

T. C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

AFGANİSTAN’IN BİYOENERJİ POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

WAHEEDULLAH RAHİMY

TEZ DANIŞMANI

PROF. DR. EMİN AÇIKKALP

BİLECİK, 2021

10422567

T. C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

AFGANİSTAN’IN BİYOENERJİ POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

WAHEEDULLAH RAHİMY

TEZ DANIŞMANI

PROF. DR. EMİN AÇIKKALP

BİLECİK, 2021

10422567

BEYAN

“Afganistan’ın Biyoenerji Potansiyelinin Değerlendirmesi” adlı yüksek lisans tezi hazırlık ve yazımı sırasında bilimsel araştırma ve etik kurallarına uyduğumu, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Bu çalışmanın, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP), TÜBİTAK veya benzeri kuruluşlarca desteklenmesi durumunda; projenin ve destekleyen kurumun adı proje numarası ile birlikte, ETİK KURUL onayı alınması durumunda ise ETİK KURUL tarih karar ve sayı bilgilerinin beyan edilmesi gerekmektedir.			
DESTEK ALINMIŞTIR		DESTEK ALINMAMIŞTIR	X
Destek alındı ise;			
Destekleyen kurum;			
Desteğin Türü		Proje Numarası	
1- BAP (Bilimsel Araştırma Projesi)			
2- TÜBİTAK			
Diğer;.....			
ETİK KURUL onayı var ise;			
ETİK KURUL karar tarih/sayı:		/.....	

Waheedullah Rahimy

Tarih

.....

İmza

.....

ÖN SÖZ

Tez süresince; ilgi, rehberliğini ve desteğini esirgemeyen, her aşamasında sabır, motivasyon kaynağı olarak yanımda bana destek olan ve anlayışla iletişime açık olup sorularımı yanıtlayan değerli danışman hocam Prof. Dr. Emin AÇIKKALP' a teşekkürlerimi ve sonsuz minnettarlığımı sunuyorum.

Hayatımın her aşamasında her durumda bana maddi ve manevi destek veren, bu çalışma sırasında her zaman yanımda olan, zor anlarımda hep yanımda olan ve sürekli moral veren aileme teşekkürlerimi sunarım.

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içindeki tüm verileri akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun olarak sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Waheedullah Rahimy

2021

ÖZET

AFGANİSTAN'IN BİYOENERJİ POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRMESİ

Afganistan dünyadaki en az gelişmiş ülkelerden biri olmasına rağmen, yapılan çalışmalar bu ülkenin biyokütle enerji potansiyeli bakımından oldukça zengin olduğunu göstermektedir. Afganistan'ın, biyokütle enerji kaynakları açısından doğal ve coğrafi olarak uygun bir coğrafi konumda olması nedeniyle bu kaynaktan önemli ölçüde yararlanma potansiyeline sahiptir. Biyokütle, Afganistan'ın enerji ihtiyacının karşılanmasında büyük rol oynamaktadır, konutlarının % 79,9'u yemek pişirmek için katı yakıt kullanırken, bu sayı konut ısıtmada % 97,4'tür. Kentlerdeki konutlarda yemek pişirmek için birincil yakıt olarak LPG kullanırken, odun ve kömür ısınma için en önemli yakıt kaynaklarıdır. Biyokütle enerjisi, çeşitli kaynaklardan (bitki bazlı malzeme ve artıklardan) elde edilir ve güç, ısı, buhar ve yakıt elde etmek için çeşitli dönüştürme işlemlerinde kullanılabilir. Biyokütle enerji kaynakları, tarımsal ürünleri ve artıkları (hayvan atıkları dahil); ormancılık ürünleri ve artıkları, özel enerji bitkileri; gıda, hayvan yemi, lif, odun ve malzeme işleme tesislerinden çıkan artıklar ve yan ürünler ve belediye katı atıkları, atık su ve çöp gazı gazları gibi tüketici sonrası kalıntılar ve atıkları içermektedir. Bu çalışmada, Afganistan'ın biyoenerji kaynaklarının mevcut kapasiteleri ve potansiyelleri üzerine bir değerlendirme yapılmıştır. Afganistan'ın biyokütle çeşitliliğine ve yüksek biyoenerji potansiyeline dikkat çekerek bu potansiyeli Afganistan halkının refah seviyesine yaptığı katkıları ve alternatif enerji kullanım avantajları değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyoenerji, Biyokütle, Biyogaz, Bayvan Gübresi, Mahsul Artığı.

ABSTRACT

EVALUATION OF BIOENERGY POTENTIAL OF THE AFGANISTAN

Although Afghanistan is one of the least developed countries in the world, studies show that this country has great biomass energy potential. Afghanistan has the potential to benefit significantly from this resource due to its natural and geographically suitable geographic location in terms of biomass energy resources. Biomass plays a major role in meeting Afghanistan's energy needs, with 79.9% of homes using solid fuel for cooking, compared to 97.4% for space heating. While urban homes use LPG as the primary fuel for cooking, wood and coal are the most important fuel sources for heating. Biomass energy is derived from a variety of sources (plant-based material and residues) and can be used in a variety of converting processes to generate power, heat, steam and fuel. Biomass energy sources, agricultural products, and residues (including animal waste); forestry products and residues, special energy crops; residues and by-products from food, animal feed, fiber, wood, and material processing plants; and post-consumer residues and waste such as municipal solid waste, wastewater, and landfill gases. In this study, an evaluation is made on the current capacities and potentials of Afghanistan's bioenergy resources. Drawing attention to the biomass diversity and high bioenergy potential of Afghanistan, its contributions to the welfare level of the people of Afghanistan and the advantages of alternative energy use have been evaluated.

Keywords: Biomass, Bioenergy, Biogas, Animal Manure, Crop Wastes.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖN SÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Hammadde Temelleri	3
1.1.1. Şeker Ve Yağ Hammaddeleri.....	3
1.1.1.1 Şeker Hammaddeleri	3
1.1.1.2. Yağlı Tohumlar Hammaddesi.....	3
1.1.2. Selülozik Hammadde	4
1.2. Hayvan Gübresi.....	4
2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI	5
3. BİYOENERJİ.....	10
3.1. Termokimyasal Dönüşüm.....	10
3.1.1. Doğrudan Yakma	10
3.1.1.1. Termal İşlem Isısı ve Alan Isısı	11
3.1.2. Termal Gazlaştırma	11
3.1.3. Piroliz.....	12
3.2. Biyolojik ve Kimyasal Prosesler.....	13
3.2.1. Amonyak	13
3.2.2. Metanol.....	13
3.2.3. Anaerobik Sindirim.....	13
3.2.4. Biogaz	14
3.3. Fiziksel Prosesler	14
3.3.1. Su Giderme ve Kurutma.....	14
3.3.2. Öğütme	15
3.3.3. Yoğunluk Arttırma	15
4. AFGANİSTAN'IN COĞRAFYASI VE İKLİMİ	17
4.1. Afganistan'ın Enerji Değerlendirmesi	18

4.2. Tarımsal Kaynaklar	23
4.2.1. Tarım Sektörüne Genel Bakış	23
4.2.2. Mahsül Atığı.....	24
4.2.3. Hayvan Gübresi.....	25
4.3. Orman Kaynakları.....	27
5. AFGANİSTAN'DAKİ BİYOKÜTLE POTANSİYELİ	28
5.1. Buğday Samanı Enerji Potansiyeli	32
5.2. Pirinç Samanı ve Kabuğu Enerji Potansiyeli	34
5.3. Arpa Samanı Enerji Potansiyeli.....	35
5.4. Mısır Sapları ve Koçanı Enerji Potansiyeli.....	36
5.5. Sığır Gübresi Enerji Potansiyeli	37
5.6. Hayvan Gübresinden Biyogaz Potansiyeli	38
5.7. Biyokütlenin Konutlarda Kullanım Şekli	42
5.7.1. Üç Taş Tipi Aşçı Ocağı.....	42
5.7.2 Kil Fırını (Tandur)	43
5.7.3. Metal Kutu Tipi Soba (Buharı).....	44
6. ELEKTRİK ÜRETİMİ İÇİN BİYOKÜTLE POTANSİYELİ	45
6.1. Kentsel Atıkların Elektrik Potansiyeli	48
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	52
KAYNAKÇA	56

TABLÖLER LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 4.1. Afganistan'ın İklim Türleri.....	17
Tablo 4.2. 2008-9'da Afganistan'da Hayvan Gübresinin Yıllık Biyogaz Potansiyeli ve Eşdeğeri	26
Tablo 5.1. Afganistan'daki Farklı Yaşam Bölgelerin Nüfusunun Tarafından Kullanılan Katı Atık Yüzdesi.....	30
Tablo 5.2. Bitki Artıklarının Özellikleri	32
Tablo 5.3. Yaklaşık Analiz (%) (Kuru Bazlar).....	33
Tablo 5.4. Nihai Analiz (%) (Kuru Bazlar)	33
Tablo 5.5 Afganistan'ın Sekiz Bölgesinde Kültürel Arsa Alanı Ve Bitkisel Üretim	37
Tablo 5.6. Yerli Biyogaz Tesis Büyüklüğü Ve Günlük Hammadde Gereksinimleri	39
Tablo 6. Her İl İçin Biyokütle Kaynak Potansiyeli	47
Tablo 6.2. Belediye Katı Atık Üretimi Ve Büyük Kentsel Alanlarda Elektrik Potansiyeli	50

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 4.1. Afganistan'ın Arazi Ve Yükseklik Haritası	18
Şekil 4.2. Afganistan 2012'den 2032 İtibaren Elektrik Talebi	20
Şekil 4.3. Afganistan'daki Elektrik Kaynakları	21
Şekil 4.4. Afganistan'daki Toplam Yenilenebilir Enerji Kapasitesi	21
Şekil 4.5. Afganistan'ın Temel Enerji Arzı	22
Şekil 4.6. Arazi Örtüsü	23
Şekil 4.7. 2002'den 2012'ye Kadar Afganistan'da Mahsul Üretimi	25
Şekil 4.8. 1977'den 2002'ye Kadar Afganistan'da Orman Bozulması	27
Şekil 5.1. Afganistan'daki Hayvansal Atıkların Üretim Bölgeleri	31
Şekil 5.2. Afganistan'daki Mahsul Kalıntıların Üretim Bölgeleri	31
Şekil 5.3. Hayvan Gübresinden Biyogaz Potansiyeli	40
Şekil 5.4. Sığır Gübresi Kullanan Yerli Biyogaz Çürütücülerinin Kurulmasına Uygun İlçeler	41
Şekil 5.5. Üç Taş Yemek Sobası "Naghari" Nin Tuğla Ve Metal Türleri	43
Şekil 5.6. Kil Fırını	43
Şekil 5.7. Metal Kutu Tipi Soba (Buhari)	44
Şekil 6.1. Biyokütle Kaynaklarının Potansiyeli MW	46
Şekil 6.2. Afganistan'ın İllerine Göre Katı Atık Üretim	49

