

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

**YAĞ GÜLÜ (*Rosa damascena* Mill.) DAMITMA ATIKLARININ
BRİKETLENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

HAŞMET EMRE AKMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

2012

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAĞ GÜLÜ (*Rosa damascena* Mill.) DAMITMA ATIKLARININ
BRİKETLENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

HAŞMET EMRE AKMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

Bu tez 16/07/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Osman YALDIZ.....
(Danışman)

Prof.Dr. Kamil EKİNCİ.....

Yrd.Doç.Dr. Sefai BİLGİN.....

ÖZET

YAĞ GÜLÜ (*Rosa damascena* Mill.) DAMITMA ATIKLARININ BRIKETLENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Haşmet Emre AKMAN

Yüksek Lisans Tezi, Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Osman YALDIZ

Haziran 2012, 57 Sayfa

Bu çalışmada, Isparta bölgesindeki gül yağı işleme tesislerinden çıkan atıkların katı yakıt olarak kullanılması için briketlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada maksimum sıkıştırma basıncı 350 MPa olan hidrolik pres ve 150 mm yüksekliğinde 60 mm ve 80 mm iç çapa sahip silindirik kalıplar kullanılmıştır. Denemelerde materyal nem içeriği %83.34 olarak belirlenmiştir. Briketleme işlemi 35 MPa sıkıştırma basıncında, 30 saniye basınç uygulama zamanında ve çevre şartlarında gerçekleştirilmiş ve briketleme işlemi için materyal ön işleme tabii tutulmamıştır. Gül yağı işleme atıkları kömür tozu ile 4 farklı oranlarda (%100 gül yağı atığı, %75 gül yağı atığı - %25 kömür tozu, %50 gül yağı atığı - %50 kömür tozu, %25 gül yağı atığı - %75 kömür tozu) karıştırılarak briketlenmiştir. Briketlerin fiziksel özellikleri ile ilgili olarak yoğunluk, düşme dayanıklılık direnci (tumbler direnci), kırılma direnci (shatter direnci), su alma direnci, hava nemi direnci (eşdeğer nem içeriği) değerleri belirlenmiştir. Ayrıca briketlerin geleneksel kovalı tip sobada yakılması sonucu atmosfere salınan baca gazı emisyon değerleri ölçülmüştür. Test öncesi briketler 7 gün süre ile çevre şartlarında bekletilmiştir.

Çalışma sonunda 100 mm yüksekliğinde, 60 mm deliksiz ve 80 mm çapında 20 mm merkezi delikli briketler elde edilmiştir. Briketlerin yoğunlukları yaş bazda 1239-1274 kg/m³ arasında değişmiştir. Fiziksel testler sonunda en düşük kırılma direnci (shatter direnci), düşme dayanıklılık direnci (tumbler direnci), hava nemi alma direnci, ve

1.dakika sonunda su alma direnci sırası ile %95.24, %30.45, %97.37 ve %60.64 olarak belirlenmiştir. Yanma sonucu ölçülen baca gazı emisyon değerlerinin ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğinin kontrolü yönetmeliğinde belirtilen sınır değerlerin altında olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Gül yağı işleme atıkları, hidrolik tip pres, briketleme, fiziksel testler, baca gazı emisyonları

JÜRİ: Prof.Dr. Osman YALDIZ

Prof.Dr. Kamil EKİNCİ

Yrd.Doç.Dr. Sefai BİLGİN

ABSTRACT

A RESEARCH ON THE BRIQUETTING OF ROSE OIL(*Rosa damascena* Mill.) DISTILLATION WASTES

Haşmet Emre AKMAN

M. Sc. Department of Agricultural Machinery

Supervisor: Prof. Dr. Osman YALDIZ

June 2012, 57 Pages

In this study, briquetting of rose oil processing wastes obtained from rose oil plants in the province of Isparta for utilization as solid fuel was aimed. In the experiments, a hydraulic press with maximum compression pressure of 350 MPa and cylindrical dies with height of 150 mm and inner diameter of 60 mm and 80 mm were used. The moisture content of the raw material used in the experiments was 83.34%. The samples were briquetted at room temperature without using a binder for 30 seconds under pressure of 35 MPa. Rose oil processing wastes briquetted coal powder is mixed in different proportions to 4 (100% waste rose oil, rose oil, waste of 75% - 25% coal dust, waste oil, rose by 50% - 50% of coal dust, waste oil, rose by 25% - 75% coal dust). Physical properties of briquettes such as briquette density, tumbler index, shatter index, water resistance, moisture content and equivalent humidity content were determined. Also, during burning of the briquettes in a traditional bucket type stove, flue gas emissions were measured by a flue gas analyzer. All briquettes were stored under ambient conditions for 7 days before testing.

At the end of the study, 100 mm height and 60 mm diameter without central hole and 80 mm diameter with 20 mm central hole briquettes were produced. The density values of briquettes in wet basis varied between 1239-1274 kg/m³. At the end of the physical tests, the lowest values of shatter index, tumbler index equivalent humidity content and water resistance at the end of the first minute were 95.24%, 30.45%, 97.37% and

60.64%, respectively. The flue gas emissions were found below the limit values given in The Regulation on Air Pollution caused by Heating.

KEY WORDS: Rose oil processing wastes, briquetting, type of hydraulic pres, physical properties of birquettes, flue gas emissions

COMMITTEE: Prof.Dr. Osman YALDIZ

Prof.Dr. Kamil EKİNCİ

Yrd.Doç.Dr. Sefai BİLGİN

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanmasında ve araştırılmasında her türlü bilgi ve öneriyle bana yön veren, danışman hocam Sayın Prof. Dr. Osman YALDIZ' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda, yardımlarını ve desteğini esirgemeyen tez savunma jürisinde yer alan Prof. Dr. Kamil EKİNCİ'ye ve Yrd. Doç. Dr. Sefai BİLGİN' e teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca bana yardımcı olan tarım makinaları atölyesi çalışanlarına, atölyede çalışma imkanı sağlayan Tarım Makinaları Bölüm Başkanlığına, Değerli Öğretim Elemanlarına, istatistiksel analizlerde her türlü desteği veren Sayın Doç. Dr. Davut KARAYEL' e ve çalışma arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

S.D.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne projede sağladıkları maddi kaynak için teşekkür ederim.

Tez çalışmamda, bilgi ve deneyimlerini sunan Yrd. Doç. Dr. Yakup UMUCU'ya teşekkür ederim.

Beni bugünlere getiren, sonsuz özveri ve olanakları sağlayan, her zaman sevgisini ve desteklerini hissettiğim aileme ve özellikle anneme derin duygularıyla teşekkür ederim.

Herşeyimi paylaştığım, benden hiçbir zaman sevgisini ve desteğini eksik etmeyen Ziraat Mühendisi Ecehan TARCAN' a sevgiyle teşekkür ederim.

Haziran 2012

Haşmet Emre AKMAN

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1.GİRİŞ	1
1.1.Biyokütle Enerjisinin Durumu	3
1.2.Briketleme ve Biyokütlenin Briketlenmesi.....	3
1.2.1.Briketlemenin ana temelleri	4
1.2.2.Briketleme teknolojileri.....	5
1.2.2.1.Piston tip pres teknolojileri.....	5
1.2.2.2.Vidalı (helezon) tip pres teknolojileri.....	7
1.2.2.3.Hidrolik tip pres teknolojileri.....	9
1.3.Çalışmanın Amacı	10
2.KURAMSAL BİLGİLERLE KAYNAK TARAMALARI	12
2.1. Biyokütlenin Briketlenmesi	12
2.2. Yanma Emisyonları ve Isıl Değer	19
3.MATERYAL VE METOT.....	24
3.1.Materyal	24
3.2.1. Materyalin briketlemeye hazırlanması ve briketlenmesi	31
3.2.2.Kül içeriğinin belirlenmesi	31
3.2.3. Briket kalitesi ile ilgili özellikler ve testler	32
3.3. Baca Gazı Emisyon Değerlerinin Belirlenmesi	36
4.BULGULAR VE TARTIŞMA.....	37
4.1.Briketlerin Fiziksel Özellikleri.....	38
4.1.1. Ham madde ve briket yoğunluğu	38
4.1.2.Düşme-dayanıklılık (Tumbler) direnci	39
4.1.3. Kırılma (Shatter) direnci	41
4.1.4. Su alma direnci	44
4.1.5.Hava nemi direnci	48

4.2. Briketlerin Baca Gazı Emisyon Değerleri	49
5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	55
5.1.Sonuçlar	55
5.2.Öneriler	56
6.KAYNAKLAR	57
7.EKLER.....	59
7.1. Materyal Yoğunluğunun Briketlemeden Önceki ve Sonraki Değerleri.....	59
7.2.Briket Kalitesiyle İlgili Fiziksel Test Sonuçları.....	59
8.ÖZGEÇMİŞ.....	61

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Konik silindirik pistonlu briketleme makinası	4
Şekil 1.2. Pistonlu briket makinası	6
Şekil 1.3. Konik silindirik pistonlu briketleme makinası	6
Şekil 1.4. Vidalı briketleme makinası.....	7
Şekil 1.5. Soğutuculu helezon briketleme makinası	7
Şekil 1.6. Gelişmiş helezonlu briketleme makinası.....	8
Şekil 1.7. Gül işleme atıklarının oluşumu	10
Şekil 1.8. Gül İşleme atıklarının görünümü	11
Şekil 3.1. Denemelerde kullanılan kömür tozunun görünümü.....	24
Şekil 3.2. Hidrolik pres makinası	25
Şekil 3.3. İçi boş briketleme kalıbı	26
Şekil 3.4. Tam dolu briketleme kalıbı.....	27
Şekil 3.5. Baca gazı ölçüm cihazı.....	28
Şekil 3.6. Briketlerin yakılmasında kullanılan kovalı tip soba ve boyutları	30
Şekil 3.7. Briketlerin düşme-dayanıklılık dirençlerinin belirlenmesinde kullanılan test ünitesi	34
Şekil 3.8. Su alma direnci için briketlerin suya daldırılması	35
Şekil 4.1. Gül işleme atıkları(%25)- Kömür tozu(%75) oranında karıştırılmış briketlerin görünümü	37
Şekil 4.2. Gül işleme atıkları(%25)- Kömür tozu(%75) briketlerinin ufalanmış hali	37
Şekil 4.3. X karışımı briket tipinin düşme-dayanıklılık testi sonrası görünüşleri	40
Şekil 4.4. Y karışımı briket tipinin düşme-dayanıklılık testi sonrası görünüşleri	41
Şekil 4.5. Z karışımı briket tipinin düşme-dayanıklılık testi sonrası görünüşleri	41
Şekil 4.6. X karışımı briketlerin kırılma direnci sonrası görünüşleri.....	43
Şekil 4.7. Y karışımı briketlerin kırılma direnci sonrası görünüşleri.....	43
Şekil 4.8. Z karışımı briketlerin kırılma direnci sonrası görünümü	43
Şekil 4.9. X karışımı ve A tipi briketlerin su alma direnci öncesi ve sonrası görünüşleri	46
Şekil 4.10. X karışımı ve B tipi briketlerin su alma direnci öncesi ve sonrası görünüşleri	46
Şekil 4.11. Y karışımı ve A tipi briketlerin su alma direnci öncesi ve sonrası görünüşleri	47
Şekil 4.12. Y karışımı ve B tipi briketlerin su alma direnci öncesi ve sonrası görünüşleri	47
Şekil 4.13. XA briketinin yanma zamanına bağlı olarak baca gazı emisyonları değişimi	50
Şekil 4.14. XB briketinin yanma zamanına bağlı olarak baca gazı emisyonları değişimi	50
Şekil 4.15. YA briketinin yanma zamanına bağlı olarak baca gazı emisyonları değişimi	51

Şekil 4.16. YB briketinin yanma zamanına bağlı olarak baca gazı emisyonları değişimi	51
Şekil 4.17. ZA briketinin yanma zamanına bağlı olarak baca gazı emisyonları değişimi	52
Şekil 4.18. ZB briketinin yanma zamanına bağlı olarak baca gazı emisyonları değişimi	52

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Helezonlu ve pistonlu briketleme makinalarının karşılaştırılması	8
Çizelge 3.1. Denemelerde kullanılan kömürün özellikleri.....	24
Çizelge 3.2. Yapılan briketlerin karışım oranları	24
Çizelge 3.3. Baca gazı emisyon ölçüm cihazına ait teknik özellikler.....	29
Çizelge 4.1. Briketlerin materyal karışım oranı ve harf karşılıkları	38
Çizelge 4.2. Denemelerde kullanılan briket tipini harf karşılıkları	38
Çizelge 4.3. Yoğunluk ve nem içeriğinin briketlemeden önceki ve sonraki değerleri ...	38
Çizelge 4.4. Briketlerin düşme-dayanıklılık direnci varyans analiz sonuçları.....	39
Çizelge 4.5. Briket tipinin düşme-dayanıklılık (tumbler) direncine etkisi	39
Çizelge 4.6. Karışımın tumbler direncine etkisi.....	39
Çizelge 4.7. (Briket tipi x karışımın) tumbler direncine etkisi.....	40
Çizelge 4.8. Briketlerin kırılma direnci varyans analiz sonuçları	42
Çizelge 4.9. Briket tipinin shatter direncine etkisi	42
Çizelge 4.10. Karışımın shatter direnci üzerine etkisi	42
Çizelge 4.11. (Briket tipi x karışımın) shatter direncine etkisi	42
Çizelge 4.12. Briketlerin su alma direnci (1.dk için) varyans analiz sonuçları.....	44
Çizelge 4.13. Briket tipinin su alma direncine etkisi.....	44
Çizelge 4.14. Briket karışımının tipinin su alma direncine etkisi	44
Çizelge 4.15. (Briket tipi x karışımın) su alma direncine (1.dk) etkisi.....	45
Çizelge 4.16. Briketlerin su alma direnci (2.dk için) varyans analiz sonuçları.....	45
Çizelge 4.17. Briket tipinin su alma direncine (2.dk) etkisi.....	45
Çizelge 4.18. Karışım oranının su alma direncine etkisi	46
Çizelge 4.19. (Briket tipi x karışımın) su alma direncine (2.dk) etkisi.....	46
Çizelge 4.20. Briketlerin hava nemi direnci için varyans analiz sonuçları.....	48
Çizelge 4.21. Briket tipinin hava nemi direncine etkisi.....	48
Çizelge 4.22. Karışım oranının hava nemi direnci üzerine etkisi.....	48
Çizelge 4.23. (Briket tipi x karışımın) hava nemi direncine etkisi.....	48
Çizelge 4.24. Briketlerin ölçülen en yüksek baca gazı emisyon değerleri.....	53
Çizelge 4.25. IKHKKY sınır değerleri ile briket baca gazı emisyon değerleri.....	53
Çizelge 4.26. Briketlerin baca gazı sıcaklığı ve yanma verim değerleri.....	54

1.GİRİŞ

Petrol, kömür ve doğal gaz gibi yenilenemeyen enerji kaynakları dünya enerji kaynağı rezervlerinin yaklaşık %94' ünü oluşturmaktadır. Bu enerji rezervleri çoğalan dünya nüfusuna paralel olarak artan enerji ihtiyacını daha uzun süre karşılayamayacak düzeye gelecektir. 1970'li yıllarda yaşanan enerji krizi, petrol fiyatlarındaki aşırı artış tüm dünyada yeni ve alternatif enerji kaynakları arayışına neden olmuştur. Bu noktada biyokütle, enerji kaynağı olarak kullanılabilir önemli bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır (Fidan ve ark. 2008).

Son yıllardaki endüstriyel gelişmeler atık problemini de beraberinde getirmiştir. Atıkların (endüstriyel, evsel ve tarımsal) yok edilmesi veya değerlendirilmesi, günümüz toplumları için kaçınılmaz hale gelmiştir. Tarımsal atık ve artıklar özellikle gelişmekte olan ülkelerde enerji ihtiyacının karşılanabilmesi için önemli bir rol oynamaktadır. Birçok gelişmiş ülkede uygun olan katı atıklar, biyokütlenin briketlenmesi işlemi ile yararlı, kullanılabilir ve ekonomik ürünlere dönüştürülmektedir.

Tarımsal atık ve artıkların yığın halinde çevrede depolanmaları toprak, hava, su ve görüntü kirliliğine neden olmaktadır. Bunların etkin bir biçimde kullanılma yöntemlerinden birisi de briket haline getirilerek enerji kaynağı olarak kullanmaktır.

Ayrıca, biyokütle içinde, fosil yakıtlarda bulunan kanserojen madde ve kükürt olmadığı için, çevreye zarar son derece azdır. Bütün bunların ötesinde, güneş var olduğu sürece, biyokütle tükenmez bir enerji kaynağıdır. Biyokütle briketinin enerji kaynağı olarak kullanımındaki olumlu ve olumsuz yönleri aşağıdaki gibi özetlenebilir (Türe 2001).

Olumlu Yönleri

- Hemen her yerde yetiştirilebilmesi
- Üretim ve çevrim teknolojilerinin iyi bilinmesi
- Her ölçekte enerji üretimi için uygun olması
- Düşük ışık şiddetlerinin yeterli olması
- 5-35°C arasında sıcaklık gerektirmesi
- Sosyo-ekonomik gelişmelerde önemli olması
- Çevre kirliliği oluşturmaması (NO_x ve SO₂ salınımının çok düşük olması)
- Sera etkisi oluşturmaması böylece CO₂ dengesi sağlaması
- Asit yağmurlarına yol açmaması

Olumsuz Yönleri

- Düşük çevrim verimlerine sahip olması
- Tarım alanları için rekabet oluşturması
- Su içeriğinin fazla olması

1.1. Biyokütle Enerjisinin Durumu

Günümüzde dünya enerji gereksiniminin yaklaşık %10.2'ü biyokütleden karşılanmakta ve biyokütle petrol, doğalgaz ve kömürden sonra dördüncü sırada gelmektedir (IEA 2011).

Uluslararası Enerji Birliği'ne (IEA) üye ülkeler 2050'li yıllarda ülke enerji gereksinimlerinin %25-50'sini biyokütle enerjisi ile karşılamak için projelere başlamışlardır.

Biyokütle kaynaklarından üretilen enerjinin;

% 64' ü odun ve odun atıklarından,

- Orman bakım ve üretim çalışmalarında ortaya çıkan ince çaplı materyaller,
- Orman endüstrisinde oluşan talaş ve yongalar,
- Kullanılmayan (hurda) odunlar,

% 24'ü belediye katı atıklarından,

% 5'i tarımsal atıklardan,

- Tarımsal bitki ve artıkları,
- Sert meyve kabukları (zeytin çekirdeği ve posası, fındık v.b. kabukları gibi)

% 5'i ise deponi gazlarından (çöplük gazı) üretilmektedir.

Geliştirilen teknolojiler sayesinde biyokütleden; elektrik, ısı, biyobenzin, biyodizel, singaz (Sentetik doğal gaz), pelet, briket, odun kömürü gibi katı yakıtlar elde edilebilmektedir (Belen 2010).

