olan atık miktarlarını hesaplayabilmek için ortalama ürün kalıntı oranı, kullanılabilirlik yüzdesi ve alt ısıl değerleri bulunmalıdır.

Bunun içinde literatürde bu faktörlerin tarımsal ürünler için değerleri araştırılmış ve bulunmuştur. Literatürde bulunan değerler Tablo 4.1’de görülmektedir.

Tablo 4.1 Tarımsal ürünlerin ortalama ürün kalıntı oranı, kullanılabilirlik yüzdesi ve alt ısı değeri [135-144]

Tarımsal Ürünler	Ortalama Ürün Kalıntı Oranı	Kullanılabilirlik Yüzdesi (%)	Alt Isıl Değeri (MJ/kg)
Buğday	1,13	15	17,9
Arpa	1,22	15	17,5
Çavdar	0,99	15	17
Mısır	0,682	60	18,4
Tütün	2,27	60	16
Badem	0,6	80	18,4
Ceviz	0,44	50	19
Ayçiçeği	2,1	60	14,2
Kiraz	0,19	80	19
Kayısı	0,19	80	19,3

Ayrıca biyogaz üretimini hesaplayabilmek içinde katı madde, uçucu katı madde, kg uçucu toplam katı madde başına tahmini biyogaz üretim miktarı, kullanılabilirlik yüzdesi ve metan oranı bulunmalıdır. Bunun içinde kullanılabilirlik oranı önceden elde edildiği için diğer parametrelerin değerleri literatürde araştırılmış ve bulunmuştur. Hesaplamalarda literatür dikkate alınarak kabul edilen değerler Tablo 4.2’de görülmektedir.

Tablo 4.2 Tarımsal ürünlerin katı madde, uçucu katı madde, kg uçucu toplam katı madde başına tahmini biyogaz üretim miktarı, kullanılabilirlik yüzdesi ve metan oranı değerler [145-159]

Tarımsal Ürünler	Katı Madde (KM) (%)	Uçucu Katı Madde (UKM) (%)	Kullanılabilirlik yüzdesi (%)	Kbio (L/kg UKM)	Metan oranı (%)
Buğday	90%	80%	15%	700	60%
Arpa	97%	85%	15%	740	55%
Çavdar	50%	70%	15%	780	60%
Mısır	97%	65%	60%	650	55%
Ayçiçeği	90%	80%	60%	540	60%
Tütün	40%	85%	60%	600	60%
Badem	70%	40%	80%	350	50
Ceviz	65%	45%	50%	400	50
Kayısı	35%	75%	80%	450	55
Kiraz	25%	85%	80%	400	55



5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tarımsal ürünlerden 10 adet tarımsal ürün seçilmiştir. Bu tarımsal ürünler buğday, arpa, çavdar, mısır, tütün, badem, ceviz, ayçiçeği, kiraz ve kayısıdır. Tarımsal ürünlerin üretim miktarları daha önce de belirtildiği gibi literatürden elde edilmiştir. Daha sonra da bunların üretimini etkileyen faktörler saptanmış ve yıllık bazda değerleri elde edilmiştir.

Jamovi programına tarımsal ürünlerin yıllık üretim miktarları ve üretim miktarlarını etkileyen faktörler entegre edilmiştir. Tarımsal ürünleri etkileyen faktörler logaritmik olarak Jamovi programında hesaplanmıştır. Daha sonra da Jamovi programında her bir değer için denklem elde edilmiştir. Tarımsal ürünlerden elde edilen denklemler aşağıda Şekil 5.1-5.10'da görülmektedir.

Results

Linear Regression

Model Fit Measures

Model	R	R ²	AIC	BIC	RMSE	Overall Model Test			
						F	df1	df2	p
1	0.943	0.889	-187	-176	0.0627	183	3	69	< .001

Model Coefficients - LogBuğday

Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	3.074	0.5955	5.16	< .001
LogYağış	0.358	0.1525	2.35	0.022
LogSıcaklık	-1.577	0.3825	-4.12	< .001
LogNüfus	1.043	0.0456	22.86	< .001

Şekil 5.1 Buğday için Jamovi programında elde edilen denklem

Denklem 5.1'de buğday için jamovi programında elde edilen denklem görülmektedir.

$$\text{Buğday} = 3,074 + (0,358 * \text{LogYağış}) + (-1,577 * \text{LogSıcaklık}) + (1,043 * \text{LogNüfus}) \quad (5.1)$$

Results

Linear Regression

Model Fit Measures

Model	R	R ²	AIC	BIC	RMSE	Overall Model Test			
						F	df1	df2	p
1	0.919	0.844	-176	-164	0.0679	125	3	69	< .001

Model Coefficients - LogArpa

Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	1.900	0.6452	2.94	0.004
LogYağış	0.482	0.1652	2.92	0.005
LogSıcaklık	-0.706	0.4144	-1.70	0.093
LogNüfus	0.917	0.0494	18.54	< .001

Şekil 5.2 Arpa için jamovi programında elde edilen denklem

Denklem 5.2’de arpa için jamovi programında elde edilen denklem görülmektedir.

$$\text{Arpa} = 1,900 + (0,482 * \text{LogYağış}) + (-0,706 * \text{LogSıcaklık}) + (0,907 * \text{LogNüfus}) \quad (5.2)$$

Results

Linear Regression

Model Fit Measures

Model	R	R ²	AIC	BIC	RMSE	Overall Model Test			
						F	df1	df2	p
1	0.789	0.622	-83.8	-72.4	0.127	37.9	3	69	< .001

Model Coefficients - LogÇavdar

Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	8.7795	1.2089	7.2625	< .001
LogYağış	0.3256	0.3095	1.0520	0.296
LogSıcaklık	0.0341	0.7765	0.0439	0.965
LogNüfus	-0.8800	0.0927	-9.4973	< .001

Şekil 5.3 Çavdar için jamovi programında elde edilen denklem

Denklem 5.3’de çavdar için jamovi programında elde edilen denklem görülmektedir.

$$\text{Çavdar} = 8,7795 + (0,3256 * \text{LogYağış}) + (0,0341 * \text{LogSıcaklık}) + (-0,8800 * \text{LogNüfus}) \quad (5.3)$$

Results

Linear Regression

Model Fit Measures

Model	R	R ²	AIC	BIC	RMSE	Overall Model Test			
						F	df1	df2	p
1	0.957	0.915	-135	-124	0.0896	247	3	69	< .001

Model Coefficients - LogMısır

Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	-1.092	0.8511	-1.28	0.204
LogYağış	-0.690	0.2179	-3.17	0.002
LogSıcaklık	2.118	0.5467	3.87	< .001
LogNüfus	1.471	0.0652	22.55	< .001

Şekil 5.4 Mısır için jamovi programında elde edilen denklem

Denklem 5.4’de mısır için jamovi programında elde edilen denklem görülmektedir.

$$\text{Mısır} = -1,092 - (0,690 \cdot \text{LogYağış}) + (2,118 \cdot \text{LogSıcaklık}) + (1,471 \cdot \text{LogNüfus}) \quad (5.4)$$

Results

Linear Regression

Model Fit Measures

Model	R	R ²	AIC	BIC	RMSE	Overall Model Test			
						F	df1	df2	p
1	0.884	0.781	-38.8	-31.8	0.107	31.0	3	26	< .001

Model Coefficients - LogTütün

Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	28.986	2.892	10.022	< .001
LogYağış	-1.111	0.435	-2.554	0.017
LogSıcaklık	0.471	1.448	0.325	0.748
LogNüfus	-4.406	0.533	-8.265	< .001

Şekil 5.5 Tütün için jamovi programında elde edilen denklem

Denklem 5.5’de tütün için jamovi programında elde edilen denklem görülmektedir.

$$\text{Tütün} = 28,986 - (1,111 \cdot \text{LogYağış}) + (0,471 \cdot \text{LogSıcaklık}) - (4,406 \cdot \text{LogNüfus}) \quad (5.5)$$

Results

Linear Regression

Model Fit Measures

Model	R	R ²	AIC	BIC	RMSE	Overall Model Test			
						F	df1	df2	p
1	0.867	0.752	-50.8	-43.0	0.102	31.3	3	31	< .001

Model Coefficients - LogBadem

Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	-4.069	1.954	-2.083	0.046
LogYağış	-1.099	0.345	-3.186	0.003
LogSıcaklık	-0.420	1.164	-0.361	0.721
LogNüfus	2.564	0.406	6.313	< .001

Şekil 5.6 Badem için jamovi programında elde edilen denklem

Denklem 5.6'da badem için jamovi programında elde edilen denklem görülmektedir.

$$\text{Badem} = -4,069 - (1,099 \cdot \text{LogYağış}) - (0,420 \cdot \text{LogSıcaklık}) + (2,564 \cdot \text{LogNüfus}) \quad (5.6)$$

Results

Linear Regression

Model Fit Measures

Model	R	R ²	AIC	BIC	RMSE	Overall Model Test			
						F	df1	df2	p
1	0.926	0.857	-96.8	-89.0	0.0526	61.7	3	31	< .001

Model Coefficients - LogCeviz

Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	-3.243	1.013	-3.203	0.003
LogYağış	-0.403	0.179	-2.251	0.032
LogSıcaklık	-0.319	0.603	-0.528	0.601
LogNüfus	2.053	0.210	9.753	< .001

Şekil 5.7 Ceviz için jamovi programında elde edilen denklem

Denklem 5.7'de ceviz için jamovi programında elde edilen denklem görülmektedir.

$$\text{Ceviz} = -3,243 - (0,403 \cdot \text{LogYağış}) - (0,319 \cdot \text{LogSıcaklık}) + (2,053 \cdot \text{LogNüfus}) \quad (5.7)$$

Results

Linear Regression

Model Fit Measures

Model	R	R ²	AIC	BIC	RMSE	Overall Model Test			
						F	df1	df2	p
1	0.920	0.847	-76.6	-69.1	0.0652	53.6	3	29	< .001

Model Coefficients - LogAyçiçeği

Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	-3.937	1.408	-2.80	0.009
LogYağış	-0.628	0.243	-2.59	0.015
LogSıcaklık	-0.888	0.763	-1.16	0.254
LogNüfus	2.639	0.286	9.23	< .001

Şekil 5.8 Ayçiçeği için jamovi programında elde edilen denklem

Denklem 5.8’de ayçiçeği için jamovi programında elde edilen denklem görülmektedir.

$$\text{Ayçiçeği} = -3,937 - (0,628 \cdot \text{LogYağış}) - (0,888 \cdot \text{LogSıcaklık}) + (2,639 \cdot \text{LogNüfus}) \quad (5.8)$$

Results

Linear Regression

Model Fit Measures

Model	R	R ²	AIC	BIC	RMSE	Overall Model Test			
						F	df1	df2	p
1	0.988	0.976	-123	-115	0.0364	423	3	31	< .001

Model Coefficients - LogKayısı

Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	-12.98251	0.699	-18.5646	< .001
LogYağış	0.00412	0.123	0.0334	0.974
LogSıcaklık	-0.07236	0.417	-0.1737	0.863
LogNüfus	3.83474	0.145	26.3870	< .001

Şekil 5.9 Kiraz için jamovi programında elde edilen denklem

Denklem 5.9’da kiraz için jamovi programında elde edilen denklem görülmektedir.

$$\text{Kiraz} = -12,98251 + (0,00412 \cdot \text{LogYağış}) - (0,007236 \cdot \text{LogSıcaklık}) + (3,83474 \cdot \text{LogNüfus}) \quad (5.9)$$

Results

Linear Regression

Model Fit Measures

Model	R	R ²	AIC	BIC	RMSE	Overall Model Test			
						F	df1	df2	p
1	0.804	0.646	-39.4	-31.6	0.120	18.8	3	31	< .001

Model Coefficients - LogKayısı

Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	-6.174	2.299	-2.685	0.012
LogYağış	-0.219	0.406	-0.540	0.593
LogSıcaklık	-0.403	1.370	-0.294	0.770
LogNüfus	2.673	0.478	5.594	< .001

Şekil 5.10 Kayısı için jamovi programında elde edilen denklem

Denklem 5.10'da kayısı için jamovi programında elde edilen denklem görülmektedir.

$$\text{Kayısı} = -6,174 - (0,219 * \text{LogYağış}) - (0,403 * \text{LogSıcaklık}) + (2,673 * \text{LogNüfus}) \quad (5.10)$$

Ayrıca Jamovi programı yardımıyla denklemin başarımını temsil eden R² değerleri de tablo 5.1'de gösterilmiştir.

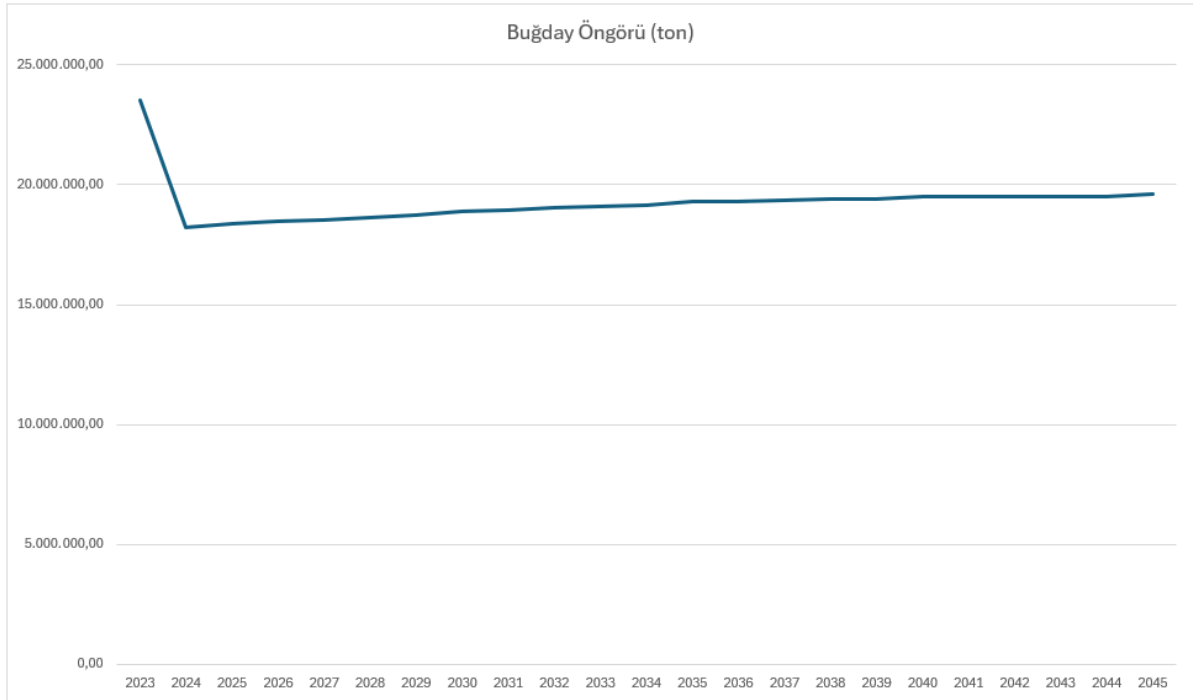
Tablo 5.1 Jamovi programıyla elde edilen denklemlerin R² değerleri

Tarımsal Ürün	R ² değeri
Buğday	0,889
Arpa	0,844
Çavdar	0,622
Mısır	0,915
Tütün	0,781
Badem	0,752

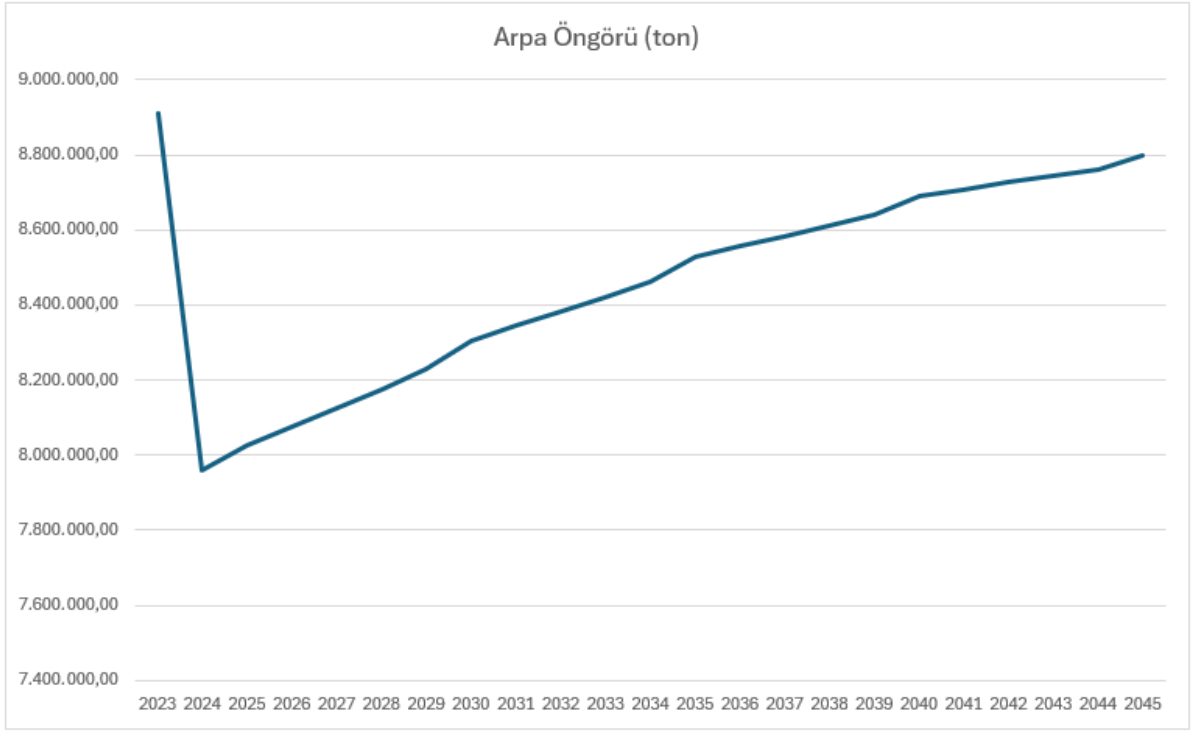
Tablo 5.1 Jamovi programıyla elde edilen denklemlerin R^2 değerleri (Devam)

Tarımsal Ürün	R^2 değeri
Ceviz	0,857
Ayçiçeği	0,8447
Kiraz	0,976
Kayısı	0,646

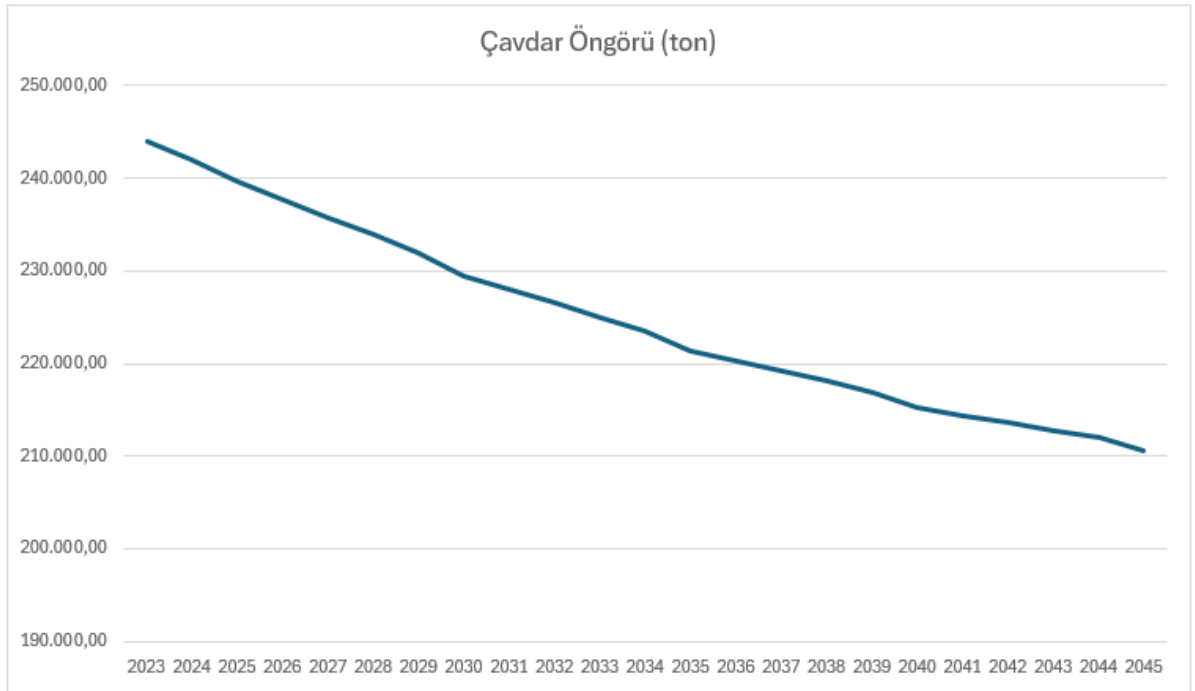
Jamovi programıyla elde edilen denklemler için yeni Jamovi sayfası açılmıştır. Öngörülecek olan 2023-2045 yılları için gerekli parametreler ve önceki sonuçta elde edilen denklemler programa entegre edilerek her bir tarımsal ürün için gelecek yıllara ait üretim miktarları öngörüsü hesaplanmıştır. Öngörülen tarımsal ürünlerin yıllara göre üretim miktarları Şekil 5.11-Şekil 5.20’da gösterilmektedir.



