

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PAMUK SAPLARI-ATIK HAYVANSAL YAĞ KARIŞIMLARINDAN
ELDE EDİLEN BRİKETLERİN YANMA PERFORMANSININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Burhan SEVEN

(091120103)

Anabilim Dalı: Makine Mühendisliği

Programı: Enerji

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Halit Lütfi YÜCEL

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 17 Şubat 2014

ŞUBAT-2014

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PAMUK SAPLARI-ATIK HAYVANSAL YAĞ KARIŞIMLARINDAN
ELDE EDİLEN BRİKETLERİN YANMA PERFORMANSININ İCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Burhan SEVEN

(091120103)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 17 Şubat 2014

Tezin Savunulduğu Tarih : 07 Mart 2014

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Halit Lütfi YÜCEL(F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri:

Prof.Dr. Cengiz YILDIZ(F.Ü)

Doç.Dr. Figen Balo(F.Ü)

ÖNSÖZ

Dünyanın yıllık enerji ihtiyacı nüfus artış hızına ve gelişmekte olan ülkelerin ekonomik büyümesine paralel olarak hızla artmaktadır. Bununla birlikte fosil enerji rezervlerinin sınırlı ve yakın bir gelecekte tükenecek olması, alternatif enerji kaynaklarının değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Yenilenemeyen fosil yakıtların hızla azalması, yüksek petrol fiyatları ve bu yakıtların çevreye verdikleri kalıcı zararlar insanları çevre dostu alternatif enerji kaynaklarına yönlendirmiştir. Özellikle Türkiye gibi petrol ithalatçısı ülkelerin alternatif enerji kaynaklarını değerlendirmesi bir zorunluluk haline gelmiştir. Alternatif enerji üretim metotları arasında biokütle ile tarımsal ve orman atıklardan enerji üretimi sayılabilir. Türkiye'nin coğrafi konumu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitliliği büyük avantajlar sağlamaktadır. Biokütle olarak bütün organik malzemeler, tarımsal üretimden artanlar (pamuk, mısır, ayçiçeği sapsarı vb), orman endüstrisinden açığa çıkan ağaç atıkları ve bütün ağaç bölümleri, bütün katı organik şehir atıkları ve endüstriyel atıklar olarak ifade edilebilir. Ülkemizin potansiyel biokütlesi, diğer biyoenerji teknolojilerine göre daha pratik ve uygulanabilir olması nedeniyle briket (yoğunlaştırılmış katı yakıt) yapımında değerlendirilebilir. Bu çalışmada ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen pamuk bitkisi sapsarının briket haline getirilmesi amaçlanmıştır. Pamuk sapsarı briket haline getirilirken katkı maddesi olarak atık hayvansal iç yağlardan istifade edilmiştir. Elde edilen briketler yakılarak yanma performansları, ısı değerleri ve yanma sonucunda açığa çıkan baca gazlarının analizleri yapılmıştır.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmamın seçiminden, araştırmanın yürütülmesi ve tamamlanmasına kadar geçen sürede her türlü desteğini gördüğüm ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Halit Lütfi YÜCEL'e deneysel çalışmalarımda bana yardımcı olan Diyarbakır Çevre Laboratuvarı çalışanlarına ayrıca Batman Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Kimya Programı Laboratuvarı çalışanlarına, Dicle Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi çalışanlarına teşekkür ederim.

Burhan SEVEN

ELAZIĞ-2014

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÖZET.....	VI
SUMMARY.....	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ	VIII
TABLolar LİSTESİ	X
KISALTMAR LİSTESİ	XI
1. GİRİŞ	1
1.1.Literatür	2
1.2. Genel Bilgiler	5
1.2.1. Biokütle	5
1.2.2. Biokütle Enerjisi.....	6
1.2.2.1. Bitkisel Kaynaklar.....	7
1.2.2.1.1. Enerji Ormanları.....	8
1.2.2.1.2. Enerji Tarımı - Yüksek Verimli Enerji Bitkileri.....	9
1.2.2.1.3. C4 Bitkilerinin Genel Özellikleri.....	10
1.2.3. Hayvansal Atıklar.....	11
1.2.4. Şehir ve Endüstri Atıkları.....	11
1.2.5. Biokütle Enerjisinin Avantajları.....	12
1.2.6. Biokütlenin Enerji Kaynağı Olarak Avantajları.....	13
1.2.7. Türkiye'nin Yıllık Biokütle Üretim Ve Enerji Değerleri.....	13
1.2.8.Türkiye'nin Tarımsal Atık Potansiyeli.....	15
1.2.9. Biokütle Oluşumu Ve Yakıt Olarak Kullanımı.....	17
1.3. Hava Kirliliği.....	19
1.3.1. Hava Kirliliğinin Kaynakları.....	19
1.3.1.1. Doğal Hava Kirletici Kaynaklar.....	19
1.3.1.2. Antropojenik Hava Kirletici Kaynaklar.....	20
1.3.1.2.1. Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliği.....	20
1.3.1.2.2. Ulaşım, Taşıt Trafikinden Kaynaklanan Hava Kirliliği.....	21
1.3.1.2.3. Sanayi Faaliyetlerinden Kaynaklanan Hava Kirliliği.....	22
1.3.2. Hava Kirleticiler.....	23

1.3.2.1. Partikül Madde.....	23
1.3.2.2. Karbon monoksit (CO).....	24
1.3.2.3. Kükürt dioksit (SO₂).....	24
1.3.2.4. Ozon (O₃).....	25
1.3.2.5. Azot oksitler (NO_x).....	25
1.3.2.6. Uçucu Organik Bileşikler (VOC).....	26
1.3.3. Hava Kirliliği ve Sınır Değerler.....	26
1.4. Biyokütle Briketleme Ve Peletleme Teknolojisi.....	27
1.4.1.Briketleme Makinaları.....	29
1.4.1.1.Piston Presli Briketleme Makineleri.....	29
1.4.1.2. Vidalı Briketleme Makinaları.....	31
1.4.1.3. Peletleme Makinaları.....	32
2. MATERYAL ve METOD.....	34
2.1. Materyal.....	34
2.1.1. İç yağı.....	34
2.1.2. Pamuk.....	36
2.1.3. Deneysel Çalışma.....	37
2.1.3.1. Deneysel Çalışma Amacıyla Üretilen Malzemeler.....	39
2.1.3.2. Deneysel Çalışmada Kullanılan Aletler	40
2.1.3.3.Briket üretimi.....	40
3. BULGULAR.....	43
3.1. Briketlerin Kalori Değerlerinin Tespiti.....	43
3.2. Briket Malzemesinin Elementel Analizi.....	44
3.3. Briketlerin Yakılması ve Baca Gazı Emisyonlarının Belirlenmesi.....	46
4. SONUÇLAR	50
5. ÖNERİLER.....	52
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Bu çalışmada Türkiye’ de ve özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde yaygın olarak yetiştirilen pamuk bitkisinin sap ve kozalarının briket haline getirilerek, değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde 100 bin ton/yıl pamuk ve çırçır atığının ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Bu atıkların yıllık yaklaşık 1591 GJ enerji potansiyelinin olduğu belirlenmiştir. Pamuk sapsarı tarladan toplandıktan sonra parçalama, inceltme, öğütme ve kurutma işlemlerine tabi tutularak briket yapımına elverişli hale getirilmiştir. Birleştirici malzeme olarak atık hayvansal iç yağlar kullanılmıştır. Pamuk sapsarı ve hayvansal iç yağı değişik yüzdeler (% 0-25) oranlarda karıştırılarak, soğuk pres altında briketleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Pamuk sapsarı ve hayvansal iç yağların elementel analizleri yapılmıştır. Briketleme işlemi için, gerekli minimum basınç 90MPa olarak tespit edilmiştir. Briketlerin ısı değerlerinin (3847-5295) cal/gr aralığında olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen briketler yakılarak baca gazı emisyonları ölçülmüştür. İç yağ oranı % 0-15 aralığında olan briketlerin baca gazı emisyonlarının sınır değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Pamuk sapsarı, hayvansal iç yağ, briketleme, elementel analiz, baca gaz emisyonu.

SUMMARY

The examination of burning performance of the briquettes Obtained from mixtures of cotton stalks and animal suet

In this study, that the turning of stalks and bolls of the cotton plant, widely grown in Turkey and especially in Southeastern Anatolia, into briquettes is aimed to evaluate. It has been appeared in the study that 1×10^5 tons / year of cotton and cotton gin wastes occur in Southeastern Anatolia region. The annual energy potential of there wastes is determined as 1591 GJ. After harvested from the field, cotton stalks were streamlined to making briquettes by subjected to shredding, thinning, grinding and drying process. Domestic animal fat wastes were used as bonding material. Briquetting process was carried out under cold press by mixed cotton stalks with animal suet in various (0-25) percentages. Elemental analysis of cotton stalks and animal suet were made. For briquetting operation, the minimum required pressure was determined as 90Mpa. Briquettes thermal values was found to be in the range (3847-5295) cal/gr. Exhaust gas emissions were measured by burning the obtained briquettes. It has been found that the exhaust gas emissions of the briquettes with (0-15) animal suet ratio are below the limit values.

Key Words: cotton stalks, animal suet, briquetting, elemental analysis, fule gas emission.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Doğal Biokütle Çevrimi.....	6
Şekil 1.2 Biokütle Çevirimi.....	8
Şekil 1.3 Enerji Ormanları.....	9
Şekil 1.4 Enerji Bitkileri.....	10
Şekil 1.5 C4 bitkileri-(Mısır).....	10
Şekil 1.6 Yıllık Tarımsal Ürün Atıkları.....	16
Şekil 1.7 Çok Yıllık Tarımsal Ürün Atıkları.....	16
Şekil 1.8 Tarıma dayalı endüstri atıkları.....	16
Şekil 1.9 Biokütle oluşum, dönüşüm ve tüketim süreçleri.....	19
Şekil 1.10 Piston Presli Briketleme Makinasının Şematik Görüntüsü.....	30
Şekil 1.11 Mekanik (a) ve Hidrolik (b) Piston Presli Briketleme Makinası.....	30
Şekil 1.12 Vidalı Briketleme Makinası ve Teknolojisi.....	32
Şekil 1.13 Düz Kalıplı (a) ve Çember Kalıplı (b) Peletleme Teknolojisi.....	33
Şekil 2.1 Katı Yağların Kimyasal gösterilişleri.....	35
Şekil.2.2 Türkiye'd e Pamuk Ekim Alanlarının Bölgelere Göre Dağılımı.....	36
Şekil.2.3 Türkiye'de Pamuk Üretimi Yapan Başlıca iller ve Kütlü Pamuk Üretim Miktarları	37
Şekil 2.4Tarlardan Toplanan Pamuk Sapları.....	37
Şekil 2.5 Parçalama, İnceltme işlemine tabi tutulmuş pamuk sapları.....	38
Şekil 2.6. Hayvansal iç yağı	38
Şekil 2.7 Pres Aparatı.....	39
Şekil 2.8 Deney Kalıpları.....	39
Şekil 2.9 Hasas Tartı Aleti.....	40
Şekil 2.10 15 tonluk hidrolik kriko.....	40
Şekil 2.11 Briket malzemesinin kalıplara doldurulması.....	41
Şekil 2.12 Briket malzemesinin kalıpta preslenmesi.....	42
Şekil 2.13 Üç farklı Kalıpta Üretilen Briketler.....	42
Şekil 2.14 İstenilen nitelikteki briketler.....	40
Şekil 3.1 IKA C5000-5003 Kalori Ölçüm Cihazı.....	43
Şekil 3.2 Costech Elementel analiz cihazı.....	44

Şekil 3.3 Hesaplanmış Üst Isıl Değerler İle Ölçülmüş Değerlerin Kıyaslanması.....	46
Şekil 3.4 Deneysel çalışmanın yapıldığı ev tipi soba.....	47
Şekil 3.5 Briketlerde Yağ Oranına Bağlı Olarak Baca Gazında Oluşan CO ve NOx Değişimi	48
Şekil 3.6 Madur GA-21 Baca Gazı Ölçüm Cihazı.....	48
Şekil 3.7 Briketlerin Yağ Oranına Bağlı Olarak Baca Kayıp ve Verim Grafiği.....	49

TABLolar LİSTESİ

Tablo1.1 Belediye Çöplerinin Bileşenleri.....	12
Tablo1.2 Türkiye'nin Yıllık Ana Biokütle Üretim ve Enerji Değeri.....	13
Tablo1.3 Türkiye'nin yıllık Biokütle üretim ve enerji değerleri.....	14
Tablo 1.4 Türkiye'nin tarımsal artık potansiyeli.....	14
Tablo 1.5 Türkiye'nin 1984-2010 yılları arasındaki enerji ihtiyacı (gigagram).....	15
Tablo 1.6 Türkiye'deki klasik ve planlı Biokütle miktarları (milyon ton).....	15
Tablo 1.7 Türkiye'deki Toplam Tarla Ürünleri Üretimi ve Atık Miktarları.....	17
Tablo 1.8 Türkiye'deki Toplam Bahçe Bitkileri Üretimi ve Atık Miktarları.....	18
Tablo 1.9 Türkiye'de Toplam Hayvan Sayısı, Biyogaz Miktarı ve Isıl Değeri.....	19
Tablo 1.10 Atmosferdeki bileşenlerin temiz ve kirli havadaki miktarları.....	27
Tablo 2.1 Türkiyede yıllara göre büyükbaş hayvan sayısı.....	35
Tablo 2.2 Diyarbakır, Batman, Mardin, Ş.Urfa illerine ait Büyük Baş hayvan Sayıları	36
Tablo 2.3. I. II. III. Numaralı Kalıplara Uygulanan Basınç Değeri.....	41
Tablo 3.1. Briketlerin (cal/gr) Olarak Ölçülen Değeri.....	44
Tablo 3.2 Pamuk saplarının elementel analizi.....	45
Tablo 3.3 Hayvansal iç yağının elementel analizi.....	45
Tablo 3.4 Hesaplanmış üst ısıl değerler ile ölçülmüş değerlerin kıyaslanması.....	46
Tablo 3.5 Atıkların Ölçülen En Yüksek Baca Gazı Emisyon Değeri.....	47
Tablo 3.6. Briketlerin Baca Gazı Emisyonları ve İKHKKY Sınır Değeri.....	49
Tablo 3.7 Briketlerin yanma verimi ve hava fazlalık katsayısı değeri.....	49

KISALTMALAR LİSTESİ

PJ	: Petajoule (10^{15} joule)
Tep	:Ton eşdeğer petrol
Btep	:Bin ton eşdeğer petrol
AYY	:Akışkan Yataklı Yakma
VOC	:Uçucu Organik Bileşikler
μm	:Mikrometre
Ppm	: Parts per million(toplam madde miktarının milyonda 1 birimlik miktarı)
Ash	:Kül Miktarı
HHV	: Üst Isıl Değer
IKHKKY	:Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği

1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında enerji kavramı ve sorunları büyük ölçüde gündeme oturmuştur. Bugün ise petrolün yakın gelecekte tükenmesi sorunu söz konusudur. Büyüme, gelişme, rekabet ve hızlı nüfus artışı enerji tüketimini artırmış ve yaygın fosil kaynakların kullanımıyla çevre sorunları da büyümüştür. Günümüzde çevre kirliliği de ekonomik maliyetler açısından değerlendirilmeye başlanmıştır Bu nedenle hem ekonomik hem de çevre dostu olması açısından alternatif enerji kaynakları üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır.

Alternatif enerji kaynaklarından faydalanmanın bir yolu da ülkemizde yaygın olarak bulunan biokütle kaynaklarından faydalanmaktan geçmektedir. Bütün fosil yakıt dışı organik malzemeler, tarımsal üretimden artanlar (pamuk, buğday, mısır, sorgum, ayçiçek sapları vb.) orman endüstrisinden açığa çıkan ağaç atıkları ve bütün ağaç bölümleri, bütün katı organik şehir atıkları ve endüstriyel atıklar biokütle olarak, olarak ifade edilebilir [1]. Biokütlenin enerji üretimi için geniş çapta kullanımı ile CO₂ ve SO₂ emisyonlarının azalacağı, gerek küresel ısınma gerekse asit yağmurlarını önlemek için büyük önem taşıyacağı yapılan çalışmalarda belirtilmektedir Ülkemizin potansiyel biokütlesi diğer biyoenerji teknolojilerine göre daha pratik ve uygulanabilir olması nedeniyle briket (yoğunlaştırılmış katı yakıt) yapımında değerlendirilebilir [1]. Türkiye'nin tarımsal atık potansiyelinin 50 milyon ton civarında olduğu tahmin edilmektedir. Bunun enerji eşdeğeri karşılığının yaklaşık 15 milyon ton civarında olduğu düşünülmektedir [2]. Yapılan çalışmada ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen üretim miktarı yaklaşık 2.9 milyon ton, enerji karşılığı yaklaşık 0.9 milyon ton civarında olan pamuk sap ve kozalarından faydalanılmıştır [2].

Pamuk sap ve artıkları ülkemizde özellikle kırsalda yakıt olarak kullanılmakta ancak endüstriyel anlamda değerlendirilmemektedir. Tarımsal atıklar briket haline getirilerek depolama ve taşıma maliyetlerinin ortadan kaldırılması amaçlanmaktadır. Elde edilen briketlerin yakıt olarak yakılması sonucunda atmosfere daha az CO₂ salan, fosil yakıtlara alternatif, çevreyi daha az kirlüten, yenilenebilir bir enerji kaynağı elde edilecektir. Sürdürülebilir anlamda üretildiğinde Biokütle, bitki büyümesi sürecinde alınan miktarda karbonla hemen hemen aynı miktarda karbonu dışarı verir. Bu nedenle Biokütlenin kullanımı, atmosferdeki CO₂'nin birikimine katkıda bulunmaz [3].