1.2. Briketleme ve Biyokütlenin Briketlenmesi

Tarımsal ve diğer biyokütle atıkları özellikle gelişmekte olan ülkelerde enerji ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için önemli bir kaynak olup bu ülkelerin çoğunda her yıl çok miktarda atık çıkmaktadır. Tarımsal atıklar düşük yoğunluğa ve yüksek nem içeriğine sahip materyaller olduklarından evlerde ve endüstriyel alanlarda doğrudan yakılması çok etkin olmamakta, bu atıkların doğrudan kullanılması taşıma, depolama ve işleme problemlerini meydana getirmekte ve en önemlisi çevre kirliliğine neden

olmaktadır. Tarımsal ve diğer biyokütle atıklarının etkin bir biçimde kullanılmasının yollarından birisi de onların briketlenmesidir. Briketleme, yeterli ölçüde parçalanmış materyalin 25 mm çap'tan daha büyük şekillerde sıkıştırılması işlemidir. Biyokütlenin briketlenmesi ile yoğunluğu 100-200 kg/m³'den 1200 kg/m³'e kadar çıkarılmaktadır (Grover ve Mishra 1996). Briketleme işlemi ile;

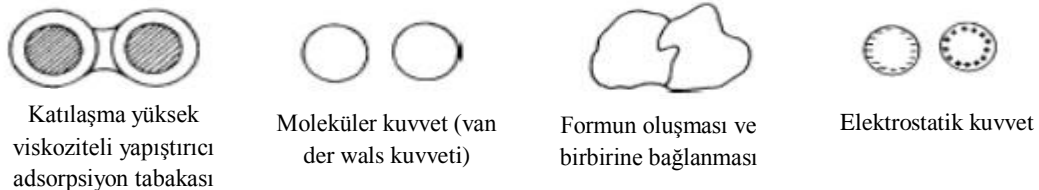
- Biyokütle karakteristikleri iyileştirilmekte,
- Hacimsel ısı değeri artmakta,
- Taşıma maliyetleri azalmakta,
- Depolama masrafları azalmakta,
- Sobalarda kolaylıkla yakılabilmekte,
- Yanma karakteristikleri iyileşmekte,
- Atmosfere salınan partikül emisyonları azalmakta,
- Aynı boyut ve şekilde iyi bir yakıt elde edilmektedir.

1.2.1. Briketlemenin ana temelleri

Biyokütlenin yakıtla dönüştürülmesindeki teknoloji biyokütlenin sıkıştırılması esasına dayanmaktadır. Briketleme teknolojisi biyokütlenin taşıma, depolama ve kullanımda büyük avantajlar sağlamaktadır. Briketleme teknolojisinde sıkıştırma temelini şu şekilde sınıflandırılmaktadır.

- Yüksek basınç altında sıkıştırma
- Normal basınç altında ısı yardımıyla sıkıştırma
- Düşük basınç altında yapıştırıcı ilavesi ile sıkıştırma.

Briketlemede özellikle Van der Wals kuvvetleri oldukça etkilidir. Şekil 1' de briketlemede yapışma (katılma) aşamaları görülmektedir (Grover ve Mishra 1996).



Şekil 1.1. Konik silindirik pistonlu briketleme makinası

Briktlemede katıların Şu zellikleri önemlidir;

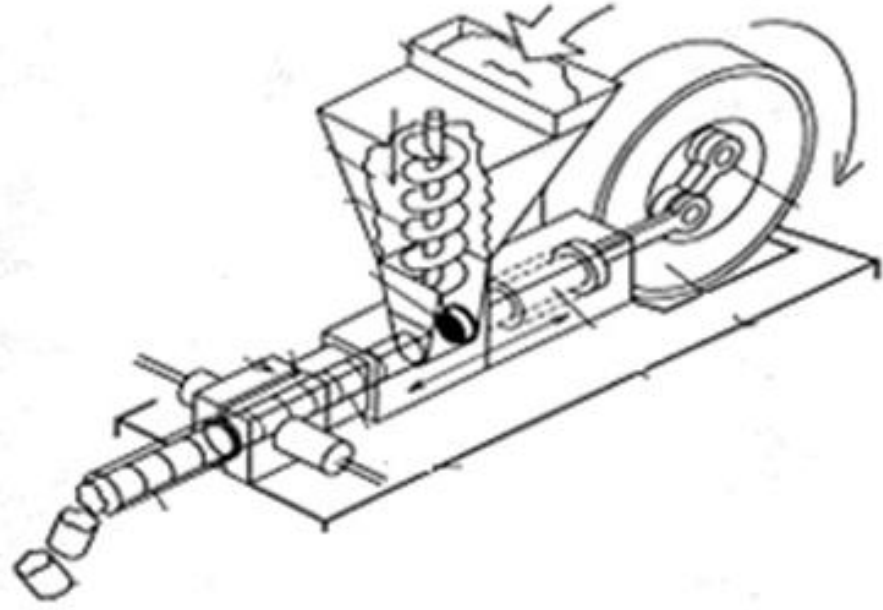
- Akma ve bağlama (bağlayıcı ve yapıştırıcı sıkıŐtırmanın karakteriŐtięini vermektedir),
- Partikül boyutu (ince, küçük partikül boyutu yüksek ve kaliteli briktlemeye yardımcı olmaktadır),
- Yüzey kuvveti (sıkıştırma kuvveti için önemlidir),
- SertleŐme (katılaŐma),
- Partikül boyutunun dağılımını (ince partikül boyutu büyük partikül boyutuna göre daha iyi yapıŐmaktadır) (Grover ve Mishra 1996).

1.2.2. Briktleme teknolojileri

Briktleme ile ilgili çalıŐmalar 19 yy. yarısına kadar uzanmaktadır. İlk briktleme makinası 1965 yılında organik materyallerin briktlenmesi amacıyla yapılmıştır. Organik formdaki materyallerin briktlenmesi ilk olarak I. Dünya Savaşı ve 1930'lu yıllardaki ekonomik bunalım sırasında olmuştur. TalaŐın ve diğer atıkların briktlenmesi Avrupa ve Amerika'da I.dünya savaşı sonrası önemli bir yer edinmiŐtir. 1970 ve 80'li yıllarda petrol fiyatlarının artışı sonucu baŐ gösteren enerji krizinin de etkisiyle özellikle İskandinavya lkeleri, Amerika ve Kanada'da organik artıklardan elde edilen brikt önemli bir yakıt durumuna gelmiştir. Japonya'da talaŐtan elde edilen brikt teknolojisi önce Tayvan daha sonra Tayland'a geçmiŐ ve Asya ülkelerine yayılmıŐtır (Acaroğlu 2007).

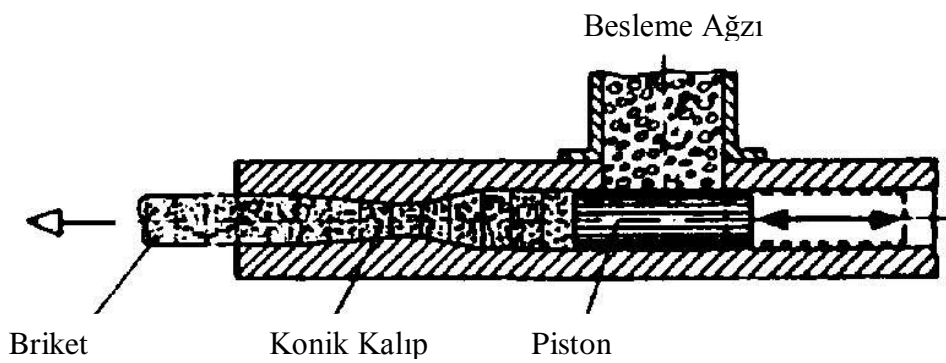
1.2.2.1. Piston tip pres teknolojileri

Bu tipteki modern briktleme makinaları ilk olarak 1930'lu yıllarda İsviçre'de yapılmış daha sonra Almanya'da geliştirilmiştir. Pistonlu pres teknolojisi mekanik ya da hidrolik olarak çalıŐtırılabilmekte ve iki parçalı bir kalıptan meydana gelmektedir (Şekil 1.2).



Şekil 1. 2. Pistonlu briket makinası

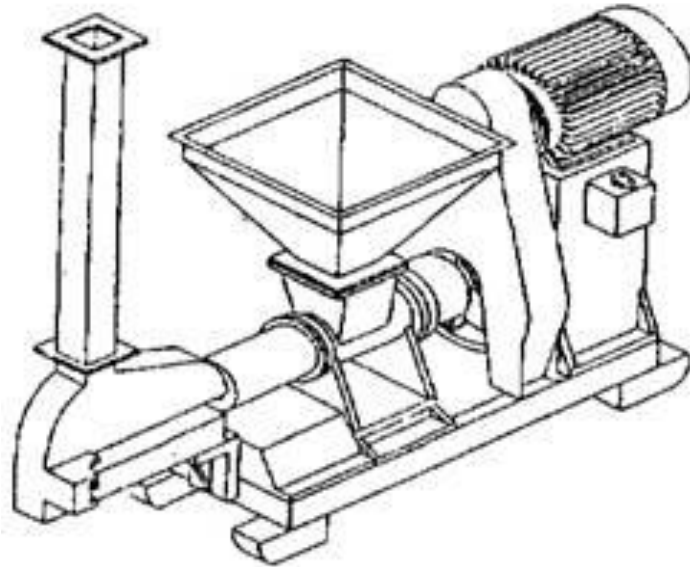
Bu teknikte, biyokütle çok yüksek basınç altında ileri geri hareket eden bir piston yardımıyla bir kalıp içerisinde sıkıştırılmakta ve materyal kalıp içerisinde ötelenme hareketi ile yol almaktadır (Şekil 1.3). Pistonlu briketleme makinalarında üretim kapasitesi ortalama 0.25-1 t/h, briket çapı 8-10 cm ve briket uzunluğu 10-30 cm' dir. Piston çalışma sırasında dakikada 270 strok yapmaktadır (Grover ve Mishra 1996).



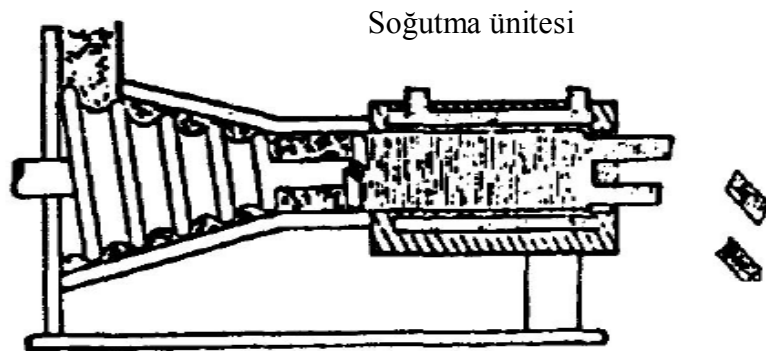
Şekil 1.3. Konik silindirli pistonlu briketleme makinası

1.2.2.2. Vidalı (helezon) tip pres teknolojileri

Vidalı briketleme makinaları 1930'lu yıllarda ABD'de kullanılmaya başlanmış ve daha sonra Belçika'da Biomat tarafından dizayn edilmiştir. I. Dünya Savaşı yıllarında Japonya'da ortası boş briketlerin üretimini yapacak vidalı briketleme makinası tasarlanmıştır (Şekil 1.4). Vidalı briketleme makinalarında vidanın sürekli hareketi nedeniyle baskı kuvveti doğmakta ve materyali iteleyerek, kalıp içerisinde sıkıştırılmaktadır. Bu tip makinalarda sürtünmelere ve kalıp ısıtmasına bağlı olarak biyokütledeki mevcut lignin akma noktasına gelmektedir. Böylece sıcaklık artışı nedeniyle lignin bir yapıştırıcı görevi görmekte ve materyal kalıbın şeklini alarak yapıştırıcı kullanmadan briketlenmektedir (Grover ve Mishra 1996).

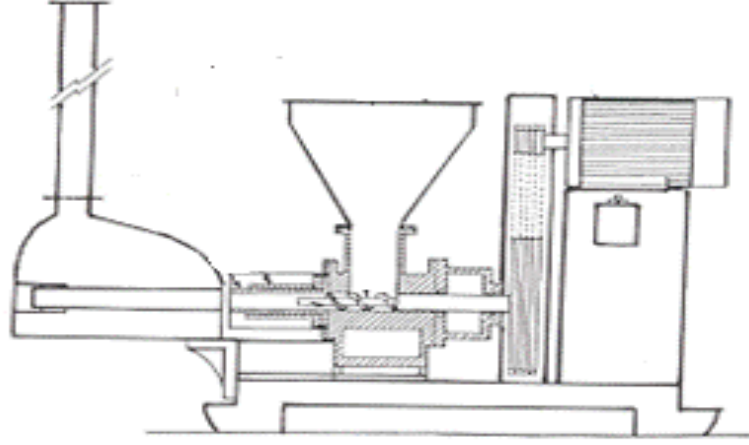


Şekil.1. 4. Vidalı briketleme makinası



Şekil 1.5. Soğutuculu helezon briketleme makinası

Gelişmiş helezonlu briketleme makinalarında kalıp sıcaklığı 200 – 300 °C' ye kadar çıkabilmekte ve en uygun briketleme için nem içeriği % 10'un altında olmalıdır. Vidalı briketleme makinalarında briketleme kapasitesi 10 – 30 kg/cm vida adımı olmaktadır (Grover ve Mishra 1996) (Şekil 1.5- Şekil 1.6).



Şekil 1.6. Gelişmiş helezonlu briketleme makinası

Yüksek briketleme (sıkıştırma, yapıştırma teknolojisi) helezonlu ve piston presle olmaktadır. Biyokütle preste yüksek basınç etkisi altında kalmakta ve sıkışmaktadır. Helezonlu (vidalı) preste materyal helezon aracılığıyla sürekli beslenmekte ve bir şerit şeklinde çıkmaktadır. Pistonlu preste ise materyale sürekli bir darbe etkisi olmakta ve materyal sıkıştırma haznesi içerisinde ötelenme hareketi ile yol almaktadır. Helezonlu preslerin briket kalitesi genellikle pistonlu preslerden daha iyi olmaktadır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Helezonlu ve pistonlu briketleme makinalarının karşılaştırılması (Grover ve Mishra 1996)

	Pistonlu Briketleme Makinası	Helezonlu Briketleme Makinası
Ham materyalin optimum nem içeriği	% 10 - 15	% 8 – 9
Makinadan çıkışı	Strok ile	Sürekli
Güç tüketimi	50 kWh/t	60kWh/t
Materyalin makinayla yüzey teması	Düşük ve pistonla	Yüksek ve helezonla
Briket yoğunluğu	1,0 – 1,2g/cm ³	1,0 – 1,4 g/cm ³
Bakım	Yüksek	Düşük ve az
Briketin yanma performansı	İyi değil	Çok iyi
Gazlaştırmaya uygunluğu	Uygun değil	Uygun
Briketin homojenliği	Homojen değil	Homojen

Pistonlu presli makinalarının avantajları ve dezavantajları şu şekilde sıralanabilir:

- Biyokütle pistonla çok temas halinde olduğundan briketin aşınması da fazla olmaktadır.
- Ekonomik yönden iyidir.
- Farklı biyokütle kaynakları için uygundur.
- En iyi briketleme kalitesi ürünün %12 nem içeriğinde ve bu nem değerinin altında elde edilmektedir.
- Briket dış yüzeyinde karbonlaşma yoktur. Briket kolay kırılabilir (gevrek) bir yapıdadır.

Helezonlu (vidalı) briketleme makinalarında ürün sürekli ve bir şerit halinde çıkmaktadır. Bu tip makinaların avantajları ve dezavantajları şu şekilde sıralanabilir:

- Çıkış sürekli olduğu için briket boyu düzenli değildir.
- Dış yüzeyindeki karbonizasyon oluşumundan dolayı, briketin yakılması ve tutuşması daha kolaydır. Bu özellik aynı zamanda briketi nemden korumaktadır.
- Pistonlu briketleme makinalarıyla karşılaştırıldığında güç gereksinimleri fazladır.
- Pistonlu briketleme makinalarına göre daha rahat çalışmaktadırlar.
- Makinanın tozdan ve ham materyalden kirlenmesi söz konusu değildir.

1.2.2.3. Hidrolik tip pres teknolojileri

Hidrolik tip briketleme makinelerinde, elektrik motorundan alınan hareket hidrolik sistem aracılığı ile yüksek basınçta pistonla iletiildiğinden mekanik pistonlu makinelerden farklıdır. Makine kompakt yapıda olup hafiftir. Makine kapasitesi 45- 135 kg/h arasındadır ve üretilen briketlerin yoğunluğu 1 000 kg/m³'den daha azdır. Hidrolik briketleme makineleri kullanımlarının kolay olması, bakım masraflarının ve enerji tüketimlerinin düşük olması nedeniyle avantajlı olmasına rağmen ürün yoğunluğu ile üretim kapasitesinin düşük ve üretilen briketlerin kırılabilir yapıda olmaları nedeniyle dezavantajlıdır. Bu tip makineler mekanik pistonlar için kabul edilen %15 nem içeriğinden daha yüksek nem içeriklerinde çalışmaya izin vermektedirler (Grover and Mishra 1996).

Günümüzde pistonlu ve helezon vidalı briketleme makinaları ticari olarak daha önemli olmaya başlamıştır. Ancak vidalı pres teknolojisi daha hızlı gelişmektedir.

1.3. Çalışmanın Amacı

Isparta ilinde gül sezonu Mayıs ayının ortalarında başlamakta ve 5-6 hafta sürmektedir. Gül işleme tesisleri günde yaklaşık 530 ton gül çiçeği işlenmektedir. Tesislere getirilen güller damıtma fırınlarında yüksek sıcaklıkta damıtıldıktan sonra gül suyu ve gül yağı ayırma kaplarında ayrıştırılmaktadır. Gül yağı filtreleme işleminden sonra satışa (parfüm ve kozmetik ürünlerinde kullanılmak üzere) sunulmaktadır. Damıtma işleminden sonra atık olarak çıkan materyaller kanallarla işletmeden uzaklaştırılmaktadır. Seperatör yardımıyla gül işleme atıkları ve su birbirinden ayrılmaktadır (Şekil. 1.7).



a) Serilmiş gül çiçeği



b) Gül işleme atıklarının kanallarla uzaklaştırılması



c) Gül işleme atıklarının seperatörle ayrılması

Şekil 1.7. Gül işleme atıklarının oluşumu

Yaklaşık 45 gün süren gül işleme sezonunda oluşan gül posaları, tesis civarında açılmış toprak çukurlara doldurulmakta veya dere yataklarına boşaltılmaktadır. Bu durum, su kirlenmesine neden olduğu gibi yol kenarına inşa edilmiş tesislerin çevresinde koku ve görüntü kirliliğine de neden olmaktadır (Şekil 1.8).



Şekil 1.8. Gül işleme atıklarının görünümü

Gül işleme atıkları, depolama çukurlarında, üretim sezonu boyunca ve su içeriğinin buharlaşma ve sızma yoluyla azalması için bekletilmesi esnasında yeraltı suyu kirliliği, koku oluşumu ve görüntü kirliliği gibi çevre sorunlarına yol açmaktadır. Bu tür atıklar organik atık olup biyokütle enerjisinin kaynağını oluşturmaktadır. Dolayısı ise bu tür atıkların ülke ekonomisine kazandırılması gerekmektedir. Bu tür atıkların enerji kaynağı olarak değerlendirilmesi yollarından biriside onların briketlenerek katı yakacak olarak kullanılmasıdır. Bu çalışmada, gül işleme tesislerinden çıkan gül işleme atıklarının, kömür ile farklı karışım oranlarında (% 0, 25, 50 ve 75) laboratuvar tipi hidrolik bir preste merkez delikli ve içi dolu olarak briketlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada briketlerin kalitesi ile ilgili olarak fiziksel özellikleri ile kovalı tip sobada yakılması sonucu atmosfere salınan baca gazı emisyon değerleri belirlenmiştir.

2. KURAMSAL BİLGİLERLE KAYNAK TARAMALARI

2.1. Biyokütlenin Briketlenmesi

Suhartini vd (2011) tarafından yapılan çalışmada Endonezya'da yağ endüstrisinde ham palmye yağının işlenmesinden elde edilen ve emici özellikli katı atık maddeler briketlenmiştir. Çalışmada briketleme işlemi üzerine farklı basınç uygulamalarının (9.81 MPa, 14.71 MPa ve 19.62 MPa) ve farklı oranlarda (%8, %10 ve %12) yapıştırıcı madde (polisakoritin=kompleks şekerler) kullanımının etkileri incelenmiştir. Çalışmada 8 cm çapında, 2 cm merkez delikli ve 5 cm yüksekliğinde briketler elde etmek için hidrolik briketleme makinesi kullanılmıştır. Kalıptan alınan briketler 60 °C sıcaklıkta 24 saat süreyle kurutulmuştur. Belirli bir oranda yapıştırıcı ve briketleme basıncındaki artış briket nem içeriğini düşürmüştür. Briketleme basıncındaki artış briketlerin basınç dayanımını artırmış ve %10 yapıştırıcı oranında en yüksek basınç dayanımı değeri elde edilmiştir. Sonuç olarak, briketin fiziksel karakteristikleri Endonezya ulusal standartlarına göre odun briketi için verilen standart değerlerle benzerlik göstermiştir.