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

- BTU** : İngiliz ISI BİRİMİ (British Thermal Unit)
- CHP** : Kojenerasyon (combined heat and power)
- NRCS** : Doğal Kaynakları Koruma Hizmeti
- CO₂** : Karbondioksit
- IPCC** : Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
- GHG** : Sera gazı
- AB** : Avrupa Birliği
- EJ** : Egzajoule (10^{18})
- ° C** : Derece
- Mg** : Megagram (10^6)
- GJ** : Gigajoule (10^9)
- IEA / IRENA** : Küresel Yenilenebilir Enerji Politikaları ve Tedbirleri Veritabanı
- F** : Fahrenheit
- DME** : Dimetil Eter
- USAID** : ABD Uluslararası Kalkınma Ajansı
- ADB** : Asya Kalkınma Bankası
- STK** : Sivil toplum kuruluşu
- LPG** : Sıvılaştırılmış petrol gazı
- GSYİH** : Gayrisafi yurtiçi hasıla
- ha** : Hektar
- MW** : Megawatt
- WTE** : Atıktan Enerji
- kWh** : Kilowatt Saat
- LCOE** : Seviyelendirilmiş Enerji Maliyeti
- UNEP** : Birleşmiş Milletler Çevre Programı
- LHV** :Düşük ısıtma değeri
- MRRD** : Kırsal Rehabilitasyon ve Kalkınma Bakanlığı
- AREA** : Afganistan'da Rehabilitasyon ve Enerji Tasarrufu Ajansı
- MSW** : Kentsel katı atıklar (KKT)

1.GİRİŞ

Enerji tüketimi; tüm ülkelerin gelişim düzeylerinin bir göstergesi olarak kabul edilir ve enerji insanların yaşamını sürdürmeleri için vazgeçilmez bir unsur olarak nitelendirilebilir. Teknolojideki hızlı gelişme ve nüfusun artması gibi birçok nedenlerden dolayı; fosil enerji kaynaklarının tüketimi hızla artmaktadır. Sınırlı fosil yakıtların yakın gelecekte yetersiz kalacağı bilinmektedir. Bununla birlikte tüm ülkelerinin bu yakıtları ele geçirme isteği giderek artmaktadır. Bu yüzden, yenilenebilir enerji kaynaklarından özellikle biyokütle enerjisinden yararlanma yönündeki çalışmalar son yıllarda daha da önemli değer kazanmıştır.

Biyokütle, bitkiler ve hayvanlar gibi canlı organizmaların yan ürünü olarak tanımlanabilir. Bitkiler, odun ve atıklar enerji için kullanılan en bilinen biyokütle malzemeleridir. Bunlara biyokütle hammaddeleri denir. Günümüzde biyokütle santrallerinde elektrik üretmek için hayvan atıklarından odun peletlerine kadar bir çok şey kullanılmaktadır. Biyokütle enerjisi ise, bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak, elektrik, termal enerji veya ulaşım yakıtları (bio-yakıtlar) elde etmek için kullanılabilir (Yamanlar 2005: 24).

Biyokütle enerjisi, güneş enerjisinin depolandığı organik madde olarak yeniden enerjiye dönüştürülebilir ve güneş ışınları mevcut olduğu sürece bitkilerin yetişmesi devam edeceği için biyokütle tükenmez bir enerji kaynağı olarak kabul edilebilir, her alanda yetistirebilmesi, özellikle kırsal alanlar için sosyoekonomik gelişmelere yardımcı olması sebebi ile uygun ve çok önemli bir enerji kaynağı olarak bilinmektedir (Özyurtkan, 2006: 61).

Yaygın olarak biyokütlenin modern formları gaz (biyogaz, hidrojen vb.), sıvı (biyodizel, etanol vb.) ve katı (pellet, ağaç vb.) olarak gruplandırılabilir. Biyokütle; fiziksel, termal ve biyolojik proseslerle etanol, hidrojen, metan veya metanol gibi enerji kaynaklarına çeşitli yöntemlerle dönüştürülebilir. Biyogaz teknolojisi, biyokütle piroliz ve gazlaştırılması ile gaz ve sıvı yakıt formları elde edilebilir (Carrier, 2014: 145).

Biyokütle dünyanın toplam enerji ihtiyacının yaklaşık %10.1'ini karşılamaktadır, hem ısıtma ve ulaşım da hem de elektrik üretimi amacıyla da kullanılmaktadır. Elektrik üretiminde, yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyokütle enerjisi, rüzgârdan sonra ikinci sırada gelmektedir. Güneş enerjisi ise üçüncü konumunda'dır (Kurt ve Koçer, 2010: 243).

Biyokütle, Afganistan'da önemli bir enerji kaynağıdır, Ülke'de ev ısıtması ve yemek pişirmek için yaygın olarak kullanılır. Mahsul artıkları, hayvan gübresi, yakacak odun ve belediye atıkları Afganistan'nın mevcut temel kaynaklarını oluşturmaktadır. Toplam temel enerji tüketiminde yaklaşık %57,6 katkı sağlar. Afganistan'da biyokütle yakıt kullanım oranı

önemsenecek kadar yüksek olup, konutlarda biyokütleyi yakıt olarak kullanım oranı %90'dır ve bunun %65 ise odun'dur (Thran, 2016: 22).

Biyokütle 'den elektrik ve diğer enerji türleri eldesinde kullanılan, yenilenebilir enerji olarak çok önemli bir kaynaktır. Biyokütle enerjisi, güneş enerjisinin depolandığı organik madde olarak tekrar enerjiye dönüştürülebilir. Çiftliklerin hayvan atıkları, tarımsal bitkilerin atıkları, endüstriyel odunun tomruk atıkları ve yöresel organik maddelerin atıklar biyokütle kaynakları olarak bilinmektedir. Biyo-yakacak teknolojisinin biyokütlerdeki enerjiyi ulaşım, ısınma ve elektrik üretiminde aktif olarak kullanmaktadır. Günümüzde ısı üretimi için odun atıkları, tarımsal, çiftlik atıkları ve besin maddesi üretim işlemlerinde oluşan atıklar (zeytin çekirdeği, meyve kabuklar v.b.) ve çöp yığınlarında oluşan metan gaz kullanılmaktadır (Demirtaş ve Gün, 2007: 51).

Biyokütle enerjisinin teknoloji alanında; odun (enerji ormanları), yağlı tohumların bitkileri (örneğin: ayçiçeği, kolza, soya v.b), karbonhidratça zengin bitkiler (örneğin: patates, buğday, mısır, pancar, v.b), elyaf bitkileri (örneğin: kenevir, keten, kenef, sorgum vb.), tarımsal atıklar (örneğin: saman, kabuk, dal, sap, kök v.b), hayvansal atıklar ile endüstriyel atıklar değerlendirilmektedir (Carrier, 2014: 145).

Biyoenerji, diğer kaynaklardan (jeotermal, rüzgâr, hidrolik, güneş vb.) sağlanan yenilenebilir enerjinin vazgeçilmez bir biçimidir. Sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde azaltmada biyokütle ve biyoenerji kullanımının rolü vardır. Biyokütle kullanıldığı zaman açığa çıkardığı karbondioksit, bitki yetiştirilmesinde emilen miktarla dengelenmektedir. Sonuç olarak, biyokütle kaynaklarına dayalı biyoenerji üretimi, fosil enerji için anahtar bir unsurdur ve her alanında genel dikkatleri üzerine çekmiştir. Şu anda toplam küresel enerji arzının yaklaşık %10-14' üne katkı payına sahiptir (Kurt ve Koçer, 2010: 243).

Kimyasal bir reaksiyona (termokimyasal bir işlem) ısıtma biyokütlesi yardımcı olur. Sıvılar, gazlar ve ısı gibi faydalı biyoenerji ürünleri oluşturur. biyo-güç biyokütleden üretilen elektrik'dir ve hem ısı hem de gücün kombinasyonu genel olarak kojenerasyon veya kombine ısı ve güç (CHP) olarak adlandırılır. Bu bütünleşmiş sistemlerin genel verimliliği ve önemi her iki sistemden daha yüksek olmaktadır (Üçgöl, 2010: 87).

Fosil yakıtların biyokütle ile değiştirilmesinin uygulanabilirlik açısından birkaç nedenden dolayı yüksektir: biyokütle kolayca elde edilebilir, doğada bol miktarda bulunur ve en önemlisi yenilenebilir olmasındandır. Biyokütle kaynakları, dört ana sınıftan (nesil) gelen organik maddeler olarak kabul edilebilir. Birinci nesil biyokütle hammaddeleri, enerji üretimi

için bilinçli olarak yetiştirilen ürünlerdir. Ancak gıda güvenliği için rekabet sorunu ortaya çıkmış daha sonra yerini tarım, endüstriyel, evsel, orman atıkları ve organik fraksiyonlardan gelen ikinci nesil hammaddelerin kullanımına bırakmaktadır. Yosunlardan elde edilen hammaddeler nc ve dördüncü nesil sınıfına girmektedir, ancak tek fark, ikincisinin üretkenliğini arttırmak için genetik olarak değiştirilmiş olmasındandır (Thran, 2016: 22).

1.1. Hammadde Temelleri

Tarımsal rnler, ağaçlar ve bitki atıkları gibi birçok biyolojik materyal hammaddelerden biyoenerji üretmek mümkündür. Bir ham maddenin diğer bir hammaddeye göre üstünlüğü bölgesine göre de belirlenebilir. Hammadde seçimi biyoenerji üretiminde hayati önem arz etmektedir. Her hammaddenin avantajları ve dezavantajları vardır. Bu avantaj ve dezavantajlar hammaddenin ne kadar kullanılabilir biyokütle ürettikleri, gerekli toprak türleri, su ve enerji girdileri, hava kalitesi faydaları, enerji yoğunluğu, üretim maliyeti ve diğer hususları içermektedir. (Carrier, 2014: 145).

1.1.1. şeker ve Yağ Hammaddeleri

şeker ve sıvı yağ besin stokları; genellikle şeker, nişasta veya yağdan ve hayvansal yağlardan veya donyağından oluşan tohumları, tahılları ve bitkileri içerir. Günümüzde besin stokları genellikle etanol ve biyodizel yakıt üretmek için kullanılmaktadır (Sohngea ve Shell, 2018: 149).

1.1.1.1. şeker Hammaddeleri

şeker ve nişasta içeriği için kullanılan iki temel bioenerji hammaddesi şeker kamışı ve mısır kamışıdır. Etanolün yüzde 92'sinden fazlası (bioetanol) dünyada yaygın olarak mısırdan yapılmaktadır. Dünyanın en önemli etanol reticisi Brezilya'dır. Brezilya, etanol üretiminde temel ham maddesi olarak şeker kamışı kullanır. Fermantasyon alkol ürettiği için, hammaddedeki yenilebilir şekerlerin verimi arttıkça, alkollerin verimi de artmaktadır. Fermantasyon sıklıkla her nişastayı şekere dönüştürebildiği için, diğer hammaddeler patates, arpa, buğday, şeker pancarı, bira ve içecek atığı ve diğerleri sayılabilmektedir. Bu hammaddelerin birçoğu, yiyecek ya da yakıt kaynağı olarak çok işlev görülmektedir (Carrier, 2014: 140).