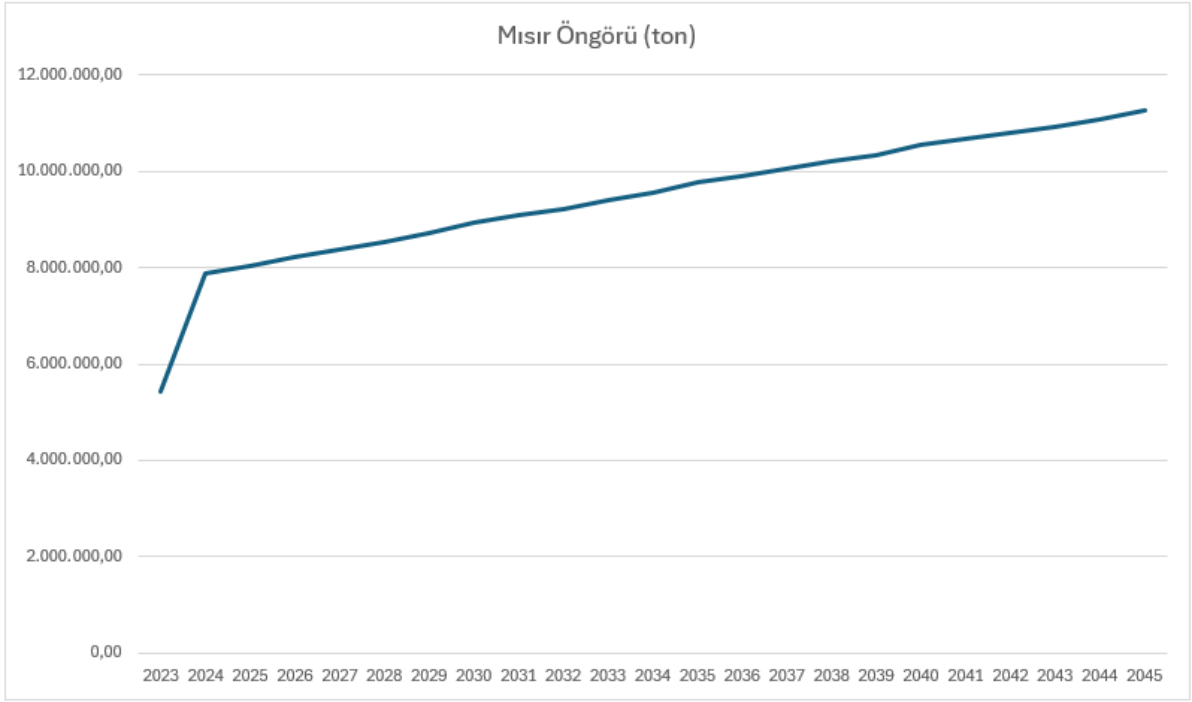
Şekil 5.11 Öngörülen buğday üretim değerleri (ton)



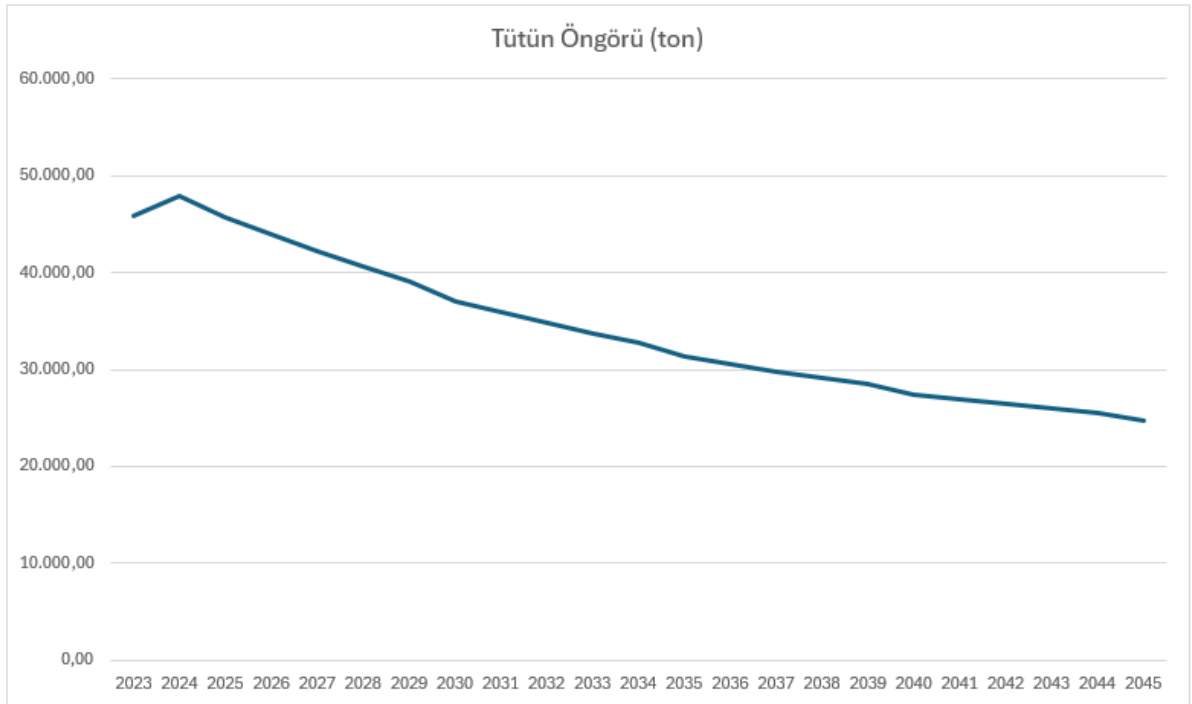
Şekil 5.12 Öngörülen arpa üretim değerleri (ton)



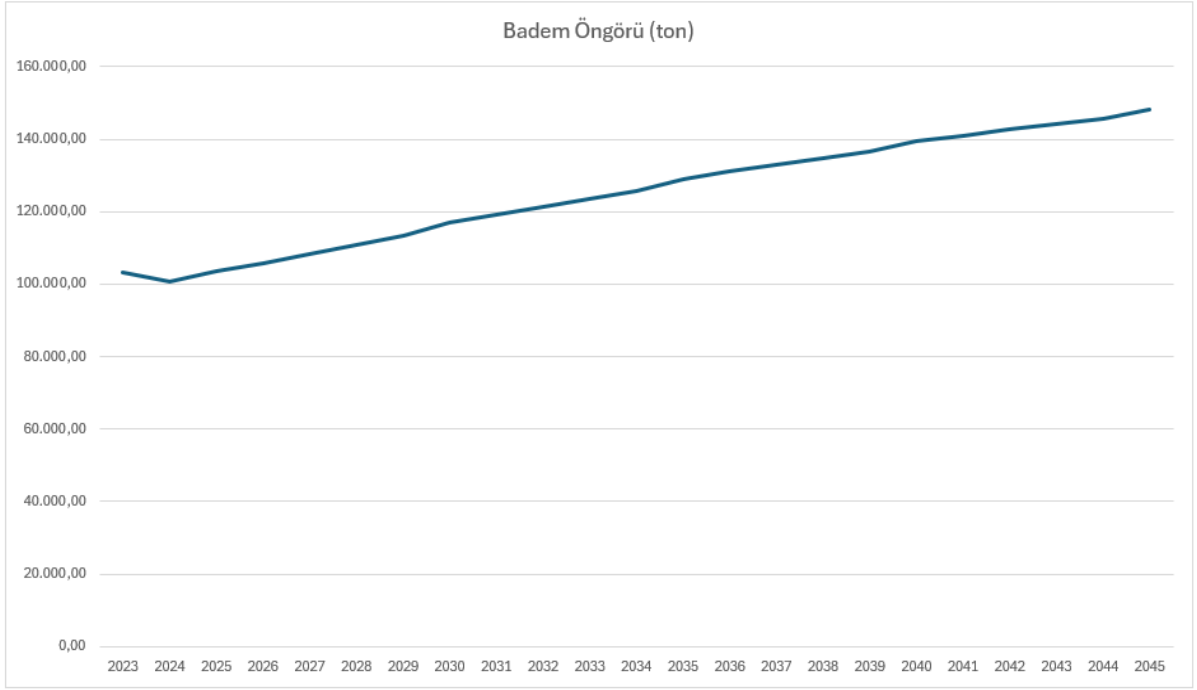
Şekil 5.13 Öngörülen çavdar üretim değerleri (ton)



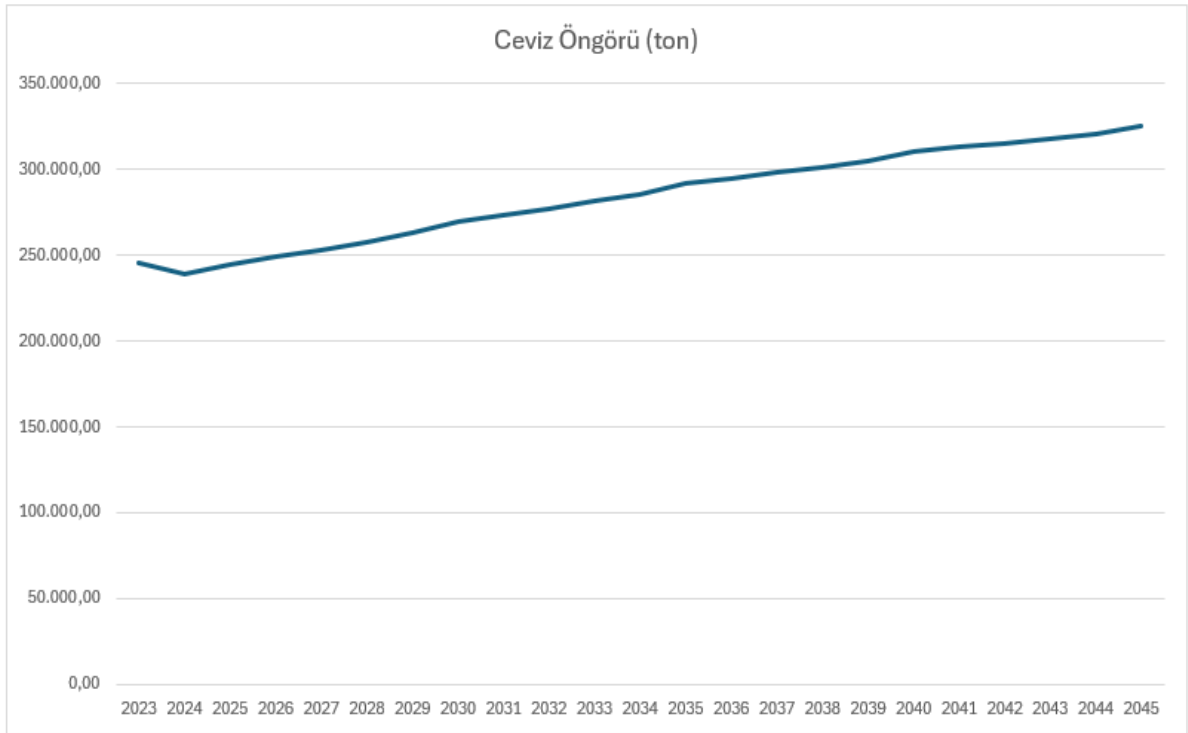
Şekil 5.14 Öngörülen mısır üretim değerleri (ton)



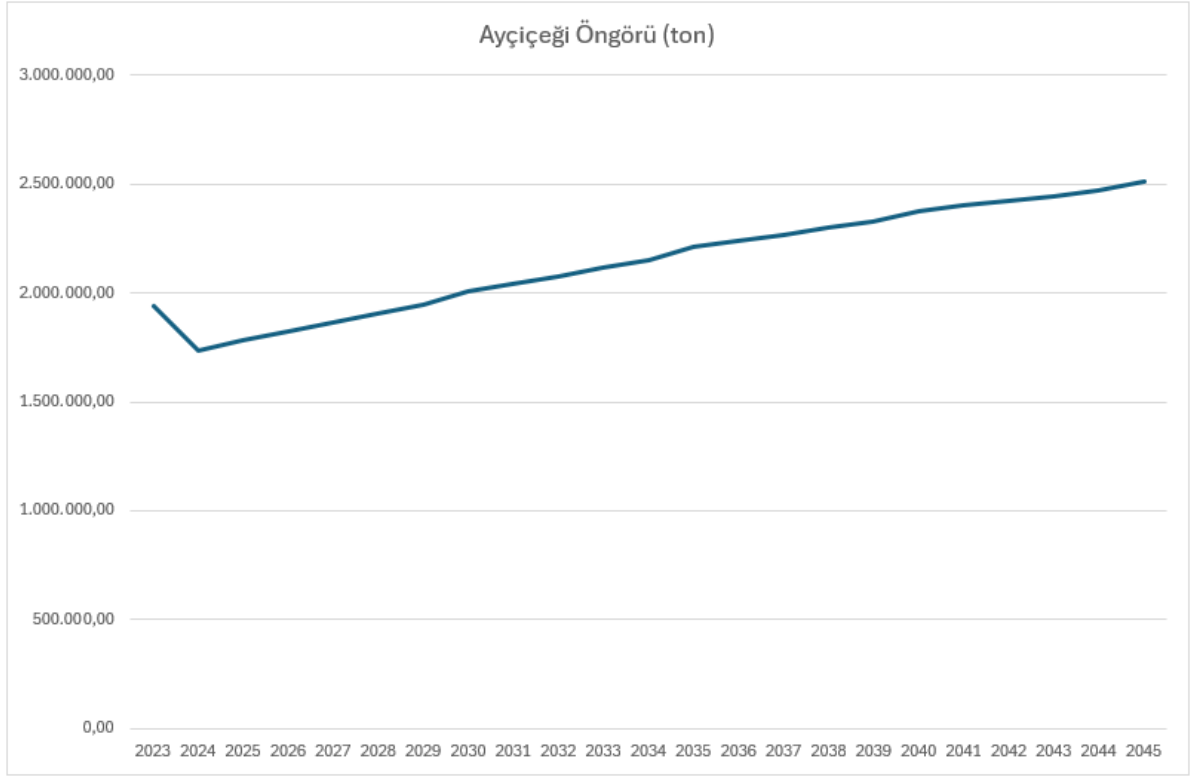
Şekil 5.15 Öngörülen tütün üretim değerleri (ton)



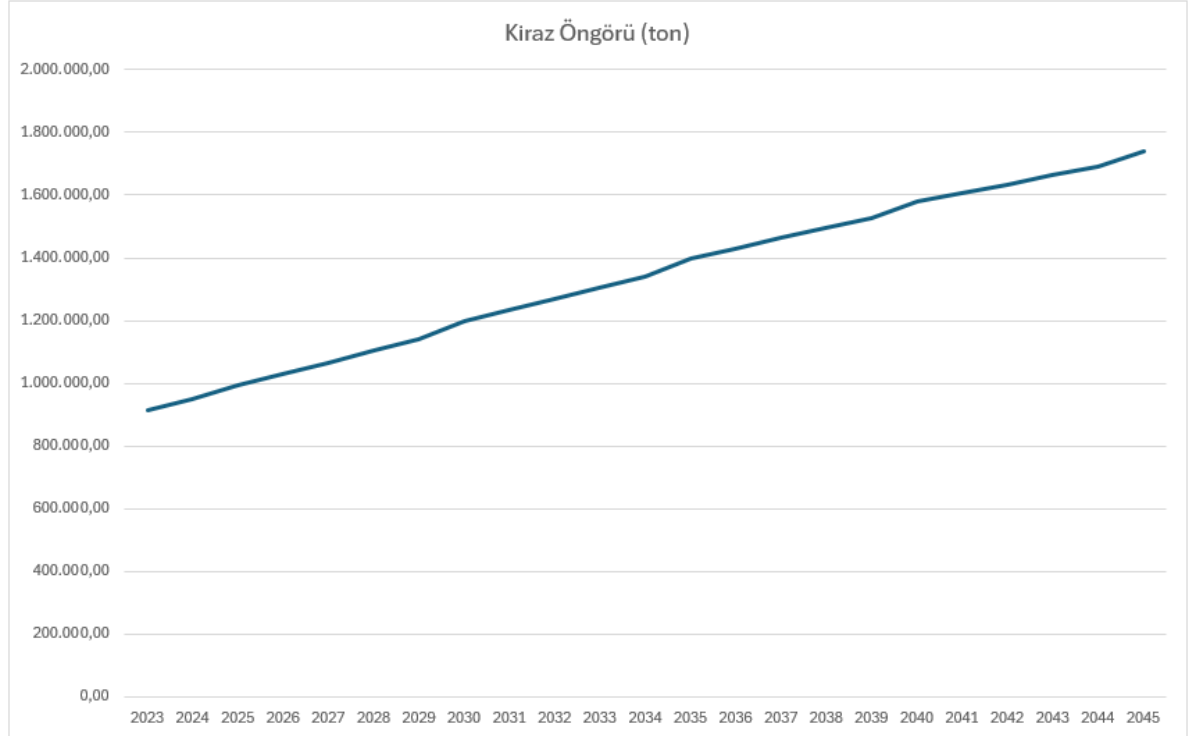
Şekil 5.16 Öngörülen badem üretim değerleri (ton)