Teixeira vd (2010) tarafından yapılan çalışmada endüstriyel tesislerde preslenmiş şeker kamışı küspesinin elektrik üretimi için yakılması sonucu ortaya çıkan ve başlıca bileşeni yüksek miktarlarda silisyum oksit olan uçucu küller toplanarak briketlenmiştir. Çalışmada yüksek miktarda (ağırlıkça >%30) odun kömürü içeren uçucu küller kullanılmıştır. Materyalin briketlenmesi için yaklaşık 50 kN sıkıştırma kuvvetine sahip hidrolik briketleme makinesi kullanılmıştır. Uçucu küller ve tropikal köklerden elde edilen nişasta içeren yapıştırıcı (%8) karışımı materyal 1 dakika süreyle briketlenmiştir. Çalışma sonunda briket özellikleri ile ilgili olarak yoğunluk ve basınç dayanımı değerleri verilmiştir. Şeker kamışı uçucu külleri briketinin ortalama 1120 kg/m³ yoğunluğa sahip olduğu belirlenmiştir. Briketin ortalama enerji değeri 25.5 MJ/kg ve basınç dayanımı 7 MPa'nın üstünde bulunmuştur. Yakma deneyleri sonunda %13.2 oranında kül kaldığı belirlenmiştir.

Yumak vd (2010) tarafından yapılan çalışmada farklı nem içeriğine sahip (%7, %10 ve %13) soda otu, farklı briketleme basınçlarında (15.7 MPa, 19.6 MPa ve 31.4 MPa) hidrolik briketleme makinesinde briketlenmiştir. Denemelerde silindirik ve kare kalıplar kullanılmıştır. Çalışmada daha sağlam briketler üretmek için optimum sıcaklık, nem

içeriği ve basınç değerleri belirlenmiş, ayrıca katkı maddesi olarak odun talaşının ve ceviz kabuklarının kullanımının briket özelliklerine olan etkileri araştırılmıştır. Denemeler sonunda farklı kalıplarda elde edilen soda otu briketleri için en uygun nem içeriği, briketleme basıncı ve materyal sıcaklıkları sırası ile %7-10, 31.4 MPa ve 85-105 °C olarak belirlenmiştir. Katkı maddesi olarak odun talaşı ve ceviz kabuklarının kullanılması briket yoğunluğunu artırmıştır. Herhangi bir katkı maddesi kullanılmadan elde edilen soda otu briketlerin yoğunluklarının 600-950 kg/m³, katkı maddesi oranına bağlı olarak odun talaşı kullanılarak elde edilen soda otu briketlerinin yoğunluğunun 800-1100 kg/m³ ve ceviz kabuğu kullanılarak elde edilen soda otu briketlerinin yoğunluğunun 1000-1150 kg/m³ arasında değiştiği belirlenmiştir.

Kaliyan ve Morey (2010) tarafından yapılan çalışmada mısır koçanları, maksimum sıkıştırma basıncı 150 MPa olan hidrolik tip briketleme makinesinde briketlenmiştir. Mısır koçanı briketlerinin dayanıklılık ve yoğunluğu üzerine ön ısıtma sıcaklığının (25 ve 85 °C), nem içeriğinin (%10 ve 20) ve parçacık boyutunun (0.85 ve 2.81 mm) etkileri araştırılmıştır. Çalışmada 19 mm çapında briketler elde edilmiştir. 25 °C ön ısıtma işlemine tutulmuş mısır koçanlarından elde edilen briketlerin dayanım testleri sonunda tamamen dağıldığı belirlenmiştir. Her iki parçacık boyutunda, %10 nem içerikli ve 85 °C ön ısıtmalı mısır koçanından üretilen briketlerin yoğunluğu 1100 kg/m³'ten büyük ve briketlerin dayanıklılık direnci yaklaşık %90 bulunmuştur.

Karaca(2009) yapmış olduğu çalışmada Çukurova Bölgesindeki tarıma dayalı sanayi atıkları briketlenerek alternatif yakıt oluşturulmuş, briketlerin fiziksel özellikleri, ısı değerleri ve elementel özellikleri belirlenmiştir. Bölgede tarıma dayalı sanayi atıklarından ayçiçeği küspesi, pamuk çırçır atığı (şif); yerfıstığı kabuğu, defne yaprağı ve zeytinyağı işleme atığının (prina) 2.66 PJ (63.6 Btep) enerji potansiyeli oluşturduğunu belirlemiştir. Briketleme işlemi için helezonlu briketleme makinası kullanılmıştır. Elde edilen briketlerin yoğunluklarının 945-1572 kg/m³ arasında değiştiği belirlenmiştir. Briketlerin kırılma dirençlerinin 275-4700 N arasında değiştiği belirlenmiştir. Analiz sonuçlarında briketlerin üst ısı değerlerinin 17.66-20.69 MJ/kg, kül içeriklerinin % 4.10-10.72 ve uçucu madde içeriklerinin %74.5-87.8 arasında olduğu belirlenmiştir. Yanma sonucunda atıkların baca gazı emisyonlarının odununkinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca briketlerin maksimum yanma verimleri %63-85 arasında değiştiği görülmüştür. Bölgedeki atıkların enerjiye

dönüştürülmesi için kurulabilecek olan 5 MW_{el} kapasiteli bir bileşik ısı ve güç santralinin yapılan ekonomik analizleri sonucunda yatırımın karlı olabileceği belirlenmiştir. Santralde elde edilecek elektriğin maliyeti 0.0264 \$/kWh olarak hesaplanmıştır.

Bilgin (2008) seralardan çıkan domates, biber ve patlıcan bitkisi biyokütle atıklarını katı yakıt elde etmek için briketlemiş ve briketlerin fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Biyokütle atıklarının briketlenmesi için 15kW gücünde helezon tip briketleme makinası kullanılmıştır. Çalışmada ortalama 57 mm çapında 25 mm merkez delikli yüzeyi karbonize olmuş silindirik ve köşeli briketler elde edilmiştir. Briketleme makinasının kapasitesi ve toplam enerji tüketimi silindirik ve köşeli briketler için sırasıyla 110-115 kg/h ile 9.12-9.48 kWh ve 137-152 kg/h ile 10.70-12.32 kWh arasında değişmiştir. Domates, biber ve patlıcan bitkisi materyallerinin kül içerikleri sırası ile %7.6, %3.67 ve %4.33 olarak belirlenmiştir. Yine aynı sırayla briketlerin alt ısıl değerleri ise 15.74 MJ/kg, 17.89 MJ/kg ve 17.76 MJ/kg olarak belirlenmiştir. Silindirik ve köşeli briketlerin fiziksel testler sonunda yüksek yoğunluk, düşme-dayanıklılık direnci, kırılma direnci, su alma direnci ve eş değer nem içeriğinden dolayı oldukça sağlam yapıda oldukları belirlenmiştir.

Kürklü ve Bilgin (2007) pamuk ve susam bitki sapları, katı yakıt elde edilmek için briketlenmiş ve briketlerin fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Bitki saplarının briketlenmesi için 15 kW gücünde helezon tip briketleme makinesi kullanılmıştır. Denemelerde susam bitki saplarının nem içerikleri ise % 9.55 ve pamuk bitki saplarının nem içeriği % 8.83' tür. Yapılan briketlerin yoğunluğu, nem içeriği, düşme-dayanıklılık direnci, kırılma direnci, hava nemi direnci ve su alma direnci incelenmiştir. Ayrıca çalışmada, helezon tip briketleme makinesinin çalışma kapasitesi belirlenmiş ve enerji tüketim değerleri ölçülmüştür. Çalışma sonunda briketleme işlemi süresince ortalama 57 mm çapında 25 mm merkez delikli silindirik briketler oluşturulmuştur. Fiziksel testler sonunda briketlerin yüksek kırılma, düşme-dayanıklılık, hava nem direnci ve su alma direncinden dolayı yapılarının sağlam olduğu görülmüştür. Briketleme makinesinin ortalama briket üretim kapasitesi 73 kg/h ve enerji tüketimi pamuk sapları için 8.25 kWh ve susam sapları için 60 kg/h ve 7.38 kWh olarak bulunmuştur.

Singh vd (2007) yaptığı çalışmada 35 mm çaplı briketler üretilmiş, briketlerin yanma ve gazlaştırma davranışları üzerine sonuçlar verilmiştir. Piston tipi briketleme makinası

kullanılan çalışmada, nem içeriği %12 olan toz haline getirilmiş yer fıstığı kabukları kullanılmıştır. Çalışma sonucu, üretilen bir ton briket başına enerji tüketimi 60 mm çapındaki briketler için 56 kWh bulunurken, çapı 35 mm olan briketler için 67 kWh olarak bulunmuştur. Ayrıca hem yanma hem de gazlaştırma çalışmaları sonunda 35 mm çapındaki biyokütle briketlerinin dönüşüm işlemi süresince ufalanmadıkları ya da parçalanmadıkları, bu nedenle gazlaştırıcılarda hammadde olarak kullanımlarının uygun olduğu belirtilmiştir.

Temmerman vd (2006) yapmış oldukları çalışmada farklı metotlar kullanılarak, 5 briket ve 26 peletin mekanik dayanımları ile ilgili elde edilen sonuçlar karşılaştırmışlardır. Briketler, tumbler test sistemini kullanarak değişik dönülerde test edilmiştir. Çıkan sonuçlar dayanıklılık direnci değerleri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca çalışmada dayanıklılık ile parçacık yoğunluğu arasındaki ilişki de değerlendirilmiştir. Çalışma sonucu olarak, briket ve peletler için elde edilen sonuçlarda dayanıklılık direnci değerlerinin kullanılan yöntemlerden etkilendiğini göstermiştir. Sonuçların farklılığının biyoyakıtın kendi özelliklerine bağlı olduğu da belirtilmiştir. Sonuçlar test edilen briket ve peletler için dayanıklılık ve parçacık yoğunluğu arasında bir ilişki bulunmadığını göstermiştir.

Suhagar vd (2006) tarafından yapılan çalışmada hidrolik tip briketleme makinası kullanılmış ve parçalanmış mısır sapı örnekleri 5, 10 ve 15 MPa basınçlarda ve %5, 10 ve 15 nem içeriğinde briketlenmiştir. Briketlemeden sonra materyalin ani genişmesini azaltmak için örnekler bir dakika süre ile basınç altında tutulmuştur. Çalışma sonunda yaklaşık 32 mm çaplı ve 20-25 mm uzunluğunda briketler oluşturulmuştur. Briket yoğunluğunun, %5 ve 10 nem içeriğinde uygulama basıncındaki artış ile oldukça arttığı ve maksimum 950 kg/m³ olduğu belirlenmiştir. Briketlerde nem içeriği yükseldikçe yüzeysel çatlaklar ve eksenel genişmelerin arttığı gözlenmiştir. Briketlerin dayanıklılık dirençlerinin %67 – 94 arasında değiştiği, düşük nem içeriklerinde ve en yüksek uygulama basıncında dayanıklılık direncinin %90' dan fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca mısır saplarından briket elde etmek için toplam enerji gereksiniminin 12 – 30 MJ/ton arasında değiştiği saptanmıştır.

Demirbaş vd (2004) tarafından yapılan çalışmada, kâğıt hamuru atığı ve ladin odunu talaşından elde edilen briketlerin nem içeriği, kırılma direnci, basma dayanımı, su direnci, ısı değeri ve yanma gibi bazı özellikleri belirlenmiştir. Denemelerde kâğıt

hamuru atığı ve ladin odunu talaş örnekleri çevre sıcaklığında ve yükseltilmiş sıcaklıklarda laboratuvar ölçekli hidrolik tip briketleme makinesinde 300 – 800 MPa basınç altında, 1 – 20 dakika süre ile briketlenmiştir. Ayrıca çalışmada materyallerden elde edilen briketlerin basma dayanımını ve kırılma direncini artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca briket yoğunluğunun artması ile briketlerin tutuşabilirliklerinin azaldığı belirtilmiştir.

El Saeidy (2004) tarafından yapılan çalışmada kavak, kendir otu, çavdar samanı ve pamuk sapları değişik basınçlarda sıkıştırılmış ve farklı nem içeriklerinde hidrolik tip briketleme makinesi ile briketlenmiş ve briketlerin fiziksel özellikleri ile yanma sonucu baca gazı emisyonları belirlenmiştir. Yanma denemeleri için 25 – 35 kW gücünde ve yanma odası kapasitesi 150 l olan yakma kazanı ve baca gazı analizörü kullanılmıştır. Çalışma sonunda briketleme basıncı ile briket yoğunluğu ve briketlerin radyal basma dayanımları arasında bir ilişki olduğu bulunmuştur. Basıncın artması ile briket yoğunluğunun ve radyal basma dayanımının arttığı ve dayanıklı briketlerin materyal, parçacık boyutu, nem içeriği ve briket çapına bağlı olarak 70 MPa' da ya da daha büyük basınçlarda üretilebileceği belirlenmiştir. Briketleme için en uygun materyal nem içeriğinin %8 – 15 arasında olduğu bulunmuştur. Briket yoğunluğu üzerine parçacık boyutunun etkisi düşük bulunmuş, fakat kaba parçacıklara kıyasla küçük parçalardan yoğunluğu daha yüksek briketler üretilmiştir. Yanma denemeleri sonunda briketlerin yanmasının, gevşek materyallerin yanmasına göre daha düzenli olduğu ve CO emisyonunun gevşek materyallerle elde edilen değerlere göre %30 azaldığı, aynı zamanda SO₂ emisyonlarının hava kalitesi için belirlenen sınır değerler içinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, kendir otu ve kavak briketlerinin dayanıklılık dirençleri sırası ile %81 ve %75.8 olarak bulunmuştur.

Ndiema vd (2002) tarafından yapılan çalışmada briketlenmiş biyokütlenin depolanma davranışları üzerine kalıp basıncının etkileri belirlenmiştir. Denemelerde 20 – 140 MPa sıkıştırma basıncına sahip hidrolik pres kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar, elde edilen briketlerin uzama ve boşluk hacim yüzdesinin 80 MPa sıkıştırma basıncına kadar hızlı bir şekilde azaldığını, fakat 80 MPa' ın üzerindeki basınçlarda fazla değişmediğini göstermiştir. Sonuç olarak, verilen kalıp ölçüleri ve depolama şartları için maksimum kalıp basıncı (80 MPa) dışındaki basıncı artırmanın önemli bir kazanç getirmediği belirlenmiştir.

Acaroğlu vd (2002) tarafından yapılan çalışmada, tarımsal atıklar ve linyit kömürleri karıştırılarak briketlenmiş ve biyokütle briketlerinin fiziksel özellikleri incelenmiştir. Çalışmada, kanola, talaş, saf yonca, hayvan gübresi, ayçiçeği kspesti, enerji bitkisi olan miscanthus sinensis, kömür materyalleri briketlenmiş ve yapıştırıcı olarak da su, melas ve tutkal kullanılmıştır. Briketleme işleminde helezon vidalı briketleme makinesi kullanılmıştır. Bunun yanında oluşturulmuş briketlerin fiziksel testleri ile ilgili olarak briket kırılma direnci, yoğunluğu, su alma direnci, nem içeriği, tumbler direnci ve eşdeğer nem içerikleri ile bunlarla ilgili özellikler incelenmiştir. Çalışma sonunda, boyutu 3.35 mm' den küçük materyallerin daha iyi briketlendiği grlmştir. Oluşturulan briketlerden kırılma direnci ve tumbler direncine dayanımı en yüksek Ayçiçeği+Melas karışımı gösterdiği gözlenmiştir. Briketlerin su almaya karşı gösterdikleri direnç ise yine en yüksek değer Ayçiçeği+Melas karışımında belirlenmiştir.

Granada vd (2002) tarafından yapılan çalışmada briketleme için daralan bir kalıp tasarlanmış ve bunun hidrolik bir preste kullanımı için optimizasyonu tanımlanmıştır. Çalışmada iki farklı deneme kurulmuştur. Birinci deneme yoğunluk ve gevşekliği belirlemede en uygun faktörlere karar vermek için, ikinci denemede ise en uygun faktörler için optimum değerleri bulmak amacıyla kurulmuştur. Çalışmada briketleme materyali olarak kullanılan Afrika Mongoy' u ve Kanada meşesi %50 oranında karıştırılmıştır. Hidrolik pres kullanılan denemede sıkıştırma işlemi %1 hata ve maksimum 60 ton kuvvette yapılmıştır. Sıkıştırma hızı, birinci denemede 50 mm/min ve 150 mm/min' de, ikinci deneme ise 150 mm/min' de sabit tutulmuştur. Denemeler için kalıp boyutları 80 mm ve 100mm'dir. Birinci denemenin sonucuna göre en önemli faktörlerin basınç, sıcaklık ve nem içeriğinin olduğu ve partikül boyutunun yoğunluk üzerine etkisinin önemli olmadığı grlmştir. İkinci denemenin sonucuna göre ise yoğunluk ve gevreklik için en iyi sonuçların en yüksek basınç, sıcaklık ve en düşük nem değerinde elde edildiği belirlenmiştir.

Yaman vd (2001) tarafından yapılan çalışmada linyit kömürü, bazı biyokütle rneleri (melas, am kozalağı, talaş, zeytin atıkları, kağıt fabrikası atıkları, pamuk atıkları) ile karıştırılmış ve karışımlar briket üretilmesinde kullanılmıştır. Karışımdaki biyokütle oranı yaş bazda %0–30 arasında değişmiştir. Elde edilen briketlerin dayanımı üzerine karışımdaki biyokütle oranının ve uygulanan basıncın etkileri incelenmiştir.

Çalışmada briketleme makinesi olarak presleme kapasitesi maksimum 1110 MPa olan hidrolik pres kullanılmıştır. Kalıp içerisine 40g materyal konulmuştur ve farklı basınçlar uygulanarak briketleme işlemi yapılmıştır. Çalışma sonunda, linyit kömürüne bazı biyokütle örneklerinin eklenmesi, briketlerin mekanik dayanımını artırdığı görülmüştür. Kâğıt fabrikası atıklarının eklenmesi, elde edilen briketlerin kırılma indeksini artırmıştır. Briketlerin suya dayanımının zeytin, pamuk, çam kozalağı veya kâğıt fabrikası atıkların eklenmesi ile arttırılabileceği belirlenmiştir.