1.1.1.2. Yağlı Tohumlar Hammaddesi

Normalde yağlı tohumlar olarak bilinen, yağ bakımından zengin tohumlara sahip bitkiler, sürdürülebilir bir biyoenerji kaynağı olabilir. Yaygın yağlı tohum bitkileri arasında

soya fasulyesi, kanola, ayçiçeği, kamelya ve aspir ve pamuk tohumu bulunur. Çift ürün almak için kamelya bitkisi çok uygundur ve daha soğuk iklimlerde iyi yetişen kısa sezonlu bir bitkidir. Buna karşılık daha sıcak iklimlere sahip olan yerlerde birçok ayçiçeği çeşidi uygun olmaktadır. Kanola (kolza tohumu çeşitleri), özellikle yağlı tohum hasadı elde etmek için ilkbahar ve sonbahar ekimlerine adapte edilmiş çeşitlerle soğuk bölgeler için çok uygundur (Chum, 2011: 33)

1.1.2. Selülozik Hammadde

Kavak, söğüt ve kamış otu gibi selülozdan elde edilen hammaddeler, çiftçiler, bilim adamları ve halk arasında büyük ilgi çekmektedir. Çeşitli bölgelerden toplanabilen veya doğrudan çiftçiler tarafından yetiştirilebilen, besin değeri olmayan lifli hammaddelerdir. Şu anda dünyada selülozik biyoenerji hammaddeleri için çok sınırlı bir pazar bulunmasına rağmen, bazı şirketler peletler ve ortak ateşleme için (kömürle biyokütle yakma) selülozik biyokütle satın almaktadır. Selülozik hammadde ihtiyacının yakın gelecekte pazar fırsatlarını büyütmesi beklenmektedir (Demirtaş ve Gün, 2007: 51).

Enerji bitkileri, diğer ürünlerle benzer yöntemler kullanılarak çiftliklerde yetiştirilebilmektedir. Özellikle bir bölgeye özgü olan ağaçlar ve çimler su, gübre ve kimyasallar gibi minimum girdilerle yetiştirildiğinde sürdürülebilir bir şekilde üretilmektedir.

1.2. Hayvan Gübresi

Gübre, anaerobik çürütücülerdeki hammaddelerde öncelikle elektrik üretmek için yakılan gazın üretilmesinde kullanılır. Belirli hayvan besleme yönetimleriyle ilgili önemli sosyal ve çevresel konular olmasına rağmen, bu önemli yöntemler, çeşitli çevresel sorunları kontrol etmek, kokuları azaltmak, çiftlik için bioenerji üretmek ve enerji satışı yoluyla ek gelir sağlamak için gübre sindirimini giderek daha fazla kullanılmaktadır (Üçgül, 2010: 89).

2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Yaşar (2014), Tarım ürünleri biyoyakıt hammadde oluşturduğu, üretici ve tarım sektörü açısından değerlendirdiğinde daha da önemli hale getirdiğini belirtiyor. Ayrıca doğada kolay ve hızlı bozulması ile toksik etki yaptığını ve sera etkisini artırdığını söylüyor. Dünyada gelişmiş ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarını artırmaya çalıştığı bilinmektedir, bu nedenle destek ve teşvik programlarının yasalarla belirlendiğini belirtti. Son zamanlarda dünyada biyodizel başta olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı hızla gelişmektedir.

Günümüzde biyokütle enerjisi kullanım oranlarının ve yatırımlarının gelişmesi, enerji verimlilik uygulamaları içerisinde ve enerji kaynağının değiştirilmek istenmesi kapsamındadır. Bu nedenle dünyada çeşitli atılımlar söz konusudur. Gelecek'te geleneksel biyokütlenin günümüzdeki tesislerde biyoenerjiye dönüşümü ile üretilecek biyoyakıt ürünlerinin yenilenebilir enerji kaynakları arasında çok önemli bir konum'a sahip olacağı öngörülmektedir (Kaplukan, 2014: 44).

Musleh (2016) tarafından yapılan çalışmada, Afganistan'da biyokütleden üretilen elektrik potansiyeli 4.000 MW'tır. Bu araştırma'ya göre, yıllık 39.188.000 ton hayvan gübresi, 3.721.000 ton belediye katı atıkları ve 6.491.000 ton mahsul kalıntıları oluşmaktadır. Bu değerlerin sırasıyla 7.366.000 MWh, 27.084.000 MWh ve 819.000 MWh elektrik üretmeye eşdeğer olduğu belirtilmektedir.

Rosillo-Calle ve ark. (2007), biyokütle kaynakları modern ve klasik olarak gruplandırılmıştır. Klasik biyokütle kaynakları, ormanlardan elde edilen odun, yakıt olarak kullanılan hayvan ve bitki artıklarından oluştuğunu belirtmektedir. Modern biyokütle kaynaklarının kentsel atık, hayvansal atık, orman ve ağaç endüstrisi atıkları, enerji ormancılığı ve modern biyokütle kaynaklarının endüstriyel, kentsel, hayvansal ve bitki kaynaklı biyokütle olduğunu söylüyorlar.

Biyokütleyi doğrudan yakılarak enerji elde edilebildiği gibi diğer prosedürler kullanarak yakıt verimliliği ve kalitesi artırılabilen ve enerji teknolojisinde değerlendirilebilmektedir. Biyokütle üretimiyle ulusal kaynaklar değerlendirilip, enerji ithalatında eksilme sağlanabilir (Çukurçayır, 2008: 265).

Biyokütle ve biyoenerji potansiyeli değerlendirmesi, biyoenerji gelişimini kapsamlı bir şekilde anlamak için yenilenebilir enerji alanında dünya çapında önemli araştırmalar (özellikle enerji krizi durumunda) olmuştur (Long, 2013: 348).

Ershad (2017) alışmasına göre, Afganistan'da biyokütlenin hem kırsal alanlarda yaşıyan nüfus için hem de kentsel alanlar için de yakıt kaynağı olarak ciddi rol oynadığı ifade edilmektedir.

Biyokütleden türetilen enerji taşıyıcıları bileşimi ve davranışları fosil taşıyıcılara benzeyen, gelecekte ulaşım ve enerji sektörlerinde giderek artan bir rol oynayacaktır. Aynı zamanda , biyokütle enerji alanında depolama ve esnek güç kaynağı sağlamaktadır. Günümüzde biyoenerji politikasını yönlendiren biyokütlenin bu özellikleri, iklim korumadaki çok büyük zorlukların üstesinden gelmek ve yenilenebilir bir kaynak tabanına geişı sağlamak için bir fırsat sağılar (Carrier, 2014: 145).

Kutso (2013), tarafından yapılan çalışmada biyokütle kaynağı olarak Afganistan'da kullanılan belediye katı atıkları, hayvan gübresi ve mahsul artıkları gibi kaynaklar çok yüksek düzeyde olduğunu ifade etmektedir. Afganistan'daki mahsul artıkları ve hayvan atıkları genellikle kırsal alanlarda toplanmaktadır. Bu kaynaklar doğırudan evlerde yemek pişirme ve ısınma için kullanılmaktadır. Bununla birlikte, belediye atıkları daha çok kentsel alanlarda toplanmaktadır.

Yenilenebilir enerji, iklim değışikliğini azaltmak için çözümlerin önemli bir parçası olarak görülmektedir. Yenilenebilir enerji, genelde daha hızlı veya kullanımına eşıt oranda yenilenen jeofizik, güneş veya biyolojik kaynaklarından gelen enerji olarak tanımlanmaktadır. Diğıer yenilenebilir enerjilerin verimliliğı ve fizibilites, gerekli doğıal kaynakların zenginliğine, dönüşüm verimliliğıne ve kullanım oranına bağılıdır (Long, 2013: 348).

Ekonomik genişlemedeki önemli konumu ile enerji, kalkınma programlarının vazgeçilmez bir unsuru olarak bilinmektedir. 21. yüzyılda dünyanın esas enerji problemleri endüstrileşmiş ülkelerden gelişmekte olan ülkelere doğıru kaymaktadır. 1990 yılında dünya nüfusunun % 75.1' ini oluşturan ve dünya enerji kullanımının % 33.1' ini kullanan gelişmekte olan ülkeler, 2020 yılında dünya nüfusunun yaklaşık %90.1'ini oluşturunacak ve dünya enerjisinin yaklaşık % 55.1' ini tüketecektir. Bunun için enerji politikaları, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, sürdürülebilir kalkınma planlarının önemli bir parçası olmuştur (Kurt ve Koçer, 2010: 54).

Biyokütle, bitmez bir kaynak olması, her alanda yetiştirilebilmesi ,özellikle kırsal alanlar için sosyoekonomik gelişmelere önemli katkıda bulması nedeni ile çok uygun ve önemli bir enerji kaynağı olarak bilinmektedir. Petrol, kömür, doğıalgaz gibi tükenmekte olan enerji kaynakları kısıtlı olduğı için, ayrıca fosil yakıtlar evre kirliliğı oluşturuncağı için biyokütle

kaynağın kullanımı enerji sorununu çözmek için giderek çok önem kazanmaktadır. temel komponentleri karbon-hidrat bileşikleri olan hayvansal ve bitkisel kökenli doğal maddelerden elde edilen enerji “biyokütle enerjisi” olarak tanımlanmaktadır (Çukurçayır, 2008: 65).

Isı, yakıt ve elektrik gibi biyoenerjiden elde edilen enerji, termokimyasal ve biyolojik süreçlerinden sürdürülebilir şekilde üretilen biyokütle hammaddesinin biyoenerji ürünlerine dönüştürülmesi için gerekli bir süreçtir. Bu tür işlemler hammaddeleri endüstriyel ve yerli uygulamalara uygun yüksek enerji değerine sahip ürünlere dönüştürür. Biyokütle hammaddelerinin dönüşümü biyoenerji üretiminde önemli bir adımdır. Biyoenerji ürünlerinin değeri, hammaddenin özellikleri ile uygulanan dönüştürme işlemi arasındaki etkileşim ile belirlenen, belirli enerji uygulamaları için uygunluklarıyla ilgilidir (Carrier, 2014: 145).

Küresel enerji üretiminin % 84,1' inden fazlası petrol, kömür ve doğal gaz de dahil olmak üzere fosil yakıtlardan üretilmektedir. Bu fosil kaynaklardan enerji üretimi, yılda 35.2 milyar mg CO₂ salmaktadır. Bu kullanım oranı azalmazsa, yıllık emisyonlar 2049'a kadar 43.2 milyar Mg 'yi aşacaktır. Fosil yakıt bazlı , 2049 yılına kadar 2 ile 4.5° C arasında ortalama küresel sıcaklık yükselmesine yol açması beklenen iklim değişikliğinin temel nedenidir. Ülkeler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), çalışmalarına göre, hava sıcaklığın en düşük artışların bile kitlesel nüfus yerinden edilmesi, kitlesel türlerin yok olması, deniz seviyesinin yükselmesi, ve ciddi hava sıklığının artması gibi felaket sonuçları tetikleyebileceği konusunda uyarılmaktadır. Odun, tahıl mahsulleri veya otlar gibi bitki materyallerinden elde edilen bioenerji, eski fosil karbonu toprağa bırakarak ve yakın zamanda bitkiler tarafından atmosferden çıkarılan karbon kaynaklarını kullanarak, fosil yakıtlardan elde edilen enerjiye kıyasla sera gazı (GHG) emisyonlarını azaltabilir (Thran, 2016: 22).