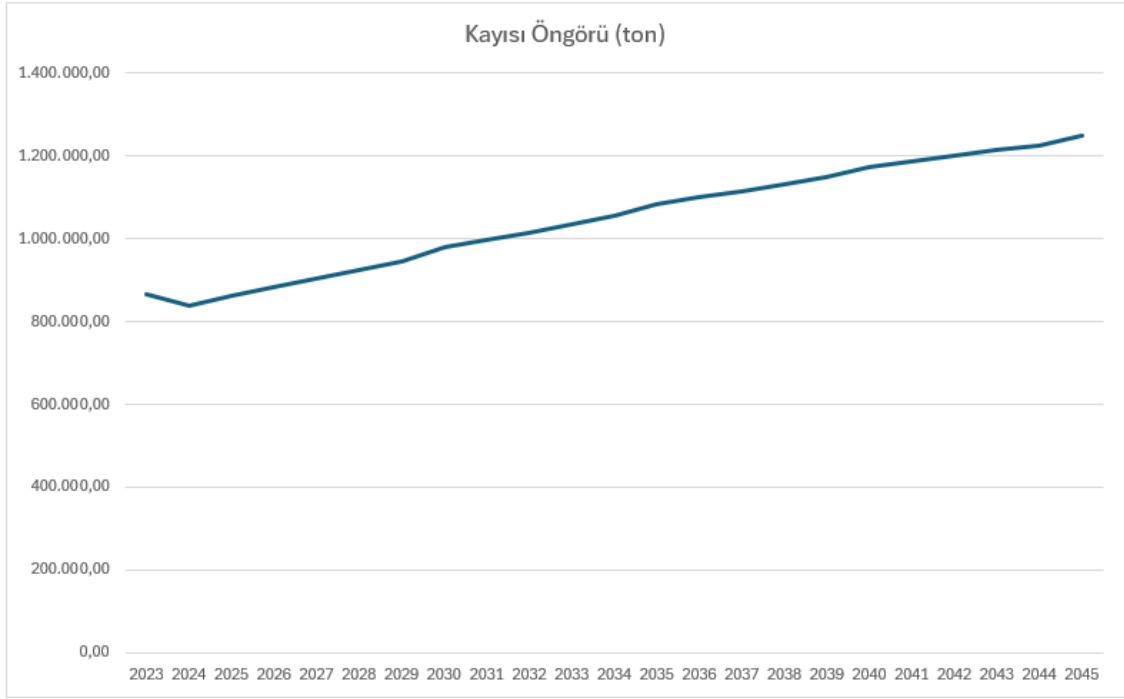
Şekil 5.17 Öngörülen ceviz üretim değerleri (ton)



Şekil 5.18 Öngörülen ayçiçeği üretim değerleri (ton)

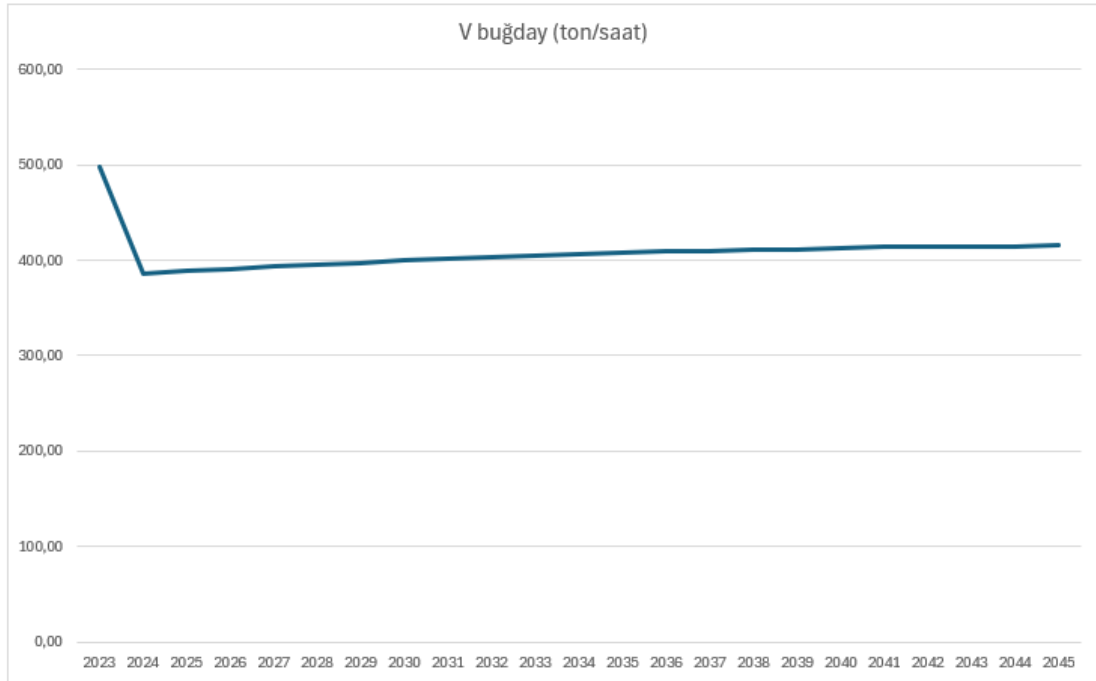


Şekil 5.19 Öngörülen kiraz üretim değerleri (ton)

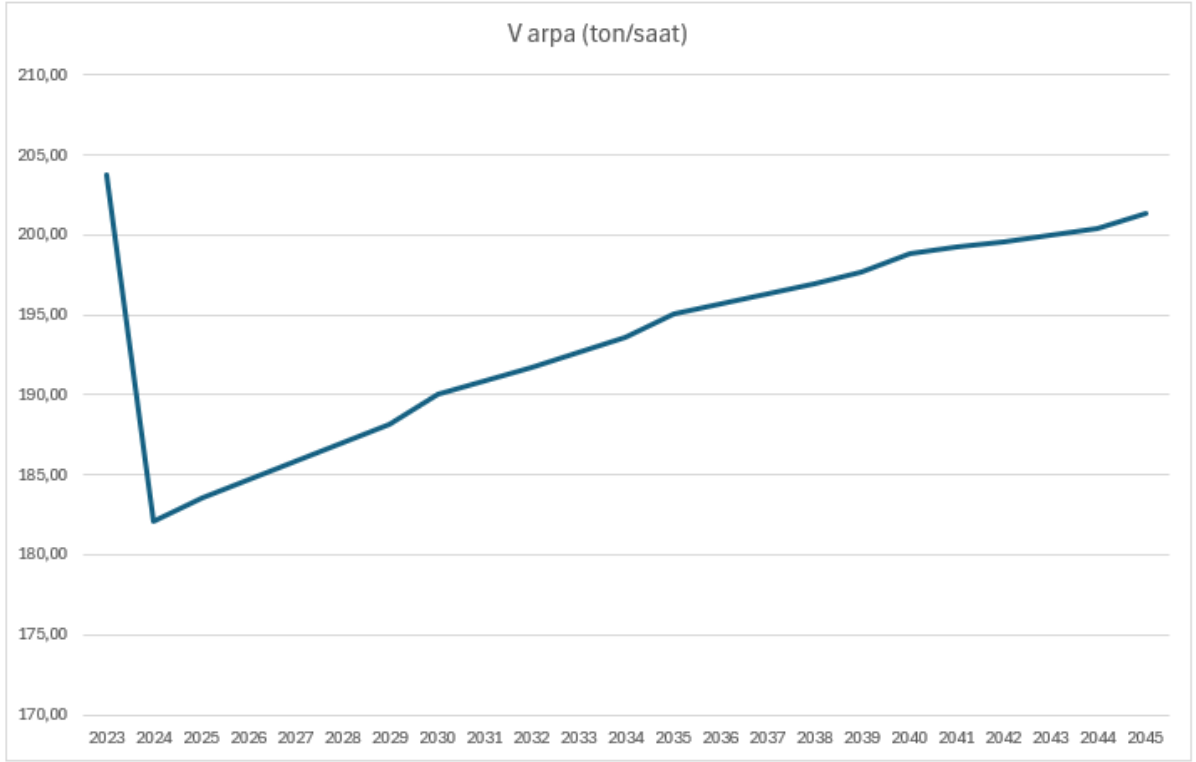


Şekil 5.20 Öngörülen kayısı üretim değerleri (ton)

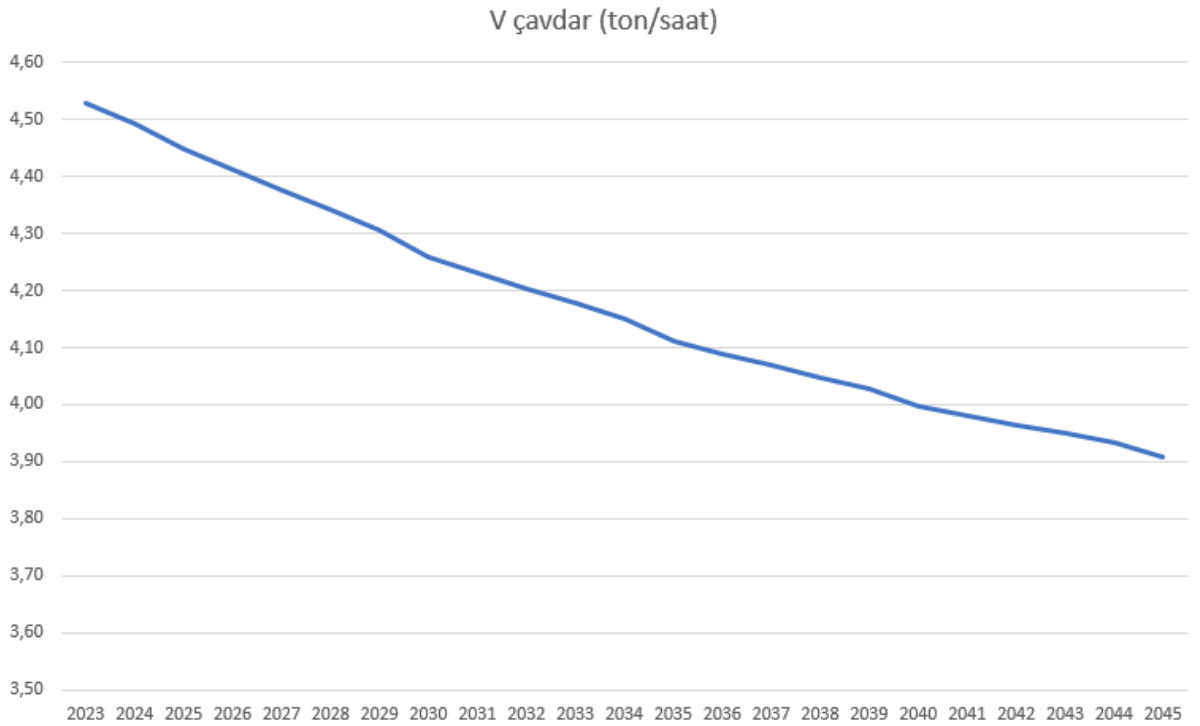
Tarımsal ürünlerin gelecek yıllardaki üretim miktarları öngörüldükten sonra bu elde edilen tarımsal ürünlerin öngörülen üretim miktarlarından öngörülen atık miktarları hesaplanmıştır. Tarımsal ürünlerinin gelecek yıllardaki öngörülen atık miktarları Şekil 5.21-5.30 de gösterilmektedir.



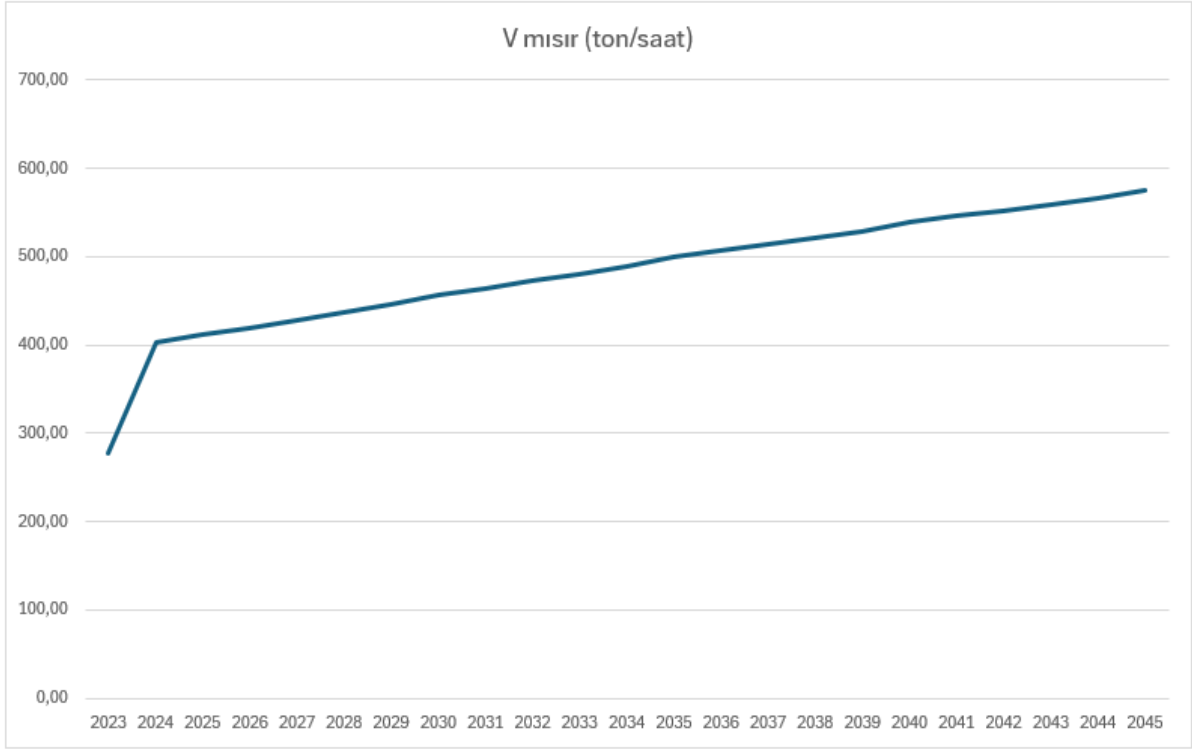
Şekil 5.21 Buğdayın gelecek yıllardaki atık miktarı öngörüsü (ton/saat)



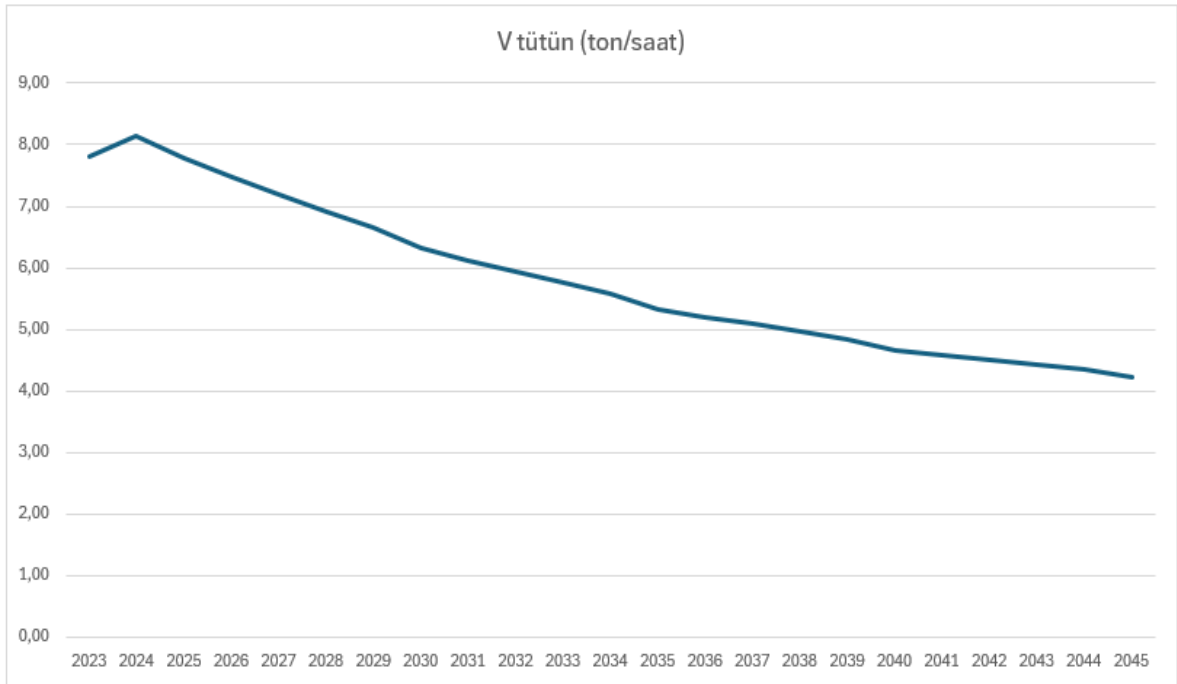
Şekil 5.22 Arpanın gelecek yıllardaki atık miktarı öngörüsü (ton/saat)



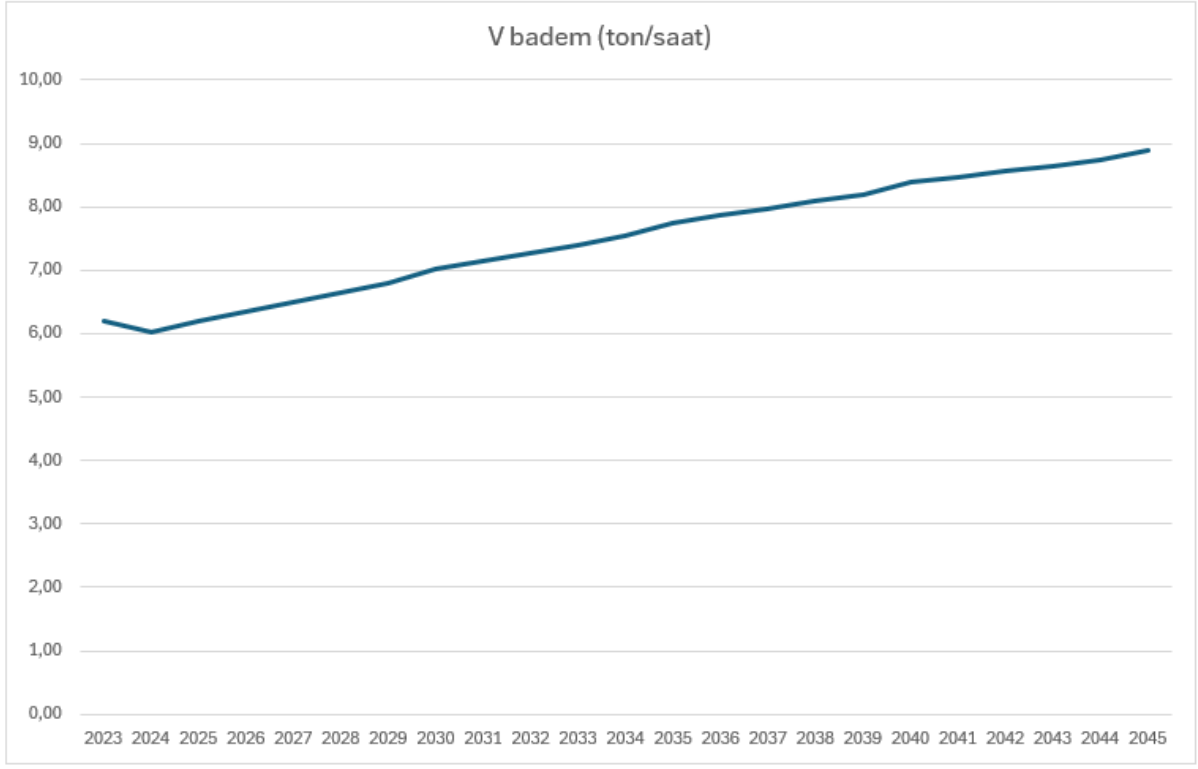
Şekil 5.23 Çavdarın gelecek yıllardaki atık miktarı öngörüsü (ton/saat)