Beker (2000) tarafından yapılan çalışmada, katı yakıt elde etmek için odunsu atık ve linyit kömürü karışımlarının briketlenebilirliği üzerine araştırma yapılmıştır. Denemeler için laboratuvar tipi hidrolik pres makinası kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan linyit kömürünün boyutu 0 – 3 mm ve nem içeriği % 8 – 12 olarak tespit edilmiştir. Farklı nem içeriklerinin etkilerinin belirlenmesi için, linyit numuneleri birinci aşamada 400, 550, 700 ve 800MPa basınç altında odun atığı kullanmadan briketlenmiştir. Çalışmada farklı basınçlar altında oluşturulan briketlerin mekanik dayanımları üzerine linyit kömürü örneklerinin nem içeriğinin ve karışımdaki odunsu atık oranlarının etkileri belirlenmiştir. Atık yüzdeleri TSE standartlarına göre %15 – 20 arasında sınırlandırıldığından, karışımdaki odun atığı yüzdeleri %7, 9, 12, 15 ve 20 olmuştur. Linyit kömürü ve odunsu atık karışımları birbirlerine yapıştırabilmek için %8 oranında melas kullanılarak briketlenmiştir. Denemelerde, odunsu atık ve melas yüzdelerinin toplamı her zaman %20 olması için karışımlardaki linyit kömürü yüzdesi %80’ de sabit tutulmuştur. Çalışmada her biri 70g, kesit alanı 21 cm² ve hacmi 70 cm³ olan silindirik yapıda briketler elde edilmiştir. Çalışma sonunda en dayanımlı briketler 550, 700 ve 800 MPa briketleme basınçlarında, %12 – 20 atık içeriği ve %10 – 12 linyit kömürü nem içeriğinde elde edilmiştir. Briket dayanımını etkileyen kritik faktörlerin; odunsu atık yüzdesi, briketleme basıncı ve linyit kömürünün nem içeriği olduğu belirlenmiştir. Elde edilen briketlerin basma gerilimi ve kırılma indeksi karışımdaki odunsu atıkların yüzdeleri ile artmıştır.

Aqa ve Bhattacharya (1992) tarafından yapılan çalışmada, ön ısıtma işlemi uygulanmış talaş materyali kalıp ısıtılmalı helezon tip briketleme makinesinde briketlenmiş ve makinenin enerji tüketim değerleri verilmiştir. Talaş materyali briketlenmeden önce 100, 115 ve 130° C’ de ısıtılmış ve her bir ön ısıtma sıcaklığı için 3 farklı kalıp sıcaklığı olan 250, 300 ve 350° C’ de briketleme denemeleri

yürütülmüştür. Çalışma sonunda, ön ısıtılmış talaş materyalinin 300° C kalıp sıcaklığında briketlenmesi ile önemli bir enerji tasarrufu sağlandığı ve briketleme makinesi, kalıp ısıtma sistemi ve bütün sistem için toplam enerji gereksiniminin sırası ile %54, %30.6 ve %40.2 oranında azaldığı belirlenmiştir.

2.2. Yanma Emisyonları ve Isıl Değer

Bilgin (2012) tarafından yapılan çalışmada, kamış (*ArundoDonax L.*) ve sazlık (*Phragmitesaustralis*) bitkileri, 15 kW motor gücüne sahip konik vidalı bir briketleme makinasında briketlenmiş ve baca gazı emisyon değerleri belirlenmiştir. Denemelerde, 57 mm çapında, 75 mm uzunluğunda ve çapı 25 mm merkez delikli silindirik briketler ev ısıtmasında kullanılan geleneksel kovalı tip sobada yakılmış ve baca gazı emisyon değerleri (CO, CO₂, SO₂, NO_x, H₂S ve O₂) ve baca gazı sıcaklığı ve yanma verimleri ölçülmüştür. Yanma işlemi kararlı durumda iken ölçülen baca gazı emisyon değerleri çok düşük olarak bulunmuştur. Kamış ve sazlık bitkisi briketi için en düşük CO emisyonu sırası ile 130 ppm ve 106 ppm, ortalama NO_x emisyonu 219 ppm ve 135 ppm ve ortalama CO₂ emisyonu %8.8 ve %7.55 olarak bulunmuştur. Yanma sırasında kamış ve sazlık bitkisi briketlerinde herhangi bir SO₂ emisyonuna meydana gelmemiş ve tüm briketler için H₂S emisyonu önemsiz bulunmuştur. Yanma işlemi kararlı durumda iken ortalama baca gazı sıcaklığı kamış ve sazlık bitkisi briketi için sırası ile 452°C ve 453°C ve yanma verimi %70 ve %67 olarak belirlenmiştir.

Bilgin (2010) tarafından yapılan çalışmada konik helezon tip briketleme makinasında elde edilmiş pamuk ve susam sapı briketlerinin baca gazı emisyon değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Baca gazı emisyon değerlerinin belirlenmesi amacı ile briketler evsel ısıtmalarda kullanılan geleneksel kovalı tip sobada yakılmıştır. Çalışmada, baca gazı emisyonları ilke ilgili olarak CO, CO₂, SO₂, NO_x, H₂S ve O₂ değerleri ile baca gazı sıcaklığı ve yanma verimi bir baca gazı analizörü ile ölçülmüştür. Çalışma sonunda baca gazı emisyon değerleri yanma işlemi kararlı durumda iken oldukça düşük bulunmuştur. Yanma işlemi kararlı durumda iken pamuk ve susam sapı briketleri için en düşük CO emisyonu sırası ile 57 ppm ve 160 ppm, ortalama NO_x emisyonu 196 ppm ve 146 ppm, H₂S emisyonu 37 ppm ve 27 ppm, CO₂ emisyonu %7.92 ve %7.41 ve O₂ emisyonu ise %12.81 ve %13.33 olmuştur. Yanma süresince pamuk ve susam briketleri SO₂ emisyonu meydana getirmemiştir. Kararlı durum

süresince pamuk ve susam sapı briketleri için ortalama baca gazı sıcaklığı ve yanma verimi sırası ile 400°C ve 403°C, %70 ve %69 olarak ölçülmüştür.

Koyuncu ve Pınar (2007) tarafından yapılan çalışmada evsel ısıtmada kullanılan geliştirilmiş biyokütle sobasında farklı biyokütle örnekleri yakılmış ve baca gazı emisyonları (CO, SO₂, NO_x, ve is) ile sobanın ısısal etkinliği belirlenmiştir. Çalışmada biyokütle örneği olarak odun, yonga odunu, fındikkabuğu, ceviz kabuğu, yerfıstığı kabuğu, kayısı çekirdeği, mısır koçanı, buğday samanı, mısır koçanı kabuğu, mısır bitkisi sapı ve mangal kömürü kullanılmıştır. Baca gazı emisyonları yanma periyodu süresince 5 dakika aralıklarla kaydedilmiştir. Çalışma sonunda, baca gazı emisyonlarının biyokütle yakıtlarının karakteristiklerine bağlı olarak farklı değerlerde ve yüksek is emisyonlarına sahip oldukları belirlenmiştir. Mangal kömürünün düşük emisyonlardan dolayı sobada kullanım için en uygun biyokütle yakıtı olduğu belirtilmiş ve sobanın ısısal etkinliği yaklaşık % 46 bulunmuştur.

Al-Widyan vd (2006) tarafından yapılan çalışmada dikey boru tipi bir ocakta nem içeriği % 7.31 ve partikül boyutu ≤ 0.2 mm olan ezilmiş zeytin küspesi (prina) verimli bir şekilde yakılmış ve maksimum ısıl ve yanma verimlilikleri ile baca gazı emisyon değerleri ölçülmüştür. Denemelerde hava-yakıt oranı 5.9 – 10.2 arasında değişmiştir. Çalışma sonunda maksimum ısıl ve yanma verimlilikleri sırası ile % 69 ve % 82 olarak belirlenmiş, maksimum alev sıcaklığı 980°C' ye ulaşmış ve soğutma suyu sıcaklığı değişimi yaklaşık 20°C olmuştur. NO_x ve SO₂ emisyonu ile maksimum 550 ppm ve 30 ppm iken, CO emisyonunun % 1.6' dan (<16.000 ppm) düşük olduğu belirlenmiştir. Daha yüksek hava/yakıt oranında daha az zeytin küspesinin yakılmasının özellikle CO₂ emisyonunun önemli derecede azalmasına neden olduğu belirlenmiştir.

Kaynak vd (2005) tarafından yapılan çalışmada hava kabarcıklı bir akışkan yatakta meyve suyu fabrikalarında atık olarak çıkan şeftali ve kayısı çekirdeklerinin yanma karakteristikleri araştırılmış ve atıkların yanma karakteristikleri linyit kömürü ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada yanma denemeleri süresince O₂, CO, CO₂, SO₂, NO_x emisyonları ve toplam hidrokarbonlar (C_mH_n) baca gazı ölçülmüştür. Yanma denemeleri için hem meyve çekirdekleri hem de kömür için 1.4 – 3.36 mm çap aralığındaki parçacıklar seçilmiştir. Bütün denemeler üç farklı (10, 15 ve 20 g/min) yakıt besleme oranında yapılmıştır. Meyve çekirdekleri ve kömür için emisyonlar baca gazında % 7 O₂ seviyesine göre ölçülmüştür. Çalışma sonunda, yanma denemeleri süresince şeftali

ve kayısı çekirdeklerinden uçucu maddelerin hızlı biçimde uçucu hale geldikleri gözlemlenmiştir. Şeftali ve kayısı çekirdeği ve kömür için yanma etkinliğinin sırası ile % 96.0-97.5, % 93.4-96.3 ve % 98.8-99.1 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca CO emisyonunun kömür için hemen hemen sıfır, biyokütle yakıtları için ise çok yüksek ve SO₂ emisyonunun biyokütle yakıtları için sıfır, kömür için ise 2.400-2.800 mg/Nm³ aralığında olduğu ve NO_x emisyonlarının tüm yakıtlar için Hava Kontrol Yönetmeliği tarafından belirtilen limit değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir.

González vd (2004) tarafından yapılan çalışmada evsel ısıtma için 11.6 kW'lık kat kaloriferinde farklı biyokütle atıklarının yanma işlemlerinin optimizasyonu amaçlanmış ve yanma parametreleri üzerine atık tipi, yakıt kütle akışı, havalandırma en önemli parametreleri belirlenmiştir. Çalışmada yakıt olarak 4 farklı biyokütle atıklarından (domates (kabuk ve tohum), odun, zeytin çekirdeği ve kenger otu) elde edilen 5 mm çapında ve 20 mm uzunluğunda peletler kullanılmıştır. Çalışma sonunda başlıca yanma parametreleri üzerine kütle akış ve havalandırma oranlarının etkisinin bütün atık materyaller için benzer olduğu bulunmuştur. Kütle akışındaki artışın, baca gazındaki O₂ içeriğinde azalmaya ve CO₂ ile CO emisyonunda, baca gazı hacimsel akışında, hava çıkış sıcaklığında ve yanma veriminde bir artışa neden olduğu, havalandırma oranındaki bir artışın ise baca gazındaki O₂ içeriğinde artışa, CO emisyonu ve yanma veriminde azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Ayrıca maksimum yakıt kütle akışı (%100) ve minimum havalandırma (%0) durumunda elde edilen kazan verimlilikleri domates, odun, zeytin çekirdeği ve kenger otu peletleri için sırayla %90, %90.5, %89.7 ve %91.6 olarak bulunmuştur. En yüksek kazan verimliliği (%92.4) %75 kütle akışı ve %0 havalandırma için %75 domates ve %25 odun peleti karışımında elde edilmiştir.

Topal vd (2002) tarafından yapılan çalışmada Türkiye' de üretilen prinanın yanma özellikleri araştırılmış ve prina 125 mm çapında ve 1800 mm yüksekliğinde bir dolaşımli akışkan yatakta yakılmıştır. Çalışmada ayrıca prina ve prina+linyit kömürü karışımları denenmiştir. Yatak boyunca sıcaklık dağılımının yanı sıra yanma gazındaki O₂, SO₂, CO₂, CO, NO_x ve toplam hidrokarbon emisyonları da ölçülmüştür. Araştırma sonuçlarına göre; dolaşımli akışkan yatak sisteminde prina tek başına %94' den %98.95' e varan bir yanma verimi ile yakılmış, fazla hava oranının %30' dan düşük olması durumunda önemli miktarda CO ve yanmamış hidrokarbon emisyonu oluşmuş ve yanma verimi %94-95' e düşmüştür. Yakıt karışımındaki % prina oranı arttıkça SO₂

emisyonu azalmış ve λ (fazla hava oranı) >1.36 koşulunda prina ve prina+linyit kömürü karışımlarının yakılması ile oluşan tüm emisyon değerleri Hava Kalitesinin Yönetmeliği tarafından belirtilen sınır değerlerinden daha düşük olmuştur. Fazla hava oranının artması CO, C_mH_n ve SO₂ konsantrasyonlarında hızlı bir düşüşe neden olmuş ve çalışmada kullanılan yakıtlar için optimum değer yaklaşık olarak %36 fazla hava olarak bulunmuştur.

Bhattacharya ve Salam (2002) yaptıkları çalışmada sera gazı emisyonlarını azaltmada seçilmiş birkaç seçeneğin analizini sunmuştur. Çalışmada geleneksel odun yakan sobalardan çıkan toplam sera gazı emisyonunun, yemek pişirilen tencereye verilen her MJ yararlı enerji için yaklaşık 110 g, bu değer için geliştirilmiş odun, biyogaz, jeneratör gazı, gazyağı, doğal gaz ve LPG yakan sobalar kullanılması halinde sırayla, 42, 5, 2, 350, 166 ve 196 g eşdeğer CO₂ olacağı belirtilmiştir. Çalışma sonunda, geleneksel sobaların yerine doğal gaz, LPG ve gazyağı yakan sobaların kullanılması durumunda eşdeğer CO₂ olarak sera gazı emisyonunun sırası ile yıllık 50, 70 ve 173 milyon ton artacağı, geleneksel sobalar yerine geliştirilmiş kuzine, biyogaz sobası ve jeneratör gazı sobalarının kullanılması durumunda ise eşdeğer CO₂ olarak sera gazı emisyonunun sırası ile yıllık 38, 58 ve 60 milyon ton azalacağı belirlenmiştir.

Demirbaş (2001) tarafından yapılan çalışmada farklı biyokütle yakıtlarının üst ısıl değerleri ile lignin içerikleri arasındaki ilişki belirlenmiş ve bu değerler arasındaki ilişkiyi belirten eşitlik geliştirilmiştir. Çalışmada 14 farklı biyokütle yakıtının üst ısıl değeri hem kalorimetre ile deneysel olarak belirlenmiş, hem de geliştirilen eşitlik yardımıyla lignin içeriğine bağlı olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonunda biyokütle yakıtının üst ısıl değeri ve lignin içeriği arasında son derece önemli bir doğrusal ilişki olduğu belirlenmiş ve eşitlikler kullanılarak hesaplanan üst ısıl değerler, deneysel yolla belirlenen değerlerden ortalama % 0.056 ve % 0.067' lik bir farklılık göstermiştir.

Dare vd (2001) tarafından yapılan çalışmada iki biyokütle örneğinin yanma performansı 50 kW gücündeki laboratuvar ölçekli otomatik tip yakıcı kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmada biyokütle örneği olarak orta dereceli nemli ağaç kabuğu atıkları (% 38,9) ve yüksek nem içeriğine sahip okaliptüs ağacının gövde kısmı (%51.4) kullanılmıştır. Her iki biyokütle materyalinden de 50-60 kg örnek yakıcıda ayrı ayrı yakılmıştır. Çalışmada baca gazı emisyonları (partikül konsantrasyonu, O₂, N₂O, CO,

CO₂, SO₂ ve CH₄) baca gazı analizörü kullanılarak ölçülmüştür. Çalışmada sonunda, okalıptüs ağacının yakılması sonucu oluşan partikül konsantrasyonunun (191 mg/m³), ağaç kabuklarına (91 mg/m³) göre önemli derecede daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Okalıptüs ağacının yakılması ile oluşan yüksek CO (2 450 ppm) ve CH₄ (86 ppm) emisyonlarının birincil nedeninin yüksek nem içeriği olduğu belirtilmiştir.

Demirbaş (1997) tarafından yapılan çalışmada yerli kaynaklardan elde edilen 16 biyokütle örneğinin üst ısıl değeri deneysel olarak belirlenmiş ve üst ısıl değerin hesaplanabilmesi için formül geliştirilmiştir. Çalışma sonunda; geliştirilen eşitlik yardımıyla hesaplanan üst ısıl değerlerin deneysel olarak belirlenen üst ısıl değerleri ile iyi bir uyum gösterdiği belirlenmiş ve hesaplanan değerler ölçülen değerlerden -%0.1 ile +% 4.0 arasında (ortalama %2.2) bir farklılık göstermiştir.

3.MATERYAL VE METOT

3.1.Materyal

Denemeler Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama arazisinde bulunan atölyede yürütülmüştür.

Denemelerde briketlenecek materyal olarak Biolandes gülyağı işleme tesisinden çıkan gül yağı işleme atığı kullanılmıştır. Ayrıca briketlerin kolay yanmasını sağlamak amacıyla briketleme işleminde linyit kömür tozları farklı karışım oranlarında kullanılmıştır (Şekil 3.1). Linyit kömürüne ilişkin özellikler Çizelge 3.1’ de ve denemelerde kullanılan karışım oranları Çizelge 3.2’de verilmiştir. Briketleme denemelerinde herhangi bir yapıştırıcı madde kullanılmamıştır.



Şekil 3.1. Denemelerde kullanılan gül yağı işleme atığı ve kömür tozu

Çizelge 3.1. Denemelerde kullanılan kömürün özellikleri

Kömürün Özellikleri	Yönetmelik Sınır Değerleri	Taahhüt Edilen Sınır Değerleri
Toplam Kükürt	%2 (max)	% 1,5 (max)
Alt Isıl Değer	4000 Kcal/ Kg	4200 (+/-) 200 Kcal/Kg
Toplam Nem	% 25 (max)	% 25 (max)
Kül	% 25 (max)	% 25 (max)
Boyut	18 mm	18 mm

Çizelge 3.2. Yapılan briketlerin karışım oranları

MATERYAL	1.Deneme	2.Deneme	3.Deneme	4.Deneme
Gül İşleme Atık Oranı	%100	%75	%50	%25
Kömür Tozu Oranı	%0	%25	%50	%75

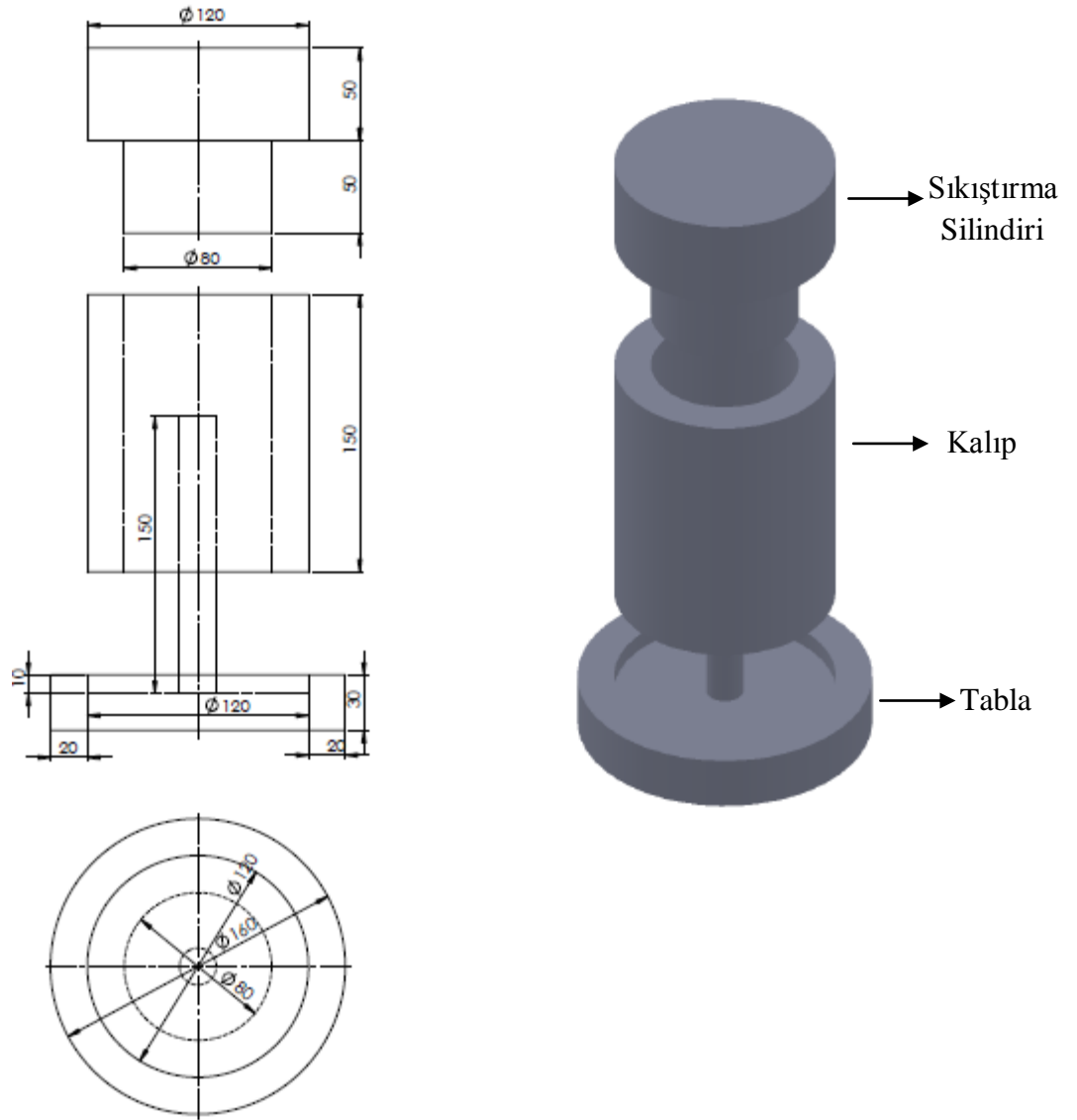
Karışım oranları Çizelge 3.2.'deki deneme desenine göre düzenlenmiş ve briketleme işlemi yapılmıştır. Briketleme işleminde maksimum sıkıştırma basıncı 350 MPa olan atölye tipi hidrolik pres makinası kullanılmıştır. Hidrolik pres makinası 15 litrelik hidrolik yağ deposuna ve 7.5 BG motor gücünde hidrolik pompaya sahiptir. Makinanın strok mesafesi 400 mm, strok iniş hızı 6.2 mm/s, strok çıkış hızı 9.8 mm/s ve makine ölçüleri 1000x1400x2500 mm'dir. Makina üzerinde hidrolik pompanın çalışmasını ve durdurulmasını sağlayan start-stop düğmeleri bulunmaktadır (Şekil3.2).