1.1. Literatür

Karaca (2009), tarafından Çukurova Bölgesi tarıma dayalı sanayi atıklarının enerjiye dönüştürülmesi amacıyla yapılan doktora çalışmasında; ilk olarak bölgede büyük potansiyel oluşturan atıkların konik helezonlu briketleme makinası kullanılarak briketlenmesi yapılmış, daha sonra elde edilen briketlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri ve direk yakma yöntemi kullanılarak zorlanmış hava girişli kalorifer kazanında yakılarak yanma sonucu oluşan baca gazı emisyonları ve yanma verimleri belirlenmiştir[4]. Atıkların enerji üretimi amacıyla değerlendirilebilmesi için Biokütle yakan birleşik ısı ve güç santralinde yakıt olarak kullanılıp elektrik ve ısı enerjisi elde edilecek bir yatırım önerilmiştir. Önerilen bu yatırıma ait ekonomik analizler yapılarak enerji maliyetleri, ekonomik etkinlik ölçüleri ve duyarlılık analizleri belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenmiştir.

- Çukurova Bölgesinde tarıma dayalı sanayi işletmelerinde ortaya çıkan yaklaşık 138 bin ton/yıl atık potansiyeli olduğu belirlenmiştir. Bunun içinde en büyük payı 50 bin ton/yıl ile pamuk çırçır atığı (şif) alırken, 33 bin ton/yıl ile ayçiçeği küspesi, 32bin ton/yıl ile zeytinyağı işleme atığı (prina), 22,5 bin ton/yıl ile fıstık kabuğu ve 400 ton/yıl ile defne yaprağı izlemektedir.
- Çukurova Bölgesindeki incelenen bu atıkların yıllık yaklaşık 2,66 PJ enerji potansiyelinin olduğu belirlenmiştir. Bu da yaklaşık 63,6 Btep enerji potansiyeline karşılık gelmektedir.
- Çalışmada kullanılan konik helezon tip briketleme makinasının atık materyalleri briketleme kapasitesi, ayçiçeği küspesinde 288 kg/h, pamuk çırçır atığında 81 kg/h, yerfıstığı kabuğunda 101 kg/h, defne yaprağında 120 kg/h ve prinada 1125 kg/h olarak belirlenmiştir.
 - Atık materyallerinin briketlenmesi için en uygun nem içeriğinin %8-12 arasında olması gerektiği çalışma sonucunda belirlenmiştir.
 - Materyallerin alt ısı değerlerinin 16,38-19,68 MJ/kg arasında, üst ısı değerlerinin ise 17,66-20,69 MJ/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. En düşük ısı değeri, pamuk çırçır atığı (şif) gösterirken en yüksek ısı değeri ise prina göstermiştir.
- Yanma sonucunda ölçülen baca gazı emisyon değerleri ile odunun baca gazı emisyon değerleriyle karşılaştırıldığında daha düşük olduğu belirlenmiştir.
 - En düşük baca gazı emisyon değerleri defne yaprağı ve prinada ölçülmüştür. Bu iki brikette NO_x ve SO₂ emisyonlarının neredeyse hiç olmadığı görülmüştür [4].

Kürklü ve Bilgin (2005), pamuk ve susam bitki saplarının katı yakıt olarak kullanılması için briketlenmesi ve briketlerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmışlardır. Çalışmalarında bitki saplarının briketlenmesi için 15 kW gücünde konik helezon tip briketleme makinesi kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan pamuk ve susam bitki saplarının nem içerikleri sırası ile % 8.83 ve % 9,55' dir. Elde edilen briketlerin yoğunluğu, kırılma direnci, düşme-dayanıklılık direnci, su alma direnci, nem içeriği ve eşdeğer nem içeriği (hava nemi direnci) belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada, briketleme makinesinin kapasitesi belirlenmiş ve enerji tüketim değerleri ölçülmüştür. Briketleme işlemi süresince ortalama 57 mm çapında 25 mm merkez delikli silindirik briketler elde edilmiştir. Fiziksel testler sonunda briketlerin yüksek kırılma, düşme-dayanıklılık ve su alma direnci ve eşdeğer nem içeriğinden dolayı oldukça sağlam yapıda oldukları belirlenmiştir. Briketleme makinesinin ortalama briket üretim kapasitesi ve elektrik enerjisi tüketimi pamuk ve susam sapları için sırasıyla 73 kg/h ve 8.25 kwh, 60kg/h ve 7.38 kwh olarak bulunmuştur. Pamuk ve susam sapı briketlerinin yoğunlukları birbirine yakın ve oldukça yüksek değerlerde bulunmuştur [5].

Dahiloğlu (2008), yaptığı yüksek lisans çalışmasında ülkemizdeki farklı termik santrallerde (Tunçbilek, Afsin Elbistan, Sivas-Kangal, Orhaneli Yatağan, Soma, Kemerköy, Çan) kullanılan farklı özelliklere sahip linyit kömürlerini Biokütle ile karıştırıp briketlenmesi açısından incelemiş ve Afşin Elbistan linyitini seçmiştir. Afşin Elbistan linyiti ve Biokütle numuneleri (findık kabuğu, yağsız pirina ve ayçiçeği ile pirinç kabuğu) farklı çalışma şartlarında standartlara uygun ve sağlam briketler üretmek amacıyla (bağlayıcı ilaveli ve ilavesiz) briketlenmiştir. Bağlayıcı olarak farklı oranlarda melas, linobind ve sülfat likörü kullanılmıştır. Briket numunelerinin suya dayanım, kırılma ve düşme sağlamlık testleri gerçekleştirilmiştir. En uygun briketleme basıncının 60t, Biokütle oranının % 5 olduğu saptanmıştır. Bağlayıcı olarak melas ve sülfat likörü kullanımının, briketlerin suya dayanıklılıklarını artırdığı görülmüştür. Bağlayıcı kullanımının üretilen briket numunelerinin düşme ve kırılma sağlamlıklarına ise olumlu bir etkisi olmadığını saptamıştır [6].

Ünal ve Alibaş (2002), yapmış oldukları çalışmada, Türkiye'de önemli üretim potansiyeline sahip buğday ve ayçiçeği saplarının yakılması yoluyla elde edilen enerjinin maliyeti üzerinde durmuşlardır. Saplar, bir katı yakıt kazanında iki değişik forma dönüştürülerek yakılmıştır. Buğday sapları, sap balyası dilimleri (I.form) ve gevşek saman (II.form); ayçiçeği sapları da tarla hasat artığı (I.form) ve parçalanmış halde gevşek (II.form)

olarak yakılmıştır. Buğday ve ayçiçeği saplarının işletmenin kendi ürünü olması ve buğday sapının dışarıdan satın alınması durumları dikkate alınarak, kömür ve fuel-oil yakıtlarıyla enerji maliyetleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çalışmaya göre, yıllık ısı kaybı $1,27 \times 10^8$ kJ olan işletme binasının, buğday ve ayçiçeği sapları ile ısıtılması için kazan verimi dikkate alındığında yaklaşık $5,15 \times 10^8$ kJ/yıl'lık ısıya ihtiyaç olduğu belirlenmiştir. Bu ısının karşılanması için en düşük yakıt maliyeti ortalama 648.000.000 TL/yıl ile işletmenin kendi ürünü olan buğday ve ayçiçeği saplarının II. formlarında çıkmıştır. Buğday sapının dışarıdan satın alınması maliyeti yaklaşık 2,5 kat artırmıştır. Sapların I. formlarda yakılması ise, yıllık yakıt maliyetini II. forma göre 182.000.000 TL arttırmıştır. Isının Soma kömürü ile karşılanması durumunda yakıt maliyeti, sapların her iki formunun ortalamasına göre en az 5 kat, fuel-oil ile karşılanmasında ise en az 7 kat artırdığı belirlenmiştir [7].

Fidan , Bozali , Ertai , Alma ve Bölek (2008), yapmış oldukları makale çalışmasına göre; öncelikle kurtulmak istenilen ve atık olarak bakılan veya basit şekilde değerlendirilen tarımsal atıklar değerli bir pazar ürününe dönüşecek, bu ise çiftçilere ve kırsal kesimde yaşayanlara yeni bir gelir kaynağı oluşturacaktır. Kırsal kesimlerde ve şehirlerde; toplama, depolama ve paketlenme işlemleri yanında briket fabrikaları da kurulacak, böylece bölgede yaşayanlara yeni istihdam oluşturulabilecektir. Bu çalışmada, ülkemizin enerji problemi ve alternatif yakıt kaynağı olarak Biokütleden briket üretimi konusu hakkında derlenen bilgiler sunulmuştur [1].

Turan (2009), yapmış olduğu Yüksek Lisans çalışmasında; düşük kaliteli kömürler ile Biokütlenin birlikte oksijen ortamında yakılması CO₂ gazının salınımının azaltılması ve kalitesiz kömürler ile Biokütlenin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada, düşük kaliteli linyit kömürü olan Soma Deniz linyit kömürüne dört farklı Biokütle türü (findık kabuğu, ay çekirdeği kabuğu, zeytin küspesi (pirina) ve pirinç kabuğu) değişik oranlarda katılmıştır. Kömür ve Biokütle numunelerinin kuru hava ve oksijen ortamlarındaki ayrı ayrı ve birlikte yakılması ile termal analizi gerçekleştirilmiş ve yanma özellikleri incelenmiştir [8].

Çubuk , Gülen ve Tepecik (2008), yapmış oldukları çalışmada düşük kaliteli yerli linyitleri kullanmışlardır bilindiği üzere bu kömürlerin, kükürt oranları oldukça yüksektir. Bu tip kömürlerden optimum şekilde yararlanmanın yolu akışkan yataklı yakma (Ayy) sistemlerinin kullanılmasıdır. Öte yandan, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı insanoğlunun gezegene verdiği istenmeyen etkiler nedeniyle gittikçe gerekli olmaya başlamıştır. Biokütle enerjisi dünyada yaygın olarak kullanılan en bilinen yenilenebilir enerji formudur. Çevre ile dost olan bu yakıt gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde gittikçe daha

çok kullanılmaktadır. Bu çalışmada, enerji bitkisi olarak C4 tipi yıllık tropik bir bitki olarak bilinen Tatlı-Sorgum seçilmiş, % 90 Orhaneli linyiti ve % 10 Tatlı-Sorgum karışımı akışkan yatakta yakılmıştır. Sıcaklık dağılımı için bir matematik model geliştirilmiş ve elde edilen sonuçlar deneysel çalışmalar ile karşılaştırılmıştır [9].

Demirbaş ve Şahin (1998), yaptıkları çalışmada atık kağıt ve buğday samanı veya bunların karışımları briketlenmiş ve briketleme basıncının, yoğunluk, nem içeriği, burulma ve sıkıştırma dirençlerine etkisi belirlenmiştir. Briketleme 300, 400, 500, 600, 700 ve 800 MPa olmak üzere altı farklı basınçta gerçekleştirilmiştir. Kağıt atığı için optimum nem içeriği ve sıkıştırma direnci sırasıyla %18 ve 38,2 MPa, buğday samanı için %22 ve 22,4 MPa ve %20 kağıt atığı içeren karışım için ise %18 ve %32 olarak belirlenmiştir. Çalışmada buğday samanının briket yoğunluğuna sıcaklık ve zamanın etkisi araştırılmıştır. Buğday samanı briketlenmeden önce 350-400 K arasında sıcaklıkta ısıtılmıştır. Elde edilen briketler sürtünmeye karşı direnç göstermişlerdir. Briket yoğunluğu nem ve uygulama süresi artışıyla artmıştır [10].

Demirbaş (1999), çay atıklarını laboratuvarında hidrolik presle 5-30 dakika (300-800) MPa basınçta briketlemiştir. Briketleme basıncının briketlerin yoğunluk, nem içeriği ve sıkıştırma dirençleri üzerine etkisi test edilmiştir. Çay atığında optimum nem içeriği %15-20 ve sıkıştırma direnci 36.2-37.1 MPa olarak bulunmuştur. Ayrıca, briketleme sıcaklığı ve süresinin çay atığı briket yoğunluğuna etkisi olduğu tespit edilmiştir [11].

Altun ve Öner (2008), yapmış oldukları çalışmada hayvansal yağların viskozitelerinin transesterifikasyon, emülsiyon ve piroliz gibi yöntemler kullanılarak düşürülebileceğini ve dizel motorlarında yakıt olarak kullanılabileceğini göstermişlerdir [12].

1.2. Genel Bilgiler

1.2.1. Biokütle

Ekosistemdeki canlıların ürettiği tüm organik maddeler biokütle (biyomas) olarak adlandırılmaktadır. Biokütle düşük olan kirletici özellikleri ve yenilenebilir niteliği ile öne çıkmış organik esaslı bir yakıt türüdür. Biokütle, yeşil bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yolu ile kimyasal enerjiye dönüştürerek depolaması sonucunda meydana gelen biyolojik kütle ve buna bağlı organik madde kaynakları olarak tanımlanmaktadır.

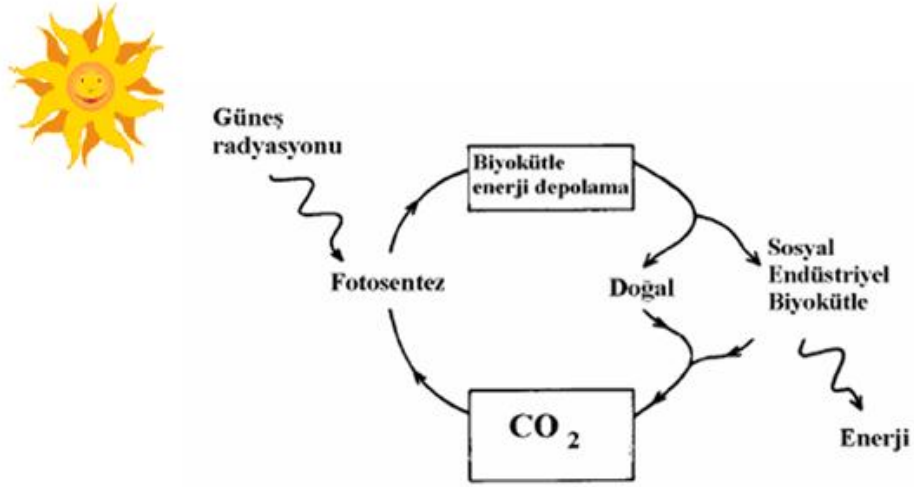
genelde güneş enerjisinin fotosentez yardımıyla depolayan bitkisel organizmalar olarak adlandırılır. Biokütle, bir türe veya çeşitli türlerden oluşan bir topluma ait yaşayan organizmaların belirli bir zamanda sahip olduğu toplam kütle olarak da tanımlanabilir. Fotosentez yoluyla enerji kaynağı olan organik maddeler sentezlenirken tüm canlıların solunumu için gerekli olan oksijeni de atmosfere verir. Üretilen organik maddelerin yakılması sonucu ortaya çıkan karbondioksit ise, daha önce bu maddelerin oluşması sırasında atmosferden alınmış olduğundan, biokütleden enerji elde edilmesi sırasında çevre, CO₂ salımı açısından korunmuş olacaktır. Bitkiler yalnız besin kaynağı değil, aynı zamanda çevre dostu tükenmez enerji kaynaklarıdır. Bitkilerin toprak altında milyonlarca yıl kalmasıyla oluşan fosil yakıtlar, aslında yukarıda tanımlanan Biokütle ile aynı özellikleri taşımalarına karşın yer altındaki sıcaklık ve basınçla değişime uğradıklarından, yakıldıklarında havaya birçok zararlı madde atarlar. Ayrıca, milyonlarca yılda oluşan bu birikimin kısa süre içinde yakılması havada ki karbondioksit dengesinin bozulmasına yol açar ve bu da küresel ısınmaya neden olur. Enerji üretiminde kullanılacak Biokütle kaynaklarını; bitkisel kaynaklar hayvansal atıklar, şehir ve endüstri atıkları şeklinde sınıflandırabiliriz [4].

1.2.2.1. Bitkisel Kaynaklar

Bitkisel kaynaklar olarak; orman ürünlerini, 5-10 yıl arasında büyüyen ağaç türlerini içeren enerji ormanlarını, bazı su otlarını, algleri ve enerji (C4) bitkilerini sayabiliriz. Enerji bitkileri olan tatlı sorgum, şeker kamışı, mısır gibi bitkiler; diğer bitkilere göre CO₂ ve suyu daha iyi kullanmakta, kuraklığa karşı daha dayanıklı olmakta ve fotosentez verimleri daha yüksek bulunmaktadır. Bu bitkilerden alkol ve değişik yakıtlar üretilmektedir. Türkiye’de; bitki artıkları, fındık ve ceviz kabuğu, prina, ayçiçeği kabuğu, pamuk çırçır atığı ve mısır atıkları gibi atıklar enerji amacıyla değerlendirilmektedir. Kuru Biokütlenin ısı değeri 15–19 MJ/kg arasında değişmektedir. Biokütleden yakma yolu ile enerji elde edilmesinde yanma verimi orta kaliteli bir kömüre eşittir. Biokütlenin çoğu kömürden daha az miktarda kül ve kükürt içermektedir.

Biokütle yetiştiriciliğinin amacı enerji ormanları ve enerji tarımı ile modern Biokütle yakıt hammaddesini elde etmektir. Ormancılık ve tarıma dayalı bu yetiştiriciliğin temelinde bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yoluyla bünyelerinde depolamaları esası yatmakta olup

hızlı fotosentezle çabuk büyüyen bitkiler üzerinde durulmaktadır. Şekil 1.2' de biokütle çevirimi verilmiştir.



Şekil 1.2. Biokütle Çevirimi

Enerji kaynakları arasında en çok bilinen ve ilk kullanılan odundur. Biokütle enerjisi olarak odun, yetişmesi uzun yıllar alan ağaçların kesilmesi ile elde edildiğinde, ormanların yok olmasına ve büyük çevre felaketlerine yol açmaktadır. Günümüzde Biokütle enerjisini klasik ve modern olarak iki sınıfta ayırmak olanaklıdır:

- Ağaç kesiminde elde edilen odun ve hayvan atıklarından oluşan tezeğin basit şekilde yakılması klasik Biokütle enerjisi,
- Enerji bitkileri, enerji ormanları, ve ağaç endüstrisi atıklarından elde edilen bio-dizel, atanol gibi çeşitli yakıtlar, tarım kesimindeki bitkisel ve hayvansal atıklar, kentsel atıklar, tarıma dayalı endüstri atıkları modern Biokütle enerjisinin kaynağı olarak tanımlanır. Modern biokütle eldesini aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz [13].

1.2.2.1.1. Enerji Ormanları

Bugün dünyada karakavak, balzam kavakları, titrek kavaklar, söğüt, okaliptus ve yarı kurak alan bitkisi olarak da cynara gibi hızlı büyüyen ağaçlar enerji amacıyla yetiştirilmektedir.