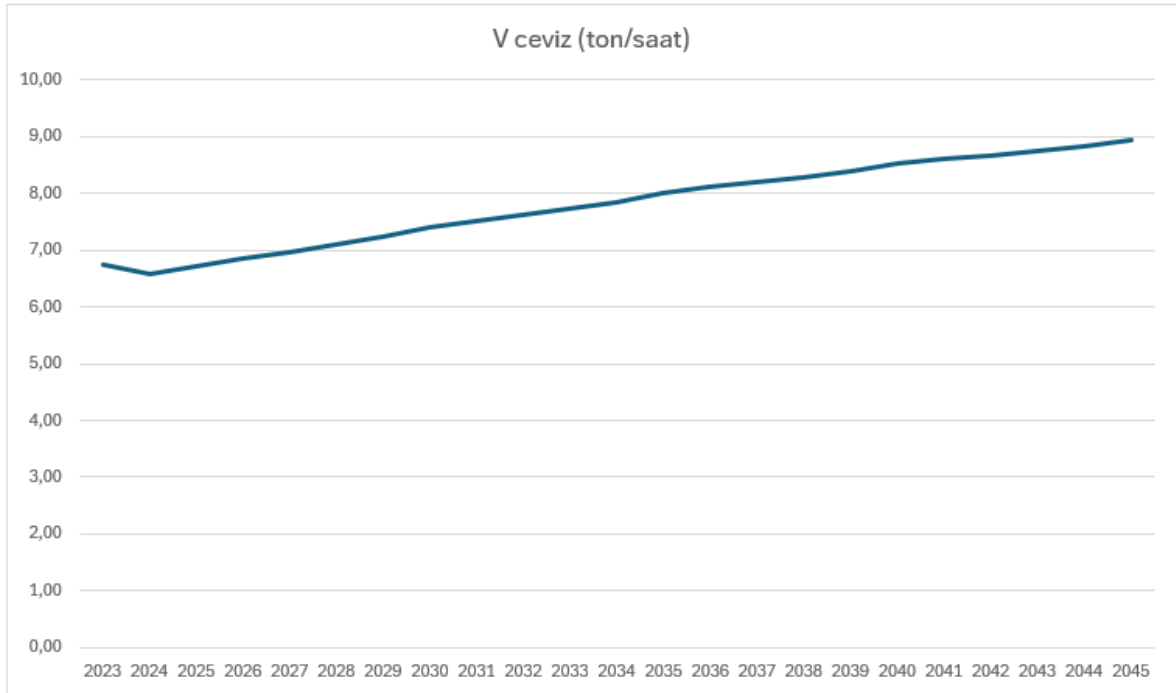
Şekil 5.24 Mısırın gelecek yıllardaki atık miktarının öngörüsü (ton/saat)



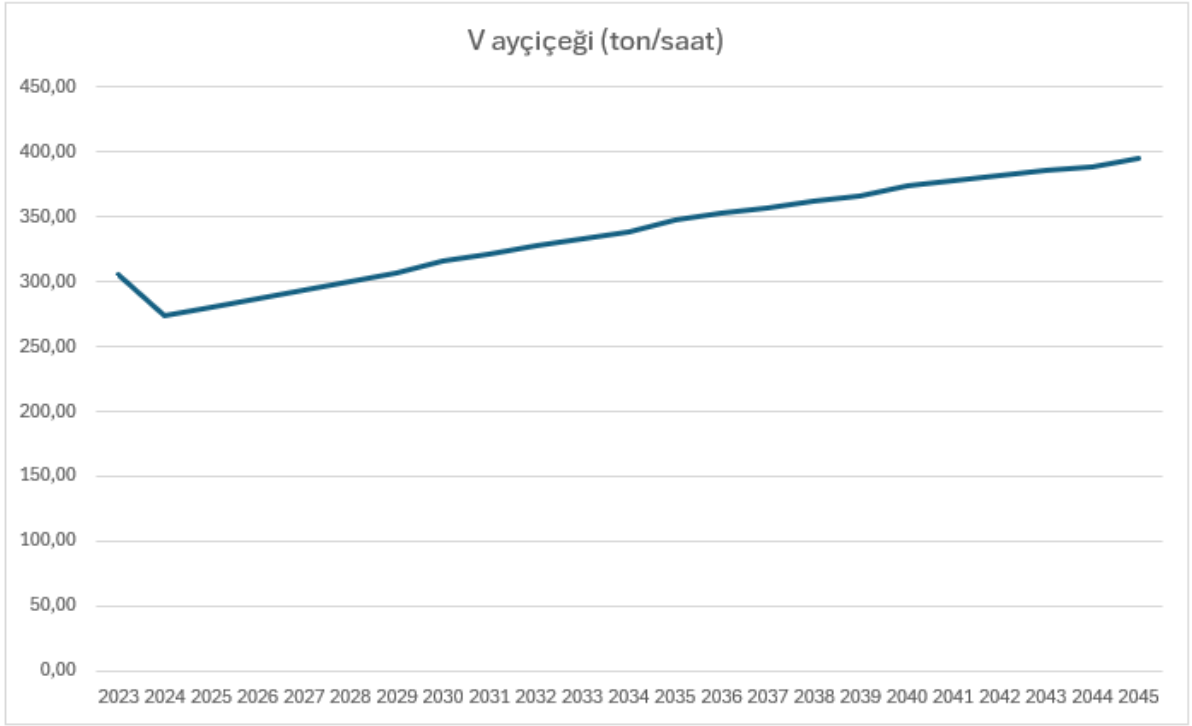
Şekil 5.25 Tütünün gelecek yıllardaki atık miktarının öngörüsü (ton/saat)



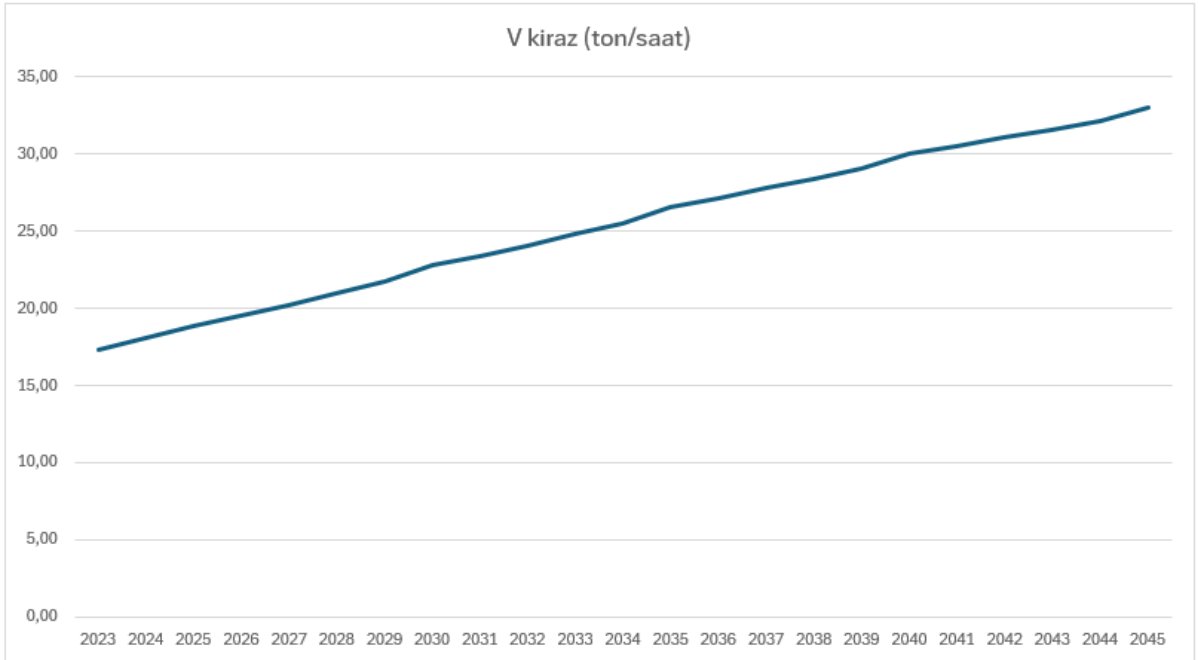
Şekil 5.26 Bademin gelecek yıllardaki atık miktarının öngörüsü (ton/saat)



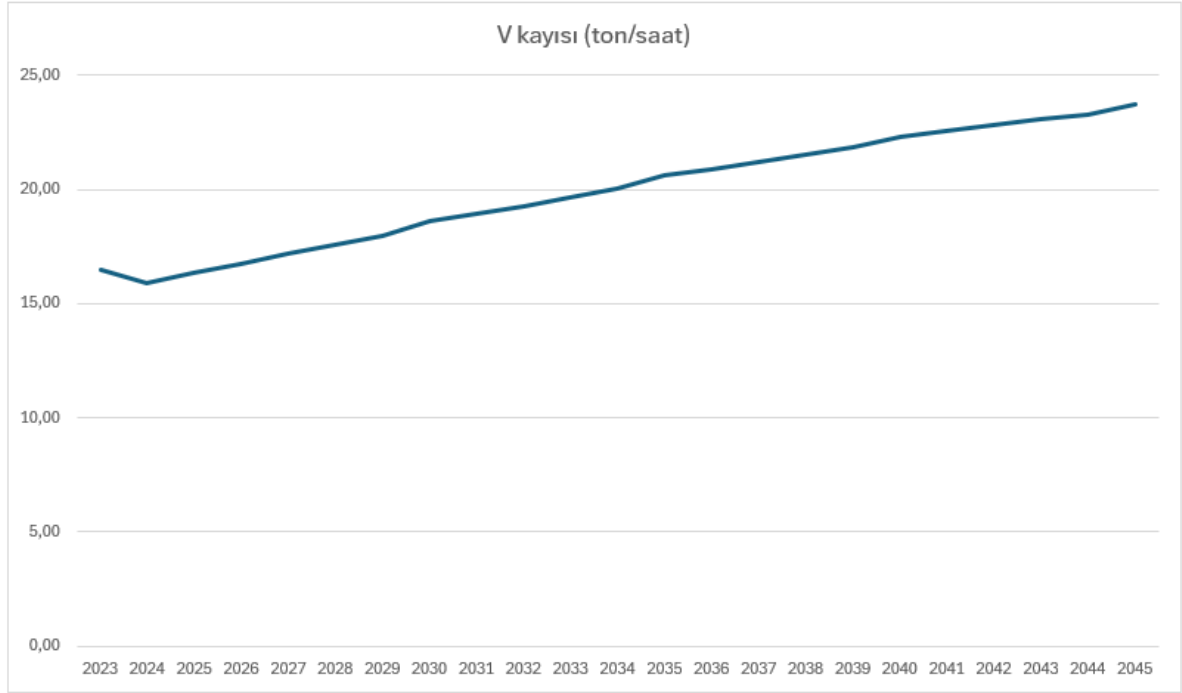
Şekil 5.27 Cevizin gelecek yıllardaki atık miktarının öngörüsü (ton/saat)



Şekil 5.28 Ayçiçeğinin gelecek yıllardaki atık miktarının öngörüsü (ton/saat)

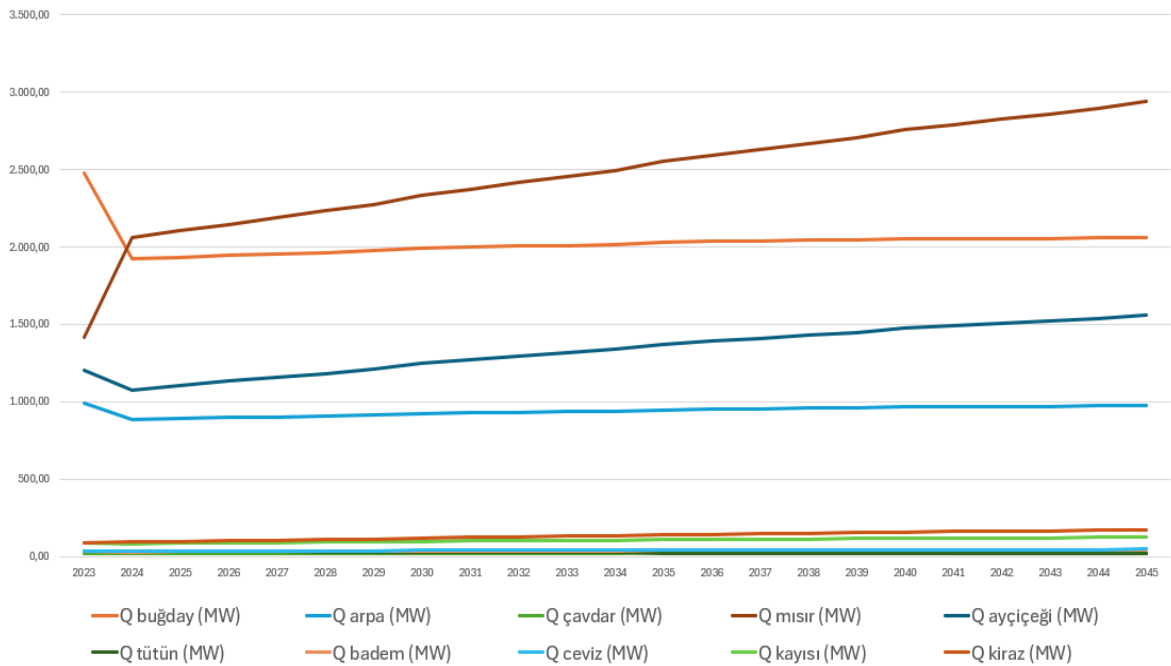


Şekil 5.29 Kirazın gelecek yıllardaki atık miktarının öngörüsü (ton/saat)

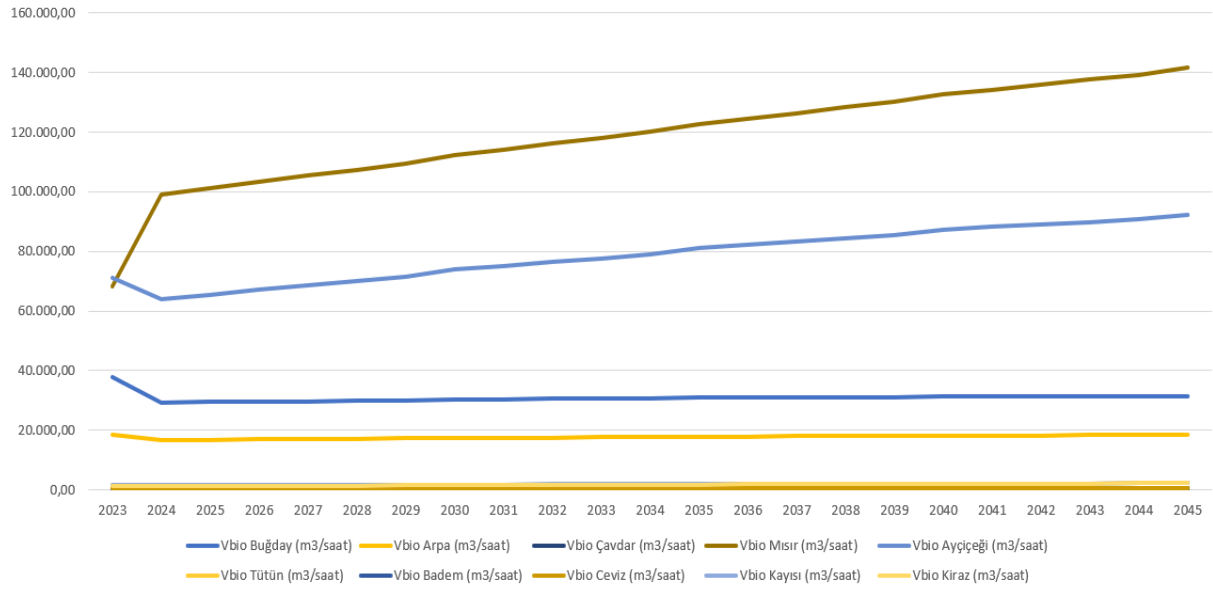


Şekil 5.30 Kayısının gelecek yıllardaki atık miktarının öngörüsü (ton/saat)

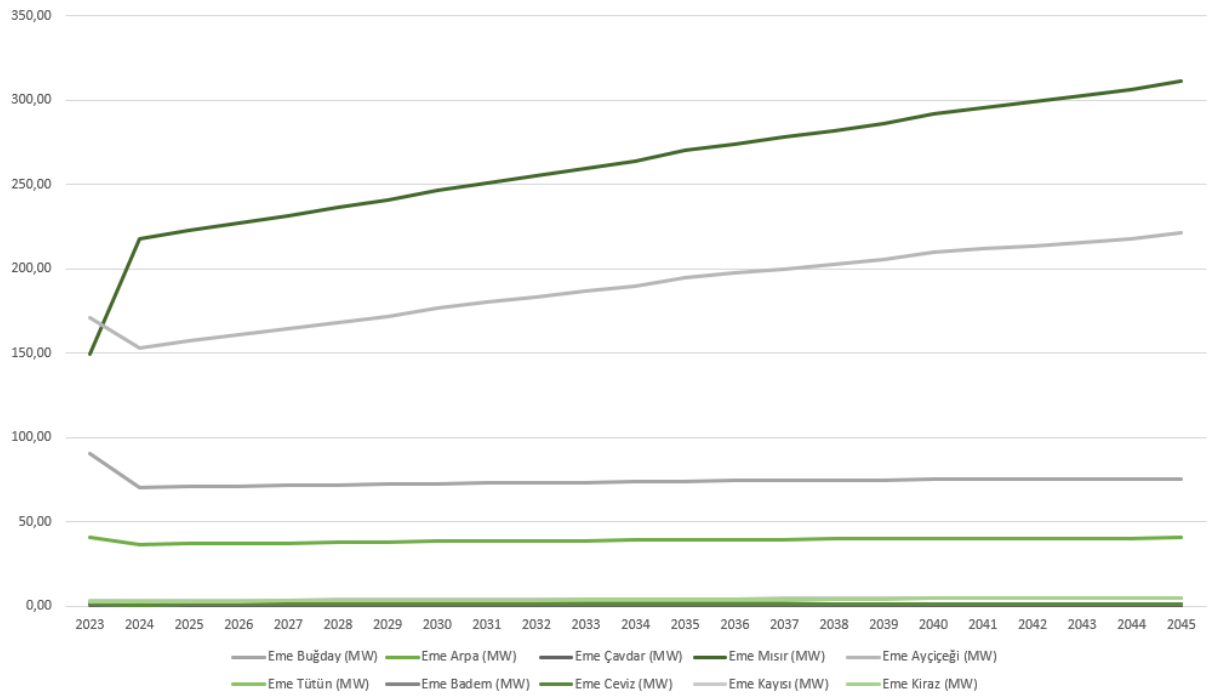
Gelecek yıllardaki atık miktarları da hesaplandıktan sonra tarımsal ürünlerin atıklarının doğrudan yakma ve biyogaz üretimi için kullanılması ile ilgili hesaplamalar yapılmıştır. Doğrudan yakma ve biyogaz üretimi için elde edilen sonuçlar Şekil 5.31, 5.32 ve 5.33'te verilmiştir.