Biyoenerji, yenilenebilir biyokütle kaynaklarından üretilir. Günümüzde, bunlar esas olarak ormanlardan elde edilen odunsu biyokütleyi ve tarım alanında yetiştirilen gıda mahsullerini içermektedir. Aynı zamanda biojenik atıklardan ve kalıntılardan oluşmaktadır. Küresel ölçekte, biyoenerji sağlanması en önemli yenilenebilir enerji kaynağıdır ve küresel sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir (Chum, 2011: 241)

Yakın gelecekte (2030'a kadar) küresel enerji tüketimi tahminleri, enerji üretimi için biyokütle kullanımının önemli ölçüde artabileceğini göstermektedir. Öngörülen bu artış, enerji güvenliğini artırmak veya fosil enerji kaynaklarına göre sera gazı emisyonlarını düşürmek için uygulanan politikalardan kaynaklanacaktır. Bu çabalar ve biyokütle enerjisinin küresel, ulusal

ve bölgesel çaplarda giderek yenilenebilir bağımlı enerji sistemlerinde potansiyel rolünü açıklayan uzun bir literatür vardır. Karbon yakalama ve ayırma ile biyokütle enerjisi gibi negatif emisyon teknolojilerinin geniş ölçekte benimsenmesi, 2 ° C veya daha düşük iklim stabilizasyon hedeflerine ulaşmak için önemli bir rol oynamaktadır (Sohngena ve Shell, 2018: 149).

Biyokütle talebinde öngörülen artış, büyük ölçekli biyoenerji dağıtımının sürdürülebilirliği ile ilgili endişeleri artırmıştır. Biyokütle arzının çeşitlendirilmesini araştırmak için bu sentez, ekili alanlar ve ormanlar, bahçeler, yol kenarları, koruma alanları, spor alanları dışındaki peyzajların yetersiz kullanılan biyokütle potansiyeline genel bir bakış sunar. Batı Avrupa'da, yıllık biyokütle üretimi hektar başına 2,0 ila 9,2 Mg kuru madde arasında değişirken, yoğun tarım aynı iklim koşullarında yılda 12,0–20,4 Mg kuru madde üretebilir. Bununla birlikte, peyzaj biyoenerjisinin net enerji dengesi (enerji çıktısı eksi enerji girdileri), mevcut biyoenerji sistemlerinden bazılarınınkinden daha yüksek olma potansiyeline sahiptir (sırasıyla, hektar başına 4.9-28.4 ve 11.0-68.8 GJ arasında değişmektedir). Bu peyzaj unsurlarının ortak yanı, biyokütlenin biyoenerji üretiminden başka amaçlarla uzaklaştırılması ve zaten topluma vazgeçilmez ekosistem hizmetleri sağlamasıdır. Bununla birlikte, bu kaynağın uzay ve zamanda dağılmış olması, peyzaj biyoenerjisinin genel bir uygulamasını sınırlar (Koenraad Van Meerbeek, 2019: 65).

Biyokütle enerjisi günümüzde küresel enerji ihtiyacının yaklaşık %10.1'ine katkıda bulunmaktadır, aynı zamanda bu biyoenerjinin %70'in gelişmekte olan ülkelerde üretilmektedir ve geri kalanı sanayileşmiş ülkelerde üretilmektedir. Biyoenerji, esnekliği ve geliştirme stratejilerinin tüm aşamalarıyla entegrasyon potansiyeli ve biyoenerjinin fosil yakıt enerji yollarından daha az sera gazı emisyonu ile enerji sağlayabileceği genel kabulü nedeniyle tüm gelişim aşamaları için çok çekici bir enerji seçeneğidir. IEA / IRENA (Küresel Yenilenebilir Enerji Politikaları ve Önlemleri veri tabanı) 'a göre, şu anda 61'den fazla ülkenin yenilenebilir enerjiyi destekleyen ulusal hedeflere veya politikalara sahip olduğunu doğrulamaktadır. Avrupa ülkeleri dahil olmak üzere diğer ülkelerde, biyokütlenin yenilenebilir enerji hedeflerine %51'den fazla katkıda bulunmada çok önemli bir rol oynaması beklenmektedir. Kısa vadeli eğilim, güçlü kalkınmaya ve ekonomilere sahip ülkelerin ithal biyokütle kaynaklarının kullanımını ciddi derecede artıracakları, daha az gelişmiş ülkelerin ise önemli ölçüde fosil yakıtlara bağımlı olarak gelişimlerini sürdürecekleri yönündedir (Thran, 2016: 22).

Orman kalıntısının kullanılması, elektrik üretimi için kömür veya diğer fosil yakıtların kullanımının yerini alarak sera gazı emisyonlarını azaltabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte, biyoenerjinin ekonomik olarak uygulanabilirliği, hammaddelerin uygun maliyette bulunmasını gerektirmektedir . Mevcut çalışma, fabrika kapısındaki teslim edilen biyokütle maliyetini ölçmeye ve kömür birimlerinin biyoenerjiye dönüştürülmesiyle ilişkili elektrik sistemine maliyet ve emisyon faydalarını tahmin etmeye çalışmaktadır (Kellera ve Lyseng, 2017: 76).

3. BİYOENERJİ

Biyokütle'den elde edilen enerji; yağ, selüloz, şeker ve nişasta cen bitkilerin üretimi, yakılacak katı atıkların kullanımı, ısı ve elektrik eldesinde kullanılan biyogazı üreten anaerobik yıkıcıların kullanımı, metanol, etanol, biyodizel ve türetilmiş diğer biyoyakıt üretimi aracılığıyla elde edilebilmektedir. Biyokütle ile biyokütleden oluşmuş fosil yakıtların yapıları fiziksel ve kimyasal açısından birbirinden çok farklıdır bilinmektedir (Özyurtkan, 2006: 63).

Hammaddelerin elektrik, biyodizel, etanol, biyobütanol, metan, ısı ve diğer biyoenerji ürünleri gibi yararlı biyoenerji haline getirilmesi için hammaddelerin bir dönüştürme işlemine ihtiyacı vardır. hasat etmek, doğru nem içeriğine kurutmak, gerekli yere nakletmek ve yeterli miktarda biyokütle sağlamak, bu biyoenerji girişinde sadece kısaca değinilen önemli hususlar olduğu bilinmektedir. Hammaddelerin ayrı bir dönüştürme süreci gerektirebilir, yalnız birçok hammadde benzer süreçler ve teknolojiler kullanılarak dönüştürülebilmektedir (Thran, 2016: 22).

3.1. Termokimyasal Dönüşüm

Termokimyasal biyokütle dönüşümü, ilk biyokütle besleme stoğundan faydalı yakıtlar ve kimyasallar üretmek için bir dizi kök içerir. Termokimyasal dönüşümün temeli, oksijen yokluğunda bir malzemeye ısı uygulandığında meydana gelen tüm kimyasal değişiklikleri içeren piroliz işlemidir. Biyokütle pirolizinin ürünleri arasında su, odun, kömürü (veya daha doğrusu karbonlu bir katı), yağlar veya katranlar ve metan, hidrojen, karbon monoksit ve karbon dioksit dahil kalıcı gazlar bulunur. (Özyurtkan, 2006: 62).

Biyokütlenin ısıtılarak , termokimyasal bir işleme yardımcı olur bu esnada gazlar, sıvılar ve ısı gibi önemli biyoenerji ürünleri oluşturmaktadır. Biyokütleden elde edilen elektrik, bio güç olarak adlandırılmaktadır. Hem ısı hem de gücün terkibi genellikle kojenerasyon veya kombine ısı ve güç olarak adlandırılmaktadır. Bu sistemlerin toplam verimi, kendi başına olan sistemlerden önemli ölçüde yüksek olmaktadır (Long, 2013: 348).

3.1.1. Doğrudan Yakma

Hammaddelerin yakılarak enerji elde etmek uzun yıllardır sürmektedir. Elektrik üretmenin en eski yöntemlerinden biri, buhar üretmek için odun veya kömürünün yakılmasıdır. Buhar jeneratör türbini döndürmek için aktarılır ve böylece elektrik veya biogüç üretilir. Bir buhar kazanında ham madenin yakılmasındaki en büyük problem, dönüşüm sürecinde büyük

miktarda enerji kaybı olmasıdır. Kavurma (düşük oksijenli bir ortamda aşırı ısıtma) veya yoğunlaştırılmış biyokütle briketleri yaparak biyokütlenin ön işlemden geçirilmesi, odunsu biyokütleyi yakma verimliliğini artırmaya katkı sağlanabilir. Bu yöntemler çok pahalı olması ile beraber mevcut fosil yakıt fiyatları göz önüne alındığında her zaman ekonomik olmadığı bilinmektedir (Long, 2013: 348).

Şu anda biyokütleden üretilen enerjinin %94'ü biyokütlenin doğrudan yakılması ile sağlanmaktadır. Biyokütlenin doğrudan yakılması, oksijenin ile biyokütle hızlı kimyasal tepkimesi sonucunda ısının açığa çıkması, aynı anda da biyokütlenin organik kısmının son oksitlenme ürünleri olan su ve karbondioksit dönüşmesidir. (Özyurt kan, 2006: 61).

Doğrudan yakma prosesin sonucunda üretilen ısı, buhar, veya enerji sağlamada, elektrik üretiminde, endüstriyel proseslerde veya ısıtmada kullanılmaktadır. Yakma işlemlerinin ısı verimi biyokütlenin nem miktarına olduğu bilinmektedir. Enerji üretimi için kullanılacak biyokütlenin nem içeriğinin %49'u geçmemesi istenir aksi takdirde biyokütlenin ısı değeri, nemi buharlaştırması için harcanacak ısıdan daha düşük olabilmektedir. %49 nem içeren tipik bir biyokütle, %24.5 hava fazlası ile sağlanan yakma işlemi için ısı verim %21-32 civarında olabilmektedir. (Özay, 2014: 136)

3.1.1.1. Termal İşlem Isısı ve Alan Isısı

Biyokütlenin doğrudan yakılması hem proses ısısı hem de mekân ısısı üretmek için kullanılabilir. Proses ısısı çok fazla üretim prosesi için ciddi öneme sahiptir ve çeşitli tarımsal uygulamalarda kullanılabilir (Akgül, 2010: 8).

Tahıl ve mahsul kurutması dahil alan ısıtma yaygın olarak kullanılmaktadır. Termal işlemi hem üretim tesislerindeki büyük kazanlar hem de evlerdeki sobalar, alan ısısı için sıklıkla kullanılmaktadır. Odun yongaları, saman ve ahşap hem proses ısısı hem de alan ısısı için kullanılmakta ve hemen hemen her çiftlikte bulunmaktadır (Carrier, 2014: 145).