Şekil 1.3. Enerji Ormanları

Bu ağaçlar oldukça değişik iklim ve toprak koşullarında yetişebildiği gibi büyüme hızları da diğer ağaçlara göre 10-20 kat arasında değişmektedir. Günümüzde biyoteknolojik yöntemlerle enerji ağaçlarının büyüme hızları daha da artırılabilir. Bu ağaçların genelde her 5 yılda bir budanarak yeniden büyümeleri sağlanır ve hasat edilen dallar Biokütle kaynağı olarak kullanılır. Enerji ormanlarından elde edilen ortalama yıllık verim, hektardan 22 ton dolayında Biokütle olmaktadır. Enerji ağaçları ile hem var olan ormanların korunması, hem de çevre kirliliğini azaltmak olanaklıdır [13].

1.2.2.1.2. Enerji Tarımı - Yüksek Verimli Enerji Bitkileri

Son yıllarda, yüksek büyüme hızlarına sahip ve oldukça verimsiz topraklarda bile yetişebilen enerji bitkileri üzerine yapılan çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bu bitkilerle, günümüzde enerji tarımı olarak da tanımlanabilen tek yıllık veya çok yıllık bitkilerle yapılabilen yeni bir tarım türü geliştirilmiştir. Enerji tarımında kullanılan bitkilerin bazılarının tohumları genetik mühendisliği yardımıyla geliştirilmektedir.

Enerji bitkileri C4 tipi bitki (panicum, pennsitum, şeker kamışı, mısır, şeker pancarı, tatlı darı (sweet sorghum), ülkemizde fazla tanınmayan Miscanthus gurubu olarak adlandırılmaktadır [13].



Şekil 1.4. Enerji Bitkileri

1.2.2.1.3. C4 Bitkilerinin Genel Özellikleri

- Yüksek sıcaklığa gereksinim duyarlar,
- Suya gereksinimleri daha azdır,
- Başlangıçta 4 karbon atomu içeren organik molekülleri bağlarlar,
- Işık şiddetini kullanma yetenekleri yüksektir.



Şekil 1.5. C4 Bitkilerinden Mısır

Bazı bitkiler, havadaki karbondioksit derişimi belli bir oranın altına düştüğünde, solunum yapamazlar. Fakat C4 bitkilerinin en önemli özelliklerinden biri atmosferdeki her karbondioksit molekülünü soğurabilmesidir. Diğerkültür bitkilerine göre ise fotosentezde karbondioksiti (CO₂) daha iyi değerlendirebilmektedir [13].

1.2.3. Hayvansal Atıklar

Hayvansal gübrenin samanla karıştırılıp kurutulması suretiyle elde edilen tezeğin köylerde yakıt olarak kullanımı oldukça yaygındır. Hayvansal gübrenin oksijensiz ortamda fermantasyonu ile biyogaz üretim yöntemi de dünyada en çok kullanılan atık değerlendirme yöntemlerinden birisidir. Hayvansal kaynaklardan elde edilebilecek ortalama gübre ve biyogaz miktarları, Hayvan ağırlığı bazında üretilebilecek günlük ve yıllık yaş gübre miktarları aşağıda verilmiştir:

- Büyükbaş hayvan canlı ağırlığın % 5-6'sı kg-yaş gübre/gün
- Koyun-Keçi canlı ağırlığının % 4-5'si kg-yaş gübre/gün
- Tavuk canlı ağırlığının % 3-4'si kg-yaş gübre/gün
- Diğer bir yaklaşımla;
- 1 adet büyükbaş hayvan 3,6 ton/yıl yaş gübre
- 1 adet küçükbaş hayvan 0,7 ton/yıl yaş gübre
- 1 adet kümes hayvanı 0,022 ton/yıl yaş gübre dir.
- Bu değerlerden yola çıkarak;
- 1 ton sığır gübresi 33 m³/yıl biyogaz
- 1 ton kümes hayvanı gübresi 78 m³/yıl biyogaz
- 1 ton koyun gübresi 58 m³/yıl biyogaz üretilebilir [13].

1.2.4. Şehir ve Endüstri Atıkları

Çöp depolanan yerlerde ve evsel atık su arıtma tesislerinde oluşan arıtma çamurları, eğer önceden dengelenmemiş ve biyokimyasal aktiviteleri durdurulmamışsa, aerobik organizmalar tarafından ayrıştırılarak metan gazına dönüştürülmektedir. Metan gazı aynı zamanda sera etkisinin oluşmasında en az karbondioksit kadar etkili olduğundan, oluşumu kontrol altına alınarak değerlendirilmelidir. Bu amaçla çöp toplama alanında oluşan gazları toplayacak şekilde sondaj boruları belirli bir düzene göre yerleştirilerek toplanmaktadır. Çıkan gazlar arıtılarak gaz jeneratörüne gönderilmekte ve elektrik elde edilmektedir. Diğer uygulama alanları ise doğal gaz sistemleri ve araçlar olarak sıralanabilir. Elde edilen biyogazın doğal gaz dağıtım sisteminde kullanılması, gaz temizleme işleminin pahalı olması nedeniyle fazla uygulanmamaktadır. Toplanan çöpün bileşimine bağlı olarak oluşan gaz

içindeki bileşenler; metan % 35–60, karbondioksit % 35–55, azot % 0–20 arasında değişmektedir. Depolama alanından oluşan 1 metreküp gazın ısı değeri ise yine çöpün bileşenlerine bağlı olarak 18–27 MJ/m³ arasında değişmektedir. Çöp ve katı atıklardan enerji elde etmenin diğer bir yolu ise piroliz ve yüksek sıcaklıklarda yakılmasıdır [4].

Tablo1.1. Belediye Çöplerinin Bileşenleri [14].

Atık türü	Isıl Değeri (MJ/kg)	Bileşimi (%)					Yoğunluk (kg/m ³)
		Uçucu Madde	Nem	Kül	Kükürt	Kuru Yanıcı	
Kâğıt	17,60	84,6	10,2	6,0	0,20		
Odun	20,00	84,9	20,0	1,0	0,05		
Çaput	17,80	93,6	10,0	2,5	0,13		
Çöp	19,70	53,3	72,0	16,0	0,52		
Kontrplak	25,10	81,2	1,0	21,2	0,79	78,80	383,12
İzolasyon mal	25,70	80,8	1,5	11,4	0,80	88,61	171,50
Vinil elyaf	20,70	81,0	1,5	6,3	0,02	93,67	161,90
Polietilen	44,50	99,2	0,2	1,5	0,00	98,51	91,40
Köpük dolgu	28,50	75,7	9,7	25,3	1,41	74,70	145,90
Recine	18,30	15,1	0,5	56,7	0,02	43,27	152,30
Naylon	30,70	100,0	1,7	0,1	0,00	99,87	102,60
Vinil Kauçuk	26,50	75,1	06	4,6	0,02	95,44	375,10

1.2.5. Biokütle Enerjisinin Avantajları

- Fosil yakıt kaynakları kullanılarak yapılan enerji üretiminin çevreye zarar verdiği bilinmektedir. Artık kullanılacak olan herhangi bir enerji kaynağı çevre etkisi ile birlikte değerlendirilmektedir.
- Küresel çevre sorunları doğrudan doğruya tüketilen enerjiye, daha doğrusu yüksek oranda kükürt ve diğer zararlı maddeleri içeren fosil yakıt kullanımına bağlıdır.
- Dünyada son yüzyılda enerji tüketimi 17 kat artarken fosil yakıtlardan kaynaklanan ve atmosfere atılan CO₂, SO₂ ve NO_x gibi zararlı gazlarda aynı oranda artmıştır.
- Biokütlenin bölgesel ve modern işletilmesi ile özellikle enerji hatlarından uzak bölgelerde, gelişen ve kendi kendine yetecek enerjilerini de elde eden yerleşim alanları oluşturmak mümkündür.
- Biokütleden enerji eldesi için daha çok tarım işçiliğine gerek duyulduğundan, biyoenerji konusu, özellikle kırsal kesimde iş alanları yaratma açısından ideal bir seçenektir. Gelişmekte olan ülkelerin karşılaştığı en büyük sorunlardan biri olan kırsal kesimden büyük şehirlere göç olayını da bu şekilde önlemek mümkün olabilir.

• Biokütlenin oldukça çorak alanlarda yetişmesi ile daha önce yararlanılamayan toprakların kullanılması ve kırsal alanların yetiştiricilik açısından değerlendirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır [13].

1.2.6. Biokütlenin Enerji Kaynağı Olarak Avantajları

- Hemen her yerde yetiştirilebilmesi
- Üretim ve çevrim teknolojilerinin iyi bilinmesi
- Her ölçekte enerji verimi için uygun olması
- Düşük ışık şiddetlerinin yeterli olması
- Depolanabilir olması
- 5-35°C arasında sıcaklık gerektirmesi
- Sosyo-ekonomik gelişmelerde önemli olması
- Çevre kirliliği oluşturmaması
- Sera etkisi oluşturmaması
- Asit yağmurlarına yol açmaması [13].

1.2.7. Türkiye'nin Yıllık Biokütle Üretim ve Enerji Değerleri

Tablo 1.2 ve Tablo 1.3' te Türkiye'nin yıllık ana Biokütle üretim ve enerji değeri verilmiştir.

Tablo1.2. Türkiye'nin Yıllık Ana Biokütle Üretim Ve Enerji Değerleri [15].

Biokütle	Yıllık Potansiyel (milyon ton)	Enerji Değeri (milyon ton)
Yıllık Bitkiler	55	14.9
ÇokYıllık Bitkiler	16	4.1
Orman Artıkları	18	5.4
Tarım-Sanayi Artıkları	10	3.0
Orman Endüstri Artıkları	6	1.8
Hayvan Artıkları	7	1.5
Diğer	5	1.3
Toplam	117	32.0

Tablo1.3. Türkiye'nin Yıllık Biokütle Üretim Ve Enerji Değerleri [16].

Biokütle	Yıllık Üretim (milyon ton)	Enerji Değeri (milyon kwh)
Buğday Saplari	26	117.9
Odun ve Odun Benzeri Maddeler	12	62.3
Koza Kabuklari	1	5.3
Fındık Kabuklari	0.35	1.9
Toplam	39.35	187.4

Türkiye' de Tablo1.4 te'de görüldüğü gibi yıllık toplam tarımsal atıkların 50 milyon ton civarında bulunduğu tahmin edilmektedir. 17.000 ton odunun yakacak amaçlı olarak 2000 yılında Türkiye ormanlarından elde edildiği kaydedilmiştir [17]. Şehir atıkları da başka bir biokütle kaynağıdır ve özellikle büyük şehirlerde yüksek potansiyeli vardır. Kereste, mobilya, kağıt hamuru ve kağıt, tekstil fabrikalarında üretim faaliyetleri sonucu önemli ölçüde odun kabukları, yongalar, testere talaşları, lif sel atıklar gibi organik malzemelerden oluşan biokütle; bunlardan daha uygun bir değerlendirme metodu olarak briket üretiminde kullanılabilir [1].

Tablo 1.4. Türkiye'nin Tarımsal Artık Potansiyeli [18].

Tarımsal Artıklar (milyon ton)	Yıllık Üretim (milyon ton)	Enerji Potansiyeli (milyon ton)
Buğday Saplari	26,4	7.2
Arpa Saplari	13,5	3.9
Mısır Saplari	4,2	1.2
Pamuk Sap ve Kozalari	2,9	0.9
Ayçiçek Saplari	2,7	0.8
Şeker Pancari Saplari	2,3	0.7
Fındık Kabuklari	0,8	0.3
Yulaf Saplari	0,5	0.2
Çavdar Saplari	0,4	0.1
Pirinç Saplari	0,4	0.1
Meyve Kabuklari	0,3	0.1
Toplam	54,4	15.5

Biokütle yakıldığında açığa çıkan karbon dioksit arazide bulunan canlı biokütle tarafından kullanılmaktadır. Dolayısıyla yakıt briketi kullanılması sera etkisi yapan gaz oluşumunu da düşürmektedir. Bunun için biokütle enerji pazarında kapalı bir karbon çevrimi oluşturmaktadır. Türkiye'nin 1984-2010 yılları arasındaki enerji ihtiyacı Tablo 1.5' te verilmiştir.

Tablo 1.5. Türkiye'nin 1984-2010 Yılları Arasındaki Enerji İhtiyacı (Gigagram) [19].

Kaynak	1984	1990	1995	2005	2010
Kömür	3464	6150	5905	12500	17000
Linyit	6408	9765	10570	30500	48000
Asfalt	97	123	-	205	250
Doğalgaz	36	3110	6218	23500	31000
Ham Petrol	17840	23901	29324	39500	47000
Hidrojen	1155	1991	3057	8500	11000
Jeotermal	19	85	138	180	350
Yakacak Odun	5177	5361	5512	7800	13000
Kullanılmış	2755	2548	1556	2500	3800
Güneş	-	21	52	125	250
Toplam	36951	53055	62332	125310	171650

Türkiye'nin 1999-2030 yılları arasındaki klasik ve planlı biokütle miktarları tahminleri Tablo1.6'da verilmiştir.

Tablo 1.6. Türkiye'deki Klasik Ve Planlı Biokütle Miktarları (Milyon Ton) [19].

Yıl	Klasik Biokütle	Modern biokütle	Toplam
1999	7,012	0,005	7,017
2000	6,965	0,017	6,982
2005	6,494	0,776	7,260
2010	5,754	1,660	7,414
2015	4,790	2,530	7,320
2020	4,000	3,520	7,520
2025	3,345	4,465	7,810
2030	3,310	4,895	8,205

1.2.8. Türkiye'nin Tarımsal Atık Potansiyeli

Türkiye'nin toplam tarımsal alanı yaklaşık 26 milyon hektardır. Bunun % 67'si ekili alan, 19'u nadas alanı, %14'ü meyve, zeytin, bağ ve sebze ekili alandır. Tahıllar, yumrulu ürünler ve yağlı tohumlar Türkiye'de en yaygın yetiştirilen ürünlerdir. Tahıllar Türkiye'nin orta, doğu ve güney bölgelerinde yaygın olarak yetiştirilmektedir. Ayçiçeği Trakya bölgesinde, pamuk ve mısır ise güney (güney ve güney batı Anadolu bölgelerinde) ve batı (Ege bölgesi) bölgelerinde yaygın olarak yetiştirilmektedir [20].

Tarımsal atıklar üç gruba ayrılmaktadır:

- 1) Yıllık ürün atıkları:** Ürünlerin hasadından sonra tarlada kalan atıklardır ve şekil 1.6'da gösterilmiştir.
- 2) Çok yıllık ürün atıkları:** Budama, kabuklar ve çekirdekler vb. atıklardır ve şekil 1.7'de gösterilmiştir.

3) Tarıma dayalı endüstri atıkları: Pamuk çırçır atığı, tohum yağı endüstrileri, zeytinyağı endüstrileri, pirinç endüstrileri, mısır endüstrileri, şarap ve çekirdek fabrikalarının vb. tarıma dayalı sanayi atıklarıdır ve Şekil 1.8’de gösterilmiştir [4].



Şekil 1.6. Yıllık Tarımsal Ürün Atıklar



Şekil 1.7. Çok Yıllık Tarımsal Ürün Atıkları



Şekil 1.8. Tarıma dayalı endüstri atıkları

Türkiye’deki tarla ürünlerinin yıllık toplam üretimi ve atık miktarları Tablo 1.7’ de verilmiştir. Toplam ısı değeri yaklaşık olarak 228 PJ’ dir. Toplam ısı değeri içerisinde payı en fazla olan temel ürünler sırasıyla; mısır % 33,4, buğday % 27,6 ve pamuk % 18,1’ dir.

Tablo 1.7. Türkiye’deki Toplam Tarla Ürünleri Üretimi ve Atık Miktarları

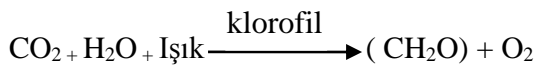
Ürünler	Atıklar	Üretim (ton)	Alan (ha)	Kullanılabilir Atık (ton)	Toplam Isıl Değeri (GJ)
Buğday	Saman	22 439 042	9 424 785	3 514 486	62 909 300
Arpa	Saman	8 327 457	3 732 992	1 344 452	23 527 908
Çavdar	Saman	253 243	145 907	53 706	939 855
Yulaf	Saman	322 830	150 459	48 185	838 425
Mısır	Sap	2 209 601	565 109	2 982 155	55 169 873
	Sömek			1 144 384	21 056 667
Pirinç	Saman	331 563	59 879	125 719	2 099 510
	Kabuk			62 198	807 327
Tütün	Sap	181 382	222 691	246 467	3 968 113
Pamuk	Sap	2 292 988	680 177	1 512 169	27 521 470
	Çırçır atığı			585 776	9 167 391
Ayçiçeği	Sap	836 269	545 963	1 355 472	19 247 709
Yerfıstığı	Saman	55 241	25 167		
	Kabuk			22 910	475 155
Soya	Saman	28 795	15 064	13 123	254 595

Tablo 1.8’ de ise Türkiye’deki bahçe bitkilerinin yıllık toplam üretimi ve atık miktarları verilmiştir. Bunun toplam ısıl değeri ise yaklaşık olarak 75 PJ’dür. En büyük ısıl değere sahip ürünler fındık % 55,8 ve zeytin % 25,9’dur [21].

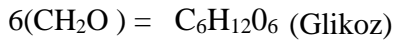
Tablo 1.9’ da Türkiye’deki atık miktarı ve hayvan atıklarının ısıl değerleri verilmiştir. Türkiye’de büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarının atıklarının yıllık toplam ısıl değerleri sırasıyla yaklaşık 47,8, 3,6 ve 8,7PJ olarak bulunmuştur [21].

1.2.9. Biokütle Oluşumu Ve Yakıt Olarak Kullanımı

Biokütle oluşumunun ana basamağı fotosentezdir.



eşitliğiyle ifade edilir. CH_2O temel organik yapıdır ve güneş enerjisi bu organik yapı içerisinde kimyasal enerji olarak depolanır [22].



Fotosentezde oluşturulan şekerler, bir bitkinin kuru ağırlığını (biokütle) oluşturan biomoleküllere dönüştürülürler.