Şekil 5.31 Tarımsal ürünlerden doğrudan yakma ile elde edilmesi öngörülen elektrik enerjisi miktarı (MW)



Şekil 5.32 Öngörülen biyogaz üretim miktarı (m³/saat)



Şekil 5.33 Tarımsal ürünlerden biyogaz üretimi ile elde edilmesi öngörülen elektrik enerjisi miktarı (MW)

6.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında tarımsal ürünlerle ilgili hem öngörü hem de enerji potansiyellerinin incelenmesi yönünde bir çalışma yapılmıştır. Tüm bağımlı ve bağımsız değişkenler saptandıktan sonra Jamovi programı yardımıyla doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Doğrusal analiz sonucunda önce mevcut yıllara ait bir denklem elde edilmiştir. Elde edilen mevcut denklem yine Jamovi programı yardımıyla fonksiyon oluşturulup gelecek yıllara ait üretim miktarının öngörüsü yapılmıştır. Öngörüsü yapılan üretim miktarı üzerinden gerekli formüller kullanılarak tarımsal ürünlerin gelece yıllara ait atık miktarları hesaplanmıştır. Hesaplanan atık miktarları üzerinden doğrusal yakma ile ilgili hesaplamalar yapılarak üretilebilecek enerji potansiyeli belirlenmiştir. Yine aynı şekilde hesaplamalar yapılarak bu sefer biyogaz üretimi için ilgili değerler hesaplanmıştır.

Aydın A. ve diğ. [160] yaptıkları çalışmada buğday 2023 yılı üretimi 21.096.577 ton olacağı tahmin edilmiştir. Bizim elde ettiğimiz değerde ise 2023 yılı üretimi için 23.505.195 ton olarak bulunmuştur. Aradaki farkların yakın olması sistemin uygunluğunu ve doğruluğunu artırmaktadır.

Sadh ve diğ. [161] tarımsal-endüstriyel ürünlerin atıklarının hammadde olarak kullanılmasının üretim maliyetini düşürmeye ve ayrıca çevreden kaynaklanan kirlilik yükünü azaltmaya yardımcı olabileceğini ve bu tarımsal atıkların kullanımının artmasının önemini belirtmiştir. Tezimizde elde ettiğimiz üretim miktarlarının gelecek yıllara göre gösterdiği artış da bunu desteklemektedir. Örneğin 2000 yılında tarımsal ürünler 33.483.280 ton iken 2045 yılında 45.859.442,02 ton olacağı öngörülmektedir.

Bajwa ve diğ. [162] biyokütleyi yaygınlaştırmanın ekonomisini, biyokütle kullanımının uygulandığı bölgelerdeki etkileri ve biyokütle kullanımındaki ulusal ve küresel eğilimlerini tartışmıştır. Biyokütledeki katı atıkların Dünya genelinde 2010 yılından 2056 yılına kadar %56 oranında büyüyeceğini tahmin etmiştir. Tezimizde baz aldığımız tarımsal atıklarımız Türkiye’de 2010 yılı için 34.074.023 ton, 2040 yılı için öngördüğümüz değer ise 44.571.363,01 tondur. Bu da ortalama olarak yaklaşık %31’lik bir büyüme olacağını göstermektedir ve tahmin edilen orana yakın durumdadır.

Kaletnik ve diğ. [163] tarımsal ürünlerden biyoyakıt üretiminin enerji, çevre ve gıda güvenliği üzerindeki etkisini araştırmıştır. Enerji kaynaklarının kısıtlılığı ve enerjide bağımlılığı azaltmak için biyoyakıtın önemini vurgulamıştır. Özellikle ekonomide olumlu etki yaratması ve yüksek katma değerli ürün seviyesinin de artmasıyla olumlu etki yaratacağını söylemiştir. Tezimizde

elde ettiğimiz tarımsal ürünlerin atıklarını biyogaz yoluyla elektrik üretimi de 463 MW olarak öngörülmektedir. Bu da enerjideki bağımlılığı artırma için uygulanacak çözümlerden birisi olabilmektedir.

Berezyuk ve diğ. [164] araştırması katı atıkların geri dönüştürülmesinin kaynak potansiyelini vurgulamıştır. Yapılan çalışmada, ikincil kaynak potansiyelinin değerinin yeterince değerlendirilmemesi, farkındalık eksikliği ve iyi pazarlanmaması, sosyal ve çevresel faktörlerin göz ardı edilmesi nedeniyle, madde ve enerji kaynağı olarak kullanılabilecek atıkların önemli bir kısmının kaybolduğu ortaya konulmuştur. Tezimizde her yıl için tarımsal ürünlerin atık miktarları öngörülmüştür. Örneğin 2045 yılı için 13.365.869,05 ton tarımsal ürünün atık miktarı bulunmaktadır. Bu atıkları çeşitli yöntemlerle kullanarak ciddi miktarda elektrik enerjisi elde edilebilmektedir.

Namsaraev ve diğ. [165], Rusya'nın teknik biyoenerji potansiyelini araştırmışlardır. Çalışmada, gelecekte en yüksek orana sahip biyokütle kaynağının tarımsal artıklar olacağı ve bunu belediye katı atıkları, orman artıkları, hayvan gübresi ve kanalizasyon atıklarının takip edeceği öngörülmüştür. Bu tezde de gelecekte en yüksek orana sahip olacağı ön görülen biyokütle kaynağı olarak tarımsal atıkların nasıl değerlendirilmesinin daha faydalı olacağı enerji potansiyellerinin değerlendirilmesiyle fikir vermektedir.

Welfle [166], biyokütle kaynak modeli yardımıyla, mevcut politika, yenilenebilir enerjiye odaklanma ve %100 yenilenebilir enerji hedefi olmak üzere üç farklı senaryoyu dikkate alarak biyokütle potansiyelini tahmin etmiştir. Tahminlerde nüfus, yerleşik arazi alanı, farklı enerji bitkileri için tarımsal verim, tarımsal artık miktarları, orman alanları ve enerji bitkisi alanları gibi girdiler kullanılmıştır. Tarımsal ürünlerin atıklarının 2015'den 2030'a kadar ciddi oranda arttığını öngörmüştür. Tezimizdeki tarımsal ürünlerin atık miktarları da yıllar geçtikçe artmaktadır ve geleceğe dair yaptığımız enerji potansiyelleri sayesinde de bizlere avantaj sağlamaktadır.

Çelik ve diğ. [167] yaptıkları çalışmada 2016-2025 arası öngörü çalışması yapmışlardır. Mısır için yaptıkları çalışmada 2024 yılı için mısır üretimi 8.503.461 ton, 2025 yılı için ise 8.740.536 ton öngörmüştür. Bu tezde öngörülen mısır üretimi için elde ettiğimiz değerler ise 2024 yılı için 7.871.408,90 ton, 2025 yılı için ise 8.051.818,11 tondur. Verilerin birbirine yakınlığı yapılan işlemlerin doğruluğunu göstermektedir.

Birleşmiş milletler gıda ve tarım teşkilatı tarafından yıllık olarak ortaklaşa hazırlanan bir raporda [168] 2027 yılı için öngörülen buğday üretimi 26.223 milyon ton, öngörülen mısır

üretimi ise 7.639 milyon ton'dur. Bu tez çalışmasında 2027 yılı için öngörülen buğday üretimi 18.557 milyon ton, öngörülen mısır üretimi ise 8.374 milyon ton'dur.

Melikoğlu ve diğ. [169] yaptıkları çalışmada 2030'a kadar tarımsal ürünleri öngörmüşlerdir. Yapılan çalışmada 2030 yılı için öngörülen buğday üretimi 25 milyon ton, öngörülen mısır üretimi 6.2 milyon ton'dur. Tez çalışmasında 2030 yılı için öngörülen buğday üretimi 19 milyon ton, öngörülen mısır üretimi ise 9 milyon ton'dur.

2024 yılında Türkiye'nin toplam elektrik ihtiyacı yaklaşık 330 TWh (terawatt-saat) olarak öngörülmektedir [74]. 1 MW = 8760 MWh (yıllık) olduğu göz önüne alındığında, tarımsal ürünlerin atıklarını kullanarak doğrudan yakma ile elde edilen elektrik enerjisi 54,72 TWh'tır. Bu miktar Türkiye'nin toplam elektrik ihtiyacının yaklaşık %16,5'ini karşılamaktadır. Biyogaz ile elde edilen elektrik enerji ise 4,28 TWh olarak hesaplanmıştır. Bu miktar da Türkiye'nin toplam elektrik ihtiyacının yaklaşık %1,5'ini karşılamaktadır.

Buğday, 2024 yılı için öngörülen biyogaz üretim miktarı 70,12 MW, doğrudan yakma ile elde edilecek enerji ise 1.921,63 MW'dir. R^2 değeri 0,889 olan buğday, enerji üretiminde güvenilir bir kaynak olarak öne çıkmaktadır. Hem biyogaz hem de doğrudan yakma ile yüksek enerji potansiyeli sunmaktadır, bu da enerji üretimi planlamasında buğdayın önemli bir yer tutmasını sağlamaktadır.

Arpa, 2024 yılı için öngörülen biyogaz üretim miktarı 36,66 MW, doğrudan yakma için ise 885,02 MW enerji potansiyeline sahiptir. R^2 değeri 0,844 olan arpa, enerji üretimi için güvenilir bir kaynak olduğunu göstermektedir. Enerji potansiyeli açısından arpa, özellikle doğrudan yakmada önemli bir rol oynayabilir.

Çavdar, 2024 yılı için öngörülen biyogaz üretim miktarı 0,44 MW iken, doğrudan yakma ile 21,84 MW enerji üretimi mümkündür. R^2 değeri 0,622 olan çavdar, diğer tarımsal ürünlere kıyasla daha düşük bir enerji potansiyeline sahiptir. Bu, çavdarın enerji üretiminde daha az güvenilir bir kaynak olduğunu göstermektedir.

Mısır, 2024 yılı için öngörülen biyogaz üretim miktarı 217,81 MW, doğrudan yakma için ise 2.057,85 MW enerji potansiyeline sahiptir. R^2 değeri 0,915 olan mısır, yüksek enerji potansiyeli ve güvenilirliği ile dikkat çekmektedir. Mısır, enerji üretiminde önemli bir yer tutabilir ve güvenilir bir kaynak olarak değerlendirilebilir.

Ayçiçeği, 2024 yılı için öngörülen biyogaz üretim miktarı 153,09 MW, doğrudan yakma için ise 1.078,56 MW enerji potansiyeline sahiptir. R^2 değeri 0,8447 olan ayçiçeği, enerji üretiminde

güvenilir bir kaynak olarak öne çıkmaktadır. Hem biyogaz hem de doğrudan yakma ile önemli miktarda enerji üretimi mümkündür.

Tütün, 2024 yılı için öngörülen biyogaz üretim miktarı 2,39 MW, doğrudan yakma için ise 36,46 MW enerji potansiyeline sahiptir. R^2 değeri 0,781 olan tütün, enerji üretiminde nispeten düşük bir potansiyele sahiptir, ancak güvenilir bir model sunmaktadır. Tütünün enerji üretimi için değerlendirilmesi mümkündür.

Badem, 2024 yılı için öngörülen biyogaz üretim miktarı 0,95 MW, doğrudan yakma için ise 30,85 MW enerji potansiyeline sahiptir. R^2 değeri 0,752 olan badem, düşük enerji potansiyeline sahip olmakla birlikte, güvenilir bir model sunmaktadır. Bademin enerji üretiminde daha az önemli bir rol oynayacağı söylenebilir.

Ceviz, 2024 yılı için öngörülen biyogaz üretim miktarı 0,77 MW, doğrudan yakma için ise 34,70 MW enerji potansiyeline sahiptir. R^2 değeri 0,857 olan ceviz, enerji üretiminde düşük potansiyele sahip olmasına rağmen güvenilir bir model sunmaktadır. Ceviz, enerji üretiminde dikkate alınabilir bir kaynak olabilir.

Kayısı, 2024 yılı için öngörülen biyogaz üretim miktarı 3,31 MW, doğrudan yakma için ise 84,01 MW enerji potansiyeline sahiptir. R^2 değeri 0,646 olan kayısı, orta seviyede bir enerji potansiyeline sahiptir ve modelin iyileştirilmesi gerekebilir. Kayısının enerji üretiminde daha az önemli bir rol oynayacağı söylenebilir.

Kiraz, 2024 yılı için öngörülen biyogaz üretim miktarı 2,70 MW, doğrudan yakma için ise 95,33 MW enerji potansiyeline sahiptir. R^2 değeri 0,976 olan kiraz, yüksek enerji potansiyeli ve güvenilirliği ile dikkat çekmektedir. Kiraz, enerji üretiminde önemli bir yer tutabilir ve güvenilir bir kaynak olarak değerlendirilebilir.

Hem R^2 değeri hem de öngörülen elektrik üretim miktarları açısından en iyi tercih edilebilecek tarımsal atık, mısırdır. Mısır hem biyogaz hem de doğrudan yakma için yüksek enerji potansiyeline sahip olup, R^2 değeri de oldukça yüksektir (0,915). Bu, mısırın elektrik enerjisi üretimi için güvenilir ve verimli bir kaynak olduğunu göstermektedir. Mısırın enerji üretiminde önemli bir yer tutacağı söylenebilir ve enerji çeşitliliği sağlanması açısından diğer tarımsal atıklarla birlikte değerlendirilmelidir.

Sonuçlar, genel olarak, seçilen çoğu biyokütle örnekleri için üretilen elektrik miktarının hem biyogaz üretimi için hem de doğrudan yakma için yıldan yıla artan bir eğilim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ancak tütün için azalan bir eğilim olduğunu göstermektedir. Bu durum, son yıllarda tütün üretimindeki düşüşün önümüzdeki yıllarda da devam etmesinin bir sonucu

olabileceğini ve dolayısıyla atık miktarının ve dolayısıyla bundan üretilen elektrik miktarının da azalacağını göstermektedir. Tahmin edilen verilerdeki dalgalanmalar, faktörlerin etkisinin yansımından ve önceki yıllara ait verilerin üretim hacimlerindeki değişiminden kaynaklanmaktadır.

Mevcut sonuçlar, mevsimsel ve nüfus etkilerinin öngörülen üretim ve atık hacimleri ve dolayısıyla elektrik miktarı üzerinde bir etkiye sahip olacağını göstermektedir. Bu durum, seçilen faktörlerin uygunluğunu ve uyumluluğunu ve tahmin için seçilen doğrusal regresyonun verilerin ve tahminin doğasıyla uyumluluğunu desteklemektedir. Tahmin verilerindeki dalgalanmalar, özellikle de düşüşler ve ardından gelen artışlar, seçilen faktörlerin etkilerini yansıtan orijinal veri serisinde yıllar içinde meydana gelen değişikliklerin bir sonucudur.

Mevsimsel değişiklikler ve nüfus artışı, tarımsal üretim ve atık miktarları üzerinde belirgin etkilere sahiptir. Bu etkilerin öngörülen üretim ve enerji miktarları üzerindeki yansımaları, modelin doğruluğunu artırmak için göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle mevsimsel etkiler, enerji talebindeki değişimlerle uyumlu olmalıdır. Bu nedenle, mevsimsel ve nüfus faktörlerinin buradaki gibi mutlak suretle modelleme sürecine dahil edilmesi, tahminlerin doğruluğunu artırabilir.

Seçilen veriler için değerlendirme yapıldığında, kabul edilebilir sınırlar içerisinde elektrik üretimine katkı sağlayabilecekleri görülmektedir. Doğrudan yakma işlemiyle biyogaz üretimi işleminden daha yüksek miktarda elektrik üretildiği ve enerji potansiyeli bakımından da daha yüksek olduğu görülmüştür.

Çalışma sonucunda öneriler aşağıda sıralanmaktadır.

1. Enerji Potansiyelindeki Artış Eğilimi: Bu tez çalışması tarımsal ürünlerin yıllık üretim miktarlarının artışıyla birlikte enerji potansiyelinin de arttığını göstermektedir. Bu, tarımsal üretimden elde edilen biyokütlenin enerji üretimi açısından sürekli bir kaynak sunduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle doğrudan yakma yöntemi ile elde edilen yüksek verimlilik, biyokütlenin enerji üretimi için etkili bir kaynak olduğunu göstermektedir. Ancak, bu artışın sürdürülebilirliğini değerlendirmek için uzun vadeli planlama ve sürekli üretim analizi yapılması önemlidir.
2. Tütün Üretimindeki Azalma ve Enerji Potansiyeli: Tütün üretimindeki azalma, bu ürünün enerji potansiyelinde gözlenen düşüşü açıklamaktadır. Bu durum, tarımsal üretim ve enerji stratejilerinin çeşitlendirilmesinin önemini vurgulamaktadır. Tütün üretimindeki azalmayla birlikte, diğer tarımsal ürünlerin üretim potansiyellerinin

artırılması ve bu sayede atıklarından elde edilecek enerji potansiyelinin artırılması ve gerekebilir. Başka bir deyişle, kaynak çeşitliliğinin sağlanması önemlidir. Bu, enerji güvenliğini ve sürdürülebilirliği sağlamak için önemli bir strateji olabilir.