3.1.2. Termal Gazlaştırma

Gazlaştırma yöntemlerinde, katı yakıtların kül içeriği hariç olmak üzere farklı bileşimlerdeki gaz ürünlere tamamen dönüşebilmektedir. Sıvı ve katı ürünler neredeyse hiç oluşmamaktadır. Gazlaştırma, yakma teknolojisine göre daha çok çevreci bir teknoloji olması

ve biyokütlenin tamamen dönüştürülmesinin yanı sıra çok temiz bir gaz ürün elde edilmektedir (Özay, 2014: 135).

Gazlaştırma, hammaddeleri sentez gazı adı verilen yanıcı gazlara dönüştürülmektedir. Biogüç, ısı, motor yakıtları, kimyasallar ve diğer belli amaçlar için kullanılabilir. Sentez gazı da bazen üretici gazı, odun gazı ve şehir gazı olarak bilinmektedir. Sentez gazları temel olarak Tropsch-Fischer yöntemi gibi işlemler kullanılarak hidrojen, metanol, etanol ve amonyak gibi diğer faydalı yakıt ürünlerine çevirilmektedir. Gazlaştırma genellikle 650 -1000 °C arasındaki sıcaklıklarda gerçekleşmektedir ve hammaddeleri daha sonra enerji olarak kullanılacak faydalı ara maddelere dönüştürmek için kasıtlı olarak yanmayı sınırlamaktadır. Gazlaştırma sistemlerinin dönüşüm verimliliği çok yüksektir, bir hammaddenin üretici gaza dönüştürmede tipik olarak verimliliği yüzde 78 ila 84 arasındadır. Gazlaştırma basıncın, sıcaklığın, hammadde özelliklerinin ve diğer hususların kontrol edilmesi, üretici gazın enerji yoğunluğunu ve yapısını değiştirmektedir (Welfle, 2017: 24).

3.1.3. Piroliz

Piroliz, bir organik maddeye basitçe uygulanabilen bir termokimyasal prosesidir. Yunanca “pyro” “lyse” kelimelerinden oluşur ısı ve parçalanmak anlamlarına gelir. Organik maddelerin çok yüksek sıcaklıkta ve oksijensiz ortamda termal kırılmaya uğratılması sürecine denir. Odun kömürü üretimi en bilinmiş piroliz prosesidir. Bu bir yavaş pirolizdir, degazifikasyon olarak da bilinmektedir (Üçgül, 2010: 89).

Biyokömür veya bilinen adıyla mangal kömürü, organik karbon içeriği yüksek olan ve biyokütle pirolizinin ortak ürünü olan biyokömürdür. biyokömür, tarımda birçok potansiyel faydaya sahiptir. Biyokömür elde etmek için biyokütle piroliz sistemleri şu anda daha küçük birimlerinde mevcuttur, ancak bazı büyük ölçekli tesisler inşa edilmektedir (Koenraad Van Meerbeek, 2019: 54).

Biyo-yagın kalori miktarı, aynı değerdeki biyokütleden daha fazla olamsı ile beraber depolanması ve taşınması çok kolaydır, az kükürt içermektedir. Pirolizde elde edilen gaz, sıvı ya da katı ürünlerden hangisinin önemi ve veriminin en fazla olacağı, biyokütlenin reaktör tipine, süreç parametrelerine ve çeşitine bağlı olduğu bilinmektedir. Yakma proseslerinden ayrı olarak pirolizde gereken enerji dışarıdan karşılanmaktadır (Özay, 2014: 135).

3.2. Biyolojik ve Kimyasal Prosesler

3.2.1 Amonyak

Haber-Bosch işlemi sırasında üretilen amonyak, alternatif bir sıvı yakıt olarak modifiye edilmiş içten yanmalı motorlarda çalıştırılabilmektedir. Amonyak, benzinin yaklaşık yarısı kadar enerjiye sahip olduğu ve çeşitli yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmektedir. Amonyak uygulaması konusunda tecrübesi olan çiftçiler, amonyak kullanımı ve kullanımı ile ilgili birçok tehlike olduğunu bilinmektedir. Otomobil ve diğer araçlar için sıvı yakıt olarak amonyağın yaygın olarak, kullanım ve güvenli depolama için ciddi yatırımlar gerektirecek ve ulaşım altyapısında düzeltmeler gerektirmektedir (Long, 2013: 348).

3.2.2. Metanol

Metanol veya metil alkolü metanol, karbonmonoksit ile hidrojenin yüksek basınç altında yüksek sıcaklıklarda üretilir. Metanol veya odun alkolü olarak bilinen genellikle doğal gaz ve kömürün buhar-metan reformasyonu sırasında metandan elde edilmektedir. Anaerobik gübre sindiriminden üretilen metan da bir seçenek olabilir, ancak genellikle uygun maliyetli olmayabilmektedir. Metanol, çoğu motor modifikasyonları ile benzin yerine kullanılabilir, ancak benzinin enerji yoğunluğunun yalnızca yaklaşık % 50' sinden az sahip olmaktadır. Metanol temel olarak dimetil eter (DME) gibi sentetik yakıtlara dönüştürülerek, daha düşük emisyonlarla ve dizelin yaklaşık %50 kadar enerji yoğunluğu ile bir dizel alternatif maddesi olarak yaygın kullanılabilir. Metanol zaten daha sonra tartışacağımız biyodizel üretiminin trans esterifikasyon sürecinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Zaten daha sonra tartışacağımız biodizel üretiminin trans esterifikasyon sürecinde zaten kullanılmaktadır (Carrier, 2014: 144).

3.2.3. Anaerobik Sindirim

Anaerobik sindiriciler organik maddeyi oksijensiz (anaerobik) parçalar ve çiftlikte yararlı olan metan ve diğer gazları ile yan ürünler üretilir. Bu gaz karışımına genel olarak biyogaz veya sindirici gazı olarak bilinmektedir. Biyogaz yanıcıdır ve normalde yüzde 52 ila 62 oranında metandan oluşmaktadır. Biyogaz, biyo güç ve termal enerji üretmek için bir motorda yakılabilir veya metanol gibi diğer yakıt türlerine dönüştürülebilmektedir. Rafine biyogaz, diğer kullanımların yanı sıra otomobil ve diğer araçlarda sıkıştırılmış ve sıvılaştırılmış

doğal gaz olarak da kullanılabilir. Anaerobik sindiriciden üretilen yan ürünler, toprak ıslahı ve sıvı gübre olarak kullanılabilir (Sohngena ve Shell, 2018: 149).

3.2.4. Biogaz

Biyogaz yöntemi ile elde edilen metan gazı yakıldığı zaman fosil yakıtlara göre daha az miktarda CO₂ emisyonu yapmaktadır, bu yüzden biyogaz çevreye karşı duyarlı bir enerji kaynağıdır. Genel olarak, biyokütlenin çürümeye terk edilmesi aşamasında oluşacak metan gazının, CO₂ ye göre daha fazla olan sera gazı (GHG) tesiri de ortadan kaldırılmış olacaktır (Özay, 2014: 135).

Biyogaz teknolojisi; kanalizasyon atıkları, tarım atıkları, hayvan gübreleri ve evsel biyolojik atıkları gibi çok nem içeriği yüksek atıklar için daha uygun olabilmektedir. Hidrojen üreten bakteriler kullanılarak, biyogaz üretimin yöntemleri ile önemli bir enerji kaynağı olan hidrojen de üretilmektedir (Özyurtkan, 2006: 63).

3.3. Fiziksel Prosesler

Biyokütlenin fiziksel dönüşüm süreçleri yoğunluk artırma, su giderme, kurutma, öğütme, ve ayırmadır. Bu yöntemler sonucunda farklı ürünler elde edilir (Long, 2013: 348).

3.3.1. Su Giderme ve Kurutma

Biyokütlerde bulunan nemin bir kısmının veya tamamının sıvı halde biyokütleden uzaklaştırılmayı denir. Kurutma işlemi su giderme işlemine benzer; ancak biyokütlerde bulunan nem buhar olarak uzaklaştırılır. Biyokütlerden termokimyasal dönüşüm yöntemleri ile enerji üretimi gerçekleştirildiği durumda hammaddenin önceden kurutulması gerekebilir, aksi takdirde, dönüşüm sürecinde yakıt veya enerji olarak üretilenden daha fazla enerji tüketilebilir. Açık havada güneş altında kurutulmak için yeterli stabiliteye sahip olmayan hammaddeler, maliyeti uygunsa püskürtmeli kurutucular, döner kurutucular ve konveksiyonlu fırınlar gibi endüstriyel kurutucular kullanılarak daha hızlı kurutulabilir (Yamanlar, 2005: 76).

Yüksek oranda nem içeren biyokütlerden suyu uzaklaştırmak için kullanılan sistemler; eleme cihazları ve çeşitli filtre, santrifüjler, hidrosiklonlar, presler, su çıkarıcılar, koyulaştırıcılar, arıtıcılar ve yüzdürme cihazları içerir (Türe, 2001: 65).

Kurutma için uygulanan yöntem, biyokütleyi sıcak ve düşük nem oranlı hava dolaşımına maruz bırakmaktır. Açık havada ve güneşte kurutma, uzun yıllardır odunu ve çimi iyice kurutmak için kullanılmaktadır. Bu işlem sonucunda biyokütlenin nihai nem içeriği ağırlıkça %34.1 veya daha az olması gerekiyor. Bu kurutma işlemin önemli avantajı düşük maliyetli olmasıdır. Yalnız, yavaş olması ile beraber yerel iklime bağlıdır (Long, 2013: 348).

3.3.2 Öğütme

Genellikle biyokütlenin hammadde veya yakıt olarak kullanılmadan önce boyut küçültme işlemi gerekmektedir. Biyokütlenin yakıt olarak doğrudan kullanımı için yakıt peletleri ve briketler üretmek veya biyokütleyi çeşitli dönüştürme işlemlerine hazırlamak için boyut küçültme gereklidir.

Biyokütle küçük parçalar ve parçacıklar halinde olması; depolama hacmini önemli derecede azaltır ve malzemenin katı halde taşınmasını kolaylaştırır, malzemenin pnömatik olarak taşınmasını çok kolaylaştırır, bununla birlikte bazen ağaç kabuğu ve beyaz odun gibi bileşenlerin kolayca ayrılmasını sağlar.

Biyokütle boyutunu azaltmak için ticari olarak kuru parçalayıcılar kullanılır. En bilinen iki çeşit yatay ve dikey şaftlı çekiçli değirmenlerdir. Döner şaftlar üzerindeki metal çekiçler, ızgara açıklıklarından seçici olarak parçacık boyutunu azaltır, darbe etkisi ile beslenen malzemenin parçacık boyutu küçülür. Çekiçli değirmenler, boyut küçültme için kentsel katı atık arıtma sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Çekiçli değirmenler ayrıca tarım kesiciler ve ağaç öğütücüler olarak da kullanılmaktadır. Kesme veya kesme hareketiyle tane boyutunu küçülten kanatlı bıçaklarla donatılmış döner kesiciler aynı uygulamalar için kullanılır; ancak kapasiteleri genellikle çekiçli değirmenlerinkinden daha düşüktür (Riegel, 1993: 89)

3.3.3. Yoğunluk Arttırma

balyalama; Saman, pamuk ve ot gibi diğer tarım ürünlerinin tarladan uzaklaştırılmasını kolaylaştırmak, depolama ve nakliye maliyetlerini azaltmak için uzun süredir kullanılmaktadır. Balyalanmış saman, ağırlıkça %11-15 nem içeriğinde 71-90 kg/m³ yoğunluğa sahiptir; oysa yığın samanın yığın yoğunluğu, yaklaşık %5-15'i kadardır.