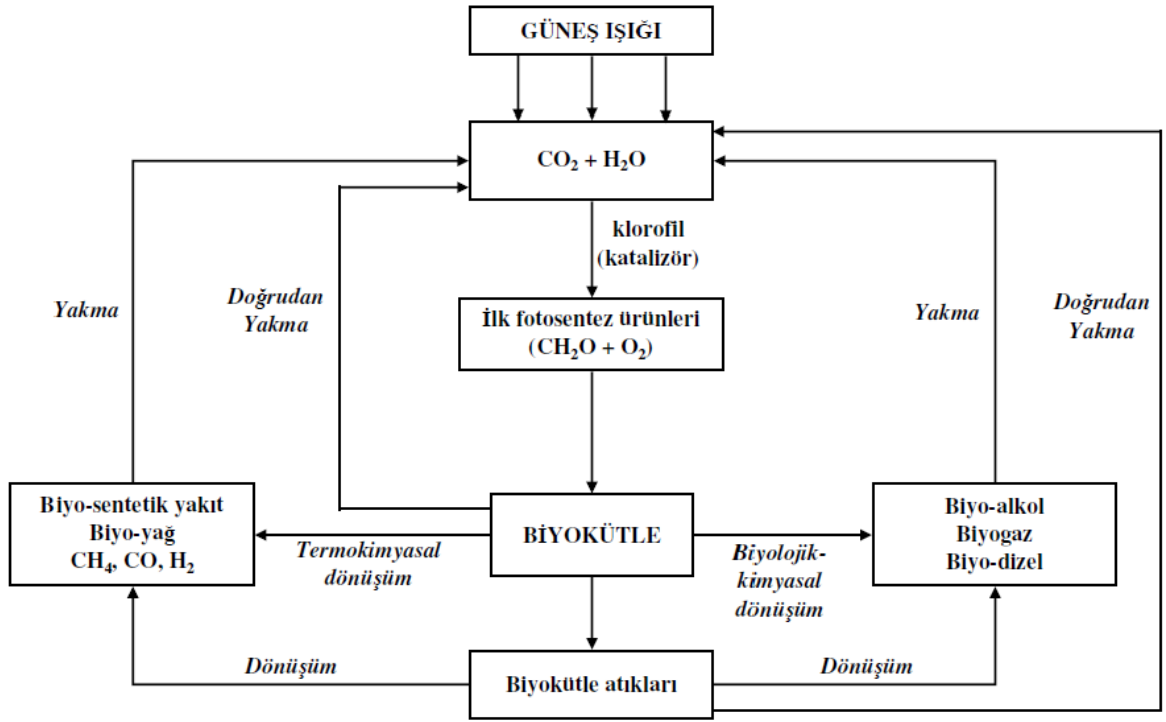
Tablo 1.8. Türkiye’deki Toplam Bahçe Bitkileri Üretimi ve Atık Miktarları

Ürünler	Atıklar	Üretim (ton)	Ağaç Sayısı	Kullanılabilir Atık (ton)	Toplam Isıl Değeri (GJ)
Kayısı	Çekirdek	467 903	11 288 357		
	Budama			69 571	1 342 719
Vişne	Çekirdek	114 466	4 446 680		
	Budama			17 120	325 279
Zeytin	Pirina	1 496 630	90 208 994	746 834	15 451 997
	Budama			220 627	3 993 345
Antepfıstığı	Kabuk	42 926	29 600 005	4 202	80 932
	Budama			167 688	3 186 080
Ceviz	Kabuk	115 698	3 737 868	60 633	1 223 584
	Budama			25 240	479 563
Badem	Kabuk	46 701	3 631 622	23 205	449 716
	Budama			22 800	419 521
Fındık	Kabuk	652 803	286 697 887	453 150	8 745 790
	Budama			1 742 389	33 105 388
Limon	Kabuk	475 159	5 529 038		
	Budama			70 772	1 245 582
Portakal	Kabuk	1 180 851	11 884 275		
	Budama			190 148	3 346 612
Mandarin	Kabuk	592 884	8 619 163		
	Budama			82 744	1 456 294
Greyfurt	Kabuk	126 285	894 293		
	Budama			1 1 447	201 466

Tablo 1.9. Türkiye’de Toplam Hayvan Sayısı, Biyogaz Miktarı ve Isıl Değerleri

Hayvan	Hayvan Sayısı	Atık Miktarı (ton/yıl)	Elde Edilebilir biyogaz(m ³ /yıl)	Toplam Isıl Değeri (GJ/yıl)
Büyükbaş	12 838 285	127 645 932	2 107 434 345	47 838 760
Küçükbaş	29 903 590	24 558 323	159 629 101	3 623 581
Kümes	264784050	7 731 694	382 718 866	8 687 718

Biokütle enerjisi, doğrudan yakılarak (ısıtma ve pişirme amaçlı odun yakılması v.b.) kullanılabilceği gibi, Biokütleden, termokimyasal ve biyokimyasal proseslerle sıvı, katı ve gaz ürünleri üretmek de mümkündür [23]. Biokütlenin oluşum, dönüşüm ve tüketim süreçleri Şekil 1.9’da özetlenmiştir [24].



Şekil 1.9. Biokütle Oluşum, Dönüşüm Ve Tüketim Süreçleri

Biokütlenin yakıt olarak kullanımı, birçok açıdan önem taşımaktadır. Öncelikle, biokütlenin CO₂-nötr bir yakıt türü olarak kabul edilmesi nedeniyle, CO₂ salınımını, dolayısıyla sera gazı etkisini artırıcı etki yapmaması en kritik özelliğidir [23, 25]. Biokütlenin sera gazı etkisini azaltma potansiyeli, sürdürülebilir üretimiyle doğrudan ilgilidir. Fosil yakıtlar, sürekli CO₂ salınımı yaparken, enerji amaçlı tüketilme oranı üretilme oranına eşit olduğu zaman, biokütlenin net CO₂ salınımı “sıfır” olmaktadır [26].

1.3. Hava Kirliliği

1.3.1.Hava Kirliliğinin Kaynakları

Hava kirleticilerin temel iki kaynağı bulunmaktadır. Bunlar; Doğal hava kirletici kaynaklar, Antropojenik hava kirletici kaynaklardır.

1.3.1.1. Doğal Hava Kirletici Kaynaklar

Volkanik faaliyetler, orman yangınları, biyolojik faaliyetler, bitki ve hayvan artıklarının bozulması atmosfere çeşitli gaz ve partiküllerin salınmasına neden olur. Dünyanın çeşitli yerlerinde zaman zaman volkanik faaliyet gösteren yanardağlar önemli bir

doğal hava kirletici kaynaktır. Benzer şekilde, özellikle yaz aylarında meydana gelen orman yangınları da atmosfere kirletici gaz ve toz yayarlar. Bunların dışında tarımsal faaliyetler, bitki ve hayvan artıklarının bozulma ürünleri de hava kirletici kaynakları arasındadır. Biyolojik aktivitelerden kaynaklanan hidrojen ve karbon temelli gazlar, doğal kaynaklı kirleticilerdir. Bu kirleticiler, fotosentez, metabolik faaliyetler, bitki ve hayvansal emisyonlardan salınır. CO, CO₂, metan, organik bileşikler bu kirleticilere örnek olarak verilebilir. Doğal hava kirletici kaynakları, bazı dönemlerde çok fazla miktarlarda atmosfere kirletici bırakabilirler. Ancak genellikle insanların yoğun yaşadıkları kentsel alanlardan uzak kırsal kesimlerde buldukları için insan kaynaklı hava kirleticilere nazaran daha az olumsuz etkiye sahiptir denilebilir [27].

1.3.1.2. Antropojenik Hava Kirletici Kaynaklar

Hava kirliliğine neden olan antropojenik kaynaklar, insanların faaliyetleri sonucu oluşan kaynaklardır. Bunlar genel olarak;

- Isıtma amacıyla konutlarda/iş yerlerinde yakıt kullanımı,
- Ulaşım, taşıt trafiği,
- Sanayi faaliyetleri olarak sınıflandırılabilir.

1.3.1.2.1. Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliği

Ev ve işyerlerinde ısınmak amacıyla katı (kömür), sıvı (fuel-oil) ve gaz (doğal gaz) yakıtlar kullanılmaktadır. Bu yakıtların yanması sonucu hava kirleticileri ortaya çıkar. Isınma sistemlerinden kaynaklanan hava kirliliği yakıt özelliğine ve yakma sistemine bağlı değişiklik gösterir. Ortaya çıkan bu kirleticiler, yerleşim alanlarında yaşanan hava kirliliğinin önemli bir bölümünden sorumludur. Özellikle kış mevsiminde, ısınmaya duyulan ihtiyaçla birlikte kentlerin ve burada yaşayan insanların sağlığını tehdit etmektedir. Isınmada kullandığımız katı, sıvı ve gaz yakıtların doğal yapısı içerisinde kükürt bulunmaktadır. Katı, sıvı ve gaz yakıtların ısınmada kullanılmasıyla bu yakıtlarda bulunan kükürt bileşiklerinin yanması sonucu kükürt oksitleri meydana gelir. Ülkemizde çıkarılmakta olan kömürlerde kükürt içeriği genellikle %1'in üzerindedir. Kömürdeki kükürt, yanma esnasında önemli oranda kükürt dioksite (SO₂) ve az bir oranda da kükürt trioksite (SO₃) dönüşmektedir. Bacadan atılan kükürt oksit miktarı yakıt içinde bulunan kükürt miktarına bağlı olarak

değişmektedir. Yanma esnasında oluşan kükürt oksitler, ülkemizde özellikle büyük şehirlerde, son yıllara kadar yaşanmış olan genel hava kirliliği probleminin de temelini oluşturmaktaydı. Fakat son yıllarda yapılan düzenlemelerle, özellikle ülkemizde çıkarılmakta olan kömürlerin çeşitli proseslerle iyileştirilmesi sonucu, kükürt içeriği %1.5 veya daha aşağı seviyelere çekilmiştir. Çoğu ithal kömürlerdeki kükürt içeriği ise düşük olmakta veya kükürt içeriği düşük olan kömürlerin ithalatına izin verilmektedir. Yakıtların ısınma amaçlı kullanımından partikül hâlindeki kirleticiler ile diğer yanma ürünü kirleticiler de oluşmaktadır. Yakma sistemlerinden kaynaklanan kirleticiler, özellikle kış mevsiminde yaşadığımız kentlerde önemli bir hava kirliliği sorunu oluşturmaktadır [27].

1.3.1.2.2. Ulaşım ve Taşıt Trafikinden Kaynaklanan Hava Kirliliği

Nüfus artışı ve gelir düzeyinin yükselmesiyle birlikte, motorlu taşıtların sayısı hızla artmaktadır. Bu araçların egzozlarından çıkan egzoz gazları ise kentlerimizdeki önemli bir çevre sorunu olan hava kirliliğini oluşturmaktadır. Ulaşım araçları günlük yaşantımızın bir parçası olmuş durumdadır. Her gün okulumuza, iş yerimize ve gezmeye giderken zorunlu olarak taksi, dolmuş, minibüs veya otobüs gibi araçlara binmekteyiz. Bunun yanında yük taşımacılığında kamyon veya kamyonet gibi ticari araçları kullanmaktayız. Günlük hayat içerisinde her gün bir şekilde kullandığımız motorlu taşıtlar saldıkları kirleticiler ile çevremizi ve soluduğumuz havayı kirletmektedir. Bugün, hava kirliliğinin yarısını motorlu taşıtların oluşturduğu söylenmektedir. Büyük kentlerimizde ana cadde ve kavşaklarda, kara yolları çevrelerinde havayı kirleten gaz, toz, is vb. emisyonlar önemli boyutlardadır Sağlıklı bir insan günlük yaklaşık 15 m³ temiz havaya ihtiyaç duyar ve bu kadar temiz havayı bir tek taşıt sadece 10 dakikalık bir süre içerisinde kirletebilir. Bu basit hesaplama bize kentlerdeki yüz binlerce taşıtın neden olduğu hava kirliliğinin boyutu hakkında yeterli bir fikir verebilir. Her gün milyonlarca araç, yaşadığımız kentin cadde ve sokaklarında dolaşmaktadır. Havaya kirletici gaz ve tanecik yayabilen bu araçlar, kötü bakım, bilinçsiz kullanma ve bir kısmının çok eski oluşları nedeniyle kirletici özellikleri bir kat daha artarak, önemli kirletici kaynak durumundadırlar. Benzinli motorla çalışan bir taşıtın başlıca kirletici kaynakları şunlardır: Egzoz borusu (asıl kaynaktır), Benzin deposu, Karter Havalandırma, Karbüratör, Fren Balataları ve Lastikler. Dizel motorlu taşıtlarda ise başlıca kirletici kaynak egzoz borusudur. Dizel motorlu taşıtların egzoz borularından çıkan dumanın rengi, o aracın kirletici potansiyelini göstererek bu anlamda kendini ele verir. Yakıtın tam yanmadığı, araç

bakımının iyi olmadığı durumlarda aşağıdaki üç tür duman çıkar ve bu dumanların çıkış sebepleri şunlardır:

Siyah Duman: Tam yanmamış yakıt taneciklerinin oluşturduğu dumandır. Uygun yanma koşullarının olmadığını gösterir.

Gri-Beyaz Duman: Tam yanma artığı maddelerin oluşturduğu dumandır. Uygun yanma koşullarının olduğunu gösterir.

Mavi Duman: Yanmamış yakıt ve yağ karışımı olup genellikle motorun bakıma ihtiyacı olduğunu gösterir. Karbon monoksit (CO), partikül madde (is, toz, tanecik vs.) ve hidrokarbonlar trafikteki araçların egzoz gazlarından kent atmosferine bırakılan genel hava kirleticilerdir. Benzinli taşıtlarda kurşun (Pb) bileşikleri de diğer bir önemli kirleticidir [27].

1.3.1.2.3. Sanayi Faaliyetlerinden Kaynaklanan Hava Kirliliği

Pek çok sektörde faaliyet gösteren ve üretim yapan tesisler bir diğer önemli hava kirletici kaynaklarıdır. Bu tesislerde ihtiyaç duyulan enerjiyi elde etmek için yakılan yakıtlar ve işletim aşamalarında çeşitli kirleticiler oluşur. Bu oluşan kirleticiler de atmosfere atıldığında hava kirliliğine neden olurlar. Daha basit anlatımla; kitaplarımız, defterler, kalemlerimiz, yiyeceklerimiz, oturduğumuz masa-sandalyeler, evimizdeki buzdolabı-çamaşır makinesi televizyon ve giydiğimiz giysilerin hepsi bu sanayi tesislerinde, fabrikalarda yapılmaktadır. Tüm bu yaşamsal ihtiyaçlarımız olan ürünler, fabrikalarda üretilip bizlere ulaştırılırken enerji gereklidir. Gerekli olan bu enerji de fosil yakıtların yanmasıyla temin edilir. Her tesiste üretim aşamasında da çeşitli kirleticiler ortaya çıkar ve fabrikaların bacalarından kimyasal gazlar, tozlar ve dumanlar olarak atmosfere bırakılarak hava kirlenmesine neden olunur. Günlük ihtiyaçların karşılanması, iş alanlarının oluşturulması ve ülkelerin kalkınması için bu fabrikaların mutlaka çalışması ve üretimlerini yapması gerekir. Ancak bu yapılırken gerekli önlemlerin alınarak çevrenin korunmasına önem verilmelidir. Çeşitli sanayi kollarında üretim yapan tesislerin bacalarından farklı miktar ve türlerde hava kirleticiler oluşur. Bazı kirleticiler üretim yapan tesislerin hepsinden oluşmaktadır. Bunları genel olarak gruplandırmak ve örneklemek gerekirse;

- Çimento, madencilik, ve demir çelik sanayi gibi tesislerde üretim işlemleri esnasında önemli miktarda partikül madde emisyonu oluşur. Ayrıca kömür yakan termik santraller de önemli miktarda partikül madde kaynağıdır.

- Katı veya sıvı yakıt kullanan enerji santralleri ve bazı işletmelerde yakıtların yanması sonucu büyük miktarlarda kükürt dioksit, karbon monoksit atmosfere bırakır.

- Azot oksitler, başta termik santraller olmak üzere gübre sanayi gibi tesislerden önemli miktarda oluşur.
- Petro kimya sanayi başta olmak üzere çeşitli sanayi tesislerinde ise uçucu organik maddeler oluşur [27].

1.3.2. Hava Kirleticiler

Doğal ve antropojenik kaynaklardan atılan toz, gaz ve sıvı şeklindeki hava kirleticileri insan sağlığına etkileri dikkate alınarak sınıflandırılabilir. Atmosferde en yaygın olarak bulunan ve belirli konsantrasyonlarda bulunduğu insan sağlığını olumsuz etkileyen kirleticileri şunlardır; Partikül madde (PM), Karbon monoksit (CO), Kükürt dioksit (SO₂), Ozon (O₃), Azot dioksit (NO₂), Kurşun (Pb) Bunların dışında, toksik (toxic) veya tehlikeli hava kirleticileri de bulunmaktadır. Bu kirleticilerin çevreye zarar verdiği, ciddi sağlık etkilerine neden olduğu bilinmekte veya tahmin edilmektedir. Toksik hava kirleticilere, benzinde bulunan benzen, bazı kuru temizleme işlemlerinden yayılan perkloroetilen, solvent olarak kullanılan metilen klorid örnek olarak verilebilir. Hava kirleticilerin insan sağlığına etkisi belirli bir sürede ve belirli seviyelerdeki maruziyetten sonra gerçekleşir. Kirleticiler değişik yollarla vücuda girebilirler, ancak en etkili olanı ağız ve burun yoluyla girmesidir. Sağlıklı bir insan günde ortalama 15 metreküp temiz hava solumaktadır. Günde ortalama 2 litre su tüketen bizler, çok daha büyük miktarlarda havaya ihtiyaç duyarız. Bu nedenle soluduğumuz havanın temiz ya da kirli olması sağlığımız açısından oldukça önemlidir. Hava kirleticiler insan vücuduna ağız, burun, nefes borusu ve akciğerler yolu ile girerler. Solunum sistemi boyunca ilerleyen hava kirleticiler akciğerlere kadar ulaşarak kana karışabilirler. Kana karışmasıyla da vücudun diğer yerlerine ulaşabilirler. Gaz hâlindeki kirleticilerin hava fazından kana geçişleri «alveol» denilen torbacıklarda meydana gelir. Akciğerlerde bu alveollerden milyonlarca adet bulunmaktadır [27].