3. Mevsimsel ve Nüfus Etkileri: Yukarıda da belirtildiği gibi gerçekleştirilecek çeşitli öngörü çalışmalarında özellikle nüfus ve mevsimsel etkiler parametreleri sürece dahil edilmelidir.
4. Doğrusal Regresyonun Sınırlamaları: Doğrusal regresyon analizi, verilerin gelecekteki eğilimlerini tahmin etmekte etkili bir yöntemdir, ancak sınırlamaları da vardır. Verilerin karmaşıklığı ve değişkenliği göz önüne alındığında, doğrusal regresyonun dışında alternatif modelleme yöntemlerinin de değerlendirilmesi faydalı olabilir. Özellikle zaman serisi analizi ve makine öğrenimi yöntemleri, daha hassas tahminler ve modelleme sağlayabilir.
5. Enerji Verimliliği ve Biyogaz Üretimi: Doğrudan yakma işleminin biyogaz üretimine göre daha yüksek verimlilik sunduğu gözlemi, enerji üretiminde verimlilik farklarını ortaya koymaktadır. Ancak, biyogaz üretiminin organik atıkların yönetimi ve çevresel sürdürülebilirlik açısından sunduğu avantajlar da dikkate alınmalıdır. Bu iki yöntemin karşılaştırılması, enerji üretim stratejilerinde denge sağlamaya yardımcı olabilir.
6. Verilerdeki Dalgalanmalar: Verilerde gözlenen dalgalanmalar, yıllık üretim değişiklikleri ve dışsal faktörlerin etkilerini yansıtmakta olup, bu dalgalanmaların daha iyi anlaşılması için detaylı analizler yapılabilir. Dalgalanmaların nedenleri arasında mevsimsel değişiklikler, ekonomik faktörler ve üretim politikaları yer alabilir. Bu faktörlerin ayrıntılı incelenmesi, enerji tahminlerinin ve stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlayabilir.
7. Enerji Potansiyeli: Çoğu biyokütle türü için enerji üretimindeki artış, tarımsal üretim stratejilerinin ve atık yönetim sistemlerinin optimize edilmesi gerektiğini gösterir. Özellikle atıkları yüksek enerji potansiyeline sahip ürünler, enerji stratejilerinde öncelikli olarak değerlendirilmelidir.
8. Sürdürülebilirlik: “Biyogaz” biyogaz üretiminin çevresel sürdürülebilirlik açısından avantajları olabilir, bu da tarımsal atıkların yönetiminde ve çevresel etkilerin azaltılmasında önemli bir rol oynayabilir. “Direkt Yakma” yüksek enerji verimliliği sağlar ancak çevresel etkiler açısından biyogaza kıyasla daha fazla karbon salınımı olabilir.

KAYNAKLAR

- [1] E. T. Sayed, A. G. Olabi, A. H. Alami, A. Radwan, A. Mdallal, A. Rezk, and M. A. Abdelkareem, "Renewable energy and energy storage Systems," *Energies*, 16(3), 1415, 2023.
- [2] H. Kumbur, Z. Özer, H. D. Özsoy, ve E. D. Avcı, "Türkiye’de geleneksel ve yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli ve çevresel etkilerinin karşılaştırılması," *Yeksem, III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*, pp. 19-21, 2005.
- [3] IEA, Key World Energy Statistics, 2012.
- [4] Froggatt, A., "The liberalisation of Europe’s electricity markets – Is the Environment Paying the Price for Cheap Power?," *Greenpeace*, pp. 13, Mayıs 2000.
- [5] S. Kadioğlu, Z. Tellioglu, "Enerji kaynaklarının kullanımı ve çevreye etkileri," *TMMOB Türkiye Enerji Sempozyumu*, pp. 55-67, 1996.
- [6] K. Mallon, "The liberalisation of europe's electricity markets is the environment paying the price for cheap power," *Greenpeace International*, 50, 2000.
- [7] A. Kasinath, S. Fudala-Ksiazek, M. Szopinska, H. Bylinski, W. Artichowicz, A. Remiszewska-Skwarek, and A. Luczkiewicz, "Biomass in biogas production: Pretreatment and codigestion," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 150, 111509, 2021.
- [8] E. Ürün, ve E. Soyu, "TÜRKİYE’NİN ENERJİ ÜRETİMİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME," *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, pp. 31-45, 2016.
- [9] F. Yürük, ve P. Erdoğan, "Düzce ilinin hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz potansiyeli ve k-means kümeleme ile optimum tesis konumunun belirlenmesi," *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 4(1), pp. 47-56, 2015.
- [10] G. Martinopoulos, G. Tsalikis, "Diffusion and adoption of solar energy conversion systems – The case of Greece," *Energy*, 144, pp. 800–807, 2008.
- [11] M. Yalçın, "Fosil yakıt tüketimi, yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme," Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, 2022.
- [12] IEA, Key world energy statistics 2019, <https://webstore.iea.org/key-world-energy-statistics-2019>, (Erişim tarihi: 02.05.2024).
- [13] A. Ç. Çelik, ve F. Koç, "Polikristal tür bir fotovoltaik panelin I-V karakteristiğinin analitik modellenmesi ve deneysel doğrulanması," *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8, pp. 2491-2515, 2020.
- [14] E. Keskin, "Türkiye iklim koşullarında fotovoltaik güç sistemlerinin tasarımı ve maliyet analizi," Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 2012.
- [15] N. Bekar, "Yenilenebilir enerji kaynakları açısından Türkiye’nin enerji jeopolitiği," *Türkiye Siyaset Bilimi Dergisi*, 3(1), pp. 37-54, 2020.

- [16] M. Yılmaz, “Türkiye’nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi,” *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), pp. 33-54, 2012.
- [17] T. C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü Raporu”, 2017, pp. 1-83.
- [18] R. Kayabaşı, ve M. Kaya, “Fotovoltaik modüllerin atık ısılarından termoelektrik jeneratör ile elektrik üretimi,” *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16, pp. 310-324, 2019.
- [19] <https://www.enerji.gov.tr>, (Erişim tarihi: 12.05.2024).
- [20] M. Topal, ve E. I. Arslan, “Biyokütle enerjisi ve Türkiye,” *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, pp. 17-19., 2008.
- [21] TÜGİAD, “Türkiye’nin enerji sorunları ve çözüm önerileri”, Ajans-Türk Basın ve Basım A.Ş., Batıkent, Ankara, 2004.
- [22] A. Demirbas, “Turkey's renewable energy facilities in the near future. Energy sources,” 28(6), pp. 527-536, 2006.
- [23] A. A. Şenocak, ve H.G. Gören, “Biyokütleyle dayalı enerji potansiyelinin yapay zeka ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak tahmin edilmesi: Bir örnek olay,” *Mühendislik Bilimi ve Teknolojisi, Uluslararası Bir Dergi*, 26, 100992, 2022.
- [24] A. Tryhuba, T. Hutsol, S. Glowacki, I. Tryhuba, S. Tabor, D. Kwasniewski, and S. Yermakov, “Estimation of quantitative risk indicators of investors in biohydrogen production projects from agricultural feedstocks,” 9 (2), 258, 2021.
- [25] M. Melikoğlu, ve B. Türkmen, “Gıda israfından enerjiye: Türkiye'nin israf edilen mahsul ve tahıllardan 2030 yılına kadar biyoetanol üretim potansiyelinin tahmin edilmesi,” *Sürdürülebilir Enerji Teknolojileri ve Değerlendirmeleri*, 36, 100553, 2019.
- [26] E. Koç, ve M. C. Şenel, “Dünyada ve Türkiye’de enerji durumu-genel değerlendirme,” *Mühendis ve Makina*, 54(639), pp. 32-44, 2013.
- [27] M.C. Şenel, “Rüzgâr türbinlerinde güç iletim mekanizmalarının tasarım esasları-dinamik davranış,” Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye 2012.
- [28] İ. Üçgül, ve G. Akgül, “Biyokütle teknolojisi”, *Yekarum*, 1(1), 2010.
- [29] <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-biyokutle>, (Erişim tarihi: 14.08.2023).
- [30] M.Ö. Ültanır, “Türkiye’nin Biyokütle Enerji Stratejisi Ne Olmalıdır,” *Bilim ve Teknik*, PP. 342, 1996.
- [31] A. Basım, “Türkiye’nin Enerji Sorunları ve Çözüm Önerileri,” *Tugad Dergisi*, 3, pp. 4-5, 2004.
- [32] Ş. Gizlenci, M. Acar, ve Şahin, M., “Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının (Biyodizel, biyoetanol ve biyokütle) projeksiyonu,” *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 8(3), pp. 337-344, 2012.

- [33] H. Koltukcu, “Yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye açısından swot analizi,” Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Türkiye, 2010.
- [34] R. C. Saxena, D. Seal, S. Kumar, and H. B. Goyal, “Thermo-chemical routes for hydrogen rich gas from biomass: a review,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(7), pp. 1909-1927, 2008.
- [35] R. M. Jingura, D. Musadamba, and R. Kamusoko, “A review of the state of biomass energy technologies in Zimbabwe,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, pp. 652-659, 2013.
- [36] D. Thrän, M. Dotzauer, V. Lenz, J. Liebetrau, and A. Ortwein, “Flexible bioenergy supply for balancing fluctuating renewables in the heat and power sector—a review of technologies and concepts,” *Energy, Sustainability and Society*, 5, pp. 1-15, 2015.
- [37] <https://tuba.gov.tr>, (Erişim tarihi: 09.09.2023).
- [38] S. Hansen, A. Mirkouei, and L. A. Diaz, “A comprehensive state-of-technology review for upgrading bio-oil to renewable or blended hydrocarbon fuels,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 118, 109548, 2020.
- [39] S. S. Siwal, K. Sheoran, A. K. Saini, Vo, D. V. N., Wang, Q., & Thakur, V. K., “Advanced thermochemical conversion technologies used for energy generation: Advancement and prospects. Fuel”, 321, 124107, 2022.
- [40] H. Zabed, J. N. Sahu, A. N. Boyce, and G. Faruq, “Fuel ethanol production from lignocellulosic biomass: an overview on feedstocks and technological approaches,” *Renewable and sustainable energy reviews*, 66, pp. 751-774, 2016.
- [41] T. P. T. Pham, R. Kaushik, G. K. Parshetti, R. Mahmood, and R. Balasubramanian, “Food waste-to-energy conversion technologies: Current status and future directions,” *Waste management*, 38, pp. 399-408, 2015.
- [42] M. Jawad, R. Schoop, A. Suter, P. Peter Klein, and R. Eccles, “Perfil de eficacia y seguridad de Echinacea purpurea en la prevención de episodios de resfriado común: Estudio clínico aleatorizado, doble ciego y controlado con placebo,” *Rev. fitoter*, pp. 125-135, 2013.
- [43] M. Yılmaz, “Türkiye’nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi,” *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), pp. 33-54, 2012.
- [44] E. Koç, ve K. Kaya, “Enerji kaynakları–yenilenebilir enerji durumu,” *Mühendis ve Makina*, 56(668), pp. 36-47, 2015.
- [45] K. Kaya, M. C. Şenel, ve E. Koç, “Dünyada ve Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi,” *Technological Applied Sciences*, 13(3), pp. 219-234, 2018.
- [46] İ. Ürkmez, and M. C. Okyar, “The effect of renewable energy on energy import dependence: An empirical analysis in Turkey,” *Siyasal: Journal of Political Sciences*, 31(2), pp. 443-462, 2022.

- [47] <http://www.socar.com.tr>, (Erişim tarihi: 21.05.2024).
- [48] S. K. Bhatia, R. K. Bhatia, and Y. H. Yang, "An overview of microdiesel—A sustainable future source of renewable energy," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, pp. 1078-1090, 2017.
- [49] O. Elasri, and M. El amin Afilal, "Potential for biogas production from the anaerobic digestion of chicken droppings in Morocco," *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 5, pp. 195-204, 2016.
- [50] G. Knothe, and L. F. Razon, "Biodiesel fuels. Progress in Energy and Combustion Science," 58, pp. 36-59, 2017.
- [51] M. Variny, A. Varga, M. Rimár, J. Janošovský, J. Kizek, L. Lukáč, and O. Mierka, "Advances in biomass co-combustion with fossil fuels in the European context: A review. Processes," 9(1), pp. 100, 2021.
- [52] F. F. Ar, "Biyoyakıtlar tehdit mi-fırsat mı", *Mühendis ve Makine*, 49(581), pp. 3-9, 2008.
- [53] P. S. Nigam, and A. Singh, "Production of liquid biofuels from renewable resources. Progress in energy and combustion science," 37(1), pp. 52-68, 2011.
- [54] Agriculture Organization, "The State of Food and Agriculture 2008: Biofuels: prospects, risks and opportunities," *Food & Agriculture Org., Vol. 38*, 2008.
- [55] M. V. Rodionova, R. S. Poudyal, I. Tiwari, R. A. Voloshin, S. K. Zharmukhamedov, H. G. Nam, and S. I. Allakhverdiev, "Biofuel production: challenges and opportunities," *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(12), pp. 8450-8461, 2017.
- [56] P. S. Nigam, and A. Singh, "Production of liquid biofuels from renewable resources," *Progress in energy and combustion science*, 37(1), pp. 52-68, 2011.
- [57] R. Kadam, and N. L. Panwar, "Recent advancement in biogas enrichment and its applications," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, pp. 892-903, 2017.
- [58] I. Angelidaki, L. Treu, P. Tsapekos, G. Luo, S. Campanaro, H. Wenzel, and P. G. Kougias, "Biogas upgrading and utilization: Current status and perspectives," *Biotechnology advances*, 36(2), pp. 452-466, 2018.
- [59] S. K. Bhatia, H. S. Joo, and Y. H. Yang, "Biowaste-to-bioenergy using biological methods—a mini-review," *Energy conversion and management*, 177, pp. 640-660, 2018.
- [60] N. Aryal, T. Kvist, F. Ammam, D. Pant, and L. D. Ottosen, "An overview of microbial biogas enrichment," *Bioresource technology*, 264, pp. 359-369, 2018.
- [61] J. Wang, "Decentralized biogas technology of anaerobic digestion and farm ecosystem: opportunities and challenges," *Frontiers in Energy Research*, 2, 10., 2014.
- [62] S. K. Bhatia, R. K. Bhatia, and Y. H. Yang, "Biosynthesis of polyesters and polyamide building blocks using microbial fermentation and biotransformation," *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 15, pp. 639-663, 2016.

- [63] J. M. Jeon, H.S. Song, D. G. Lee, J. W. Hong, Y. G. Hong, Y. M. Moon, and Y. H. Yang, "Butyrate-based n-butanol production from an engineered *Shewanella oneidensis* MR-1," *Bioprocess and biosystems engineering*, 41, pp. 1195-1204, 2018.
- [64] H. S. Song, H. M. Seo, J. M. Jeon, Y. M. Moon, J. W. Hong, Y. G. Hong, and Y. H. Yang, "Enhanced isobutanol production from acetate by combinatorial overexpression of acetyl-CoA synthetase and anaplerotic enzymes in engineered *Escherichia coli*," *Biotechnology and Bioengineering*, 115(8), pp. 1971-1978, 2018.
- [65] H. S. Song, J. M. Jeon, H. J. Kim, S. K. Bhatia, G. Sathiyarayanan, J. Kim, and Y. H. Yang, "Increase in furfural tolerance by combinatorial overexpression of NAD salvage pathway enzymes in engineered isobutanol-producing *E. Coli*," *Bioresource technology*, 245, pp. 1430-1435, 2017.
- [66] S. H. M. Azhar, R. Abdulla, S. A. Jambo, H. Marbawi, J. A. Gansau, A. A. M. Faik and K. F. Rodrigues, "Yeasts in sustainable bioethanol production: A review," *Biochemistry and biophysics reports*, 10, pp. 52-61, 2017.
- [67] D. Antoni, V. V. Zverlov, and W. H. Schwarz, "Biofuels from microbes," *Applied microbiology and biotechnology*, 77, pp. 23-35, 2007.
- [68] H. M. Şen, "Türkiye'nin genel enerji durumu," *Enkus 2006 İTÜ Enerji Çalıştayı ve Sergisi*, 2006.
- [69] M. Ö. Ültanır, "21. Yüzyıla Giderken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi," *TÜSİAD-Türk Sanayicileri ve İş adamları Derneği, yayın no (pp. 98-12). TÜSİAD*, 1998.
- [70] T. Bridgwater, "Biomass for energy," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(12), pp. 1755-1768, 2006.
- [71] E. Toklu, "Biomass energy potential and utilization in Turkey," *Renewable Energy*, 107, pp. 235-244, 2017.
- [72] M. Melikoglu, and B. Turkmen, "Food waste to energy: Forecasting Turkey's bioethanol generation potential from wasted crops and cereals till 2030," *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 36, 100553, 2019.
- [73] <https://bepa.enerji.gov.tr>, (Erişim tarihi: 20.01.2024).
- [74] <https://enerji.gov.tr>, (Erişim tarihi: 20.01.2024).
- [75] K. Kaya, M. C. Şenel, ve E. Koç, "Dünyada ve Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi," *Technological Applied Sciences*, 13(3), pp. 219-234, 2018.
- [76] S. Çınar, ve M. Yılmaz, "Yenilenebilir enerji kaynaklarının belirleyicileri ve ekonomik büyüme ilişkisi: Gelişmekte olan ülkeler örneği," *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 30(1), pp. 55-78, 2015.
- [77] S. Erdoğan, E. Dücan, M. Şentürk, ve A. Şentürk, "Türkiye'de yenilenebilir enerji üretimi ve ekonomik büyüme ilişkisi üzerine ampirik bulgular," *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(2), pp. 233-246, 2018.

- [78] <https://www.iea.org>, (Erişim tarihi: 20.06.2024).
- [79] <https://ember-climate.org>, (Erişim tarihi: 20.06.2024).
- [80] I. Citaristi, "International energy agency iea," *In The Europa directory of international organizations 2022*, pp. 701-702, 2022.
- [81] <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050,2021>, (Erişim tarihi: 21.06.2024).
- [82] K. K. ÖZYER, "Ölçek Geliştirme ve Güvenirlik Analizleri: Jamovi Uygulaması," *Turkish Academic Research Review*, 6(5), pp. 1330-1384, 2016.
- [83] D. J. Navarro, and D. R. Foxcroft, "Learning statistics with jamovi: A tutorial for psychology students and other beginners," 2019.
- [84] S. şahinler, "En küçük kareler yöntemi ile doğrusal regresyon modeli oluşturmanın temel prensipleri," *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(1-2), pp. 57-73, 2000.
- [85] M. Yaşar, "İstatistiğe yönelik tutum ölçeği: Geçerlilik ve güvenirlilik çalışması," *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 36(36), pp. 59-75, 2014.
- [86] BR. Kirkwood, JAC. Sterne, "Regression Modelling. Medical Statistics," *Blackwell Science*, pp. 315-342, 2003.
- [87] M. Pagano, K. Gauvreau, and H. Mattie, "Principles of biostatistics," *Chapman and Hall/CRC*, 2022.
- [88] B. Dawson, RG. Trapp, "Statistical Methods for Multiple Variables. Basic & Clinical Biostatistics," *Lange Medical books/McGraw Hill Medical Publishing Division USA*, pp. 236-242, 2001
- [89] H. J. Newton, J. H. Carroll, N. Wang, and D. Whiting, "Statistics 30X Class Notes," University of Leeds, UK, 1996.
- [90] M. Greenacre, P. J. Groenen, T. Hastie, A. I. d'Enza, A. Markos, and E. Tuzhilina, "Principal component analysis," *Nature Reviews Methods Primers*, 2(1), pp. 100, 2022.
- [91] C. M. Bishop, and N. M. Nasrabadi, "Pattern recognition and machine learning," vol. 4, no. 4, pp. 738, New York: springer, 2006.
- [92] J. Neter, M. H. Kutner, C. J. Nachtsheim, and W. Wasserman, "Applied linear statistical models", 1996.
- [93] G. James, D. Witten, T. Hastie, and R. Tibshirani, "An introduction to statistical learning," vol. 112, pp. 18, New York: springer, 2013.
- [94] S. Yildiz, C. Yaman, G. Demir, H. K. Ozcan, A. Coban, H. E. Okten, and S. Goren, "Characterization of municipal solid waste in Istanbul, Turkey," *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 32(3), pp. 734-739, 2013.