Yoğunlaştırılmış atık biyokütlenin enerji üretimi ve hammadde olarak kullanılması için büyük avantajları olduğu bilinmektedir. Yüksek yoğunluklu, fabrikasyon biyokütle formları;

depolama sistemlerini ve Taşıma basitleştirir, biyokütlenin kararlılığını artırır, katı biyokütle yakıtlarının hammaddelerin reaktörlere ve fırınlara beslenmesini kolaylaştırır ve bazen kömürün kalorifik değerine yaklaşan çok yüksek enerji yoğunluğu, daha temiz yanan katı yakıtlar sağlar. Ancak biyokütle yakıtları ve hammaddelerinin kullanımında karşılaşılan temel sorun üretim maliyetidir (Özyurtkan, 2006: 63).

4. AFGANİSTAN'IN COĞRAFYASI VE İKLİMİ

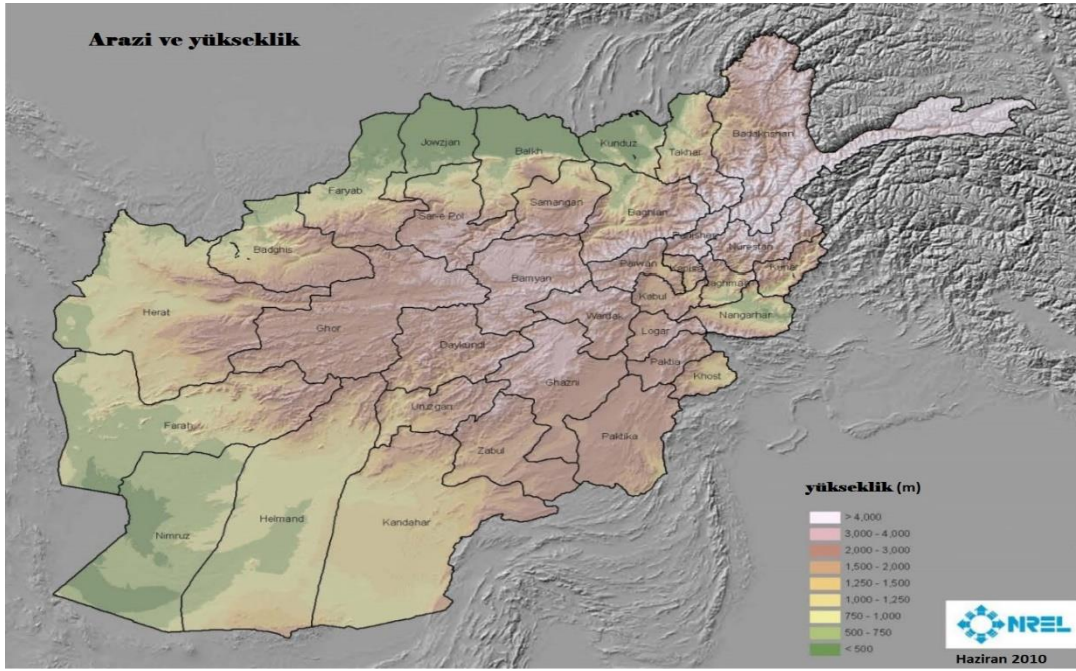
Tarım ve orman kaynaklarının verimliliği yeterli güneşe, yağışa ve besin koşullarına bağlıdır. İklim ve mahsul hasat programına bağlı olarak, bu tür kaynak mevcudiyeti üzerinde mevsimsel kısıtlamalar ve yerel düzeyde kaynak verimlerinde önemli yıllık değişkenlikler olabilir. Olumsuz çevresel koşullar (örneğin, kuraklık ve sel) kaynak mevcudiyeti üzerinde yıldan yıla önemli olumsuz etkilere sahip olabilir. Ülke ağırlıklı olarak dağlıktır, Esas olarak kuru bir karasal iklime sahip olarak tanımlansa da, arazi ve yükseklikteki farklılıklar, çeşitli iklim türlerine neden olmaktadır (NREL, 2011: 76).

Afganistan'ın kuzeydoğu ve orta gibi alanlar deniz seviyesinden 2.400 metre yüksekte olan, uzun kışlar geçirmekte altı aydan fazla deniz seviyesinden 1.300- 2.400 m yükseklikte, iklim ılıman ve yıllık yağış 400 milimetre (mm) kadardır. yüksek rakımdaki bölgeler, sıcak yazlar ve nispeten yağışlıdır. Orta rakımdaki bölgelerde , yıllık yağış nispeten azdır, iklim kuru ve sıcaktır. Ülkenin doğusundaki İndus vadisine bitişik bazı küçük kısımlar güneydoğu musonlarından etkilenir ve iklim subtropikaldir (Ershad, 2017: 54).

Tablo 4.1. Afganistan'ın İklim Türleri.

BÖLGE	İKLİM TİPİ
Kuzey	Karasal çöl iklimi
Güney	Subtropikal çöl iklimi
Kuzey Batı	karasal yarı kurak iklimi
Alt orta ve güneydoğu	sıcak yarı kurak
kuzeydoğu Merkez	karasal yarı kurak iklimi
Orta ve kuzeydoğu	Yüksek tundra (Alpine)

Kaynak: (NREL, 2011:45)



Şekil 4.1. Afganistan'ın arazi ve yükseklik haritası
Kaynak: (NREL, 2011: 62)

Afganistan siyasi olarak sekiz bölgeden (34 il) oluşmaktadır. Merkez (Kabil, Pervan, Pancşir, Kapisa, Logar ve vardak), Güney (Paktia, Paktika , Host ve Gazni), Doğu (Nangarhar, Lağman, Kunar ve Nuristan), Kuzey (Faryab, Cevizcan, Sar-i-pul, Balh ve Samangan), Kuzeydoğu (Buğlan, Kunduz, Tahar ve Badahşan), Batı (Herat, Farah ve Badğis), Batı-merkez (ğor ve Bamyana) ve Güney-batı (Kandahar, Helmand, Zabul, Nimroz, Urozgan ve Daykundi) (IRENA, 2018: 33).

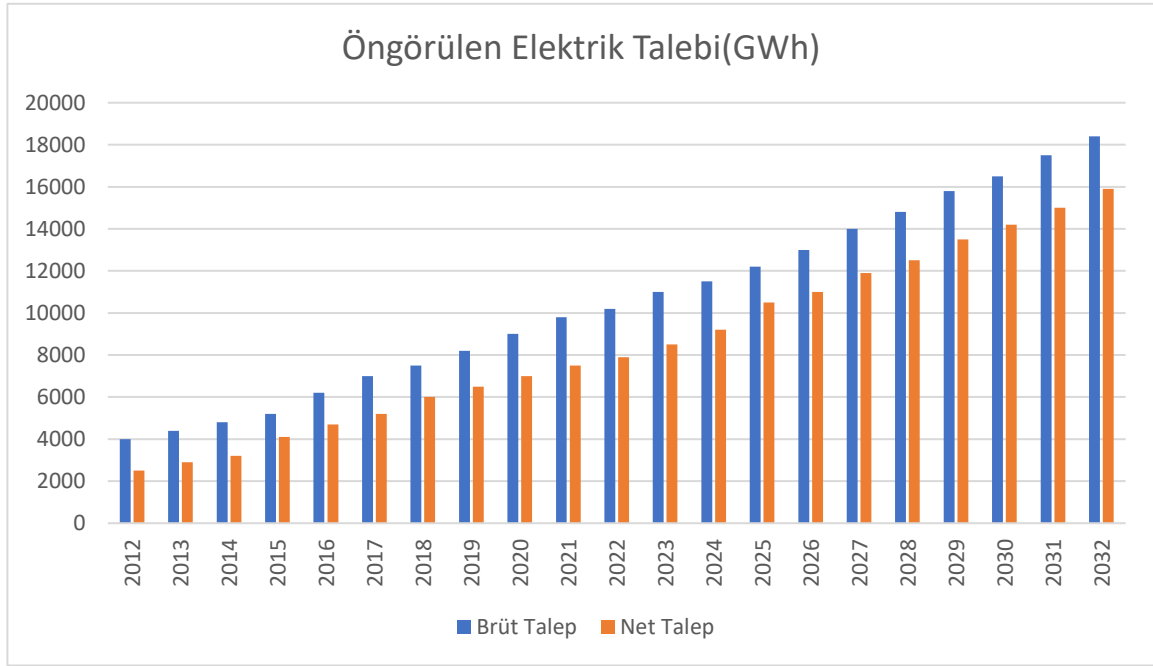
4.1. Afganistan'ın Enerji Değerlendirmesi

Kırk yıllık çatışma, iç savaş, dış müdahale ve siyasi istikrarsızlık ülkenin kalkınmasını kısıtlamış ve ekonomik büyümesini ciddi şekilde etkilemiştir. Uygun fiyatlı ve istikrarlı enerji kaynaklarına erişim, ekonomik büyümeye katkı sağlar. Bir ülkenin sağlığını ve sosyal refahını yükseltirmeye yönelik herhangi bir strateji için enerjiye erişim hayati önem arz ediyor. Çeşitli çatışmalar sırasında Afganistan'ın enerji altyapısı, üretimi, iletimi ve dağıtımı tahrip edildiği bilinmektedir. Afganistanın fiziksel sermayesinin geliştirilmesi ve restorasyonu, 2003'ten beri uluslararası kalkınma ajanslarının önceliği olmuştur. Afganistan, dünyadaki kişi başına en düşük enerji tüketen ülkeler arasındadır, yakacak odun toplam enerji tüketiminin %85'inden fazlasını oluşturmaktadır. Afganistan'da kişi başına düşen yıllık enerji tüketimi 150 kWh'dir, yani küresel ortalama olan 2728 kWh'e göre çok düşüktür. Talep ve arz arasındaki sürekli

büyüyen uçurum nedeniyle, Afganistan'daki yerel nüfusun yüzde 44'ü hala elektrik arzına sürekli erişime sahip değildir. Enerji erişimi Afgan Hükümeti için önceliklerden biridir ve ulusal elektrik şebekesinin orta ve güney Asya ile elektrik ticareti imkânı ile modernizasyonu ve genişletilmesi için çaba harcanmaktadır (Milbrandt ve Overend, 2011: 76).