Şekil 3.2. Hidrolik pres makinası

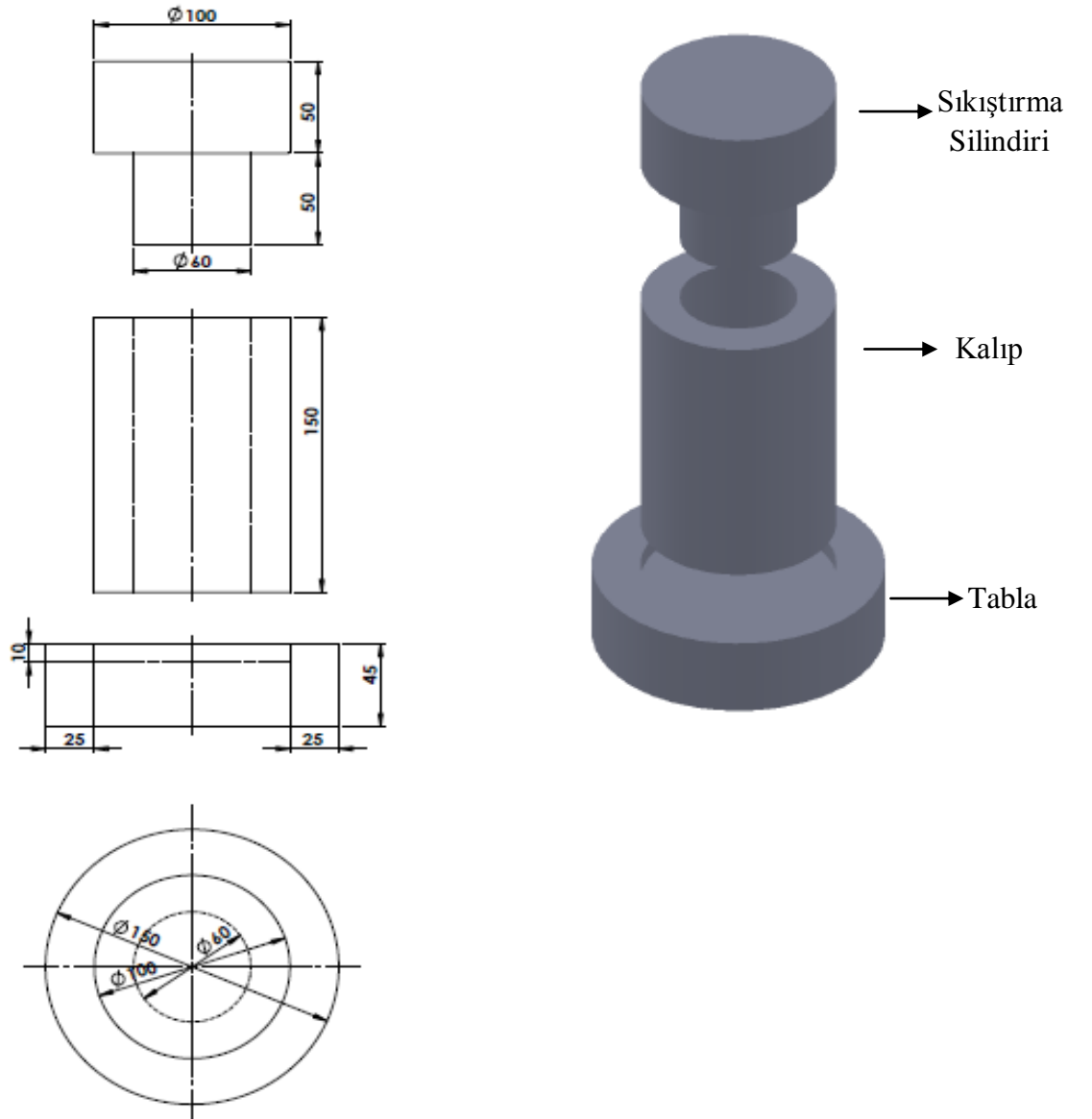
Denemelerde, briketlerin merkez delikli ve içi dolu olarak elde edilmesinde iki farklı kalıp kullanılmıştır. Kalıplar tabla, silindir ve sıkıştırma silindiri olmak üzere 3 parçadan oluşmuştur.

Merkez delikli briket eldesin de kullanılan kalıbın tablası 160 mm çapında ve 30 mm yüksekliğindedir. Kalıp tablası, kalıbın dik durmasını sağlamakta ve briketleme işleminde kalıp, kalıp tablasına yerleştirilmektedir. Briketlerin merkez delikli olması için ortasına merkezlenmiş 20 mm çapında, 150 mm uzunluğunda bir mil kullanılmıştır. Silindirik kalıp 150 mm yüksekliğinde, 80 mm iç çapında ve 20 mm et kalınlığında çelik malzemeden yapılmıştır. Sıkıştırma silindiri ise 100 mm uzunluğunda olup 50 mm' lik kısmı kalıp içerisine girmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Merkez delikli briketleme kalıp seti ve teknik çizimi

Tam dolu briket eldesin de kullanılan kalıbın tablası, 150 mm çapında ve yüksekliği 45 mm'dir. Kalıp tablası, kalıbın dik durmasını sağlamaktadır ve briketleme işleminde kalıp, kalıp tablasına yerleştirilmektedir Silindirik kalıbın yüksekliği 150 mm, iç çapı 60 mm ve et kalınlığı 20 mm'dir. Silindirik kalıbın dik durabilmesi için tablanın içine 10 mm'lik derinlik verilmiştir. Sıkıştırma silindiri ise 100 mm yüksekliğinde ve 50 mm'lik kısmı kalıp içerisine girmektedir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Tam dolu briketleme kalıp seti ve teknik çizimi

Denemelerde kullanılan gül işleme atıklarının ve elde edilen briketlerin nem içeriklerinin belirlenmesinde kurutma fırını (ETÜV) ve materyallerin kül içeriklerinin belirlenmesinde kül fırını kullanılmıştır.

Briketlerin düşme-dayanıklılık (Tumbler) dirençlerinin belirlenmesinde kullanılan düzeneğin elektrik motor gücü 0.75 kW, motor devri redüksiyonda 40 min⁻¹, briketlerin döndürüldüğü kafes 300x300x430 mm ölçülerinde ve kafesin üzerindeki tel örgünün aralığı 12 mm'dir. Test düzeneği, ASAE 294.4 standardına göre dizayn edilmiştir.

Briketlerin yakılması sonucu atmosfere bırakılan baca gazı emisyonlarının ölçülmesi için baca gazı ölçüm cihazı kullanılmıştır. Baca gazı ölçüm cihazı; analizör ünitesi, el kontrol ünitesi ve ölçüm probundan oluşmaktadır (Şekil 3.5). Baca gazı ölçüm cihazına ait teknik özellikler Çizelge 3.3.'de görülmektedir.

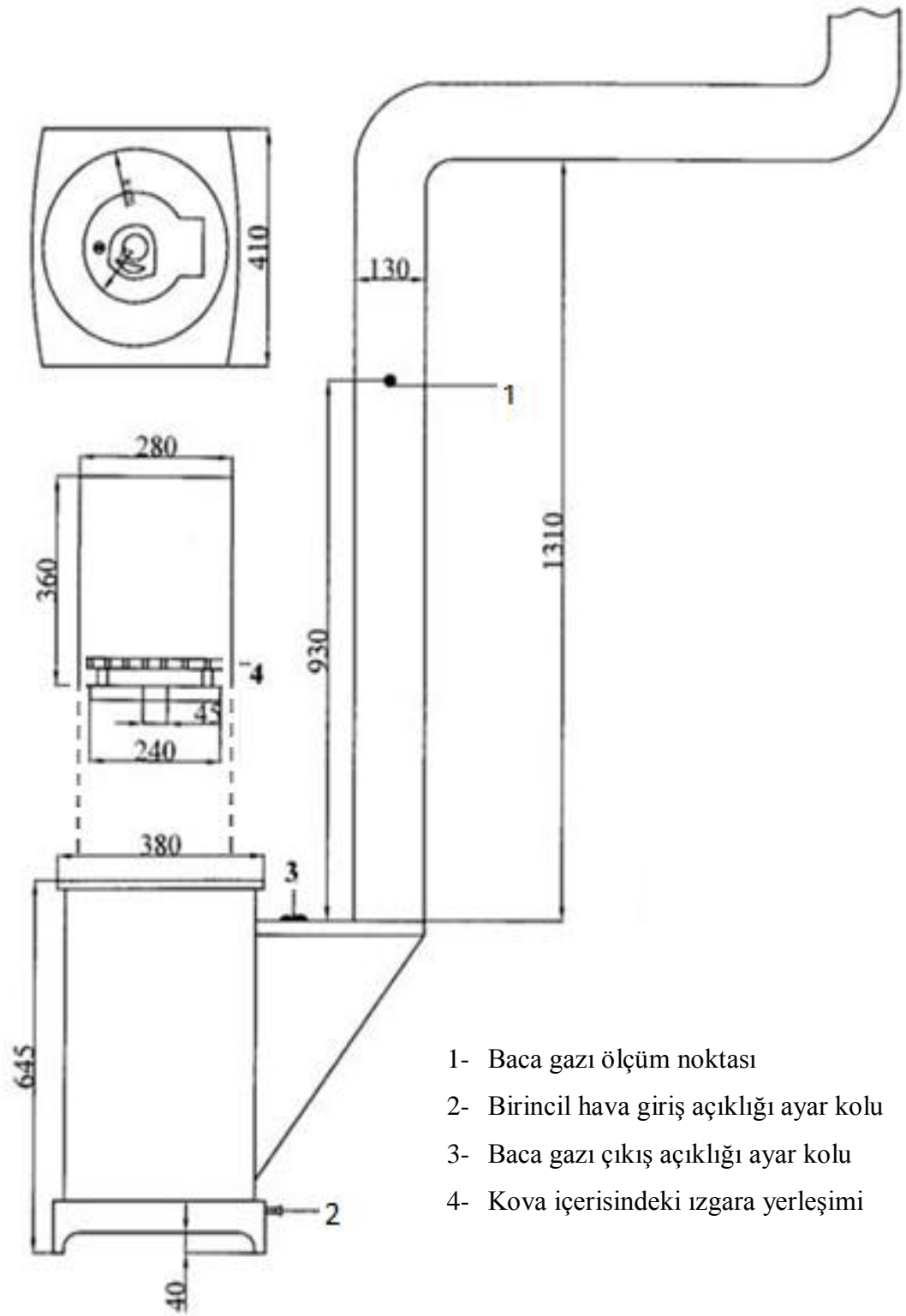


Şekil 3.5. Baca gazı ölçüm cihazı

Çizelge 3.3.Baca gazı emisyon ölçüm cihazına ait teknik özellikler

<u>Ölçüm Aralıkları</u>	
O ₂	:0....+%25 ppm (hacimsel)
CO	:0....+10.000 ppm
CO ₂	:0....CO ₂ maks. (O ₂ hesabı ile)
NO	:0....+ 3.000 ppm
NO ₂	:0....+ 500 ppm
SO ₂	:0....+ 5.000 ppm
H ₂ S	:0....+ 300 ppm
Fark Basıncı 1	: ± 200 hPa
Fark Basıncı 2	: ± 40 hPa
Baca Gazı Sıcaklığı	: -40 °C....+1200°C
Hız Ölçümü	:0....+40 m/s
Verimlilik	:0....%120
Baca Gazı Kaybı	: -20....+99.9
Gaz Örneklem Pompası Akış Hızı	:0,8 m/s

Baca gazı emisyonlarının belirlenmesi için briketlerin yakılmasında evsel ısıtılarda kullanılan birincil hava girişi alttan, ikincil hava girişi üstten ve materyal yüklemesi üst kısımdan olan geleneksel kovalı tip soba kullanılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Briketlerin yakılmasında kullanılan kovalı tip sobanın teknik çizimi ve ölçüleri

3.2. Metot

3.2.1. Materyalin briketlemeye hazırlanması ve briketlenmesi

Gül işleme tesislerince sezon boyunca işlenmiş ve işletme atığı olarak atık çukurlarında biriktirilmiş gül işleme atıkları, atık çukurlarında toplanmıştır. Gül işleme atıklarına briketleme işlemi öncesi herhangi bir işlem yapılmamıştır.

Briketleme işleminde kullanılacak linyit kömür tozları Antalya'da bulunan bir kömür satış noktasından alınmıştır.

Briketleme işlemi iki farklı kalıpta 4 farklı karışım oranında (%100 gül posası, %75 gül posası + %25 kömür tozu, %50 gül posası + %50 kömür tozu ve %25 gül posası + %75 kömür tozu) gerçekleştirilmiştir. Briketleme işlemi 35 MPa sıkıştırma basıncında yapılmıştır. Gül işleme atıkları ve kömür tozları briketleme öncesi bir kap içerisinde belirlenen karışım oranlarında elle karıştırılmıştır ve mümkün olduğu kadar homojen karışım elde edilinceye kadar karıştırma işlemine devam edilmiştir.

Briketleme işlemi öncesi kalıp, kalıp tablasının merkezine dik olacak şekilde yerleştirilmiştir. Kalıp içerisine briketlenecek materyal silme olacak şekilde doldurulmuş ve daha sonra kalıp üzerine sıkıştırma silindiri dik olarak yerleştirilmiştir. Daha sonra hidrolik pres start düğmesine basılarak çalıştırılmıştır. Sıkıştırma silindiri kalıp içerisine 50 mm girinceye kadar sıkıştırma işlemi devam etmiş ve hidrolik pres makinası durdurulmuştur. Sıkıştırma silindiri üzerinden sıkıştırma kuvveti briketlerin ani genleşmelerini önlemek için hemen kaldırılmamış ve sıkıştırma kuvveti 30 saniye süreyle uygulanmıştır. Daha sonra kalıp içerisinden briketler ters yönde kuvvet uygulanarak çıkartılmıştır. Briketleme işleminden sonra briketler çevre şartlarında kurumaya bırakılmıştır. Bu işlem dört farklı karışım oranı ve iki farklı kalıp için 3'er tekrarla gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Kül içeriğinin belirlenmesi

Kül içeriğinin belirlenmesi amacıyla materyal örnekleri önce 105°C'de 24 saat süreyle kurutma fırında kurutulmuştur. Daha sonra örnekler 550°C'de 5 saat kül fırınında yakılmış ve kül içeriği hesaplanmıştır (Kocasoy 1994);

$$KI = \left[1 - \left(\frac{A_{yön} - A_{yson}}{A_{yön}} \right) \right] \times 100$$

KI : Kül içeriği (%)

$A_{yön}$: Yakma öncesi materyal ağırlığı (g)

A_{yson} : Yakma sonrası materyal ağırlığı (g)

3.2.3. Briket kalitesi ile ilgili özellikler ve testler

Briketlerin fiziksel testleri ile ilgili olarak yoğunluk, kırılma (shatter) direnci, düşme dayanıklılık (tumbler) direnci, su alma direnci, nem içeriği ve eşdeğer nem içeriği (hava nemi direnci) belirlenmiştir. Eşdeğer nem içeriği dışındaki bütün testler için briketler 7 gün süre ile kapalı ortamda çevre şartlarında bekletilmiştir.

3.2.3.1. Yoğunluk

Gül işleme atıklarının ve elde edilen briketlerin yoğunlukları belirlenmiştir. Gül posasının yoğunluğunun belirlenmesi için hacmi belirli bir kap kullanılmıştır. Kaba doldurulan gül posasının ağırlıkları belirlenmiş ve gül posasının ağırlığı ve kabın hacmine bağlı olarak yoğunluk aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır.