- [95] P. Abdeslahian, J. S. Lim, W. S. Ho, H. Hashim, and C. T. Lee, "Potential of biogas production from farm animal waste in Malaysia," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, pp. 714-723, 2016.
- [96] <http://www.methator.com>, (Erişim tarihi: 24.02.2024).
- [97] M. Benito, I. Ortiz, L. Rodríguez, and G. Munoz, "Ni-Co bimetallic catalyst for hydrogen production in sewage treatment plants: biogas reforming and tars removal," *International journal of hydrogen energy*, 40(42), pp. 14456-14468, 2015.
- [98] P. Abdeslahian, J. S. Lim, W. S. Ho, H. Hashim, and C. T. Lee, "Potential of biogas production from farm animal waste in Malaysia," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, pp. 714-723, 2016.
- [99] A. Guimarães, V. O. de Araújo, M. V. Springera, O. Chavesa, and A. R. F. Neto, "Electricity Generation from Biogas of Cassava using Cattle Manure as inoculum: An Assessment of Potential in the Quilombola Community," 2019.
- [100] M. Benito, I. Ortiz, L. Rodríguez, and G. Munoz, "Ni-Co bimetallic catalyst for hydrogen production in sewage treatment plants: biogas reforming and tars removal," *International journal of hydrogen energy*, 40(42), pp. 14456-14468, 2015.
- [101] <https://tuba.gov.tr>, (Erişim tarihi: 19.11.2023).
- [102] J. Peng, D. Sun, and E. Nevo, "Wild emmer wheat, 'Triticum dicoccoides', occupies a pivotal position in wheat domestication process," *Australian Journal of Crop Science*, 5(9), pp. 1127-1143, 2011.
- [103] M. Atak, "Buğday ve Türkiye buğday köy çeşitleri," *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2), pp. 71-88, 2017.
- [104] <http://www.fao.org>, (Erişim tarihi: 20.12.2023).
- [105] J. H. Peng, D. Sun, and E. Nevo, "Domestication evolution, genetics and genomics in wheat," *Molecular Breeding*, 28, pp. 281-301, 2011.
- [106] <http://www.tarim.gov.tr>, (Erişim tarihi: 19.06.2024).
- [107] <https://itb.org.tr/makale/13-bugday-sektor-raporu>, (Erişim tarihi: 19.06.2024).
- [108] H. Doğanay, ve O. Coşkun, "Tarım coğrafyası," *Pegem Akademi*, 2012.
- [109] T. Güran, "19. yüzyıl Osmanlı tarımı: üzerine araştırmalar," 1998.
- [110] TUIK, 2018, <http://www.tuik.gov.tr>, (Erişim tarihi: 19.06.2024).
- [111] B. Gökmen, "Osmanlı'da ziraat," *İstanbul: Yeditepe Yayınları*, 2016.
- [112] TUIK, 2019, <http://www.tuik.gov.tr>, (Erişim tarihi: 19.06.2024).
- [113] TUIK, 2017, <http://www.tuik.gov.tr>, (Erişim tarihi: 19.06.2024).

- [114] D. Quataert, “19. Yüzyıla Genel Bakış Islahatlar Devri 1812-1914. (S. Andıç Çev.) H. İnalçık ve D. Quataert (Ed.). Osmanlı İmparatorluğu’nun Ekonomik ve Sosyal Tarihi içinde (885-1041),” *İstanbul: Eren Yayıncılık*, 2004.
- [115] Ş. Pamuk, “Osmanlı-Türkiye iktisadî tarihi 1500-1914,” *İletişim Yayınları*, 2017.
- [116] K. Karabacak, “Türkiye’de tütün tarımı ve coğrafi dağılışı,” *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 15(1), pp. 27-48, 2017.
- [117] TUIK, 2014, <http://www.tuik.gov.tr>, (Erişim tarihi: 19.06.2024).
- [118] H. Y. Düğmeci, ve Y. Celik, “Konya İli Çumra İlçesinde Yağlık Ayçiçeği Üretim Maliyetinin Tespiti Üzerine Bir Araştırma,” *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(3), pp. 682-690, 2020.
- [119] A. Semerci, and E. Durmuş, “Analysis of oily sunflower production in Turkey,” *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(1), pp. 56-62, 2021.
- [120] S. Ünal, ve S. Yaman, “Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Teşkilatlanma ve Destekleme Genel Müdürlüğü,” *Yaygın Çiftçi Eğitimi Projesi, YAYÇEP*, 2005.
- [121] Y. Çelik, ve H. K. Sarıaltın, “Türkiye’de kiraz üretiminin yapısal analizi,” *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(4), pp. 596-607, 2019.
- [122] G. Özay, “Kayısı ve incir meyvelerinin antioksidan kapasitelerinin araştırılması,” Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
- [123] Y. Topcu, ve A. S. Uzundumlu, “Taze kayısının Dünya ve Türkiye’deki mevcut durumu,” *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (1), pp. 43-53, 2010.
- [124] M. Z. Malaslı, S. Altıkat, ve A. Çelik, “İğdır ili kayısı tarımının mekanizasyon sorunları ve çözüm önerileri,” *Journal of the Institute of Science and Technology*, 2(3), pp. 47-54, 2012.
- [125] M. Alım, ve G. Kaya, “İğdır’da kayısı tarımı ve başlıca sorunları,” *Doğu Coğrafya Dergisi*, 10(14), pp. 47-65, 2005.
- [126] E. Atış, ve Ş. Çelikoğlu, “Kağızman İlçesinde Kayısı Üretimi ve Yöre Ekonomisine Katkıları,” *Marmara Coğrafya Dergisi*, (36), pp. 191-205, 2017.
- [127] Y. E. ERTURK, M. K. Geçer, ve K. Karadaş, “İğdır ilinde kayısı üretimi ve pazarlaması,” *Meyve Bilimi*, 1, pp. 44-49, 2016.
- [128] <https://www.tuik.gov.tr>, (Erişim tarihi: 20.09.2023).
- [129] <https://www.tmo.gov.tr>, (Erişim tarihi: 29.08.2023).
- [130] <https://www.tarimorman.gov.tr>, (Erişim tarihi: 30.08.2023).
- [131] <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=49685>, (Erişim tarihi: 20.09.2023).
- [132] <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-raporlari.aspx>, (Erişim tarihi: 10.09.2023).

- [133] <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx?s=projeksiyonlar>, (Erişim tarihi: 10.09.2023).
- [134] <https://cevresehgostergeler.csb.gov.tr/nufus-artis-hizi-i-85616>, (Erişim tarihi: 17.08.2023).
- [135] M. Mardikis, A. Nikolaou, N. Djouras, and C. Panoutsou, "Agricultural biomass in Greece: Current and future trends," *Biomass and Agriculture: Sustainability, markets and policies*, pp. 363-376, 2004.
- [136] M. Polat, "Prediction Agricultural Residues Biomass Energy Potantial of Eskişehir Region," *6th International Ege Energy Symposium & Exhibition*, pp. 28-30, İzmir, Turkey, 2012.
- [137] A. Başçetinçelik, H. Öztürk, ve C. Karaca, C., "Türkiye'de tarımsal biyokütleden enerji üretimi olanakları," *IV. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Kayseri, 2007.
- [138] H. H. Ozturk, and A. Bascetincelik, "Energy exploitation of agricultural biomass potential in Turkey," *Energy Exploration & Exploitation*, 24(4), pp. 313-330, 2006.
- [139] <http://www.mmo.org.tr>, (Erişim tarihi: 07.01.2024).
- [140] A. Ergüdenler, and A. Işığigür, "Agricultural residues as a potential resource for environmentally sustainable electric power generation in Turkey," *Renewable energy*, 5(5-8), pp. 786-790, 1994.
- [141] E. Toklu, "Biomass energy potential and utilization in Turkey," *Renewable Energy*, 107, pp. 235-244, 2017.
- [142] M. Hiloidhari, D. Das, and D. C. Baruah, "Bioenergy potential from crop residue biomass in India," *Renewable and sustainable energy reviews*, 32, pp. 504-512, 2014.
- [143] M. Polat, "Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Görev Alanı Dahilinde Bulunan İllerin Tarımsal Atık Biyokütle Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi", *Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi B-Teorik Bilimler*, 8(1), pp. 133-142, 2020.
- [144] A. O. Avcıoğlu, M. A. Dayıoğlu, and U. E. Türker, "Assessment of the energy potential of agricultural biomass residues in Turkey," *Renewable Energy*, 138, pp. 610-619, 2019.
- [145] G. Mancini, S. Papirio, P. N. Lens, and G. Esposito, "Increased biogas production from wheat straw by chemical pretreatments," *Renewable energy*, 119, pp. 608-614, 2018.
- [146] A. A. Rajput, and C. Visvanathan, "Effect of thermal pretreatment on chemical composition, physical structure and biogas production kinetics of wheat straw," *Journal of environmental management*, 221, pp. 45-52, 2018.
- [147] A. Kasinath, S. Fudala-Ksiazek, M. Szopinska, H. Bylinski, W. Artichowicz, A. Remiszewska-Skwarek, and A. Luczkiewicz, "Biomass in biogas production: Pretreatment and codigestion," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 150, 111509, 2021.

- [148] Y. Xi, Y. Liu, X. Ye, J. Du, X. Kong, D. Guo, and Q. Xiao, "Enhanced anaerobic biogas production from wheat straw by herbal-extraction process residues supplementation," *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9, 623594, 2021.
- [149] Das, A., & Mondal, C., "Biogas production from co-digestion of substrates: A review", *International Research Journal of Environment Sciences*, 5(1), 49-57, 2016.
- [150] Vasmara, C., Cianchetta, S., Marchetti, R., & Galletti, S., "Biogas production from wheat straw pre-treated with hydrolytic enzymes or sodium hydroxide", *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 16(8), 2017.
- [151] <https://www.soleaenerji.com>, (Erişim tarihi: 14.10.2023).
- [152] J. Gülen, and Ç. ÇEŞMELİ, "Biyogaz Hakkında Genel Bilgi ve Yan Ürünlerinin Kullanım Alanları," *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 5(1), pp. 65-84, 2012.
- [153] T. Bond, and M. R. Templeton, "History and future of domestic biogas plants in the developing world," *Energy for Sustainable development*, 15(4), pp. 347-354, 2011.
- [154] N. Scarlat, J. F. Dallemand, and F. Fahl, "Biogas: Developments and perspectives in Europe," *Renewable energy*, 129, pp. 457-472, 2018.
- [155] B. Bencoova, R. Grosos, M. Gomory, K. Bacova, and S. Michalkova, "Use of biogas plants on a national and international scale," *Acta Montanistica Slovaca*, 26(1), 2021.
- [156] P. Weiland, "Biogas production: current state and perspectives," *Applied microbiology and biotechnology*, 85, pp. 849-860, 2010.
- [157] G. Esposito, L. Frunzo, A. Giordano, F. Liotta, A. Panico, and F. Pirozzi, "Anaerobic co-digestion of organic wastes," *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 11, pp. 325-341, 2012.
- [158] A. Das, and C. Mondal, "Biogas production from co-digestion of substrates: A review," *International Research Journal of Environment Sciences*, 5(1), pp. 49-57, 2016.
- [159] M. Zhurka, A. Spyridonidis, I. A. Vasiliadou, and K. Stamatelatou, "Biogas production from sunflower head and stalk residues: Effect of alkaline pretreatment," *Molecules*, 25(1), pp. 164, 2019.
- [160] A. Aydın, "Türkiye’de Buğday Üretim Sektörünün Yapısı Ve Arıma Modeli İle Üretim Tahmini," *İşletme Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 5(1), pp. 1-18, 2022.
- [161] P. K. Sadh, S. Duhan, and J. S. Duhan, "Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review," *Bioresources and bioprocessing*, 5(1), pp. 1-15, 2018.
- [162] D. S. Bajwa, T. Peterson, N. Sharma, J. Shojaeiarani, and S. G. Bajwa, "A review of densified solid biomass for energy Production," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 96, pp. 296-305, 2018.

- [163] H. Kaletnik, V. Pryshliak, and N. Pryshliak, "Public policy and biofuels: Energy, environment and food trilemma," *Journal of Environmental Management and Tourism*, 10(3), pp. 479-487, 2019.
- [164] S. Berezyuk, D. Tokarchuk, and N. Pryshliak, "Economic and environmental benefits of using waste potential as a valuable secondary and energy resource," *Journal of Environmental Management and Tourism*, 10(1), pp. 149-160, 2019.
- [165] Z. B. Namsaraev, P. M. Gotovtsev, A. V. Komova, and R. G. Vasilov, "Current status and potential of bioenergy in the Russian Federation," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, pp. 625-634, 2018.
- [166] A. Welfle, "Balancing growing global bioenergy resource demands-Brazil's biomass potential and the availability of resource for trade," *Biomass and Bioenergy*, 105, pp. 83-95, 2017.
- [167] S. Celik, "Forecasting Production of some cereal in Turkey by time series analysis", *Int J Inf Res Rev*, 3, pp. 2887-2897, 2016.
- [168] O. F. A. Outlook, "OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027," *Outlook*, 2018.
- [169] M. Melikoglu, and B. Turkmen, "Food waste to energy: Forecasting Turkey's bioethanol generation potential from wasted crops and cereals till 2030," *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 36, 100553, 2019.



EKLER

EK-A Buğday, Arpa, Çavdar, Mısır, Ayçiçeği ve Tütünün Yıllara Göre Üretim Miktarı

YIL	Buğday (ton)	Arpa (ton)	Çavdar (ton)	Mısır (ton)	Ayçiçeği (ton)	Tütün (ton)
1950	3.871.926	2.047.018	442.879	627.987	-	-
1951	5.600.000	2.700.000	600.000	627.987	-	-
1952	6.447.000	3.189.000	670.000	627.987	-	-
1953	8.000.000	3.640.000	730.000	627.987	-	-
1954	4.900.000	2.400.000	440.000	627.987	-	-
1955	6.900.000	2.985.000	650.000	855.000	-	-
1956	6.400.000	2.900.000	566.000	855.000	-	-
1957	8.300.000	3.630.000	700.000	855.000	-	-
1958	8.550.000	3.600.000	780.000	855.000	-	-
1959	7.852.000	3.300.000	665.000	855.000	-	-
1960	8.450.000	3.700.000	700.000	1.090.000	-	-
1961	7.000.000	2.948.000	570.000	1.090.000	-	-
1962	8.450.000	3.500.000	690.000	1.090.000	-	-
1963	10.000.000	4.288.000	900.000	1.090.000	-	-
1964	8.300.000	3.200.000	735.000	1.090.000	-	-
1965	8.500.000	3.300.000	775.000	945.000	-	-
1966	9.600.000	3.800.000	850.000	945.000	-	-
1967	10.000.000	3.800.000	900.000	945.000	-	-
1968	9.520.000	3.560.000	820.000	945.000	-	-
1969	10.500.000	3.740.000	817.000	945.000	-	-
1970	10.000.000	3.250.000	630.000	1.040.000	-	-
1971	13.500.000	4.170.000	895.000	1.135.000	-	-
1972	12.200.000	3.725.000	755.000	1.030.000	-	-
1973	10.000.000	2.900.000	690.000	1.100.000	-	-
1974	11.000.000	3.330.000	560.000	1.200.000	-	-
1975	14.750.000	4.500.000	750.000	1.200.000	-	-
1976	16.500.000	4.900.000	740.000	1.310.000	-	-
1977	16.650.000	4.750.000	690.000	1.265.000	-	-
1978	16.700.000	4.750.000	620.000	1.300.000	-	-
1979	17.500.000	5.240.000	620.000	1.350.000	-	-
1980	16.500.000	5.300.000	525.000	1.240.000	-	-
1981	17.000.000	5.900.000	530.000	1.200.000	-	-
1982	17.500.000	6.400.000	430.000	1.360.000	-	-
1983	16.400.000	5.425.000	380.000	1.480.000	-	-
1984	17.200.000	6.500.000	360.000	1.500.000	-	-
1985	17.000.000	6.500.000	360.000	1.900.000	-	-
1986	19.000.000	7.000.000	350.000	2.300.000	-	-
1987	18.900.000	6.900.000	380.000	2.400.000	-	-
1988	20.500.000	7.500.000	280.000	2.000.000	-	-
1989	16.200.000	4.500.000	191.000	2.000.000	-	-
1990	20.000.000	7.300.000	240.000	2.100.000	860.000	-
1991	20.400.000	7.800.000	256.000	2.180.000	800.000	-
1992	19.300.000	6.900.000	230.000	2.225.000	950.000	-

1993	21.000.000	7.500.000	235.000	2.500.000	815.000	338.796
1994	17.500.000	7.000.000	195.000	1.850.000	740.000	186.954
1995	18.000.000	7.500.000	240.000	1.900.000	900.000	204.440
1996	18.500.000	8.000.000	245.000	2.000.000	780.000	225.216
1997	18.650.000	8.200.000	235.000	2.080.000	900.000	286.414
1998	21.000.000	9.000.000	232.000	2.300.000	860.000	250.556
1999	18.000.000	7.700.000	233.000	2.297.000	950.000	243.468
2000	21.000.000	8.000.000	260.000	2.300.000	800.000	200.280
2001	19.000.000	7.500.000	220.000	2.200.000	650.000	144.786
2002	19.500.000	8.300.000	255.000	2.100.000	850.000	152.856
2003	19.000.000	8.100.000	240.000	2.800.000	800.000	112.158
2004	21.000.000	9.000.000	270.000	3.000.000	900.000	133.913
2005	21.500.000	9.500.000	270.000	4.200.000	975.000	135.247
2006	20.010.000	9.551.000	271.000	3.811.000	1.118.000	98.137
2007	17.234.000	7.306.800	240.540	3.535.000	854.407	74.584
2008	17.782.000	5.923.000	246.521	4.274.000	992.000	93.403
2009	20.600.000	7.300.000	343.330	4.250.000	1.057.125	81.053
2010	19.674.000	7.250.000	365.560	4.310.000	1.320.000	53.018
2011	21.800.000	7.600.000	365.750	4.200.000	1.335.000	45.435
2012	20.100.000	7.100.000	370.000	4.600.000	1.370.000	73.285
2013	22.050.000	7.900.000	365.000	5.900.000	1.523.000	93.158
2014	19.000.000	6.300.000	300.000	5.950.000	1.637.900	74.696
2015	22.600.000	8.000.000	330.000	6.400.000	1.680.700	67.990
2016	20.600.000	6.700.000	300.000	6.400.000	1.670.716	74.238
2017	21.500.000	7.100.000	320.000	5.900.000	1.964.385	93.666
2018	20.000.000	7.000.000	320.000	5.700.000	1.949.229	75.276
2019	19.000.000	7.600.000	310.000	6.000.000	2.100.000	68.224
2020	20.500.000	8.300.000	295.681	6.500.000	2.067.004	79.081
2021	17.650.000	5.750.000	200.000	6.750.000	2.415.000	71.497
2022	19.750.000	8.500.000	273.000	8.500.000	2.550.000	82.250