1.3.2.1. Partikül Madde

Partikül madde havada asılı bulunan katı partiküllerin ve sıvı damlacıkların bir karışımıdır. Partikül boyutları çok geniş bir aralığa sahiptir. Toz, duman, is gibi bazı partiküller gözle görülebilecek kadar büyüktür. Fakat, mikroskopla görülebilen boyutlarda

partiküller de bulunmaktadır. Çapları 10µm'den küçük, 2.5 µm'den büyük partikül maddeler "kaba partiküller" olarak adlandırılır. Daha çok kırma, öğütme işlemleri, yol tozlarından kaynaklanır. Çapları 2.5 µm'den daha küçük partiküller ise "ince partiküller" olarak adlandırılır. Genel olarak yanmada kullanılan katı ve sıvı yakıtlar, motorin ve kurşunlu benzin kullanan taşıtlar, termik santraller gibi yanma işlemlerinden ve bazı endüstriyel aktivitelerden kaynaklanır. Bu çapları küçük partikülleri kıyaslamak gerekirse, insan saçının kalınlığı ortalama 70 µm çapındadır ve ince partiküller bundan yaklaşık 30 kat daha küçüktür. Partikül maddeler çok değişik boyutlarda ve şekilde bulunurlar ve yüzlerce farklı kimyasallardan oluşurlar. Enerji santralleri, endüstri ve otomobil gibi kaynaklardan salınan partiküller asitler (sülfat, nitrat gibi), organik kimyasallar, metaller, toprak veya toz partikülleri, bakteri, küf, mantar, deniz suyunun buharlaşması ile ortaya çıkan tuzlar, ve alerjik polenlerden oluşur [27].

1.3.2.2.Karbon monoksit (CO)

Karbon monoksit (CO) renksiz ve kokusuz bir gazdır. Katı, sıvı ve gaz yakıtlardaki karbonun tam olarak yanmaması nedeniyle oluşur. Özellikle kentsel bölgelerde CO emisyonlarının büyük bir kısmı motorlu taşıt egzozlarından atılır. CO'in en önemli kaynağı taşıtlardır. Kent atmosferindeki CO' in yaklaşık %85-95'i taşıtlardan kaynaklanır. Genellikle yoğun araç trafiğinin ve tıkanıklığının yaşandığı bölgelerde pik seviyesine ulaşır. Metal işleme, kimyasal üretim tesisleri, odun yakılması ve orman yangınları CO emisyonlarının diğer kaynaklarıdır [27].

1.3.2.3.Kükürt Dioksit (SO₂)

Kükürt dioksit (SO₂) özellikle katı ve sıvı yakıtlarda bulunan kükürdün yanması sonucu oluşan, renksiz, yanmayan ve parlamayan bir gazdır. Kükürt, ham petrol, kömür, alüminyum, bakır, çinko, kurşun, demir gibi maden cevherinde doğal olarak bol miktarda bulunur. SO_x gazları ise, petrol, kömür gibi kükürt içeren katı ve sıvı yakıtların yanması sonucu oluşur. Petrolden benzin ekstrakte edilmesi ve maden cevherinden metallerin zenginleştirilmesi gibi prosesler sonucunda da SO_x gazları oluşur. Elektrik üretiminde kullanılan yakıtlar atmosfere salınan SO₂'nin en büyük kaynağıdır. Özellikle kömürü yakıt olarak kullanan termik santraller büyük miktarlarda SO₂ emisyonu salarlar. Bunun dışında

ham madde işleyen ve üretim yapan endüstriler de önemli SO₂ kaynaklarıdır. Petrol rafineleri, çimento fabrikaları, metalürji endüstrisi gibi tesisler atmosfere SO₂ salınımını gerçekleştirir. Kentlerdeki konut ve işyeri ısıtmasında kullanılan katı ve sıvı yakıtlar, kent atmosferindeki SO₂ kirleticisinin önemli kaynaklarıdır. SO₂ asit yağmurları diye adlandırılan çevresel bir problemin de sorumlusudur. SO₂ atmosferdeki nemde çözünerek, güneş ışığı ve bazı kimyasalların varlığında sülfürik aside dönüşür. Böylece asit yağmurlarının oluşmasında en önemli katkıyı yapar. Asit yağmurları da başta ormanlar olmak üzere pek çok çevresel tahribata sebep olur [27].

1.3.2.4. Ozon (O₃)

Ozon, üç oksijen atomundan oluşan bir gazdır. Yer seviyesi atmosferde karmaşık reaksiyonlar sonucu oluşur. Ozon hem yer seviyesinde hem de atmosferin üst tabakalarında bulunur. Atmosferde bulunduğu yere göre “ faydalı” veya “zararlı” olabilir.

Faydalı ozon: Atmosferin yaklaşık 15-50 km’leri arasındaki tabakası olan stratosferde bulunur. Stratosferik ozon güneşten gelen zararlı ultraviyole ışınları emerek dünyadaki yaşam türlerini korur. Atmosferdeki tüm ozonun %90’ı buradadır.

Zararlı ozon: Motorlu taşıt egzoz ve endüstriyel faaliyetler atmosfere NO_x ve uçucu organik bileşikler (VOC) salarlar. NO_x ve VOC’lar güneş ışınlarının etkisiyle reaksiyona girerek ozon ve diğer fotokimyasal ürünleri oluşturur. Ozonun %10’luk kısmı atmosferin yer seviyesine yakın kısmında bu şekilde fotokimyasal reaksiyonlar yoluyla üretilir. Özellikle sıcak yaz günlerinde güneş ışığının etkisiyle yüksek miktarlarda ozon üretilir. Özellikle kentsel bölgelerde yaz aylarında ozon konsantrasyonları yüksek seviyededir. O₃ artışına stratosferden taşınım katkıda bulursa da en büyük kaynağı insan faaliyetleridir. [27].

1.3.2.5. Azot oksitler (NO_x)

Azot oksitler, asidik karakterli gazlardır ve bu gazların büyük bölümünü atmosfere salan temel iki kaynak vardır. Banlardan birincisi katı, sıvı veya gaz yakıt kullanan termik santralleri, endüstriler, evsel ısınma sitemleridir. Diğer önemli kaynak ise motorlu taşıtlardır. Azot oksitler yüksek sıcaklıklarda oluşurlar (1200 °C ve üzerinde). Yakıtların yanması sonucu genellikle daha az miktarda da azot dioksit oluşur. Azot monoksit atmosferde azot dioksite hızlı bir şekilde dönüşür. Azot dioksit, nitrat asidi oluşturmak için reaksiyona girer

ve asit yağmurlarının oluşmasına katkıda bulunur. Günümüzde kentsel bölgelerde taşıt sayısı arttıkça atmosferde azot oksit konsantrasyonu da artar. Trafiğin yoğun olduğu bölgelerde azot oksit konsantrasyonu genel olarak yüksek olabilir. Motorlu taşıtların haricinde termik santraller ve fosil yakıt kullanan sanayi tesisleri ile evsel ısınma sistemleri önemli azot oksit kaynağıdır [27].

1.3.2.6. Uçucu Organik Bileşikler (VOC)

Uçucu organik bileşikler çok sayıda kimyasal maddeden oluşur ve 300'den fazla türü vardır. Atmosfere; motorlu taşıtlar, egzoz emisyonları, kimyasal üretim yapan endüstri ve güç santrallerinden yayılırlar. Atmosferdeki VOC konsantrasyonları güneş ışığı varlığında çeşitli fotokimyasal reaksiyonlara öncülük ederler. İnsan sağlığına kısa ve uzun dönemli olmak üzere farklı şekilde olumsuz etki ederler. Benzen, toluen, etil benzen, ksilen, stiren en fazla sağlık riski oluşturan türleridir. Özellikle benzen kanserojen bir türdür ve insan merkezi sinir sistemi için toksik etki yapar [27].

1.3.3. Hava Kirliliği ve Sınır Değerler

Hava kirliliğini tanımlayabilmek için, evvela soluduğumuz temiz havanın ne olduğunu belirtmek, daha sonra da kirli havayı temiz hava ile kıyaslamak yerinde olacaktır. Temiz ve kirli hava olarak tarif edilen havada bulunan ve kirlilik oluşturan belli başlı bileşenler Tablo 1.10'da görülmektedir. Hemen belirtmek gerekir ki Tablo 1.10'daki kirleticiler örnek olarak verilmiş olup bunlardan başka daha birçok çeşitte hava kirleticilerinin varlığı söz konusudur. Özellikle fiziksel özellikleri itibarıyla sıvı ve katı (partikül madde) şekillerdeki kirleticiler de önemli kirleticiler sınıfındadır. Bütün bu kirleticiler de çeşitli şekillerde atmosfere atılmaktadır ki kirleticilerin bu şekilde atmosfere salınmasına *emisyon* denir. Tablo1.10'da, bileşenler için verilen "ppm" birimi, 1 milyon hava hacmi içerisindeki bileşenin hacmi olarak tanımlanmaktadır. Mesela metan gazının temiz havadaki miktarı 1 milyon litre hava içerisinde 1.5 litre iken; bu miktar yine 1 milyon litre havada 2.5 litrenin üzerine çıkarsa, bu hava metan gazı bakımından kirli olarak tarif edilir. Buradaki örneğe dikkat edilirse, havanın kirli olması her bir kirletici bileşen bakımından münferiden tarif edilmektedir. Yani, havanın kirli olduğunu söyleyebilmemiz için Tablodaki kirletici bileşenlerin tamamının birden kirlilik sınırını aşması gerekmiyor.

Herhangi birinin verilen kirlilik sınırını aşması, havanın o kirletici bakımından kirli olması demektir. Tablo 1.10’da ifade edilen azot ve oksijen gazlarının kirletici olmadıkları; havanın iki temel bileşeni oldukları bilinmektedir. Yine, karbondioksitin de sağlık etkileri bakımından kirletici sınıfında sayılmadığı, ancak iklim değişimi ile ilgili temel bileşenlerden olduğu da bilinmektedir. Hava kirliliğinin daha teknik tarifi ise, “hava kirleticilerinin, canlıların (insan, hayvan ve bitkiler) sağlığı üzerinde ve yapı-malzemelerde zararlı etkiler meydana getirecek miktar (konsantrasyon) ve sürede havada bulunması” şeklindedir. Yine bu tanımda da, bir veya birden çok kirleticinin bir arada bulunması söz konusudur. Bu tanım gereği, havanın kirli olduğunu söyleyebilmemiz için, bir kirleticinin zararlı olabilecek miktarda ve zararının ortaya çıkabileceği kadar uzun sürede havada bulunmasından bahsedilmektedir. O halde, kirli havayı kısa süreli solumak zarar vermiyorsa, teknik olarak hava kirliliğinden bahsetmeyiz.

Burada hemen şunu da ifade etmek gereklidir ki zararın ortaya çıkması kirli havaya maruz kalanın hassasiyeti ile doğrudan ilgilidir. Mesela, tanımda bahsedilen miktar ve süre, yaşlılar, hastalar ve çocuklar için sağlıklı kişilere kıyasla daha düşük seviyelerdedir. Yani, zararlı etkinin ortaya çıkabilmesi, etkiye maruz kalma hassasiyeti ile ilgilidir [28].

Tablo 1.10. Atmosferdeki Bileşenlerin Temiz Ve Kirli Havadaki Miktarları

Bileşen	Temiz Hava(ppm)	Kirli Hava(ppm)
Azot, N ₂	790000	790000
Oksijen, O ₂	20950	20950
Karbon dioksit, CO ₂	320	400
Karbon monoksit, CO	0.1	40-70
Metan, CH ₄	1.5	2.5
Nitröz oksit, N ₂ O	0.25	?
Azot dioksit NO ₂ (NO _x)	0.001	0.2
Ozon, O ₃	0.02	0.5
Kükürt dioksit, SO ₂	0.0002	0.2
Amonyak, NH ₃	0.001	0.02
Diğer kirleticiler	Değişken	Değişken

1.4. Biokütle Briketleme ve Peletleme Teknolojisi

Tarımsal atıklar düşük yoğunluğa ve yüksek nem içeriğine sahip malzemeler olduklarından, evlerde ve endüstriyel alanlarda doğrudan yakılması çok etkin olmamakta ve bu atıkların doğrudan kullanılması taşıma, depolama ve işleme problemlerini meydana getirmektedir.

Tarımsal ve diğer biokütle atıklarının etkin bir biçimde kullanılmasını sağlayan yöntemlerden birisi de onların briketlenmesidir. Briketlenmemiş biokütle yakıtı bazı olumsuzluklara sahiptir [4]. Bunlar;

- Nispeten birim hacim başına ısıl değeri düşüktür.
- Kalite ve ısıl değeri kararsızdır.
- Yakma hızını kontrol etmek zordur.
- Yanma hızlıdır. Bu nedenle yakıtın sık sık yüklenmesi gerekir.
- Sürekli yakıt beslemenin mekanizasyonu zordur.
- Depolama için büyük hacimler ve alanlar gereklidir.
- Taşıma ve dağıtımıyla ilgili ekonomik sorunlarla karşılaşılır.

Bu olumsuzluklardan birkaçının sebebi, biokütlenin özellikle tarımsal atıkların düşük yığın yoğunluğuna sahip olmasına bağlanır. Tarımsal atıkların taşınması, depolanması ve yanma sırasında sistemin yeterince beslenebilmesi için özelliklerinin iyileştirilmesi gerekir. Buda biokütle malzemelerinin mekanik işlemlerle sıkıştırılmasıyla gerçekleştirilebilir.

Sıkıştırılmış Biokütlenin üstünlükleri şunlardır ;

- Yanma hızı kömürünki ile kıyaslanabilir değerlerdedir.
- Izgaralı yakma sistemlerinde yakmak mümkündür.
- Düzgün bir yanma sağlanabilir.
- Emisyon özellikleri azaltılabilir.
- Depolama esnasında kendiliğinden tutuşma olasılığı azaltılır.
- Taşıma, depolama ve yakıt besleme daha verimli yapılır.

Briketleme, yeterli ölçüde parçalanmış materyalin 25 mm çaptan daha büyük çaplarda parçaların elde edilmesidir. Briket küçük parçalar halindeki katı yakıtların, gereğinde yapıştırıcı maddelerle sıkıştırılarak biçimlenmesi yoluyla elde edilen daha büyük parça halindeki yakıttır [4]. Briketlenmiş materyallerin taşınması daha kolaydır ve yakıt olarak daha etkili olarak kullanılabilirler. Tarımsal atıklar düşük yoğunluğa sahip materyaller olduklarından, depolama sırasında çok fazla yer kaplamaktadır. Fakat briketleme ile bu olumsuzluklar giderilerek depolama maliyeti azaltılmaktadır [4].

Briketleme işlemi 4 farklı uygulama şeklinde yapılmaktadır. Bunlar:

1) Yapıştırıcısız Briketleme: Materyalin yüzey geriliminden yararlanarak ve basınç uygulanarak biçimlendirme.

2) Yapıştırıcılı Briketleme: Materyalin basınç uygulanarak ve bir yapıştırıcı madde yardımıyla biçimlendirme.

3) Sıcak Briketleme: Biokütle materyalinin ısıtılarak yapışma özelliği kazanmasından faydalanarak biçimlendirme.

4) Soğuk Briketleme: Materyalin ısıtma uygulanmadan biçimlendirilmesi işlemidir.

Biokütlenin sıkıştırılma sıcaklığı; briket yoğunluğu, nem içeriği ve parçalanma dayanımına bağlı olarak değişir. Sıkıştırılma sıcaklığı biokütlenin çözülme sınırı olan 300°C'yi aşmamalıdır. Nem içeriği % 6-8 arasında olmalıdır. Nem içeriğinin %10' dan fazla olması durumunda kabarma ve dağılma oluşabilir. Briket yapımında Biokütle materyaline yapıştırıcı ve bağlayıcı olarak kömür tozu, odun talaşı, nişasta ve melas gibi maddeler katılır [29]. Biokütle materyalinin basınç altında daha da küçük boyutlara (yaklaşık 30mm) getirilmesine peletleme denir. Briketleme ve peletleme işlemi sonucunda, büyük hacim kaplayan materyal, daha küçük hacimde daha büyük kütleyle sahip olmaktadır. Sıkıştırmadan sonra iki temel görünümü ürünün kalitesi hakkında fikir vermektedir[4].