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Burada;

ρ = Materyalin yoğunluğu (kg/m³)

M = Materyalin ağırlığı (kg)

V = Kalıbın hacmi (m³)

Briket yoğunluğu briket boyutlarının ölçülmesi (stereometrik yöntem) yolu ile hesaplanmıştır. Bu yöntemde önce briketler tartılmış ve kütleleri kaydedilmiştir. Daha sonra silindirik briketin dış çapı ve uzunluğu kumpas yardımı ile ölçülmüş ve briket hacmi hesaplanmıştır. Briket yoğunluğu ise; aynı eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

3.2.3.2. Kırılma direnci (Shatter Direnci)

Kırılma direncinin belirlenmesinde, briketler test öncesinde tartılmıştır. Daha sonra briketler belirli bir yükseklikten (1m) sert bir zemin üzerine 10 defa serbest olarak düşürülmüştür. Test sonrasında briketler tartılmış ve ağırlıkları belirlenmiştir. Kırılma sonucu meydana gelen kayba bağlı olarak kırılma (shatter) direnci yüzde olarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$KD = \left[1 - \left(\frac{A_{ilk} - A_{son}}{A_{ilk}} \right) \right] \times 100$$

KD : Kırılma direnci (%)

A_{ilk} : Kırılma direnci öncesi briket ağırlığı (g)

A_{son} : Kırılma direnci sonrası materyal ağırlığı (g)

3.2.3.3. Düşme, dayanıklılık (Tumbler) Direnci

Bu testte, 6 briket ASAE 269.4 standartlarına göre yapılmış test düzeneğine yerleştirilmeden önce tartılmış ve ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra briketler test düzeneğine yerleştirilmiş ve 3 dakika boyunca 40 min^{-1} ile döndürülmüştür (Şekil 3.8). Döndürme işleminin sonunda briketler dışarı alınarak tekrar tartılmış ve ağırlıkları belirlenmiştir. Test süresince oluşan ağırlık kaybına bağlı olarak düşme-dayanıklılık (tumbler) direnci yüzde olarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$DD = \left[1 - \left(\frac{A_{ilk} - A_{son}}{A_{ilk}} \right) \right] \times 100$$

DD : Düşme direnci (%)

A_{ilk} : Düşme direnci öncesi briket ağırlığı (g)

A_{son} : Düşme direnci sonrası materyal ağırlığı (g)



Şekil 3.7. Briketlerin düşme-dayanıklılık dirençlerinin belirlenmesinde kullanılan test ünitesi

3.2.3.4. Su alma direnci

Su alma direnci, suya daldırılan briketlerin belirli bir süre sonunda absorbe ettikleri su miktarının bir ölçüsüdür. Bu testte briketler suya daldırılmadan önce tartılarak ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra her bir briket örneği yaklaşık 18° C sıcaklıktaki soğuk şebeke suyuna daldırılmış 1. ve 2. dakikanın sonunda tekrar tartılmıştır (Şekil3.9). Su alma direnci, ağırlıktaki artışa bağlı olarak 1. ve 2. dakika sonu için yüzde olarak aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır.

$$SA = \left[1 - \left(\frac{M_{son} - M_{ilk}}{M_{ilk}} \right) \right] \times 100$$

Burada;

SA = Briketin su alma oranı (%)

M_{son} = Briketin su almış ağırlığı (kg)

M_{ilk} = Briketin ilk (kuru) ağırlığı (kg)



Şekil 3. 8. Su alma direnci için briketlerin suya daldırılması

3.2.3.5. Nem içeriği

Çalışmada nem içerikleri hem ham madde hem de briket için ayrı ayrı belirlenmiştir. Nem içeriklerinin belirlenmesi amacıyla örnekler 105° C sıcaklıkta 24 saat kurutma fırınında bekletilmiştir. Kurutulmadan önceki ve sonraki ölçülen ağırlıklara bağlı olarak nem içerikleri yaş baza göre aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Kocasoy 1994);

$$N_i = \frac{M_{yaş} - M_{kuru}}{M_{yaş}} \times 100$$

Burada;

N_i = Materyalin nem içeriği (%)

$M_{yaş}$ = Materyalin yaş ağırlığı (kg)

M_{kuru} = Materyalin kuru ağırlığı (kg)

3.2.3.6. Hava nemi direnci (Eş değer nem içeriği)

Bu testte, üretilen briketler dış ortamda kurutulduktan sonra 21 gün süreyle kapalı çevre şartlarında bekletilmiştir. Bekletme öncesi ve sonrası briket ağırlıkları tartılarak kaydedilmiştir. Ağırlıktaki artışa bağlı olarak briketlerin eşdeğer nem içerikleri yüzde olarak belirlenmiştir.

3.3. Baca gazı emisyon değerlerinin belirlenmesi

Baca gazı emisyon değerlerinin belirlenmesi amacıyla briketler, evsel ısıtmalarda kullanılan geleneksel kovalı tip sobada yakılmış ve yanma sonucu oluşan baca gazı emisyon değerleri (O_2 , CO , CO_2 , SO_2 , NO_x) ile baca gazı sıcaklığı ve yanma verimi baca gazı analizörü ile ölçülerek online olarak bilgisayara aktarılmıştır. Emisyon ölçümleri Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde (IKHKKY) katı yakma tesisleri ve odun ve bitkisel atıkların yakılması ile ilgili verilen %13 O_2 (standart oksijen miktarı yüzdesi) ve %20.3 CO_2 max (her bir yakıt için kuru atık gaz içindeki maksimum karbondioksit yüzdesi) referans değerlerine göre yapılmış ve bu değerler test öncesi emisyon ölçüm cihazına girilerek tanımlanmıştır. Denemelerde ölçüm probu dikey soba borusunun orta noktasının biraz yukarisına açılan gaz numune alma noktasına ve soba borusu kesit merkezine gelecek şekilde yerleştirilmiş ve denemeler süresince tek bir noktadan ölçüm alınmıştır. Ölçümlere başlamadan önce soba içerisinde parça odun yakılmış ve yanma işlemi rejime girdikten sonra (soba içerisinde alevin olmadığı ve kor ateş durumu) her bir deneme için üç adet briket yanma odasına dikey olarak yerleştirilmiştir. Daha sonra bilgisayar üzerinden online olarak baca gazı analizörü çalıştırılmış ve analizör içerisindeki pompa yardımıyla gaz örneği ölçüm probu içerisinde çekilerek cihaz içerisindeki elektro-kimyasal hücreler içerisinde geçirilmiş ve ölçülen değerler online olarak bilgisayara aktarılarak daha sonra değerlendirilmek üzere kaydedilmiştir. Ölçüm işlemi yanmanın başlangıcından bitimine kadar sürmüş ve her bir deneme işlemi için aynı işlemler tekrarlanmıştır. Deneme süresince birincil ve ikincil hava giriş açıklıkları %100 açık tutulmuştur.

4.BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, Isparta ilindeki tarıma dayalı sanayi atık potansiyelinin başında gelen gül yağı işleme atıklarının farklı oranlarda kömür tozu karışımları ile briketlenmiş ve briketlerin fiziksel özellikleri ve yanma sonucu açığa çıkan baca gazı emisyonları belirlenmiştir. Briketleme işlemi 4 farklı karışım oranında gerçekleştirilmiş fakat %25 gül işleme atığı %75 kömür tozu karışımında briket elde edilememiş ve briket özelliği taşımadığı için fiziksel dayanım testleri yapılmamış ve yanma işlemine tabii tutulmamıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Gül işleme atıkları (%25)- Kömür tozu (%75) oranında karıştırılmış briketlerin görünümü

Briketlerin kurutulduktan sonra elle tutulduğunda parçalandığı ve ufalandığı gözlenmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Gül işleme atıkları (%25)- Kömür tozu (%75) briketlerinin ufalanmış hali

Çalışmada elde edilen briketlerin materyal karışım oranları ve metin içerisinde kullanılacak olan harf karşılıkları çizelge 4.1’ de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Briketlerin materyal karışım oranları ve harf karşılıkları

Karışım oranı		Karışım oranının harf karşılığı
Gül işleme atığı	Kömür tozu	
% 100	-	X
% 75	% 25	Y
% 50	% 50	Z

Ayrıca briketleme denemelerinde her karışım oranı için farklı çaplarda ve farklı özellikte briketler elde edilmiş ve metin içerisinde kullanılan harf karşılıkları Çizelge 4.2’ de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Denemelerde kullanılan farklı özellikteki briketlerin harf karşılıkları

Briket tipi	Briket tipinin harf karşılığı
Tam Dolu	A
İçi Boş	B

4.1. Briketlerin Fiziksel Özellikleri

4.1.1. Ham madde ve briket yoğunluğu

Gül yağı işleme atıklarının briketleme öncesi ve sonrası yaş bazda yoğunlukları belirlenmiştir (Ek 1). Çizelge 4.3’te %100 gül posasından elde edilen briketlerin briketlemeden önceki ve sonraki yoğunlukları ile nem içerikleri verilmiştir.

Çizelge 4.3. %100 gül posası briketleme öncesi ve sonrası yoğunluk ve nem içeriği değerleri

Briket Tipi	Ham materyal		Briket	
	Yoğunluk (kg/m ³) (yb)	Nem içeriği (%)	Yoğunluk (kg/m ³) (yb)	Nem içeriği (%)
Tam Dolu	849.25	83.34	1273.88	64.27
İçi Boş	849.25	83.34	1241.95	57.82

Tüm briketler için elde edilen briket yoğunlukları literatürde (Grover ve Mishra 1996) verilen kabul edilebilir değerler (1000 - 1400 kg/m³) arasında yer almıştır.

4.1.2. Düşme-dayanıklılık (Tumbler) direnci

Düşme-dayanıklılık direnci özellikle briketlerin nakliye sürecinden, yakma sürecine kadar sağlam ve dayanıklı kalması için çok önemli bir unsurdur. ASEA 269.4 standartlarına göre hazırlanmış test ünitesinde yapılan denemelerde, gül yağı işleme atıkları ile kömür karışımları ve briket tipine (tam dolu-içi boş) bağlı olarak düşme-dayanıklılık dirençleri ve varyans analiz sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Briketlerin düşme-dayanıklılık direnci varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Sig. (P)
Briket_tipi	1	0.192	0.192	0.003	0.955
Karışım	2	6625.841	3312.921	58.319	0.000*
Briket tipi x Karışım	2	243.722	121.861	2.145	0.160
Hata	12	681.687	56.807		
Toplam	18	72413.857			

* İstatistiksel olarak %5 önem düzeyinde farklılık önemlidir.

Yapılan varyans analizleri sonuçlarına göre briket tipi ve (briket tipi x karışım) interaksyonunun düşme-dayanıklılık direnci üzerine etkisi önemsiz, karışımın etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Briket tipinin düşme-dayanıklılık (Tumbler) direncine olan etkisi ve standart hata değerleri Çizelge 4.5’ te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Briket tipinin düşme-dayanıklılık (tumbler) direncine etkisi

Briket tipi	Ortalama düşme-dayanıklılık ± Standart Hata
A	59.93±6.12
B	60.13±8.21

Çizelge 4.6. Karışımın düşme-dayanıklılık direncine etkisi

Karışım	Ortalama düşme-dayanıklılık Direnci ± Standart Hata
X	77.7 ± 4.352 A*
Y	69.0 ± 4.352 A
Z	33.4 ± 4.352 B

Yapılan çoklu karşılaştırma analizi sonuçlarına göre Z tipi karışım X ve Y tipi karışıma göre daha düşük tumbler direnci sağlamıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.7.(Briket tipi x karışımın) düşme-dayanıklılık direncine etkisi

Karışım	Ortalama düşme-dayanıklılık Direnci \pm Standart Hata	
	Briket Tipi	
	A	B
X	72.420 \pm 4.352 A	82.990 \pm 4.352 A
Y	71.090 \pm 4.352 A	66.947 \pm 4.352 B
Z	36.267 \pm 4.352 B	30.460 \pm 4.352 C

Aynı sütundaki değerler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsizdir.

(Briket tipi x Karışım) interaksiyonunun düşme-dayanıklılık direnci üzerine etkisi önemli olduğu için, A ve B tipi briketlerin her ikisi de Z tipi karışımda en düşük düşme-dayanıklılık direnci sağlamıştır (Çizelge 4.7).

Düşme-dayanıklılık direnç test düzeneğinde kullanılan briketlerin deneme sonrası görüntüleri Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5' te verilmiştir.



Şekil 4.3. X karışımı briket tipinin düşme-dayanıklılık testi sonrası görüntüleri



Şekil 4.4. Y karışımı briket tipinin düşme-dayanıklılık testi sonrası görünüşleri



Şekil 4.5. Z karışımı briket tipinin düşme-dayanıklılık testi sonrası görünüşleri

Düşme-dayanıklılık direnci denemeleri sonunda yalnızca X karışımının B tipi briketlerinde parçalanma meydana gelmezken, diğer karışım ve tiplerdeki briketlerde, yüzeylerinde çatlak ve pürüzlülüğünden dolayı parçalanma olduğu gözlenmiştir. Ayrıca gül işleme atıklarına karıştırılan kömür tozu oranı arttıkça düşme-dayanıklılık testine karşı direncinin azaldığı görülmüştür. Düşme-dayanıklılık direnci sonunda kırılan ve dökülen parçaların 20 mm' lik elek üzerinde kalan kısımları kayıp olarak değerlendirilmemiştir.

4.1.3. Kırılma (Shatter) direnci

Kırılma direncinde, briketler belirli bir yükseklikten (1 metre) 10 defa yere bırakılması sonucu kütledeki kayıplar ölçülmüştür. Kırılma sonucu meydana gelen kayıplar yüzde olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.8. Briketlerin kırılma direnci varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Sig. (P)
Briket_tipi	1	2.198	2.198	1.106	0.314
Karışım	2	3.629	1.814	0.913	0.427
Briket tipi x Karışım	2	19.596	9.798	4.931	0.027*
Hata	12	23.844	1.987		
Toplam	18	168854.945			

* İstatistiksel olarak %5 önem düzeyinde farklılık önemlidir.

Yapılan varyans analizleri sonuçlarına göre briket tipi ve karışımın kırılma dayanımı üzerine etkisi önemsiz iken (briket tipi x karışım) interaksyonunun kırılma dayanımı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemlidir.

Çizelge 4.9. Briket tipinin kırılma direncine etkisi

Briket tipi	Ortalama kırılma Direnci ± Standart Hata
A	96.53±0.59
B	97.19±0.56

Çizelge 4.10. Karışımın kırılma direnci üzerine etkisi

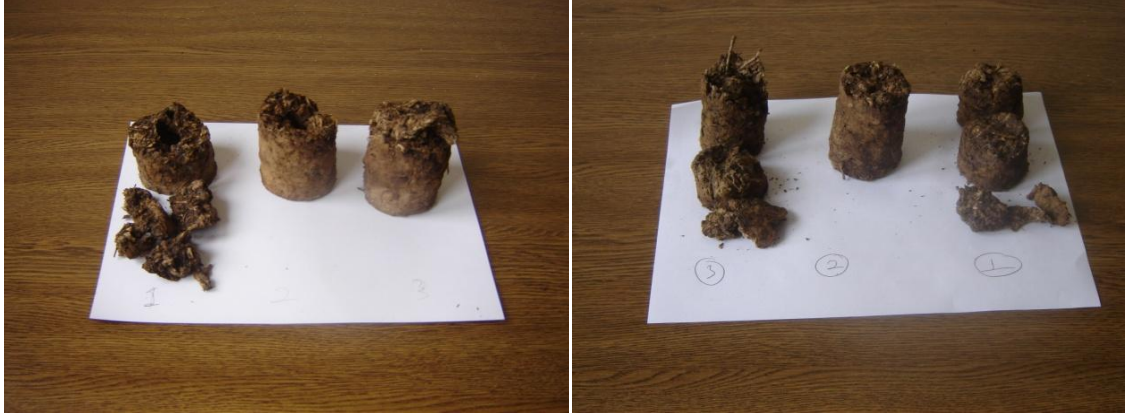
Karışım	Ortalama kırılma Direnci ± Standart Hata
X	96.98 ± 0.806
Y	97.30 ± 0.806
Z	96.30 ± 0.806

Yapılan çoklu karşılaştırma analizi sonuçlarına göre Z tipi karışım X ve Y tipi karışıma göre daha düşük kırılma direnci sağlamıştır (Çizelge 4.9-10).

Çizelge 4.11.(Briket tipi x karışımın) kırılma direncine etkisi

Karışım	Ortalama kırılma Direnci ± Standart hata	
	Briket Tipi	
	A	B
X	95.243 ± 0.806 B	98.723 ± 0.806 A
Y	97.223 ± 0.806 A	97.387 ± 0.806 A
Z	97.133 ± 0.806 A	95.460 ± 0.806 B

(Briket tipi x Karışım) interaksyonunun kırılma direnci üzerine etkisi önemli olduğu için, A tipi briket X tipi karışımında en düşük kırılma direnci sağlarken, B tipi briket ise Z tipi brikette en düşük kırılma direnci sağlamıştır(Çizelge 4.11).



Şekil 4.6. X karışımı briketlerin kırılma direnci sonrası görünümleri



Şekil 4.7. Y karışımı briketlerin kırılma direnci sonrası görünümleri



Şekil 4.8. Z karışımı briketlerin kırılma direnci sonrası görünümü

Şekillerde görüldüğü gibi kırılma direnci testi sonunda briketlerde kırılmalar meydana gelmiştir. Briketlerde oluşan kırılmalar daha çok zayıf ve çatlakların bulunduğu kısımlarında, test sırasında sert yüzeye çarpmalarının etkisiyle meydana gelmiştir.

Düşme-dayanıklılık ve kırılma direnci birlikte değerlendirildiğinde testler sonunda elde edilen değerler briketlerin kalitesi hakkında bilgi vermektedir. Fakat yine de kabul edilebilir bir düşme-dayanıklılık ve kırılma direnci için sayısal değer vermek oldukça zordur ve bununla ilgili bir çalışma da yürütülmemiştir. Testlerde elde edilen sonuçlara göre briketlerin dayanıklılığı 0.5-1.0 arasında değerlendirmeye tutulmaktadır (Eriksson ve Prior 1990).

Briketlerin düşme-dayanıklılık dirençleri açısından elde edilen sonuçlar, Kürklü ve Bilgin (2007), Bilgin (2008) ve Acaroğlu vd. (2002) tarafından yapılan çalışmaların sonuçlarıyla benzer olduğu gözlenmiştir.

4.1.4. Su alma direnci

Briketlerin suyun içerisine daldırılması ile elde edilen su alma direnci varyans analiz sonuçları 1.dakika için Çizelge 4.12' de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Briketlerin su alma direnci (1.dk için) varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Sig. (P)
Briket tipi	1	51.207	51.207	0.433	0.523
Karışım	2	2052.522	1026.261	8.681	0.005*
Briket tipi x Karışım	2	3878.922	1939.461	16.406	0.000**
Hata	12	1418.622	118.219		
Toplam	18	179196.955			

* İstatistiksel olarak %5 önem düzeyinde farklılık önemlidir.

Yapılan varyans analizleri sonuçlarına göre briket tipi 1.dakika için su alma direnci üzerine etkisi önemsiz iken karışım ve (briket tipi x karışım) interaksyonunun 1.dakika için su alma direnci üzerine etkisi istatistiksel olarak önemlidir.

Çizelge 4.13. Briket tipinin su alma direncine etkisi

Briket tipi	Ortalama Su Alma Direnci (1.dk)± Standart Hata
A	96.01±7.11
B	99.38±7.18

Çizelge 4.14. Briket karışımının tipinin su alma direncine etkisi

Karışım	Ortalama Su Alma Direnci (1.dk) ± Standart Hata
X	91.76 ± 4.439 B
Y	88.64 ± 4.439 B
Z	112.69 ± 4.439 A

Çizelge 4.15.(Briket tipi x karışımın) su alma direncine (1.dk) etkisi

Karışım	Ortalama Su Alma Direnci (1.dk)± Standart Hata	
	Briket Tipi	
	A	B
X	108.793 ± 6.277	74.720 ± 6.277
Y	69.823 ± 6.277	107.453 ± 6.277
Z	109.407 ± 6.277	115.970 ± 6.277

(Briket tipi x Karışım) interaksiyonunun su alma direnci (1.dakika) üzerine etkisi önemli olduğu için, A tipi briket Y tipi karışımında en düşük su alma direnci sağlarken, B tipi briket ise X tipi brikette en düşük su alma direnci sağlamıştır (Çizelge 4.15).

Su alma direnci denemelerinde 1.dakika sonunda briketlerde belirgin bir ağırlık artışı gözlenmiş ve briketlerde şişmeler meydana gelmiştir. Briketlerin çatlak olduğu kısımlarından hızlı bir şekilde suyu absorbe ettiği ve briketlerin şişmesine neden olduğu gözlenmiştir. Fiziksel olarak 1.dakika sonunda bir değişim olmamıştır.

Briketlerin suyun içerisine daldırılması ile elde edilen su alma direnci varyans analiz sonuçları 2. dakika için Çizelge 4.16' da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Briketlerin su alma direnci (2.dakika için) varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Sig. (P)
Briket_tipi	1	154.06	154.06	11.178	0.006
Karışım	2	114.497	57.249	4.154	0.043*
Briket tipi x Karışım	2	203.076	101.538	7.368	0.008
Hata	12	165.382	13.782		
Toplam	18	3654.107			

* İstatistiksel olarak %5 önem düzeyinde farklılık önemlidir.

Yapılan varyans analizleri sonuçlarına göre (briket tipi x karışım) interaksiyonunun ve briket tipinin 2.dakika için su alma direnci üzerine etkisi önemsiz iken, karışımın 2.dk için su alma direnci üzerine etkisi istatistiksel olarak önemlidir.