EK-B Badem, Ceviz, Kayısı ve Kirazın Yıllara Göre Üretim Miktarı

YIL	Badem (ton)	Ceviz (ton)	Kayısı (ton)	Kiraz (ton)
1950	-	-	-	-
1951	-	-	-	-
1952	-	-	-	-
1953	-	-	-	-
1954	-	-	-	-
1955	-	-	-	-
1956	-	-	-	-
1957	-	-	-	-
1958	-	-	-	-
1959	-	-	-	-
1960	-	-	-	-
1961	-	-	-	-
1962	-	-	-	-
1963	-	-	-	-
1964	-	-	-	-
1965	-	-	-	-
1966	-	-	-	-
1967	-	-	-	-
1968	-	-	-	-
1969	-	-	-	-
1970	-	-	-	-
1971	-	-	-	-
1972	-	-	-	-
1973	-	-	-	-
1974	-	-	-	-
1975	-	-	-	-
1976	-	-	-	-
1977	-	-	-	-
1978	-	-	-	-
1979	-	-	-	-
1980	-	-	-	-
1981	-	-	-	-
1982	-	-	-	-
1983	-	-	-	-
1984	-	-	-	-
1985	-	-	-	-
1986	-	-	-	-
1987	-	-	-	-
1988	42.000	110.000	284.000	135.000
1989	46.000	113.000	370.000	134.000
1990	46.000	115.000	240.000	143.000
1991	46.000	122.000	276.000	150.000
1992	47.000	120.000	320.000	155.000
1993	48.000	115.000	230.000	155.000
1994	47.000	120.000	400.000	160.000

1995	37.000	110.000	250.000	186.000
1996	43.000	115.000	206.000	200.000
1997	33.000	115.000	270.000	215.000
1998	36.000	120.000	490.000	195.000
1999	43.000	120.000	335.000	250.000
2000	47.000	116.000	530.000	230.000
2001	42.000	116.000	470.000	250.000
2002	41.000	120.000	315.000	210.000
2003	41.000	130.000	460.000	265.000
2004	37.000	126.000	320.000	245.000
2005	45.000	150.000	860.000	280.000
2006	43.285	129.614	460.182	310.254
2007	50.753	172.572	557.572	398.141
2008	52.774	170.897	716.415	338.361
2009	54.844	177.298	660.894	417.694
2010	55.398	178.142	450.000	417.905
2011	69.838	183.240	650.000	438.550
2012	80.261	203.212	760.000	470.887
2013	82.850	212.140	780.000	494.325
2014	73.230	180.807	270.000	445.556
2015	80.000	190.000	680.000	535.600
2016	85.000	195.000	730.000	599.650
2017	90.000	210.000	985.000	627.132
2018	100.000	215.000	750.000	639.564
2019	150.000	225.000	846.606	664.224
2020	159.187	286.706	833.398	724.944
2021	178.000	325.000	800.000	689.834
2022	190.000	335.000	803.000	656.041

EK-C Buğday, Arpa, Çavdar, Mısır, Ayçiçeği ve Tütünün Yıllara Göre Öngörü Üretim Miktarı

YIL	Buğday Öngörü (ton)	Arpa Öngörü (ton)	Çavdar Öngörü (ton)	Mısır Öngörü (ton)	Ayçiçeği Öngörü (ton)	Tütün Öngörü (ton)
2023	23.505.195,72	8.908.904,00	243.982,21	5.413.236,83	1.937.824,65	45.817,08
2024	18.240.633,29	7.958.980,44	242.018,38	7.871.408,90	1.736.112,63	47.885,20
2025	18.371.372,88	8.023.940,89	239.639,39	8.051.818,11	1.784.161,64	45.656,29
2026	18.463.937,36	8.074.352,49	237.710,21	8.211.540,02	1.823.705,80	43.924,12
2027	18.557.081,85	8.125.081,28	235.797,69	8.374.220,42	1.864.110,57	42.258,61
2028	18.651.010,51	8.176.206,64	233.899,58	8.540.040,50	1.905.446,30	40.655,31
2029	18.745.499,86	8.227.643,28	232.018,15	8.708.909,69	1.947.674,85	39.113,95
2030	18.908.367,07	8.305.587,84	229.456,62	8.925.996,38	2.008.995,60	37.065,24
2031	18.969.373,89	8.344.299,26	227.967,53	9.078.407,21	2.043.925,41	35.940,45
2032	19.030.570,32	8.383.144,90	226.490,39	9.233.112,93	2.079.412,03	34.851,49
2033	19.092.370,35	8.422.285,52	225.020,96	9.390.430,70	2.115.579,55	33.794,06
2034	19.154.557,60	8.461.638,00	223.561,38	9.550.250,54	2.152.379,52	32.768,88
2035	19.288.336,23	8.528.890,45	221.419,60	9.763.402,80	2.210.410,46	31.282,41
2036	19.319.445,59	8.556.305,45	220.292,26	9.905.988,60	2.239.443,27	30.547,16
2037	19.350.980,93	8.583.911,87	219.169,15	10.050.611,5	2.268.917,41	29.828,10
2038	19.382.732,02	8.611.628,37	218.052,26	10.197.144,5	2.298.776,88	29.126,25
2039	19.414.695,67	8.639.454,06	216.941,58	10.345.608,1	2.329.025,72	28.441,20
2040	19.508.720,13	8.691.620,11	215.259,61	10.543.135,8	2.378.703,43	27.402,50
2041	19.512.974,47	8.708.664,71	214.425,64	10.674.422,7	2.401.194,98	26.922,50
2042	19.517.462,27	8.725.791,32	213.594,72	10.807.190,6	2.423.918,73	26.450,74
2043	19.522.180,64	8.742.999,33	212.766,87	10.941.453,6	2.446.876,58	25.987,11
2044	19.527.126,72	8.760.288,11	211.942,09	11.077.225,8	2.470.070,41	25.531,48
2045	19.589.510,77	8.800.258,12	210.600,03	11.260.878,1	2.512.023,79	24.775,77

EK-D Badem, Ceviz, Kayısı ve Kirazın Yıllara Göre Öngörü Üretim Miktarı

YIL	Badem Öngörü (ton)	Ceviz Öngörü (ton)	Kayısı Öngörü (ton)	Kiraz Öngörü (ton)
2023	103.384,86	245.180,27	867.340,43	913.093,85
2024	100.584,70	239.071,80	837.741,95	950.696,84
2025	103.434,18	244.450,94	862.304,83	992.417,50
2026	105.809,69	248.906,78	882.762,45	1.027.893,98
2027	108.238,50	253.441,44	903.694,09	1.064.614,74
2028	110.724,70	258.061,72	925.136,04	1.102.666,33
2029	113.266,29	262.762,99	947.071,35	1.142.046,27
2030	116.892,36	269.445,43	978.479,46	1.198.528,17
2031	119.031,94	273.354,89	996.932,13	1.232.889,24
2032	121.207,42	277.315,05	1.015.703,92	1.268.178,19
2033	123.425,93	281.338,50	1.034.857,35	1.304.522,50
2034	125.684,82	285.419,86	1.054.369,66	1.341.898,39
2035	129.153,73	291.675,56	1.084.477,72	1.399.232,06
2036	130.981,52	294.940,88	1.100.231,22	1.430.544,44
2037	132.838,16	298.248,07	1.116.239,32	1.462.599,73
2038	134.720,55	301.591,25	1.132.474,85	1.495.356,61
2039	136.628,97	304.970,71	1.148.940,52	1.528.829,23
2040	139.649,62	310.320,34	1.175.163,87	1.581.387,52
2041	141.123,99	312.903,26	1.187.827,62	1.608.175,43
2042	142.614,60	315.508,82	1.200.633,29	1.635.421,01
2043	144.121,59	318.137,15	1.213.582,22	1.663.131,57
2044	145.645,12	320.788,40	1.226.675,75	1.691.314,50
2045	148.247,44	325.330,32	1.249.244,38	1.738.573,26

EK-E Buğday, Arpa, Çavdar, Mısır, Ayçiçeği ve Tütünün Yıllara Göre Öngörülen Üretim Miktarının Atık Miktarı

Yıllar	V buğday (ton/saat)	V arpa (ton/saat)	V çavdar (ton/saat)	V mısır (ton/saat)	V ayçiçeği (ton/saat)	V tütün (ton/saat)
2023	498,02	203,79	4,53	276,89	305,21	7,80
2024	386,47	182,06	4,49	402,62	273,44	8,15
2025	389,24	183,55	4,45	411,85	281,01	7,77
2026	391,20	184,70	4,41	420,02	287,23	7,48
2027	393,18	185,86	4,38	428,34	293,60	7,19
2028	395,17	187,03	4,34	436,82	300,11	6,92
2029	397,17	188,21	4,31	445,46	306,76	6,66
2030	400,62	189,99	4,26	456,56	316,42	6,31
2031	401,91	190,88	4,23	464,36	321,92	6,12
2032	403,21	191,76	4,20	472,27	327,51	5,93
2033	404,52	192,66	4,18	480,32	333,20	5,75
2034	405,84	193,56	4,15	488,50	339,00	5,58
2035	408,67	195,10	4,11	499,40	348,14	5,33
2036	409,33	195,73	4,09	506,69	352,71	5,20
2037	410,00	196,36	4,07	514,09	357,35	5,08
2038	410,67	196,99	4,05	521,58	362,06	4,96
2039	411,35	197,63	4,03	529,18	366,82	4,84
2040	413,34	198,82	4,00	539,28	374,65	4,67
2041	413,43	199,21	3,98	546,00	378,19	4,58
2042	413,53	199,60	3,96	552,79	381,77	4,50
2043	413,63	200,00	3,95	559,66	385,38	4,42
2044	413,73	200,39	3,93	566,60	389,04	4,35
2045	415,05	201,31	3,91	575,99	395,64	4,22

EK-F Badem, Ceviz, Kayısı ve Kirazın Yıllara Göre Öngörülen Üretim Miktarının Atık Miktarı

Yıllar	V badem (ton/saat)	V ceviz (ton/saat)	V kayısı (ton/saat)	V kiraz (ton/saat)
2023	6,20	6,74	16,48	17,35
2024	6,04	6,57	15,92	18,06
2025	6,21	6,72	16,38	18,86
2026	6,35	6,84	16,77	19,53
2027	6,49	6,97	17,17	20,23
2028	6,64	7,10	17,58	20,95
2029	6,80	7,23	17,99	21,70
2030	7,01	7,41	18,59	22,77
2031	7,14	7,52	18,94	23,42
2032	7,27	7,63	19,30	24,10
2033	7,41	7,74	19,66	24,79
2034	7,54	7,85	20,03	25,50
2035	7,75	8,02	20,61	26,59
2036	7,86	8,11	20,90	27,18
2037	7,97	8,20	21,21	27,79
2038	8,08	8,29	21,52	28,41
2039	8,20	8,39	21,83	29,05
2040	8,38	8,53	22,33	30,05
2041	8,47	8,60	22,57	30,56
2042	8,56	8,68	22,81	31,07
2043	8,65	8,75	23,06	31,60
2044	8,74	8,82	23,31	32,13
2045	8,89	8,95	23,74	33,03

EK-G Buğday, Arpa, Çavdar, Mısır, Ayçiçeği ve Tütünün Yıllara Göre Öngörülen Üretim Miktarının Atık Miktarı Kullanılarak Direkt Yakma Sonucu Elde Edilen Elektrik Enerjisi

Yıllar	Q buğday (MW)	Q arpa (MW)	Q çavdar (MW)	Q mısır (MW)	Q ayçiçeği (MW)	Q tütün (MW)
2023	2.476,25	990,65	22,02	1.415,20	1.203,87	34,88
2024	1.921,63	885,02	21,84	2.057,85	1.078,56	36,46
2025	1.935,40	892,25	21,62	2.105,01	1.108,41	34,76
2026	1.945,16	897,85	21,45	2.146,77	1.132,98	33,44
2027	1.954,97	903,49	21,28	2.189,30	1.158,08	32,18
2028	1.964,86	909,18	21,11	2.232,65	1.183,76	30,95
2029	1.974,82	914,90	20,94	2.276,80	1.209,99	29,78
2030	1.991,98	923,56	20,70	2.333,55	1.248,09	28,22
2031	1.998,40	927,87	20,57	2.373,40	1.269,79	27,36
2032	2.004,85	932,19	20,44	2.413,84	1.291,83	26,54
2033	2.011,36	936,54	20,30	2.454,97	1.314,30	25,73
2034	2.017,91	940,92	20,17	2.496,75	1.337,17	24,95
2035	2.032,01	948,39	19,98	2.552,48	1.373,22	23,82
2036	2.035,28	951,44	19,88	2.589,76	1.391,25	23,26
2037	2.038,61	954,51	19,78	2.627,56	1.409,56	22,71
2038	2.041,95	957,60	19,68	2.665,87	1.428,12	22,18
2039	2.045,32	960,69	19,58	2.704,69	1.446,91	21,66
2040	2.055,22	966,49	19,42	2.756,33	1.477,77	20,86
2041	2.055,67	968,39	19,35	2.790,65	1.491,74	20,50
2042	2.056,14	970,29	19,27	2.825,36	1.505,86	20,14
2043	2.056,64	972,20	19,20	2.860,46	1.520,12	19,79
2044	2.057,16	974,13	19,12	2.895,96	1.534,53	19,44
2045	2.063,73	978,57	19,00	2.943,97	1.560,59	18,86

EK-H Badem, Ceviz, Kayısı ve Kirazın Yıllara Göre Öngörülen Üretim Miktarının Atık Miktarı Kullanılarak Direkt Yakma Sonucu Elde Edilen Elektrik Enerjisi

Yıllar	Q badem (MW)	Q ceviz (MW)	Q kayısı (MW)	Q kiraz (MW)
2023	31,70	35,59	86,97	91,56
2024	30,85	34,70	84,01	95,33
2025	31,72	35,48	86,47	99,52
2026	32,45	36,13	88,52	103,07
2027	33,19	36,78	90,62	106,76
2028	33,96	37,45	92,77	110,57
2029	34,73	38,14	94,97	114,52
2030	35,85	39,11	98,12	120,19
2031	36,50	39,67	99,97	123,63
2032	37,17	40,25	101,85	127,17
2033	37,85	40,83	103,77	130,81
2034	38,54	41,43	105,73	134,56
2035	39,61	42,33	108,75	140,31
2036	40,17	42,81	110,33	143,45
2037	40,74	43,29	111,93	146,67
2038	41,31	43,77	113,56	149,95
2039	41,90	44,26	115,21	153,31
2040	42,83	45,04	117,84	158,58
2041	43,28	45,41	119,11	161,26
2042	43,74	45,79	120,40	164,00
2043	44,20	46,17	121,70	166,78
2044	44,66	46,56	123,01	169,60
2045	45,46	47,22	125,27	174,34

EK-I Buğday, Arpa, Çavdar, Mısır, Ayçiçeği ve Tütünün Yıllara Göre Öngörülen Üretim Miktarının Atık Miktarı Kullanılarak Biyogaz Üretimi Sonucu Elde Edilen Elektrik Enerjisi

Yıllar	Eme Buğday (MW)	Eme Arpa (MW)	Eme Çavdar (MW)	Eme Mısır (MW)	Eme Ayçiçeği (MW)	Eme Tütün (MW)
2023	90,36	41,03	0,45	149,79	170,88	2,29
2024	70,12	36,66	0,44	217,81	153,09	2,39
2025	70,62	36,96	0,44	222,80	157,33	2,28
2026	70,98	37,19	0,43	227,22	160,81	2,20
2027	71,34	37,42	0,43	231,72	164,38	2,11
2028	71,70	37,66	0,43	236,31	168,02	2,03
2029	72,06	37,89	0,42	240,98	171,75	1,96
2030	72,69	38,25	0,42	246,99	177,15	1,85
2031	72,92	38,43	0,42	251,20	180,23	1,80
2032	73,16	38,61	0,41	255,49	183,36	1,74
2033	73,40	38,79	0,41	259,84	186,55	1,69
2034	73,64	38,97	0,41	264,26	189,80	1,64
2035	74,15	39,28	0,40	270,16	194,91	1,56
2036	74,27	39,41	0,40	274,10	197,47	1,53
2037	74,39	39,54	0,40	278,11	200,07	1,49
2038	74,51	39,66	0,40	282,16	202,71	1,46
2039	74,64	39,79	0,40	286,27	205,37	1,42
2040	75,00	40,03	0,39	291,73	209,75	1,37
2041	75,01	40,11	0,39	295,37	211,74	1,35
2042	75,03	40,19	0,39	299,04	213,74	1,32
2043	75,05	40,27	0,39	302,76	215,77	1,30
2044	75,07	40,35	0,39	306,51	217,81	1,28
2045	75,31	40,53	0,38	311,59	221,51	1,24

EK-J Badem, Ceviz, Kayısı ve Kirazın Yıllara Göre Öngörülen Üretim Miktarının Atık Miktarı Kullanılarak Biyogaz Üretimi Sonucu Elde Edilen Elektrik Enerjisi

Yıllar	Eme Badem (MW)	Eme Ceviz (MW)	Eme Kayısı (MW)	Eme Kiraz (MW)
2023	0,97	0,79	3,43	2,60
2024	0,95	0,77	3,31	2,70
2025	0,97	0,79	3,41	2,82
2026	1,00	0,80	3,49	2,92
2027	1,02	0,82	3,57	3,03
2028	1,04	0,83	3,65	3,13
2029	1,07	0,85	3,74	3,25
2030	1,10	0,87	3,87	3,41
2031	1,12	0,88	3,94	3,50
2032	1,14	0,89	4,01	3,60
2033	1,16	0,91	4,09	3,71
2034	1,18	0,92	4,16	3,81
2035	1,22	0,94	4,28	3,98
2036	1,23	0,95	4,35	4,07
2037	1,25	0,96	4,41	4,16
2038	1,27	0,97	4,47	4,25
2039	1,29	0,98	4,54	4,35
2040	1,31	1,00	4,64	4,49
2041	1,33	1,01	4,69	4,57
2042	1,34	1,02	4,74	4,65
2043	1,36	1,02	4,79	4,73
2044	1,37	1,03	4,85	4,81
2045	1,39	1,05	4,93	4,94

ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul’da tamamladı. 2015 yılında girdiği Yalova Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümünden 2021 yılında mezun oldu. 2021 yılından beri Yalova Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans yapmaktadır. İş hayatına Ar&Ge mühendisi olarak GNS Elektromekanik’te başlamıştır. 2022 yılından beri Pronet Güvenlik şirketinde Ürün ve Proje Yöneticisi olarak çalışmaya devam etmektedir.

TEZDEN TÜRETİLEN YAYIN VE ESERLER

Adıgüzel Enes, Bayrakdar Ateş Ezgi, “Forecasting Of Electricity Production From Biomass Through Combustion By Using Linear Regression In Jamovi”, *12th Global Conference on Global Warming (GCGW-2024)*, 16-19 Mayıs 2024, Şanlıurfa, Türkiye (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum), 2024.

DİĞER YAYIN VE ESERLER

Ü. Ünver, E. Adıgüzel, E. Adıgüzel, S. Çivi, & K. Roshanaei, “Türkiye’deki İklim Bölgelerine Göre Binalarda Isı Yalıtım Uygulamaları”, *İleri Mühendislik Çalışmaları Ve Teknolojileri Dergisi*, 1(2), 171-187., 2020.