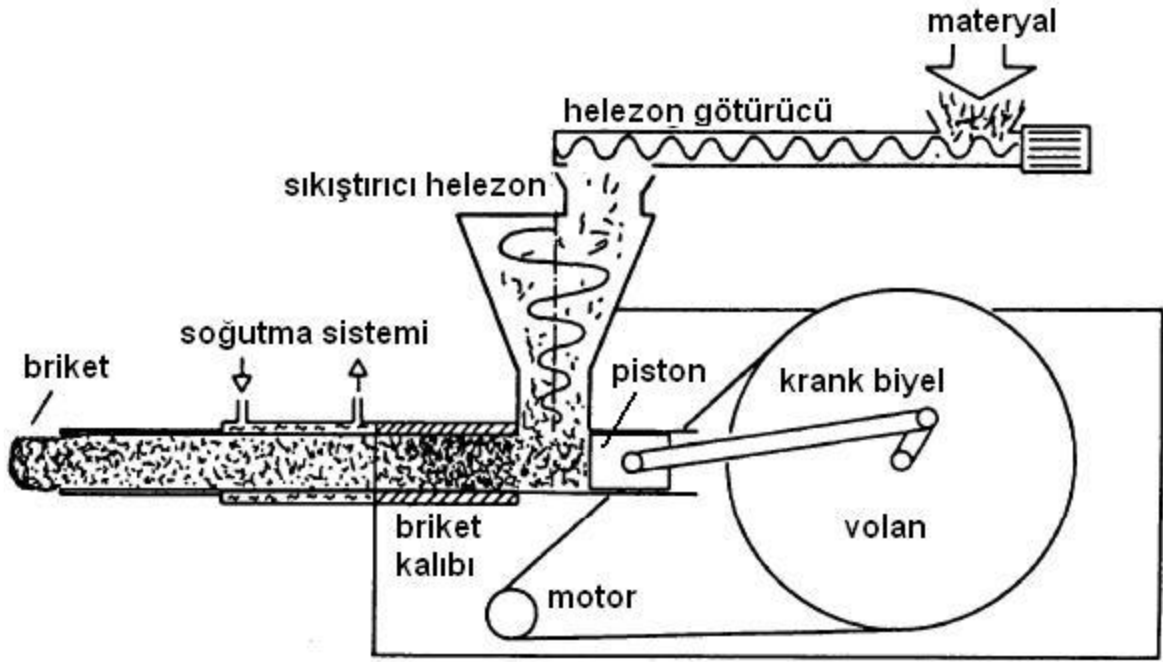
- Briketin yakılana kadar katı kalabilmesi
- Briketin iyi bir yakıt özelliğine sahip olabilmesi

1.4.1. Briketleme Makinaları

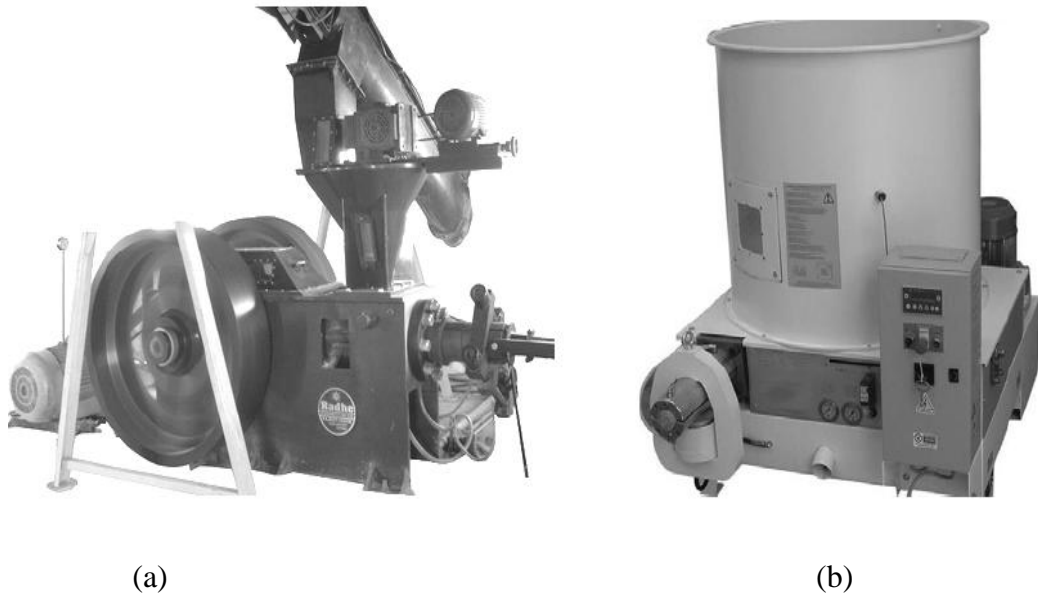
Briketleme makinaları sıkıştırma işleminin gerçekleştirilmesine bağlı olarak piston presli ve vidalı briketleme olmak üzere iki grupta toplanmıştır [30].

1.4.1.1. Piston Presli Briketleme Makineleri

Piston pres, pistonun silindir içerisine gönderilen materyali kesikli git-gel hareketiyle sıkıştırmaya ve gittikçe daralan kalıp içerisine doğru iterek briketleme yapması şeklinde çalışır (Şekil 1.10). Piston hareketini, volana bağlı krank biyel mekanizmasından veya hidrolik bir pompa mekanizmasından almaktadır. Dolayısıyla mekanik ve hidrolik iki tip piston presli briketleme makinası vardır.



Şekil 1.10. Piston Presli Briketleme Makinasının Şematik Görüntüsü [31]



Şekil 1.11. Mekanik (a) ve Hidrolik (b) Piston Presli Briketleme Makinası

Şekil 1.10'da sıkışan materyal sürtünme kuvvetiyle kalıp içerisinde sıkışır. Lignin içeren bütün odunsu selüloz malzemeler sıkıştırılmış materyali bağlamak için doğal bir yapışkan görevi yapar. Silindirik briket kalıptan çıktığında lignin katılır ve briketin silindirik şeklini korumasını sağlar. Mekanik piston presler genellikle hidrolik preslerden daha sert ve yoğun briketler üretirler. Piston presler, eğer doğru olarak şekillendirilmiş

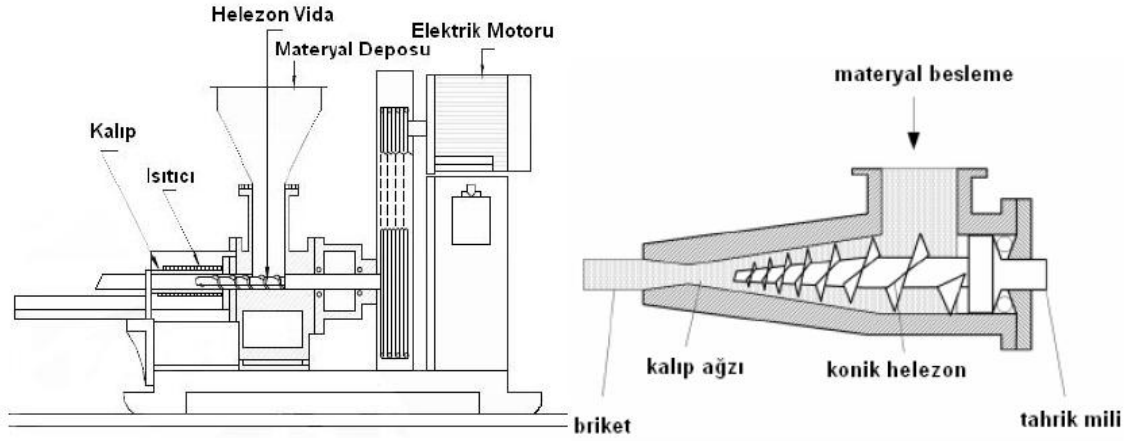
kalıplarla birlikte uygun bir şekilde kurulursa, oldukça güvenlidir. Eğer, kalıp doğru şekilde yapılmamış ise veya materyal besleme mekanizması kullanılacak olan materyale göre boyutlandırılmamışsa problemler ortaya çıkar. Pistonlu briketleme makinelerinde genel olarak makina kapasitesi ortalama 0,25-1 t/h, briket çapı 8-10 cm ve briket uzunluğu 10-30 cm' dir.

Hidrolik tahrikli piston presler mekanik tahrikli olandan farklı olarak Batı Avrupa'nın oldukça sınırlı bir bölgesinde üretilirler. Bir hidrolik makinadaki güç, mekanik olandan daha azdır ve bu nedenle daha az bakım gerektirir. Her ne kadar hidrolik pres, bazı durumlarda mekanik prese alternatif olmaya başlamışsa da hidrolik presler için uygun malzemeler kağıt, karton, gübre vb. malzemelerdir. Bunlar mekanik preslerden daha düşük kapasiteyle üretim yaptıklarından küçük kereste işleme endüstrisinden çıkan atık materyaller için uygundur. Hidrolik makinadan elde edilen briketler genellikle üretildiği yerde kullanılır. Çünkü uzak mesafelere taşımak için çok dayanıklı değildir [4].

1.4.1.2. Vidalı Briketleme Makinaları

Vidalı preslerde, materyal konik silindirik kalıpta materyali sıkıştırıran bir vida içine sürekli şekilde beslenir (Şekil 1.12). Kalıp içinde çoğu kez, lignin sıcaklığı sürtünmeden dolayı akış noktası sıcaklığına kadar yükseldiğinde, kalıp ısınır. Bu sistemlerde, basınç bir pistonun kesikli etkisinden ziyade, vida boyunca düzgün bir şekilde geliştirilir. Eğer kalıp lignin akışından dolayı yeterli bir şekilde ısınmamış ise, biokütle içine bağlayıcı materyal eklenebilir. Bu materyaller melas, nişasta veya diğer bazı organik materyallerdir. Eğer kalıp sıcaklığı normal olarak 250-300 °C çıkarsa, iyi kalitede briket yapılır. Başlangıç nemi %15' in altında olan neredeyse bütün organik materyallerde bu sıcaklık sağlanabilir. Vidalı makinelerde elde edilen briketler çoğu zaman pistonlu makinelerden elde edilen briketlerden daha dayanıklıdır.

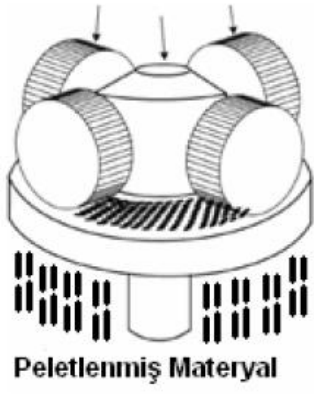
Vidalı makinelerin yatırım masrafları, boyut farklılıklarından dolayı direk kıyaslamamanın zor olmasına rağmen pistonlu makinelerden biraz daha azdır. Fakat bakım giderleri, genellikle vidaların eskimesi nedeniyle sıklıkla değiştirilme gerekliliklerinden dolayı çok daha pahalıdır. Aynı zamanda özgül enerji gereksinimleri pistonlu makinelerden daha fazladır [4].



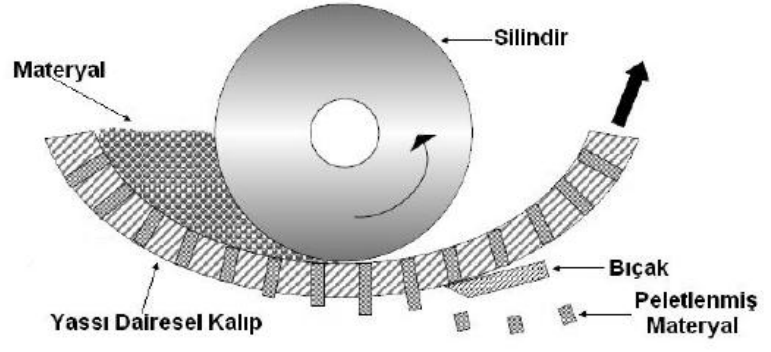
Şekil 1.12. Vidalı Briketleme Makinası ve Teknolojisi [32]

1.4.1.3. Peletleme Makinaları

Peletleme işlemi briketleme işlemiyle hemen hemen benzerdir. Temel farkları, kalıbın daha küçük çaplı (genellikle yaklaşık 30 mm' den küçük) ve her makinanın kalın disk veya halkaya delinmiş delikler şeklinde olmasıdır. Materyal silindirler (iki yada üç) vasıtasıyla kalıba sıkıştırılır. Basınç, kalıbın merkez çizgisine dik hareket eden silindirin, materyali sıkıştırmasıyla oluşturulur Şekil 1.13'te sıkıştırma hızı, piston presle kıyaslandığında önemli derecede daha yavaştır. Diğer bir deyişle, materyal içerisine sıkışan havanın çıkması için yeterli süre verilir. Kalıbın uzunluğu, yeterince basınç altında tutmak için hareketsizlik süresini kısaltabilir. Uzunlukları normal olarak çapının bir veya iki katı olunca kesilen peletler kalıptan ayrıldığında hala sıcaktırlar. Başarılı bir pelet yapma işlemi için, sıkıştırma işleminden sonra oldukça detaylı ayarlanmış bir soğutma sistemi gereklidir [30]. Pelet preslerinin düz ve çember olmak üzere iki tipi vardır. Düz kalıp, dairesel sıralı delikli disk üzerinde iki yada daha çok silindir yaklaşık 2-3 m/s hızla döner. Diğer bir deyişle, her bir delik bir silindir tarafından saniyede birkaç kez daha fazla işlenir. Diskler yaklaşık 300 mm den 1500 mm' ye kadar değişen çaplara sahiptirler. Silindirler yaklaşık 500-7500 cm² yüzey tarayacak şekilde (silindirler altında aktif alan) oluşturulmuş olup, genişlikleri 75-200 mm aralığındadır çember kalıplı presler, dönen delikli çemberin iç çevresine bastıran silindirlerden (normalde 2 veya 3 adet) oluşur. Çemberlerin iç çapları 500-6000 cm² arasında yüzey tarayacak şekilde yaklaşık 250-1000 mm arasında değişir [30].



(a)



(b)

Şekil 1.13. Düz Kalıplı (a) ve Çember Kalıplı (b) Peletleme Teknolojisi [32].

2. MATERYAL ve METOD

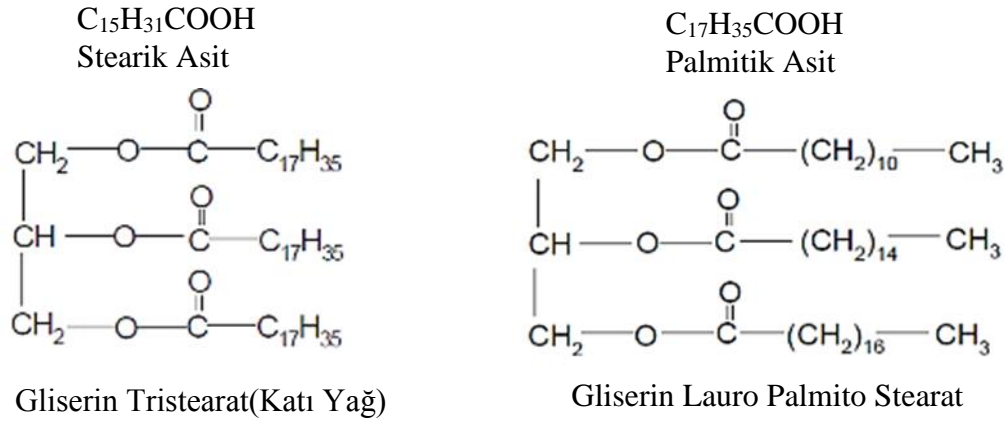
2.1. Materyal

Çalışmada, Diyarbakır ili ve çevresinde pamuk üretim miktarı ve büyükbaş hayvan sayıları hakkında birtakım bilgiler verilmiş tarıma dayalı sanayide ortaya çıkan atık pamuk saplarından ve hayvansal iç yağlardan faydalanılarak briket üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen briketlerin kalori değerleri ölçülerek, yanma sonucunda ortaya çıkan baca gazlarının analizleri yapılmıştır.

2.1.1. İç yağı

Koyun, sığır gibi memeli hayvanların vücudunda, daha çok belde ve bağırsakların dış kısmında ve böbrek çevresinde bulunan işlenmemiş ham hayvan yağı, işlenmiş hâline donyağı denir. Koyun kuyruğunda bulunan içyağına kuyruk yağı denir. İçyağı kuşçulukta besleme yağı olarak da kullanılır. İçyağının erime noktası 45°-50°C, donma noktası ise 37° - 40°C arasında değişir [33]. Koyun, sığır veya diğer büyükbaş hayvan yağları işlenerek kullanılır hale getirilir. Sığırlardan üretilen iç yağ stearin olarak bilinir. İşlenmiş iç yağlar, oksitlenmeyi önlemek için havasız kaplarda tutulmaları şartıyla, bileşimini bozmadan soğutma ihtiyacı duyulmaksızın uzun süre depolanabilir. Bu yağlar pişirme amaçlı işlerde, hayvan ve kuşyemi olarak, sabun ve mum yapımında kullanıldığı gibi, aynı zamanda biyodizel ve diğer oleokimyasalların üretiminde hammadde olarak da kullanılabilir. Endüstride bu tip iç yağlar sığır veya koyun yağı olarak tam bir biçimde tarif edilemez. [12]. Buna göre işlenmiş iç yağlar, erime noktası da dahil bazı teknik kriterleri karşılayan hayvansal yağlardır. İşlenmiş ticari iç yağlarda, domuz gibi diğer hayvanlardan elde edilen yağların kullanılması da yaygındır. Bu yağlar, haddeler arasında sıkıştırılan sac metal üretiminde gerekli yağlamayı sağlamak için çelik haddeleme endüstrisinde kullanılır. Yüzey pürüzlülüğünden dolayı haddeleme uygulamalarında yağlama işlemleri için bu yağların sentetik yağların yerine kullanılmasına doğru bir eğilim vardır. Bu yağlar lehimleme sıvısı olarak da kullanılmaktadır [12]. Hayvansal iç yağlar katı yağlardır Yapılarında büyük oranda doymuş asitlerin gliserinle oluşturdukları esterler bulundurlar. Bunlar katı olabileceği gibi yarı katı da olabilirler. Katı yağlar daha çok hayvansal ürünlerdir. Şekil 2.1' de

gösterilmişlerdir. Bileşiminde en çok palmitik asit bulunur, sırası ile laurik asit ve stearik asit de yer alır. Karışık bir gliseritte bu asitlerin her üçü de bulunabilir. Makine parçalarını yağlamada kullanılan madeni yağlar ester değil, parafin hidrokarbonların karışımıdır. Genellikle petrol ve kömürden elde edilirler ve katı yada sıvıdırlar [34].



Şekil 2.1.Katı Yağların Kimyasal gösterilişleri [34]

Aşağıda Türkiye'de yıllara göre büyükbaş hayvan sayısı verilmiştir (Tablo 2.1).
“Sığır Başına ortalama olarak elde edilen iç yağ miktarı (7-8) kg civarındadır” [35].