Çizelge 4.17. Briket tipinin su alma direncine (2.dakika) etkisi

Briket tipi	Ortalama Su Alma Direnci (2.dakika)± Standart Hata
A	10.02 ± 1.56
B	15.87± 2.07

Çizelge 4.18. Karışım oranının su alma direncine etkisi

Karışım	Ortalama Su Alma Direnci (2.dakika) ± Standart Hata
X	15.98 ± 2.416 A
Y	13.05 ± 2.416 AB
Z	9.80 ± 2.416 B

Çizelge 4.19. (Briket tipi x karışımın) su alma direncine (2.dakika) etkisi

Karışım	Ortalama Su Alma Direnci (2.dakika)± Standart Hata	
	Briket Tipi	
	A	B
X	14.763 ± 2.14 A	17.197 ± 2.14 A
Y	5.437 ± 2.14 B	20.673 ± 2.14 B
Z	9.86 ± 2.14 B	9.74 ± 2.14 B

(Briket tipi x Karışım) interaksiyonunun su alma direnci (2.dakika) üzerine etkisi önemli olduğu için, A tipi briket X tipi karışımda en yüksek su alma direnci sağlarken, B tipi briket ise X tipi brikette en düşük su alma direnci sağlamıştır.



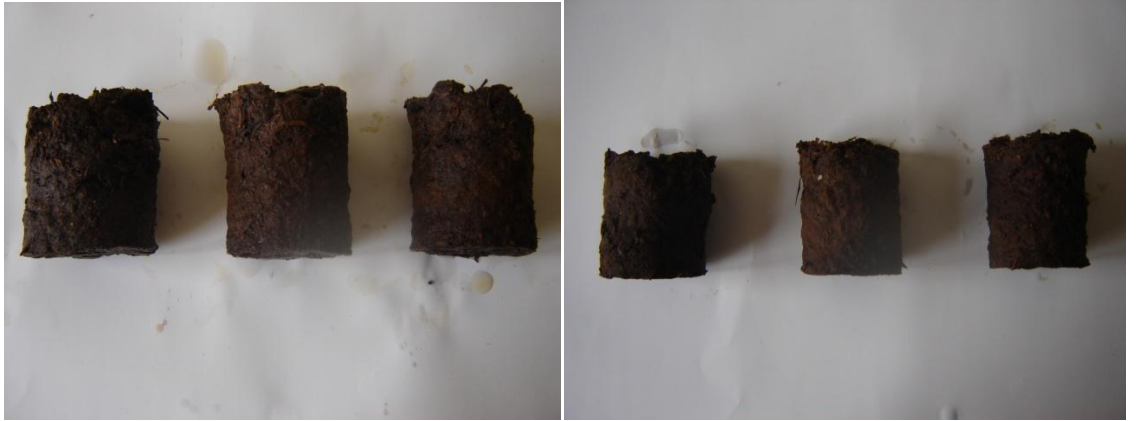
Şekil 4.9. X karışımı ve A tipi briketlerin su alma direnci öncesi ve sonrası görüntüleri



Şekil 4.10. X karışımı ve B tipi briketlerin su alma direnci öncesi ve sonrası görüntüleri



Şekil 4.11. Y karışımı ve A tipi briketlerin su alma direnci öncesi ve sonrası görünümleri



Şekil 4.12. Y karışımı ve B tipi briketlerin su alma direnci öncesi ve sonrası görünümleri

Denemelerin 2.dk sonunda ise ağırlık artışının azaldığı ve fiziksel özelliklerinde bir değişim olmadığı gözlenmiştir. Briketler su içerisinde 1 gün süreyle bekletilmesine rağmen briketlerde dağılmalar olmamıştır.

Yapılan su alma direnci test çalışmalarında (CRA 1987), su direnci testinde kabul edilebilir bir briket kalitesi için test edilen her dakika sonunda briket başlangıç ağırlığında %50'den daha az bir artışın olması gerektiği belirtilmiş ve bu artış ne kadar az olursa briket kalitesinin o derece yüksek olacağı vurgulanmıştır. Bu bilgilere göre yapılan briketlerin tümünün 1.dakika sonunda %50' nin üzerinde bir değer aldığı ve 2.dakika sonunda ise bu değere göre çok daha az bir su alma oranına sahip olduğu gözlenmektedir.

4.1.5. Hava nemi direnci

Briketlerin dış ortamda kurutulduktan sonra 21 gün süreyle çevre koşullarında bekletilmesi sonucu ağırlık artışına bağlı olarak elde edilen hava nemi direnci varyans analizi sonuçları Çizelge 20' de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Briketlerin hava nemi direnci için varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Sig. (P)
Briket_tipi	1	2.872	2.872	5.098	0.043*
Karışım	2	2.847	1.424	2.527	0.121
Briket tipi x Karışım	2	3.072	1.536	2.726	0.106
Hata	12	6.760	0.563		
Toplam	18	175288.994			

* İstatistiksel olarak %5 önem düzeyinde farklılık önemlidir.

Yapılan varyans analizleri sonuçlarına göre Karışım ve (Briket tipi x karışım) interaksyonunun hava nemi direnci üzerine etkisi önemsiz iken briket tipi hava nemi direnci üzerine etkisi istatistiksel olarak önemlidir.

Çizelge 4.21. Briket tipinin hava nemi direncine etkisi

Briket tipi	Ortalama Hava Nemi Direnci± Standart Hata
A	99.08±0.18
B	98.28±0.38

Çizelge 4.22. Karışım oranının hava nemi direnci üzerine etkisi

Karışım	Ortalama Hava Nemi Direnci ± Standart Hata
X	98.32 ± 0.80
Y	99.23 ± 0.16
Z	98.48 ± 0.42

Yapılan çoklu karşılaştırma analizi sonuçlarına göre Z tipi karışım A ve B tipi karışıma göre daha yüksek hava nemi direnci sağlamıştır (Çizelge 4.21-22).

Çizelge 4.23.(Briket tipi x karışımın) hava nemi direncine etkisi

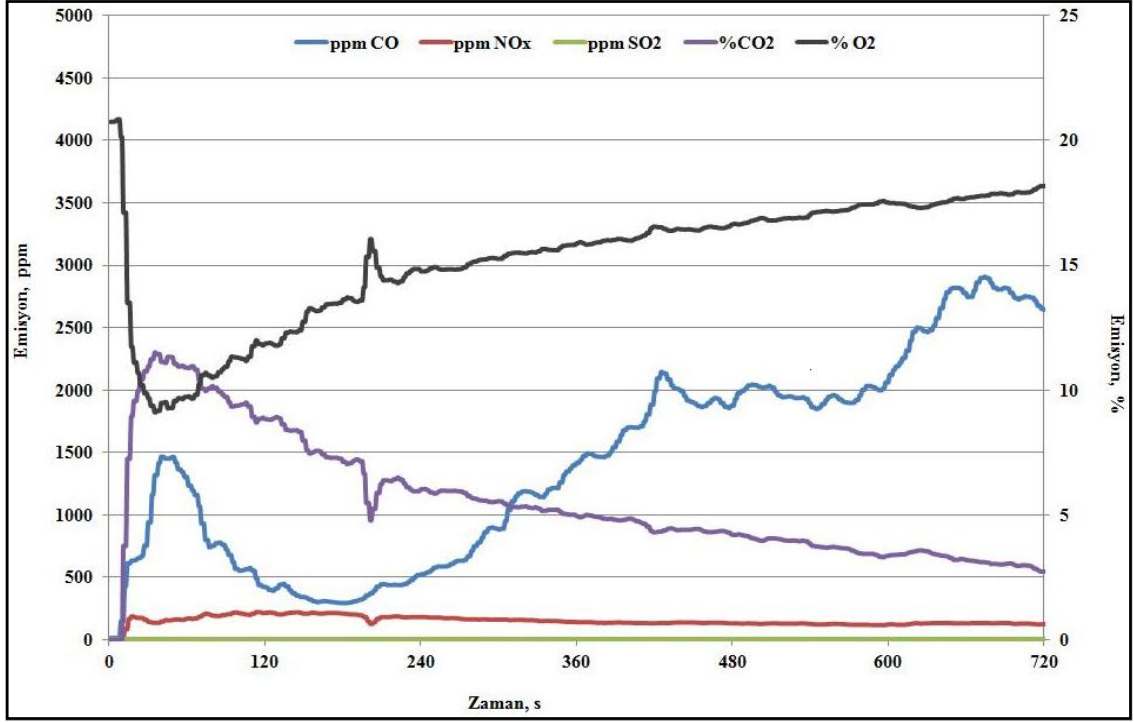
Karışım	Ortalama Hava Nemi Direnci± Standart Hata	
	Briket Tipi	
	A	B
X	99.263 ± 0.20	97.380 ± 0.82
Y	99.173 ± 0.23	99.293 ± 0.06
Z	98.797 ± 0.49	98.163 ± 0.328

(Briket tipi x Karışım) interaksiyonunun hava nemi direnci üzerine etkisi önemli olduğu için, A tipi briket Z tipi karışımda en düşük hava nemi direnci sağlarken, B tipi briket ise X tipi brikette en düşük hava nemi direnci sağlamıştır.

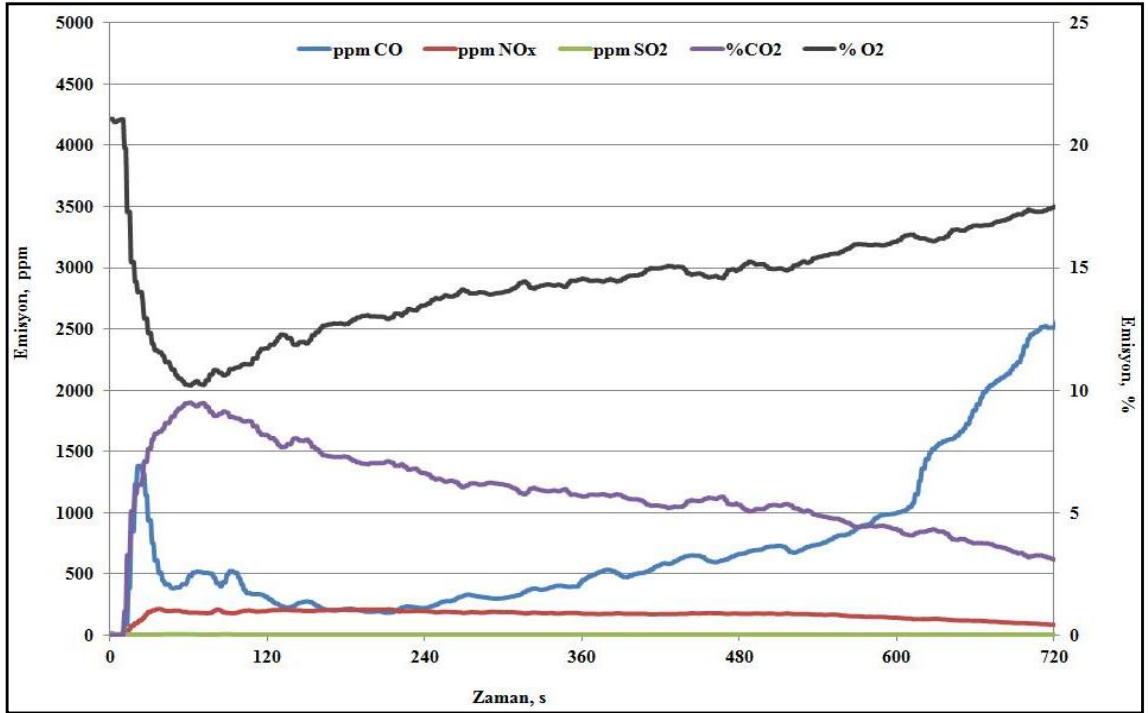
Görüldüğü gibi briketlerde 21. günün sonunda ağırlık bazında çok büyük değişiklikler meydana gelmemiştir. Bu da briketlerin uygun koşullarda paketlenip iyi bir depolama koşulunda, uzun süre fiziksel bozulmalar meydana gelmeden kalabileceğini göstermektedir.

4.2. Briketlerin Baca Gazı Emisyon Değerleri

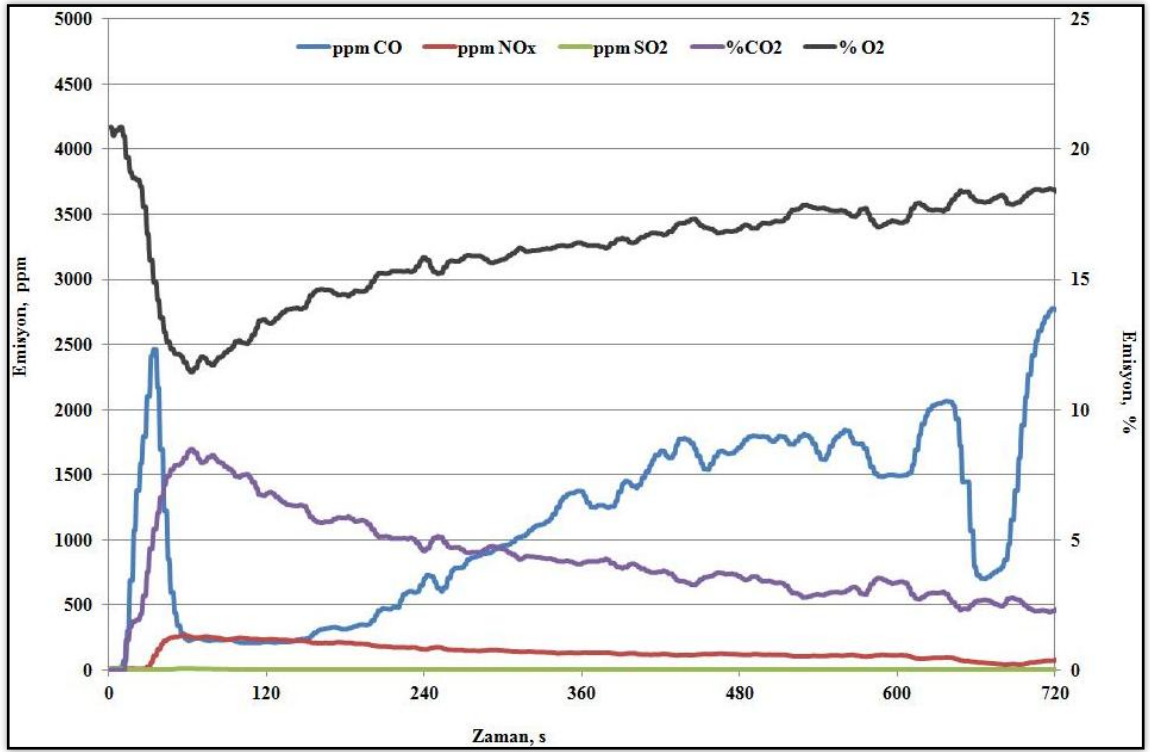
Briketlerin kovalı tip bir sobada yakılması sonucu açığa çıkan ve atmosfere salınan baca gazı emisyon değerlerine bakıldığında, briketlerin tutuşması ile birlikte yanma odasında oksijen (O_2) oranının düşmesiyle karbonmonoksit (CO) ve karbondioksit (CO_2) emisyonlarının arttığı görülmüştür. Yanma kararlı bir hal aldığı anda ise yanma odasındaki O_2 oranının yükselmesi ile CO ve CO_2 emisyonlarının azaldığı gözlenmiştir. Sonuçlar Bilgin (2008) ve Koyuncu ve Pınar (2007) tarafından yapılan çalışmalarla benzerlik göstermiştir. Yanma sürecince O_2 ve CO_2 oranları birbirine ters orantılı olarak artmış ve azalmıştır. Yanmanın yavaşlamasıyla birlikte ortamdaki O_2 oranının artması sonucu CO oranının da ona paralel bir şekilde arttığı görülmüştür (Şekil 4.13-14-15-16-17-18).



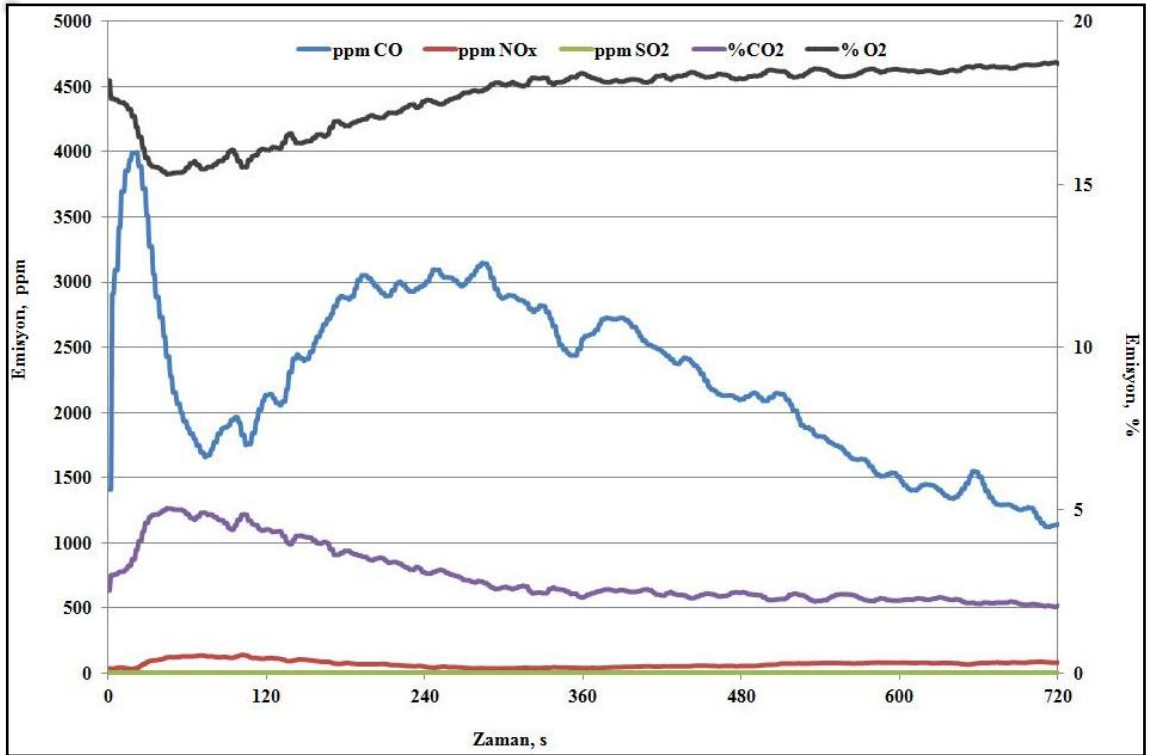
Şekil 4.13. XA briketinin yanma zamanına bağlı olarak baca gazı emisyonları değişimi