Enerji sektörü ve alt sektörleri (elektrik enerjisi, kömür, petrol, gaz ve yenilenebilir enerji) önemli bir genişleme sürecinden geçmektedir. Ancak, kötü altyapı, düşük bütçe kaynakları, eğitimsiz personel ve zayıf hükümet politikaları karmaşık hale gelmekte ve bazı durumlarda enerji kaynağı geliştirme ve dağıtımını önemli ölçüde geciktirmektedir. Sonuç olarak, her bir alt sektörün kuruluşu, ülkenin ihtiyaçlarını karşılamak için sistemi etkin bir şekilde sürdürmez, onaramaz, yönetemez veya genişletemez. Afganistan'ın fosil yakıtlarının, özellikle de doğal gaz ve kömürün geliştirilmesi, büyük sermaye yatırımı ve önemli özel sektör katılımı gerektirmektedir (Ershad, 2017: 98).

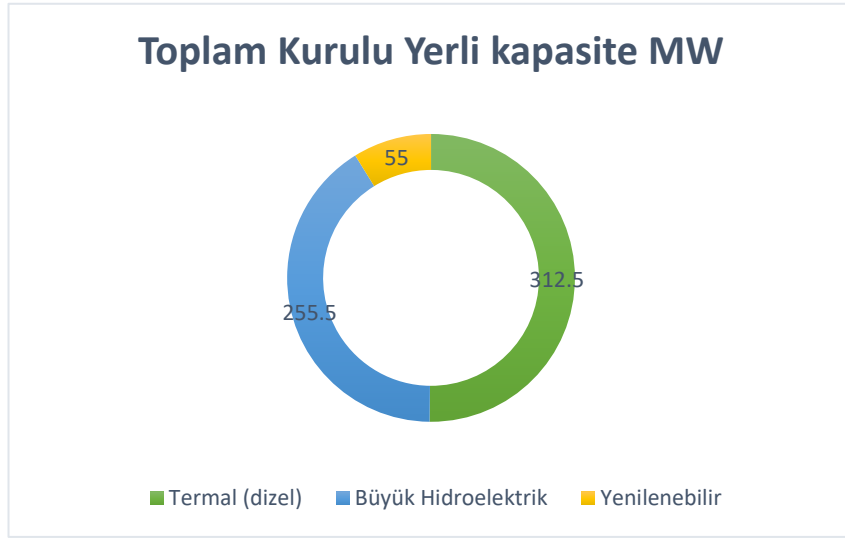
Afganistan'ın elektrik sektörü ana planı, Şekil 4.2' de gösterildiği gibi, net talebin 2012'de 2,802 GWh'den 2031'de 15,944 GWh'ye çıkmasının beklendiğini ve yıllık ortalama yüzde 9,7 büyüme oranının öngörülmektedir. Analizlere göre Afganistan'ın, yerel enerji kaynakları tam erişilebilirlik geliştirmeden evvel enerji talebini karşılamak için farklı enerji kaynaklarına ihtiyaç duyacağını göstermektedir. Enerji kaynakları verimli ve etkin bir şekilde yönetilirse, yerel kaynakların Afganistan'ın orta vadeli birincil enerji gereksinimlerini karşılayabileceği ileri sürülmektedir (2014-15 ila 2024-25). Teorik olarak, yerli enerji kaynakları Afganistan kısa sürede kendi kendine yeteceği söylenmektedir. Rapora göre, Afganistan'da tespit edilen hidrokarbon yatakları, petrol ürünleri ihtiyacının yüzde 80'ini karşılayabilir olduğu bilinmektedir (NREL, 2011: 34).



Şekil 4.2. Afganistan 2012'den 2032 itibaren Elektrik Talebi

Kaynak: (IRENA, 2018: 87)

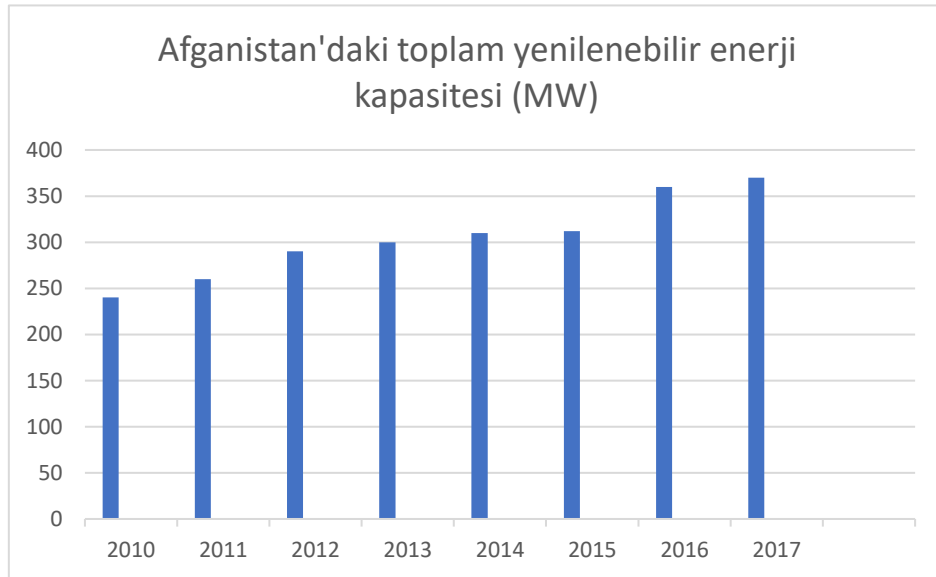
Afgan halkı hala yeterli ve tutarlı elektrik, evsel güç ve fosil yakıt üretimi varlığından yoksundur. Ülkenin şebekeye bağlı kurulu kapasitesi, tamamen hidroelektrik ve termik arasında bölünmüş durumdadır. Şebekeden bağımsız yenilenebilir kaynaklar (büyük 623 MW kurulu yerli kapasitenin 312,5 MW'ı termik, 255,5 MW'ı hidroelektrik ve 55,0 MW'ı Şekil'de gösterildiği gibi yenilenebilir enerjiden gelmektedir. Güneş, hidroelektrik, biyokütle ve rüzgar dengeli bir enerji miktarı sunabilmektedir (Ershad, 2017: 32).



Şekil 4.3. Afganistan'daki elektrik kaynakları - MW cinsinden Toplam Kurulu yerli kapasite

Kaynak: (ICE, 2016: 87)

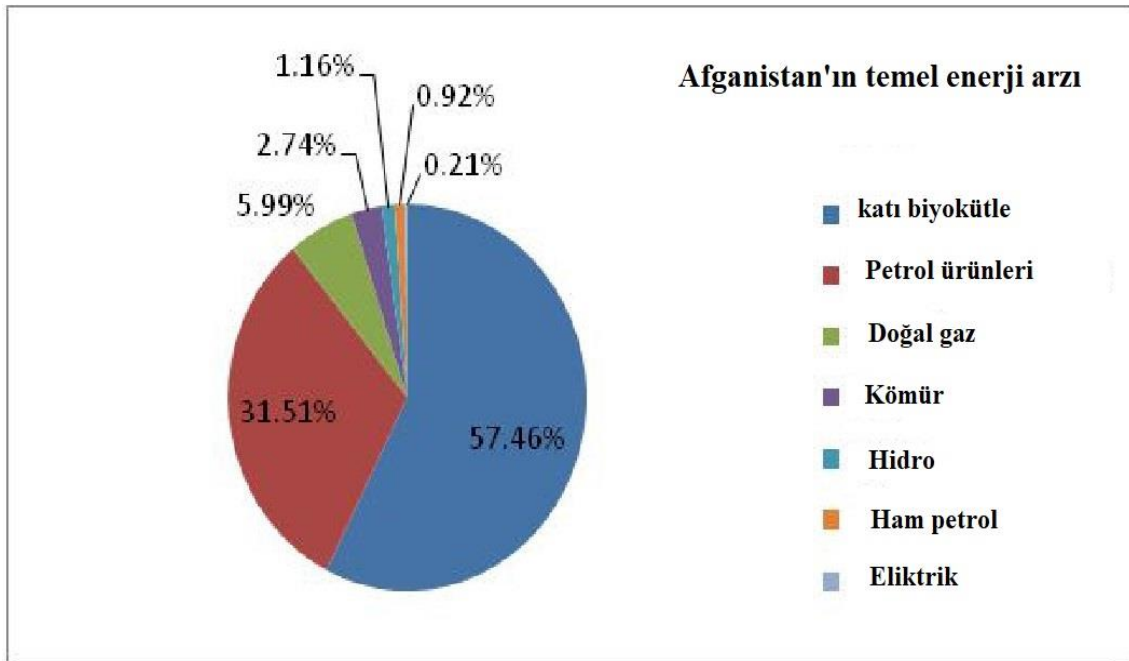
Yenilenebilir enerjinin, Afganistan'ın ekonomik, sosyal ve sürdürülebilir büyümesi için hayati önem taşıyacağı düşünülmektedir. Biyokütle, diğer yenilenebilir kaynaklar gibi doğa'da bol miktarda mevcuttur ve bunların kullanılması hem ekonomik hem de finansal koşullar açısından gelecekteki arz açıklarının iyileştirilmesine yardımcı olacaktır. Şekil 4.4'de 2010'dan 2017'ye kadar Afganistan'daki toplam yenilenebilir enerji kapasitesini ve büyümeyi göstermektedir (Ershad, 2017: 12).



Şekil 4.4. Afganistan'daki toplam yenilenebilir enerji kapasitesi.

Kaynak: (ICE, 2018: 51)

Afganistan yerli petrol ve doğalgaz kullanıyor olsa da, kuzey bölgedeki potansiyel rezervler, ülkenin uzun süredir devam eden siyasi istikrarsızlıklarından dolayı kullanılmamaktadır. Afganistan'da, çoğu kuzeyde Herat ve Badashkan illeri arasında, bulunan yerli kömür de kullanılmaktadır. Ancak, Şekil 4.5'te gösterildiği gibi, bu enerji kaynakları, en önemli iki tedarikçiye (katı biyokütle ve petrol ürünleri) kıyasla Afganistan'ın enerji portföyünün az bir bölümünü oluşturmaktadır. Biyokütle kaynakları yerli iken, benzin ve dizel gibi petrol ürünleri komşu ülkelerden (ağırlıklı olarak Tacikistan, Özbekistan ve Türkmenistan) ithal edilmektedir (Ershad, 2017: 98).



Şekil 4.5. Afganistan'ın temel enerji arzı.