Tablo 2.1.Türkiye'de yıllara göre büyükbaş hayvan sayısı [36]

	Sığır - Kültür (baş)	Sığır - Kültür melezi (baş)	Sığır - Yerli (baş)	Manda (baş)
1991	1 253 865	4 033 375	6 685 683	366 150
1992	1 337 410	4 131 507	6 481 990	352 410
1993	1 442 000	4 342 000	6 126 000	316 000
1994	1 512 000	4 543 000	5 846 000	305 000
1995	1 702 000	4 776 000	5 311 000	255 000
1996	1 795 000	4 909 000	5 182 000	235 000
1997	1 715 000	4 690 000	4 780 000	194 000
1998	1 733 000	4 695 000	4 603 000	176 000
1999	1 782 000	4 826 000	4 446 000	165 000
2000	1 806 000	4 738 000	4 217 000	146 000
2001	1 854 000	4 620 000	4 074 000	138 000
2002	1 859 786	4 357 549	3 586 163	121 077
2003	1 940 506	4 284 890	3 562 706	113 356
2004	2 109 393	4 395 090	3 564 863	103 900
2005	2 354 957	4 537 998	3 633 485	104 965
2006	2 771 818	4 694 197	3 405 349	100 516
2007	3 295 678	4 465 350	3 275 725	84 705
2008	3 554 585	4 454 647	2 850 710	86 297
2009	3 723 583	4 406 041	2 594 334	87 207
2010	4 197 890	4 707 188	2 464 722	84 726
2011	4 836 547	5 120 621	2 429 169	97 632
2012	5 679 484	5 776 028	2 459 400	107 435

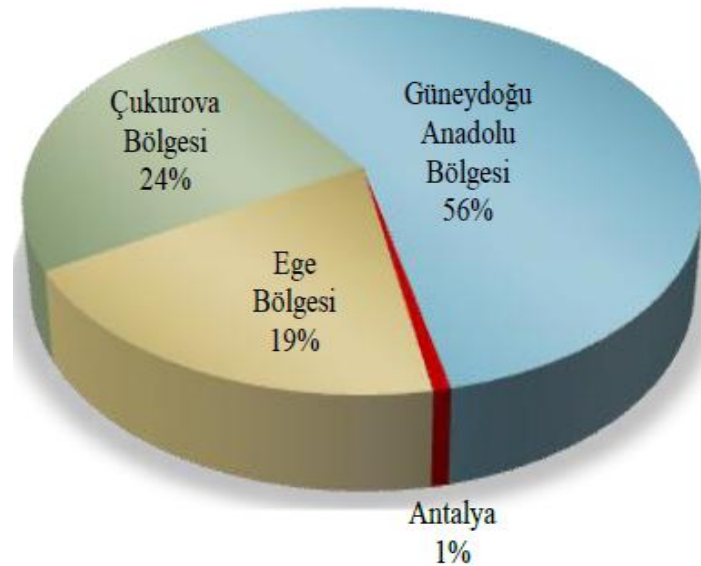
Diyarbakır, Batman, Mardin, Ş. Urfa illerinde 2011 yılı itibariyle büyük baş hayvan sayıları Tablo 2.2 'de verilmiştir.

Tablo 2.2 Diyarbakır, Batman, Mardin, Ş. Urfa illerine ait Büyük Baş hayvan Sayıları [36]

Yıl	Diyarbakır	Batman	Mardin	Ş.Urfa
2011	498bin	39bin	71bin	187bin

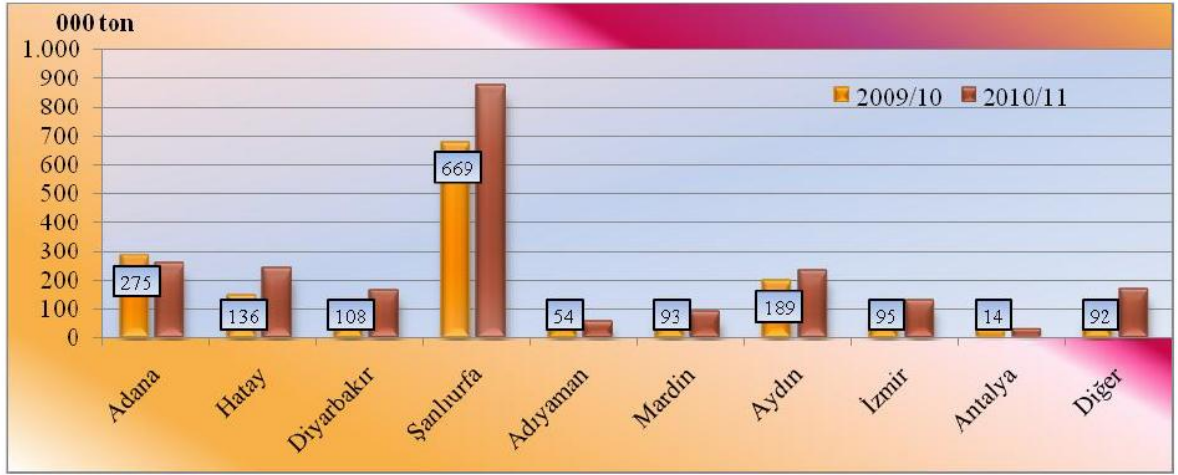
2.1.2. Pamuk

Türkiye ekonomisinde önemli bir yere sahip bulunan pamuğun yoğun olarak üretildiği dört bölge vardır. Bunlar; Ege, Çukurova, Güney Doğu Anadolu ve Antalya'dır. Türkiye'de Ege, Çukurova ve Antalya bölgelerinde pamuk tarımının geçmişi oldukça eski olmasına rağmen, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde sulama olanaklarının gelişmesi ile bu bölgede üretim alanları artmış ve pamuk üretiminde ön plana çıkmıştır. 2009/10 pamuk üretim sezonunda Şekil.2.2.'de görüleceği üzere Türkiye'nin toplam pamuk üretiminin yaklaşık %55'i Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşmiştir. Bu bölgeyi sırasıyla Ege (%18), Çukurova (%27) ve Antalya Bölgeleri (%1) izlemiştir. Güneydoğu Anadolu bölgesi'nin Türkiye pamuk ekim alanları içindeki payı 1980/81 sezonunda %8 iken, 2009/10'da %56'ya yükselmiştir. Ekim alanlarındaki bu artışın birinci nedeni GAP (Güneydoğu Anadolu Projesi)' in devreye girmesidir. GAP Projesi çerçevesinde yeni ekim alanlarının sulamaya açılması ile bu oran her yıl artmaktadır. Bölgedeki üretim ve verim, ekim alanlarına paralel olarak artmıştır [37].



Şekil 2.2. Türkiye'de Pamuk Ekim Alanlarının Bölgelere Göre Dağılımı [37]

Türkiye pamuk üretiminin yarısından fazlası Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden karşılanmaktadır. Bölgede 2009/10'da 236 bin ha alanda 349 bin ton üretim yapılmıştır. Ortalama pamuk verimi 1273 kg/ha olarak gerçekleşmiştir. Şekil.2.3'te gösterildiği üzere Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde en fazla pamuk ekim alanına sahip olan iller Şanlıurfa, Diyarbakır, Mardin, Adıyaman, Gaziantep, Şırnak' tır [37].



Şekil.2.3. Türkiye'de Pamuk Üretimi Yapan Başlıca iller ve Kütlü Pamuk Üretim Miktarları [37]

2.1.3. Deneysel Çalışma

Diyarbakır ilinde üç farklı tarladan toplanan pamuk sapsarı (Şekil 2.4) karıştırılmış (40-45) °C de güneş ışığı altında kurutma işlemine tabi tutulmuştur,



Şekil 2.4. Tarladan Toplanan Pamuk Sapsarı

Daha sonra Şekil 2.5' te gösterildiği üzere 1-20 mm boyutlarına getirilinceye kadar parçalama, inceltme, öğütme işlemlerinden geçirilerek briketleme işlemine hazır hale getirilmiştir.



Şekil 2.5. Parçalama, İnceltme İşlemine Tabi Tutulmuş Pamuk Sapları

Briketleme işleminde kullanılacak iç yağı mezbahanelerden temin edilmiştir (Şekil 2.6)



Şekil 2.6. Hayvansal İç Yağ

2.1.3.1. Deneysel Çalışma Amacıyla Üretilen Malzemeler

Deneysel çalışmada briketleme amacıyla Şekil 2.7'deki pres ve Şekil 2.8'de gösterilen kalıplar kullanılmıştır. Bu aparat ve kalıplar Diyarbakır'daki Türkiye Elektro Mekanik Sanayi tesislerinde çelik malzemeden üretilmiştir.



Şekil 2.7. Pres Aparatı



Şekil 2.8. Deney Kalıpları

2.1.3.2. Deneysel Çalışmada Kullanılan Aletler

1 adet 1-3000 gr (Şekil 2.9) aralığında hassas ölçüm yapabilen tartı aleti ve kalıplara konulan malzemeyi sıkıştırmada kullanılan Proter marka (Şekil 2.10) 15 tonluk hidrolik kriko.



Şekil 2.9. Hassas Tartı Aleti



Şekil 2.10. 15 Tonluk Hidrolik Kriko

2.1.3.3. Briket üretimi

Parçalama, inceltme, öğütme ve kurutma işlemlerinden geçirilen pamuk sapsarı hassas tartıda tartılmak suretiyle kütleli olarak % (0-5-10-15-20-25) oranlarında hayvansal iç yağ ile karıştırılmak suretiyle, briket malzemesi hazırlanmıştır. Hazırlanan briket malzemesi kalıplara doldurularak Şekil 2.11’de 15 tonluk hidrolik krikonun ve Şekil 2.12.’de gösterilen aparat yardımıyla preslenmiştir. Preslenen briket malzemesi yaklaşık olarak 1 dakika kadar pres altında bekletildikten sonra kalıplardan çıkarılmış ve bu şekilde istenilen briketler elde edilmiştir. Briket elde etme işlemi üç farklı ölçüdeki kalıplarla gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.8’de görüleceği üzere soldan sağa doğru I. II. ve III. olmak üzere dairesel kesitli üç farklı kalıp mevcuttur ve farklı kalıp ölçülerinden dolayı briketlere etki eden basınç Tablo 2.3’te gösterilmiştir.

Tablo 2.3. I. II. III. Numaralı Kalıplara Uygulanan Basınç Değerleri

	I. Kalıp	II. Kalıp	III. Kalıp
Uygu. Kuvvet(F)	15000kg.9.8m/s ² =147105N	F=147105N	F=147105N
Çap ölçüsü(D)	150mm=0.150m	105mm=0.105m	45mm=0.045m
Yüzey Alanı(A)	0.0176625m ²	0.0086546 m ²	0.001589m ²
Uygu. Basınç(P)	P=F/A=8.32MPa	P=F/A=17MPa	P=F/A=92.54MPa

Briketlere uygulanan basınç arttıkça briketlerin dayanımının arttığı tespit edilmiştir. Farklı kalıplarda üretilen briketler Şekil 2.13’te görülmektedir. Briket üretimi esnasında herhangi bir ısı kaynağı veya birleştirici malzeme kullanılmamıştır. Briketler tamamıyla soğuk pres altında imal edilmiştir. İstenilen nitelikteki briketler Şekil 2.14’te 90MPa basınçtan sonra elde edilmiştir.



Şekil 2.11. Briket Malzemesinin Kalıplara Doldurulması



Şekil 2.12. Briket Malzemesinin Kalıpta Preslenmesi



Şekil 2.13. Üç farklı Kalıpta Üretilen Briketler



Şekil 2.14. İstenilen Nitelikteki Briketler

3.BULGULAR

3.1. Briketlerin Isıl Değerlerinin Tespiti

Briketlerin Kalori değerleri Batman Üniversitesi Batman Meslek Yüksekokulu Kimya Programı laboratuvarlarında yapılmıştır. Kullanılan kalorimetre ölçüm cihazının markası IKA C5000-5003'tür Şekil 3.1'de gösterilmiştir Briketler önce öğütülerek elekten geçirilmiştir. Daha sonra hassas tartı da tartılmak suretiyle kalorimetre cihazında bomba diye tabir edilen bölüme yerleştirilerek cihaza start verilmiştir. Kalorimetre cihazında bir ölçüm işlemi yaklaşık 15 ila 30 dakika sürebilmektedir. Altı farklı numune için ölçümler yapılmıştır. Her numune için ölçüm üç kez tekrarlanmıştır.



Şekil 3.1. IKA C5000-5003 Kalori Ölçüm Cihazı

Değişik yağ oranlarına sahip, altı farklı briket numunesinin kalorimetre cihazında alınan ölçüm sonuçları Tablo 3.1' de verilmiştir.

Tablo 3.1. Briketlerin (cal/gr) Olarak Ölçülen Değerleri

Briketlerin Kütlesel Yağ Oranı(%)	Briketlerin Kütlesel Pamuk Sapı(%)	1.Ölçüm cal/gr	2.Ölçüm cal/gr	3.Ölçüm cal/gr	Ortalama cal/gr
0	100	3802	3942	3796	3847
5	95	3855	4284	4180	4106
10	90	4840	4800	4746	4795
15	85	5104	5167	5176	5149
20	80	5146	5216	5158	5173
25	75	5207	5385	5293	5295

3.2. Briket Malzemesinin Elementel Analizi

Briket malzemesinin elementel analizleri Dicle Üniversitesi Merkez Laboratuvarında yapılmıştır. Analiz cihazı olarak Şekil 3.2’ de gösterilen Costech Instruments Element Analiz Cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.2. Costech Elementel Analiz Cihazı

Elementel analiz işlemi önce pamuk saplari için yapılmıştır, analiz sonucu Tablo 3.2.’de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Pamuk Saplarının Elementel Analizi

Bileşen Hammadde(%)	%C	%H	%O	%N	%S
Pamuk Tarla Atığı	40,07	6.32	42.15	1,31	0.15

Elementel analiz işlemi hayvansal iç yağı içinde yapılmıştır, analiz sonucu Tablo 3.3.'te gösterilmiştir. Pamuk saplarının kül içeriği literatürde %10 civarında kabul edilmektedir %O içeriği, belirlenen diğer elementlerin ve kül içeriğinin toplamını 100'e tamamlayan değerdir.

Tablo 3.3. Hayvansal İç Yağının Elementel Analizi

Bileşen Hammadde(%)	%C	%H	%O	%N
Hayvansal İç yağı	66.3	10.75	22.41	0.53

Briketlerin elementel içeriği ısı değeri hakkında fikir vermektedir. Literatürde elementel analize bağlı olarak ısı değerinin hesaplandığı eşitlikler vardır. Bunlardan biride aşağıda verilmiştir.

Van Loo ve Koppejan tarafından verilen eşitlik [38];

$$HHV = [0,3491 (C) + 1,1783 (H) + 0,1005 (S) - 0,1034 (O) - 0,0151 (N) - 0,0211 (Ash)]$$

HHV :Üst Isıl Değer (MJ/kg)

C :Yüzelik Karbon Oranı

H :Yüzelik Hidrojen Oranı

S :Yüzelik Kükürt Oranı

O Yüzelik Oksijen Oranı

N :Yüzelik Azot Oranı

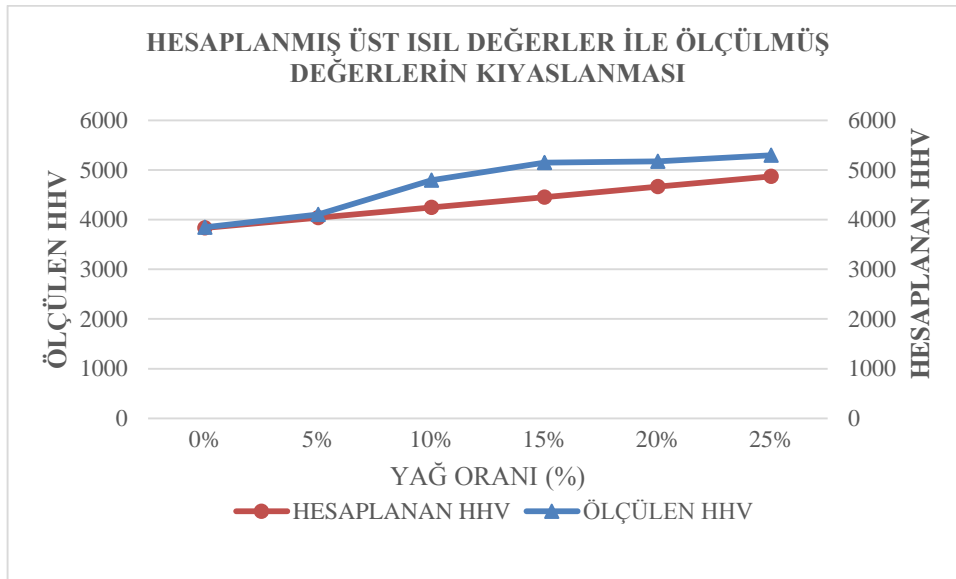
Ash :Yüzelik Kül Oranı

Eşitlikler incelendiğinde, materyalin ısı değerinin hesaplanmasında, C, H ve S içeriklerinin ısı değere pozitif etkisinin olduğu görülmektedir. Diğer yandan, O, N ve külün ısı değeri üzerine negatif bir etkisi vardır [4]. Van Loo ve Koppejan'ın kullandığı eşitlikten faydalanılarak pamuk saplarının üst ısı değeri (HHV) 3831cal/gr olarak hesaplanmıştır. Buda ölçümle bulduğumuz 3847 cal/gr değerine oldukça yakındır. Hayvansal iç yağın ölçüm

sonucunda bulunan değeri 9125cal/gr'dır, literatürde kalori değeri 38-39,7 MJ / kg (9075-9481) cal/gr olarak verilmiştir [39]. Ölçülen değerin literatür değerlerine oldukça yakın olduğu gözlenmektedir. Van Loo ve Koppejan kullandığı eşitlik kullanılarak hesaplanmış üst ısıl değerler HHV ile ölçülmüş değerlerin kıyaslanması Tablo 3.4 ve Şekil 3.3' teki grafikte gösterilmiştir.

Tablo 3.4. Hesaplanmış Üst Isıl Değerler İle Ölçülmüş Değerlerin Kıyaslanması

Briketlerin Kütleli Yağ Oranı(%)	Ölçülmüş HHV cal/gr	Hesaplanmış HHV cal/gr
0	3847	3831
5	4106	4039
10	4795	4248
15	5149	4456
20	5173	4664
25	5295	4873



Şekil 3.3. Hesaplanmış Üst Isıl Değerler İle Ölçülmüş Değerlerin Kıyaslanması

3.3.Briketlerin Yakılması ve Baca Gazı Emisyonlarının Belirlenmesi

Briketler yanma özelliklerinin ve çevresel etkilerinin belirlenmesi amacıyla ev tipi sac bir sobada (Şekil 3.4) yakılmış ve yanma sonucunda baca gazı emisyonları ölçülmüştür. Briketlerin yanması sonucunda oluşan baca gazı emisyonlarının ölçümünde, Madur GA-21

Plus cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.6). Briketlerin yanması sonucunda oluşan, baca gazındaki O₂, CO₂, CO, SO₂ ve NO_x miktarları belirlenmiştir. Ayrıca yanma verimi değerleri de ölçülmüştür. Cihazın ölçüm algılayıcısı sobanın baca borusu üzerine soba çıkışından yaklaşık 2m yükseklikte baca çıkışına 1m kala açılan deliğe yerleştirilmiştir. Algılayıcı, uç noktası boru kesitinin merkezine gelecek kadar baca deliğinden içeriye sokulmuştur.