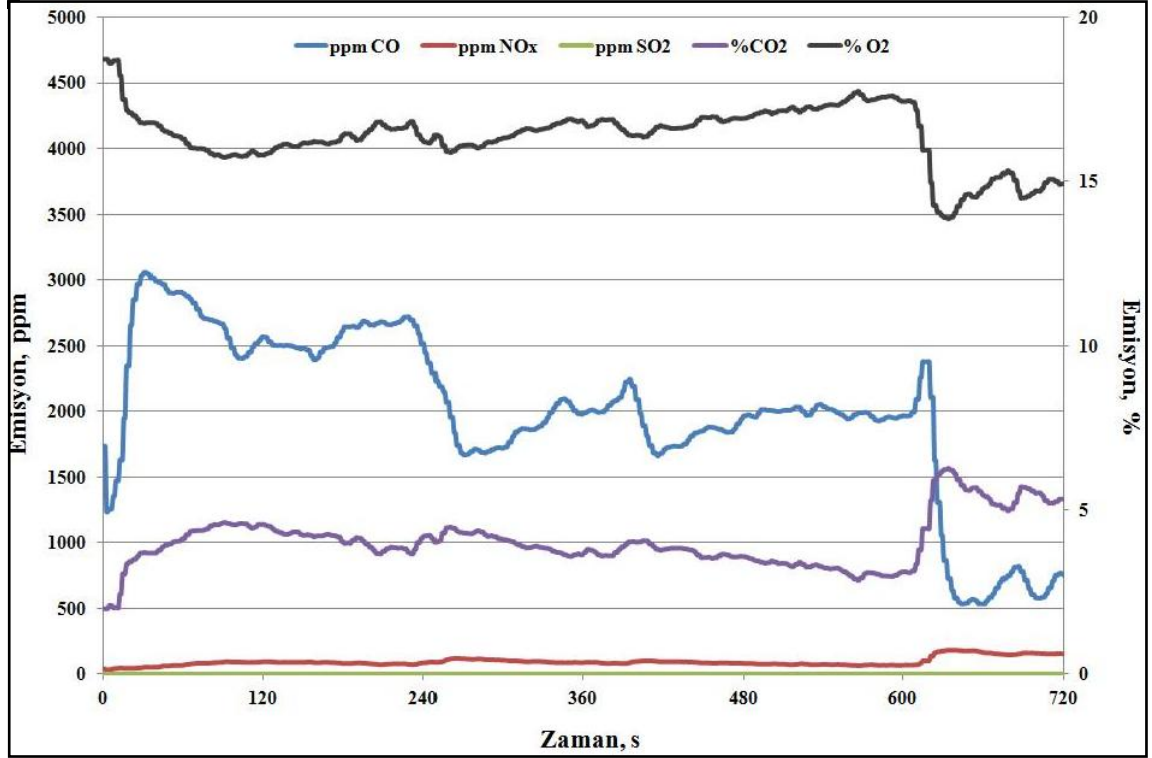
Şekil 4.14. XB briketinin yanma zamanına bağlı olarak baca gazı emisyonları değişimi



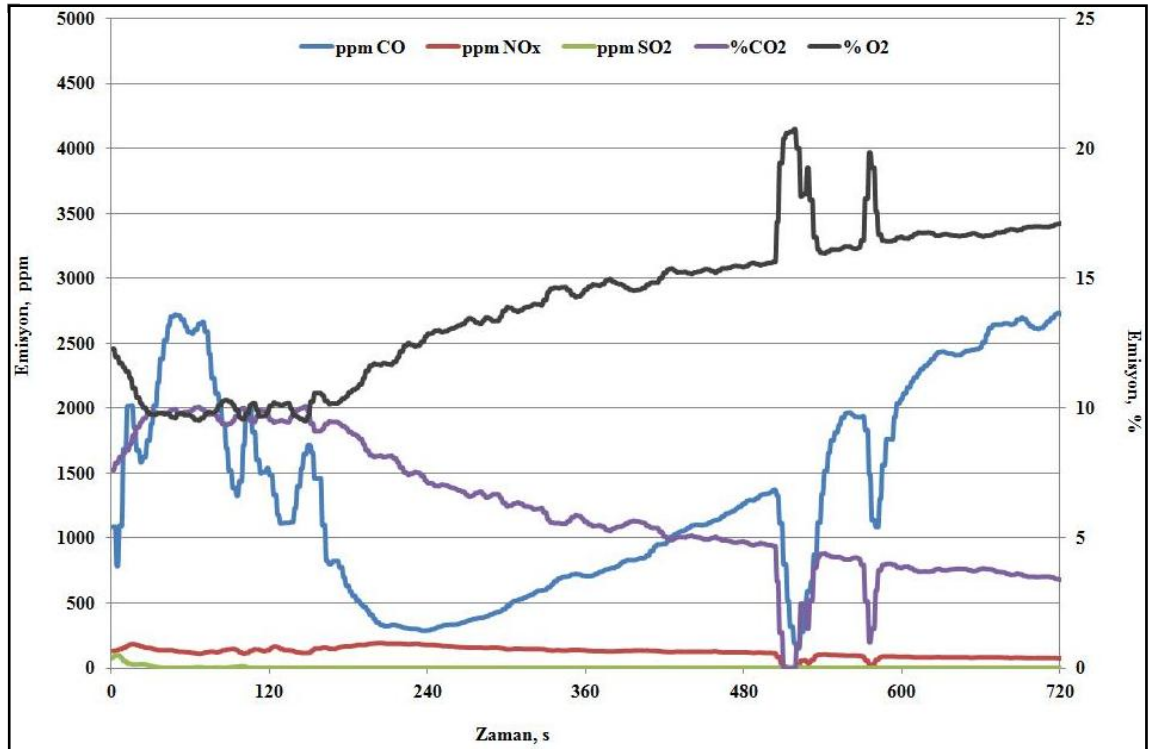
Şekil 4.15. YA briketinin yanma zamanına bağlı olarak baca gazı emisyonları değişimi



Şekil 4.16. YB briketinin yanma zamanına bağlı olarak baca gazı emisyonları değişimi



Şekil 4.17. ZA briketinin yanma zamanına bağlı olarak baca gazı emisyonları değişimi



Şekil 4. .18. ZB briketinin yanma zamanına bağlı olarak baca gazı emisyonları değişimi

Şekillerde görüldüğü gibi yanma boyunca O₂, CO ve CO₂ emisyonlarının bazı dönemlerde kısa süreli pik noktalara ulaştığı gözlenmiştir. Bunun sonucu kovalı tip yakma sistemlerinin yanma odasındaki yakıt/hava oranının kontrol edilemediğinden kaynaklanmıştır.

Briketlerin yanması sonucu meydana gelen baca gazı emisyon oranlarının en yüksek olduğu ölçümler Çizelge 4.24' de verilmiştir

Çizelge 4.24. Briketlerin ölçülen en yüksek baca gazı emisyon değerleri

Atıklar	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	CO (ppm)	NO _x (ppm)
XA	18.34	11.48	2908	220
XB	19.89	9.48	4323	210
YA	19.69	8.49	2776	271
YB	18.95	5.6	4315	151
ZA	18.73	6.25	3058	182
ZB	20.73	10.06	2827	188

Isınmadan kaynaklanan hava kirliliğinin kontrolü yönetmeliğinde (IKHKKY) biyokütle yakıtı için verilen emisyon sınırları ile kıyaslandığında çalışmada kullanılan briketlerin yanması sonucu oluşan baca gazı emisyonlarının bu sınırların altında kaldığı görülmüştür (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.25. IKHKKY sınır değerleri ile briket baca gazı emisyon değerleri

Atıklar	CO ₂ (%)	CO (mg/Nm ³)	NO _x (mg/Nm ³)
IKHKKY Sınır Değerleri	20.5	4000	400
XA	5.50	1834	197
XB	5.62	1197	210
YA	4.35	1715	185
YB	3.14	1440	108
ZA	6.02	2992	150
ZB	3.98	2301	129

Çizelge 4.25’ de görüldüğü üzere CO₂, CO ve NO_x emisyon değerlerinin İKHKKY’ de belirlenen sınır değerlerin altında kaldığı görülmektedir. ZA karışımı briketlerinin en yüksek emisyon değerlerine sahip olmasına rağmen bu değerlerde yönetmelikte ön görülen değerlerinin altındadır.

Briketlerin yanması sonucu elde edilen baca gazı sıcaklıklarının en yüksek değerleri ve yanma verimlerinin ortalama değerleri Çizelge 4.26’ da verilmiştir.

Çizelge 4.26. Briketlerin baca gazı sıcaklığı ve yanma verim değerleri

Briket Tipi	Baca Gazı Sıcaklığı (°C)	Yanma Verimi (%)
XA	265	56.96-77.6
XB	345	60.74-73.70
YA	340	63.93-75.6
YB	290	60.81-72.9
ZA	365	66.22-71.5
ZB	365	56.54 76.6

Tüm briketler için yanma verimi kararlı durum süresince yaklaşık % 61 olarak belirlenmiştir. Elde edilen değerleri Topal vd (2002) ve Al-Widyan (2006) tarafından akışkan yatakta değişik biyokütle örneklerinin yakılması ile belirlenen yanma verimi değerlerinin altında bulunmuştur. Bu durum geleneksel kovalı sobalarda yanma işleminin ve hava/yakıt oranının kontrol edilememesinden ve aynı zamanda yanmamış karbonlardan dolayı yüksek enerji kayıplarının meydana gelmesinden kaynaklanmıştır.

5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1.Sonuçlar

Isparta ilinde tarıma dayalı sanayi atıklarının bertarafı ve enerji üretimi amacıyla yapılan çalışmada; gül işleme atıklarını herhangi bir ön işleme tabi tutulmadan belirli oranlarda kömür tozuyla karıştırılarak hidrolik pres makinasında briketlenmesi ile briketlerin fiziksel özellikleri belirlenmiş ve yanma sonucu açığa çıkan baca gazı emisyon değerleri tespit edilmiş ve sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Isparta bölgesinde gül yağı işleme sezonunda açığa çıkan gül yağı işleme atıkları, bölgede ciddi çevre kirliliği oluşturmaktadır.
- Çalışmada briketlemede maksimum sıkıştırma basıncı 350 MPa olan hidrolik pres makinası kullanılmıştır.
- Briketleme işlemi 35 MPa sıkıştırma basıncında, 30 saniye basınç uygulama sürecinde ve çevre şartlarında gerçekleştirilmiştir.
- Gül işleme atıklarının nem içeriği % 83.34 olarak tespit edilmiştir.
- Elde edilen briketlerin yoğunlukları (y.b.) 1238.49 ve 1273.88 kg/m³ olduğu belirlenmiştir.
- Materyalin kül içeriği % 33.68 olarak belirlenmiştir.
- Düşme-dayanıklılık ve kırılma direnci değerleri briketlerin sağlam yapıda olduklarını göstermiştir.
- Briketler su alma direnci bakımından yapısal değişim göstermediği (su içerisinde 1 günlük bekletilmesinde rağmen) su alma direnci bakımından oldukça sağlam oldukları görülmüştür.
- Briketlerin hava nemi direnci açısından oldukça sağlam bir yapıda oldukları belirlenmiştir.
- Yanma sonucu ölçülen baca gazı emisyon değerlerinin ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğinin kontrolü yönetmeliğinde belirtilen sınır değerlerin altında olduğu görülmüştür.
- Kovalı tip sobada briket yanma veriminin düşük olduğu görülmüştür.
- Briketlerin yanması sırasında SO₂ emisyonu gazı çıkmadığı gözlenmiştir.

- Briketler çevre koşullarında 6 ay boyunca depolanması sonucu, herhangi bir değişiklik çatlama veya kırılma görülmemiştir. Briketlerin uç kısımlarında nemden kaynaklanan şişmeler gözlenmiştir. Briketler için uygun ortam koşulları yaratılırsa uzun süre depolanabileceği görülmüştür.

5.2. Öneriler

Bu tür çalışmaların farklı bölgelere özgü tarımsal atıklarda tekrarlanması gerekmektedir. Denemeler sonunda olumlu olacak sonuçlarla o bölgedeki enerji ihtiyacına ve atık sorununa çözüm olması mümkündür.

Hidrolik tip briketleme makinalarında yapılan briketleme işleminde kullanılan kalıp düzeneğindeki sıkıştırma silindirinin, stork uzunluğu materyali tamamen sıkıştırabilmesi için kalıp silindirin uzunluğu ile aynı boyutlarda olması briketleme işleminde daha iyi sonuçlar verecektir.

6.KAYNAKLAR

- ACAROĞLU, M., 2003. Biyokütle Enerjisinin Global Potansiyeli, Biyoenerji Politikaları, Avrupa Birliği ve Türkiye. I.Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi, Denizli.
- ACAROĞLU, M.,2007. Alternatif Enerji Kaynakları. Nobel Yayın Dağıtım, Nobel Basımevi, 1253, 609 syf, Ankara.
- AL-WIDYAN, M.I., TASHTOUSH, G. and HAMASHA, A. M.. 2006. Combustion and emissions of pulverized olive cake in tube furnace. Energy Conversion and Management, 47: 1588–1596.
- BELEN, İ., 2010. Ormanlardaki Biyokütleden Pelet ve Elektrik Enerjisi Üretimi Dünyadaki Gelişmeler Ülkemiz Potansiyeli. www.ogm.gov.tr . Erişim Tarihi: 26.05.2010.
- BHATTACHARYA, S.C. and SALAM, P.A. 2002. Low greenhouse gas biomass options for cooking in the developing countries. Biomass and Bioenergy, 22: 305-317.
- BİLGİN, S., ERTEKİN, C., and KÜRKLÜ, A., 2012. A Study on Flue Gas Emissions of Different Reed Plants as Briquetted Fuelwood. International Conference of Agricultural Engineering CIGR-AgEng 2012. Vaencia.
- BİLGİN S., 2010. Pamuk ve Susam Sapı Briketlerinin Baca Gazı Emisyon Değerlerinin Belirlenmesi. 26.Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi. Hatay.
- BİLGİN, S., 2008. Sera Bitkisel Biyokütle Atıklarının Briketlenmesi, Briket Özelliklerinin ve Yanma Sonu Gaz Emisyonlarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Akdeniz Ünivesitesi, Doktora Tezi, 127 syf, Antalya.
- CRA. 1987. The la densification de la biomass. Commission des Commuunates Europeennes. Centre de Recherches Agronomiques.
- DARE, P., GIFFORD, J., HOOPER, R.J., CLEMENS, A.H., DAMIANO, L.F., GONG, D. and MATHESON, T.W. 2001. Combustion performance of biomass residue and purpose grown species. Biomass and Bioenergy, 21: 277-287.
- DEMİRBAŞ, A. 2001. Relationships between lignin contents and heating values of biomass. Energy Conversion and Management, 42: 183-188.
- DEMİRBAŞ, A. 1997. Calculation of higher heating values of biomass fuels. Fuel, 76 (5): 431-434.
- ERIKSSON, S. and PRIOR, M. 1990. The briquetting of agricultural wastes for fuel. FAO Environment and Energy Paper 11, FAO of the UN, Rome.

- FİDAN, S. M., BOZALİ, N., ERTAŞ, M., ALMA, M.H., BÖLEK, Y., 2008. Alternatif Enerji kaynağı: Katı Atıklardan Yakıt Briketi Üretimi. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul.
- GONZÁLEZ, J.F., GONZÁLEZ-GARCÍA, C.M., RAMIRO, A., GONZÁLEZ, J., SABIO, E., GANÁN, J. and RODRÍQUEZ, M.A. 2004. Combustion optimisation of biomass residue pellets for domestic heating with a mural boiler. *Biomass and Bioenergy*, 27: 145-154.
- GRANADA, E., GONZÁLEZ, L.M.L., MÍGUEZ, J.L. and MORAN, J. 2002. Fuel lignocellulosic briquettes, die design and products study. *Renewable Energy*, 27: 561-573.
- GROVER, P.D., MISHRA, S.K., 1996. *Biomass Briquetting: Technology And Practices*. Bangkok.
- IEA 2011. *International Energy Agency Key World Energy Statistics*. Paris.
- KALIYAN, N., and MOREY, R.V. 2010. Densification characteristics of corn cobs. *Fuel Processing Technology*, 91:559-565.
- KAYNAK, B., TOPAL, H. and ATİMTAY, A.T. 2005. Peach and apricot stone combustion in a bubbling fluidized bed. *Fuel Processing Technology*, 86: 1175-1193.
- KOCASOY, G. 1994 Artıma çamuru ve katı atık ve kompost örneklerinin analiz yöntemleri. Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul 109 ss.
- KOYUNCU, T. and PINAR, Y. 2007. The emissinons from a space-heating biomass stove. *Biomass and Bioenergy*, 31 (1): 73-79.
- RABIER, F., MİCAHAËL, T., THORTSEN, B., HANS, H., PETER, D.J., JOSEF, R., JUAN, C. And MÍGUEL, F. 2006. Particle density determination of pellets and briquettes. *Biomass and Bioenergy*, 30: 954-963.
- SAMUELSSON, R., BURVALL. J. and JİRJÍS, R. 2006. Comparison of different methods fort he determination of moisture content in biomass. *Biomass and Bioenergy*, 30: 929-934.
- NDIEMA, C.K.W., MANGA, P.N. and RUTTOH, C.R. 2002. Influence of die pressure on relaxation characteristics of briquetted biomass. *Energy conversion and management*, 43: 2157-2161.
- SINGH, R.N., BHOİ, P.R. and PATEL, S.R. 2007 Modification of commercial briquetting machine to prduce 35mm diameter briquettes suitable for gasification and combustion. *Renewable Energy*, 32 (3): 474-479.

- SUHAGAR, M., LOPE, G.T. and SHAHAB, S. 2006. Specific energy requirement for compacting corn stover. *Bioresource Technology*, 97: 1420-1426.
- SUHARTINI, S., HIDAYAT, N., and WIJAYA, S. 2011. Physical properties characterization of fuel briquette made from spent bleaching earth. *Biomass and Bioenergy*, 35:4209-4214.
- TEIXEIRA, S.R., PENA, A.F.V., and MIGUEL, A.G. 2010. Briquetting of charcoal from sugar-cane bagasse fly ash (scbfa) as an alternative fuel. *Waste Management*, 30; 804-807.
- TEMMERMANN, M., RABIER, F., JENSEN, P.D., HARTMANN, H. And BÖHM, T. 2006. Comparative study of durability test methods for pellets and briquettes. *Biomass and Bioenergy*, 30: 964-972.
- TOPAL, H., ATIMYAY, A. ve DURMAZ, A. 2002. Temiz enerji eldesi için akışkan yatakta prina yakılması ve emisyon karakteristiklerinin incelenmesi. IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı, s. 833-840, 16-18 Ekim, İstanbul.
- TOSUN, İ., GÖNÜLLÜ, M.T., ARSLANKAYA, E., 2002, Gülyağı Sanayi Proses Atıkları Özelliklerinin Belirlenmesi, 1.Ulusal Çevre Sorunları Sempozyumu, Atatürk Üniversitesi, Çevre Sorunları Araştırma Merkezi Müdürlüğü, 1, 864-873, 16-18 Ekim 2002, Erzurum.
- TÜRE, S.,2001. Biyokütle Enerjisi. Temiz Enerji Vakfı, TÜBİTAK Matbaası, 7, 28 syf. Ankara.
- YAMAN, S., ŞAHAN, M., HAYKİRİ-AÇMA, H., ŞEŞEN, K.and KÜÇÜKBAYRAK, S. 2001. Fuel briquettes from biomass-lignite blends. *Fuel Processing Technology*, 72: 1-8.
- YUMAK, H., UÇAR, T. and SEYIDBEKIROGLU, N. 2010. Briquetting soda weed (*Salsola tragus*) to be used as a rural fuel source. *Biomass and Bioenergy*, 34:630-636.

7.EKLER

7.1.Materyal Yoğunluğunun Briketlemeden Önceki ve Sonraki Değerleri

Briket Tipi	Ham materyal yoğunluk (kg/m ³) (yb)	Briket yoğunluk (kg/m ³) (yb)
XA	849.25	1273.88
XB	849.25	1241.95
YA	849.25	1263.52
YB	849.25	1239.98
ZA	849.25	1269.73
ZB	849.25	1238.49

7.2.Briket Kalitesiyle İlgili Fiziksel Test Yüzde Sonuçları

Briket Tipi	Tumbler Direnci	Shatter Direnci	Su Alma Direnci (1.Dk.)	Su Alma Direnci (2.Dk.)	Hava Nemi Direnci
XA	72.42	95.25	108.79	14.76	99.26
XB	82.99	98.72	74.72	17.19	97.38
YA	71.08	97.22	69.82	5.43	99.17
YB	66.94	97.38	107.45	20.67	99.29
ZA	36.26	97.00	109.40	9.85	98.79
ZB	30.45	95.45	115.97	9.75	98.16

8.ÖZGEÇMİŞ

Haşmet Emre AKMAN, 1985 yılında Antalya’da doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise öğrenimini Antalya’da tamamladıktan sonra 2004 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi’ne başladı ve 2009 yılında S.D.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünden mezun oldu. Aynı yıl S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladıktan sonra, 2011 yılında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalına Araştırma Görevlisi olarak yatay geçiş yaptı.

Halen, Tarım Makinaları Anabilim Dalı’nda Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.