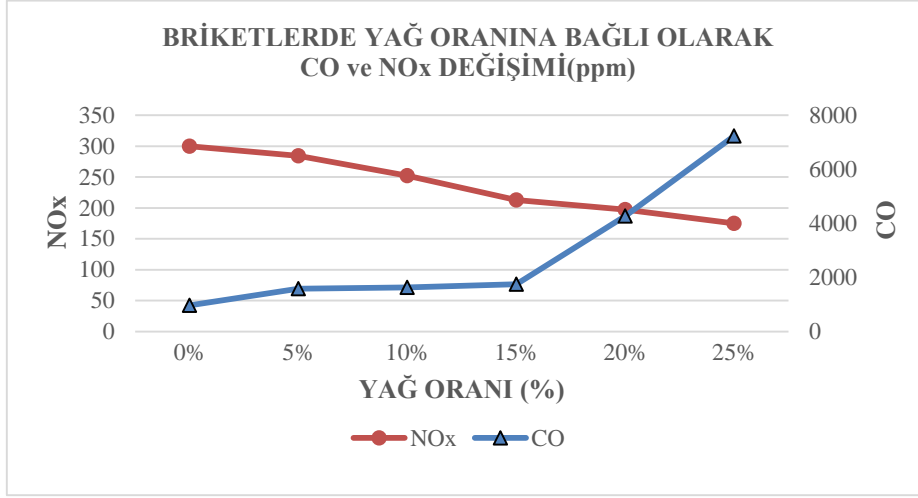


Şekil 3.4. Deneysel Çalışmanın Yapıldığı Ev Tipi Soba

Briketler sobaya yerleştirilmeden önce, bir miktar odun yakılmış ve yanma belirli bir rejime ulaştıktan sonra, yaklaşık 2-3 kg briket sobaya atılmıştır. Briketler iyice tutuştuktan sonra ölçümler alınmıştır. Her numune için aynı miktarda briket kullanılmıştır. Ölçümler briketlerin iyice tutuştuğu esnada yapılmıştır. Briketlerin yanma sonucu oluşan baca gazı emisyon değerleri Tablo 3.5’ te verilmiştir. Bu tabloya bağlı olarak Şekil 3.5’ te yağ oranına bağlı olarak CO ve NO_x değişimi gösterilmiştir.

Tablo 3.5. Briketlerin Ölçülen En Yüksek Baca Gazı Emisyon Değerleri

Briketlerin Kütleli Yağ Oranı (%)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	CO (ppm)	NO (ppm)	NO _x (ppm)	SO ₂ (ppm)
0	9.34	10.75	962	281	300	0
5	10.85	9.35	1582	263	284	0
10	10.18	10.13	1635	236	252	0
15	11.30	8.94	1748	202	213	0
20	4.53	15.21	4273	183	197	105
25	3.28	16.36	7228	166	175	175



Şekil 3.5. Briketlerde Yağ Oranına Bağlı Olarak Baca Gazında Oluşan CO ve NO_x Değişimi



Şekil 3.6. Madur GA-21 Baca Gazı Ölçüm Cihazı

Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde (IKHKKY) biokütle ve odun yakıtı için verilen emisyon sınır değerleri Tablo 3.6' da gösterilmiştir [40].

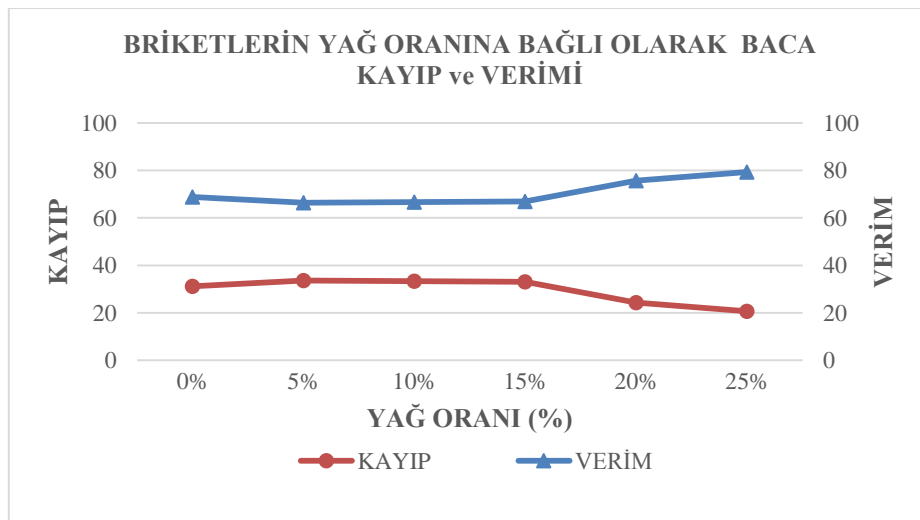
Tablo 3.6. Briketlerin Baca Gazı Emisyonları ve İKHKKY Sınır Değerleri [40].

Briketlerin Kütleselel Yağ Oranı(%)	O2 (%)	CO2 (%)	CO (mg/Nm ³)	NO (mg/Nm ³)	NO _x (mg/Nm ³)	SO ₂ (mg/Nm ³)
İKHKKY	13	20.5	4000	400	400	200
0	9.34	10.75	1201	376	401	0
5	10.85	9.35	1976	352	380	0
10	10.18	10.13	2042	316	337	0
15	11.30	8.94	2183	270	285	0
20	4.53	15.21	5336	245	263	300
25	3.28	16.36	9027	222	234	498

Briketlerin yanma süresince yanma verimleri, baca kayıpları ve hava fazlalık katsayısı değerleri yağ oranlarına bağlı olarak, gaz ölçüm cihazı tarafından ölçülmüş bulunan değerler Tablo 3.7 ve Şekil 3.7' de verilmiştir.

Tablo 3.7. Briketlerin Yanma Verimi Ve Hava Fazlalık Katsayısı Değerleri

Briketlerin Kütleselel Yağ Oranı (%)	Verim	Baca Kaybı	Fazla Hava Katsayısı
%0	68.8	31.2	1.8
%5	66.4	33.6	2.07
%10	66.6	33.4	2.11
%15	66.9	33.1	2.17
%20	75.7	24.3	1.32
%25	79.3	20.7	1.19



Şekil 3.7. Briketlerin Yağ Oranına Bağlı Olarak Baca Kayıp ve Verim Grafiği

4. SONUÇLAR

Güneydoğu Anadolu bölgesi özellikle de Diyarbakır ve çevre illerinde bol miktarda ekilmekte olan tarıma dayalı sanayide ortaya çıkan pamuk saplarından ve atık hayvansal iç yağlardan faydalanılarak briket üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen briketlerin kalori değerleri ölçülerek, yanma sonucunda ortaya çıkan baca gazlarının analizleri yapılmıştır.

Bu çalışmadan aşağıda belirtilen sonuçlar elde edilmiştir;

- Güneydoğu Anadolu bölgesinde 100bin ton/yıl pamuk ve çırçır atığının ortaya çıktığı tespit edilmiştir[37].
- Güneydoğu Anadolu bölgesinde incelenen bu atıkların yıllık yaklaşık 1591GJenerji potansiyelinin olduğu belirlenmiştir. Bu da yaklaşık 38 Btep enerji potansiyeline karşılık gelmektedir [18,37].
- Briketleme işleminde 90Mpa basınçta sıkıştırma direncinin aşıldığı ve istenilen nitelikte briketlerin elde edildiği tespit edilmiştir.
- Pamuk saplarının elementel analizleri yapılmış % 40.07 C , % 6.32 H, % 42.15 O , %1.31N , %0.15 S olduğu tespit edilmiştir.
- Hayvansal iç yağın elementel analizi yapılmış % 66.3 C , %10.75 H , % 22.41 O, % 0.53 N olduğu tespit edilmiştir.
- Briket yapımında kullanılan pamuk saplarının ısı değerinin 3847 cal/gr, hayvansal iç yağın ısı değerinin 9125 cal/gr olduğu ve bu değerlerin [39] numaralı literatürde verilen değerlere uygun olduğu tespit edilmiştir.
- % (0-5-10-15-20-25-25) yağ oranına sahip briketin ısı değeri (3847- 4106-5028 5149- 5173-5295) cal/gr olarak tespit edilmiş ve ısı değerlerin yağ oranına bağlı olarak arttığı gözlemlenmiştir.
- Briketlerin yanması sonucunda açığa çıkan baca gazı emisyon değerleri %20 yağ oranına kadar, Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen, kabul edilebilir değerlerin altında olduğu, özellikle SO₂'in açığa çıkmadığı gözlemlenmiştir.
- %20 ve %25 yağ oranına sahip briketlerin yanması sonucunda baca gazlarında açığa çıkan CO ve SO₂ miktarının normalin üzerinde olduğu gözlemlenmiştir.
- Baca gazları içindeki %O₂ ve CO₂ miktarlarının, Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen kabul edilebilir değerlerin altında olduğu gözlemlenmiştir.

- Maksimum yanma verimlerinin % 68.8 - 79.3 arasında olduğu ve briketlerdeki yağ oranının artmasına paralel olarak veriminde arttığı gözlemlenmiştir.
- Baca gazlarındaki NO ve NO_x değerlerinin briketlerdeki yağ oranının artmasına paralel olarak azaldığı gözlemlenmiştir.

5. ÖNERİLER

Pamuk sapı ve atık hayvansal iç yağlardan elde edilen %(0-5-10-15) yağ oranına sahip briketlerin, ısı değerlerinin (3800-4100) cal/gr olması ve baca gazı değerlerinin Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde (IKHKKY) biokütle ve odun yakıtı için verilen emisyon sınır değerlerinin altında olması bize çevre dostu bir yakıt olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Güneydoğu Anadolu bölgesinde 100bin ton/yıl pamuk ve çırçır atığının ve bu atığın enerji değerinin 38 (Btep) Bin ton Petrol'e eşdeğer olması bunun araştırılmaya değer olduğunu ortaya koymaktadır[18,37]. Petrol ithal eden bir ülke olduğumuz düşünüldüğünde,

Türkiye genelinde yıllık üretimi 50 milyon tonu geçen potansiyel yıllık bitki artıklarının optimum bir şekilde değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir.[2] Genel olarak ülkemizde yüksek potansiyeli olan ve gereği gibi değerlendirilemeyen biokütlenin yakıt briketi olarak değerlendirilmesi, ülkemizin enerji problemine olumlu yönde fayda sağlayacaktır [5].

KAYNAKLAR

- [1] **Fidan, M., Bozali, N., Ertai, M., Alma, H., Bölek, Y.**, 2008 Alternatif Enerji Kaynağı Katı Atıklardan Yakıt Briketi Üretimi VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES'2008 17-19 Aralık, İstanbul
- [2] **Demirbaş, A., Bakış, R.**, 2004. Energy from Renewable Sources in Turkey. Energy Sources, Vol. 26, pp: 473-484.
- [3]. **McKendry, P.**, 2002 “Energy Production From Biomass (Part 1): Overview of Biomass”, Bioresource Technology, 83: 37-46, 2002.
- [4] **Karaca, C.**, 2009. Çukurova Bölgesindeki Tarıma Dayalı Sanayi Atıklarının Enerjiye Dönüşüm Olanaklarının İncelenmesi, *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [5] **Kürklü, A. Bilgin, S.**, 2005. Biokütle Briketleme Makinaları ve Uygulamaları: Literatür Taraması. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı: 252-256, 19-21 Ekim 2005, Mersin.
- [6] **Dahiloğlu, E.**, 2008. Kömür Biokütle karışımlarının Briketlenmesi Yüksek Lisans Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul.
- [7] **Ünal, H., Alibaş, K.**, 2002. Buğday ve Ayçiçeği Saplarının Yakılmasından Elde Edilen Enerjinin Maliyeti ve Diğer Yakıtlarla Karşılaştırması Uludağ Üniv. Zir. Fak. Derg., 16(2): 101-112, Bursa.
- [8] **Turan, A.**, 2009. Linyit Biokütle Karışımlarının Oksijen Ortamında Yakılması İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [9] **Çubuk, M., Gülen, J., Tepecik, A.**, 2008. Kömür ve Biokütle Karışımının Yakılması Sonucu Oluşacak Sıcaklık Dağılımının Modellenmesi, Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi, 20 (4), 635-640,
- [10] **Demirbaş, A., ŞAHİN, A.**, 1998. Evaluation of biomass residue 1. Briquetting waste paper and wheat straw mixtures. Fuel Processing Technology, 55: 175-183.
- [11] **Demirbaş, A.**, 1999. Evaluation of Biomass Materials as Energy Sources : Upgrading of Tea Waste by Briquetting Process. Energy Sources, 21:215-220.

- [12] **Altun Ş., Öner,C.**,2008. Hayvansal iç yağlardan Transesterifikasyon reaksiyonu ile biyodizel üretilmesi ve bir dizel motorunda kullanılabilirliğinin deneysel araştırılması, Doğu Anadolu Araştırmaları dergisi cilt 6- sayı3
- [13] <http://www.enerji.gov.tr>, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 11 Mayıs 2013.
- [14] **Taner F., Halisdemir B., ve Pehlivan, E., ve Ardiç, İ.**, 2003. Türkiye’de Biokütle Potansiyeli ve Enerjisi V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi.
- [15] **Demirbaş, A., Bakış, R.**, (2004). Energy from Renewable Sources in Turkey. Energy Sources, Vol. 26, pp: 473-484.
- [16] **Parikka, M.**, (2003). Woody Biomass Resources in Europe.
- [17] **Konukçu, M.**, (1999). **Turkish Forestry, The State Planning Organization, Ankara.**
- [18] **Bolat, M.**, (2005). Use of Biomass Sources for Energy in Turkey and a View to Biomass Potential. Biomass and Bioenergy, Vol. 29, pp: 32-41.
- [19] **Saraçoğlu, N.**, (2007). The Importance of Bioenergy and Energy Forestry for Turkey. Zero Emission Power Generation Workshop, 16-18 Nisan 2007, Gebze.
- [20] **Başçetinçelik, A., Öztürk, H.H., Karaca, C., Kacıra, M., Ekinci, K.,Kaya, D., Baban, A.**, 2004. First Progress Report of Exploitation of Agricultural Residues in Turkey. LIFE 03.
- [21]. **Başçetinçelik, A., Öztürk, H.H., Karaca, C., Kacıra, M., Ekinci, K.,Kaya, D., Baban, A.**, 2005. Interim Report of Exploitation of Agricultural Residues in Turkey. LIFE 03.
- [22]. **Klass, D.L.**, 1998. Biomass for Renewable Energy, Fuels, and Chemicals, Academic Pres, San Diego.
- [23] **Demirbağ, A.**, 2001: Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals, *Energy Conversion and Management*, **42**, 1357-1378.
- [24]] **Demirbas, A.**, 2008: Importance of biomass energy sources for Turkey, Energy Policy, 36, 834-842
- [25] **Saxena, R.C., Adhikari, D.K. and Goyal, H.B.**, 2009. Biomass-based energy fuel through biochemical routes: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13, 167-178.

- [26] **Baxter, L.**, 2005. Biomass-coal co-combustion: opportunity for affordable renewable energy, *Fuel*, 84, 1295-1302.
- [27] **Tecer L. H.**, 2011. Hava Kirliliği ve Sağlığımız. *Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim*, Aylık Eğitim Dergisi ISSN-1302-5600, Sayı 135, Balıkesir.
- [28] **Saral, A.**, 2011. Hava kirliliği nedir, Ülkemizdeki Durumdan Kesitler. *Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim*, Aylık Eğitim Dergisi ISSN-1302-5600, Sayı 135, Balıkesir.
- [29] **Öztürk, H.H.**, 2008. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Kullanımı. Teknik Yayınevi, ISBN 978-975-523-042-9, Ankara.
- [30] **Eriksson, S., Prior, M.**, 1990. The briquetting of agricultural wastes for fuel. FAO Environment and Energy Paper 11, FAO of the UN, Rome-Italy.
- [31] **Werther, J., Saenger, M., Hartge E.U., Ogada, T., Siagi, Z.**, 2000. Combustion of agricultural residues. *Progress in Energy and Combustion Science* 26, 1–27.
- [32] **Dutta, A.**, 2007. E-learning course Lecture 3: Bio-energy for achieving MDGs. Asian Institute of Technology, www.energyforumasia.org.
- [33] <http://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0%C3%A7ya%C4%9F%C4%B>, 18 Mayıs 2013.
- [34] Milli Eğitim Bakanlığı Meslekî Eğitim ve Öğretim sisteminin güçlendirilmesi Projesi, Kimya Teknolojisi Yağlar Ve Yağ Analizleri Ders Notları 2008.
- [35] **Altuntaş, M., Arpacık R.**, Farklı Yaşlarda Besiye Alınan Simental Tosunlarda Besi Performansı ve Optimum Kesim Ağırlıklarının İncelenmesi. http://www.turkvvet.biz/yazi/yet_simental_besi.htm
- [36] Türkiye İstatistik Kurumu <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=13512>
7 Ocak 2014
- [37] **Özüdoğru , T.**, Aralık 2011. TEPGE YAYIN NO: 197 ISBN: 978-975-407-337-9
ISSN: 1303-8362
- [38] **Van loo, S., Koppejan, J.** 2008. The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing. ISBN: 978-1-84407-249-1. Earthscan, London, UK.
- [39] <http://www.sustainability.vic.gov.au/> BIOMASS ENERGY SERVICES & TECHNOLOGY PTY LTD 5 Ocak 2014
- [40] **İsımmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği.** Resmi Gazete Tarihi: 13.01.2005 Resmi Gazete Sayısı: 25699

ÖZGEÇMİŞ

1972 yılında Siirt'in Kurtalan ilçesinin Kayabağlar köyünde dünyaya geldim İlkokul, Ortaokul ve Lise öğrenimimi Diyarbakır'da da tamamladım. 1990 yılında Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü' nü kazandım 1994 yılında mezun oldum. Halen, Dicle Üniversitesi Diyarbakır Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri programında Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktayım. Evli ve üç çocuk babasıyım.