Kaynak: (NEP-UNEP, 2009: 87)

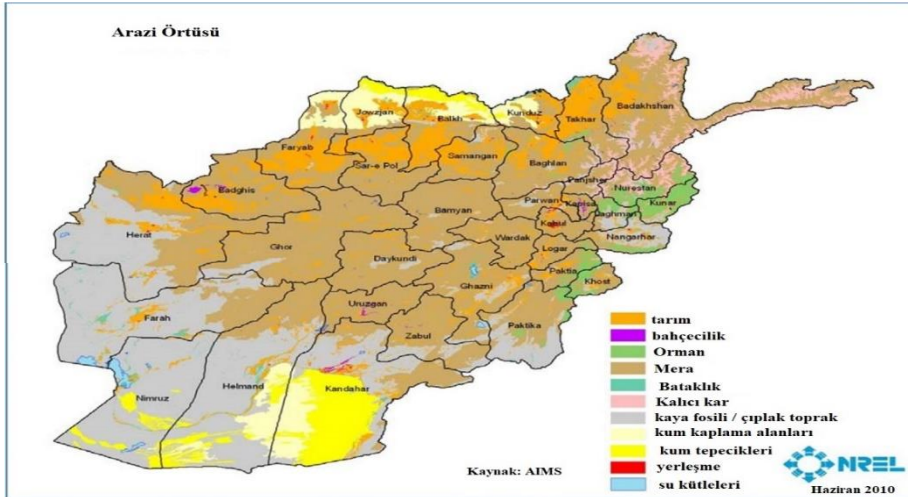
4.2. Tarımsal Kaynaklar

4.2.1. Tarım Sektörüne Genel Bakış

Tarım sektörü, Afganistan'ın ekonomik kalkınmasının sağlanmasında önemli bir paya sahiptir. Nüfusun %80 'inden fazlası çiftçilik veya hayvancılıkla uğraşan gayrisafi yurtiçi hasılanın (GSYİH) yarısından fazlasını oluşturmaktadır (UNEP, 2009: 65).

Feci bir şekilde, yıllarca aralıksız devam eden savaşlar, yönetim yetersizliği ve kuraklık Ülke'deki tarımsal faaliyetleri çöktürmüş ve doğal kaynakların dağılmasına sebep olmuştur. Tarımsal verimlilik su kıtlığı (yağmur suyu eksikliği ve yetersiz sulama sistemleri nedeniyle), az mekanizasyon, kredi yetersizliği ve tarımsal yetersiz kullanımı ve piyasaların ve toplulukların yetersiz erişilebilirliği nedeniyle engellenmektedir (IRENA, 2018: 98).

Dağlık arazi ve kuru iklim nedeniyle Afganistan'daki tarımsal kalkınma çok zorlu hale gelmektedir. Toplam arazi alanının (652.225 km²) sadece %12'si ekilebilir (%6'sı ekilidir), daimî meralar %47'yi, orman arazileri %2'si ve kalan %39'u çorak arazi ve dağlardır. Son yirmi ya da otuz yılda ekili ve mera altındaki tarım arazilerin miktarı, terk etme (su bulunmaması nedeniyle), bozulma (toprak erozyonu, tuzlanma ve azalan toprak verimliliği nedeniyle) veya kentsel genişleme gibi nedenlerle düşmüştür (NEPA-UNEP, 2009: 54).



Şekil 4.6 Arazi örtüsü

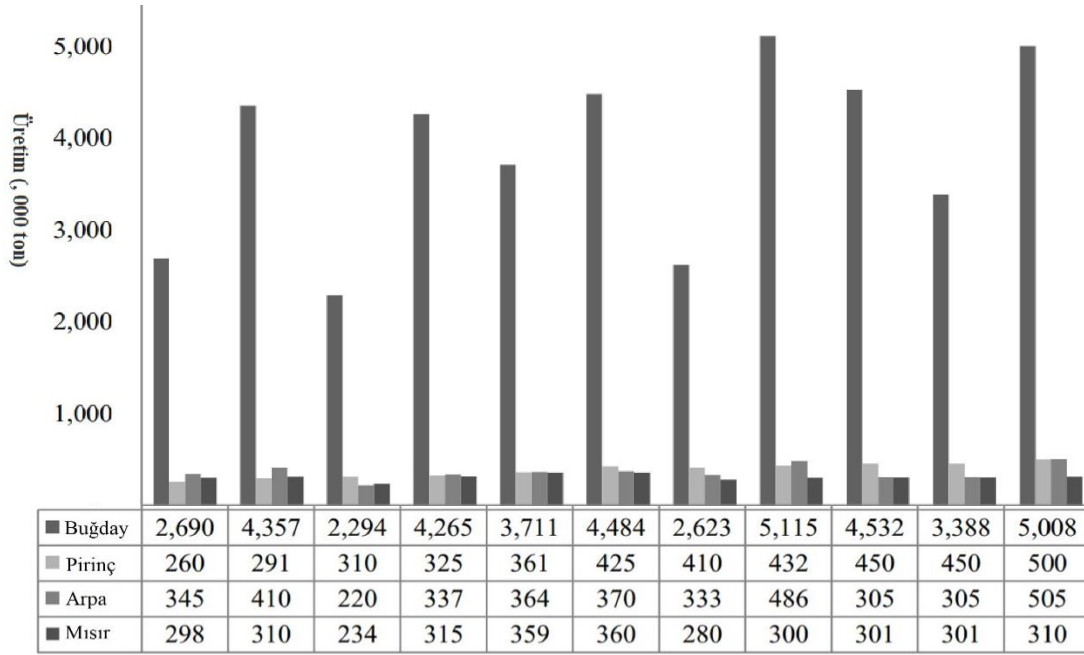
Kaynak: (NEPA-UNEP, 2009: 41)

Afganistan'da iki temel tarım modeli vardır: 1) karışık mahsul ve hayvancılık sistemi ve 2) mevsimsel olarak göç eden ve otlayan hayvanları farklı otlaklara aktaran Kuchi topluluklarının adını taşıyan, göçebe bir varoluşa dayanan Kuchi pastoral sistemi (UNEP, 2009: 15).

4.2.2. Mahsül Atığı

Afganistan'da mahsul ekimi esas olarak nehirler boyunca sulanan arazilerde yoğunlaşırken, bazı mahsuller yağmurla beslenen arazilerde yetiştirilmektedir. Afganistan dağlık bir ülke olduğu için hem yüksek hem de alçak arazilere sahiptir. Yüksek irtifadaki (2.000 metrenin üzerinde) araziler, kısa büyüme mevsimi nedeniyle yılda bir kez ekilirken, daha düşük irtifadaki topraklar yılda iki kez mahsul vermektedir. Temel mahsul buğdaydır ve Afganistan'daki toplam mahsul tüketiminin yaklaşık %79'üne katkıda bulunmaktadır. Ürün üretimi için hem sulanan hem de yağmurla beslenen topraklara ekilir, ancak sulanan arazinin (2,95 t / ha) yağmurla beslenen toprağa verimi (1,18 t / ha) neredeyse üç kat daha yüksektir. Kış buğdayı temel ürün ve ilkbahar buğdayı ikincil ürün olmaktadır . Buğday üretimi yanı sıra arpa, mısır ve pirinç da yetiştirilmektedir. Genel olarak, yüksek rakımlı arazilerde beslenen yağmurda tahıl, daha alçak arazilerde ise yeşil yem için arpa yetiştirilmektedir (Milbrandt ve Overend, 2011: 50).

Mahsul üretimi, kar erimesi ve yağmurdan kaynaklanan suya bağlı olduğundan, mahsul hasadı önemli ölçüde yıldan yıla değişmektedir. Şekil 4.7 de, 10 yıllık bir dönem boyunca mahsul üretimindeki değişiklikleri gösterilmektedir. 2004, 2006 ve 2008 yıllarında, avantajlı hava koşulları nedeniyle mahsul üretim verimli ve daha yüksek olmuştur. 2000-2002 ve 2004 yıllarında kuraklık nedeniyle düşük mahsul verimi kaydedilmiştir. Bakliyat ve yem gibi diğer mahsuller de yetiştirilmektedir. Bakliyat, nohut ve mercimek içerir. Yonca gibi yemler hayvan beslenmesi için yetiştirilmektedir. Bunların yanı sıra patates, soğan, domates, bamya, karnabahar, kavun, karpuz, kayısı, şeftali, nar, elma, Şeker pancarı ve şeker kamışı gibi sebze ve meyveler de Afgan tarımında yer almaktadır. Badem, ceviz ve fıstık da uygun yerlerde üretilmektedir (ALCS, 2016: 73).



Şekil 4.7 2002'den 2012'ye kadar Afganistan'da mahsul üretimi.

Kaynak: (MAIL, 2012: 19)

4.2.3. Hayvan Gübresi

Afganistan ekonomisi tarıma ve hayvancılığa bağlı olması için, tarım sektöründe hayvanlar önemli bir rol oynamaktadır. Kırsal konutların yaklaşık %80'i ve göçebe (Kochi) nüfusunun % 94'ü at, eşek, deve, keçi ve koyun gibi hayvanları sadece et ve süt ürünleri için değil, aynı zamanda yemek pişirme yakıtı ve gübre sağlamak için de beslenmektedir (Ershad, 2017: 36).

Hayvan gübresi, Afganistan'deki mahsul artıkları ve odun ile birlikte temel enerji kaynağıdır. Afganistan'da insanlar gübreyi güneşte kurutmakta ve kuruttuğu gübreyi yemek pişirme ve alan ısıtma için kullanmaktadır. Ülkede gübreyi doğrudan yakarlar ki bu onu kullanmanın verimli yolu değildir. Alternatif olarak, gübreyi, hayvan dışkısından daha iyi ve temiz yakıt sağlayan biyogaz üretimi için kullanmak daha uygundur. Bu gübrenin açık ateş sobasında yakılması iç evlerde hava kirleticilerine ve diğer solunum yolu hastalıklarına yol açabilir. Buna karşı biyogaz temiz, kokusuz ve dumansız bir yakıttır. Biyogaz ayrıca aydınlatma ve soğutma için de kullanılabilir.

Küresel olarak yaklaşık 30.5 milyon konut yemek pişirme, ısıtma ve aydınlatma için biyogazı tercih etmektedir. Bunun çoğu Çin (25.5 milyon biyogaz çürütücü), Hindistan 4 milyon den fazla, Nipal 200.010 ve Vietnam'da 150.005 biyogaz çürütücü bulunmaktadır (Ershad, 2017: 18).

2010 yılında Afganistan'da 75 biyogaz çürütücü faaliyetteydi. (Milbrandt, 2011). 2009-10 istatistiklerinden Tablo 4.8'te alınan hayvan sayısına göre, Afganistan'daki teorik biyogaz potansiyeli yılda yaklaşık 1.410 milyon metreküptür (33.1 trilyon Btu), bu da 2006'daki enerji tüketiminin iki katıdır (17 trilyon Btu). Büyükbaş hayvan gübresi kullanılarak, 2009-10'da Afganistan'da yaklaşık 897.010 yerli biyogaz tesisi kurulabilir ve konutların yaklaşık %28'i verimli ve temiz yakıtla yeniden canlandırılabilir (EIA, 2013: 46).

Tablo 4.2. 2009-10'da Afganistan'da Hayvan Gübresinin Yıllık Biyogaz Potansiyeli ve Eşdeğeri

Hayvancılık	Nüfus ('00 kişi).	gübre (kt / yıl).	inek gübresi (kt / yıl).	Biyogaz (Milyon M ³).	Eşdeğer Odun (kt).	Eşdeğer Elektrik (GWh).
Deve	183	659	267	22	75	102
Tavuk	10,689	235	226	18	67	86
At	162	583	237	19	67	93
Eşek	1,209	3,506	1,122	93	316	428
Sığırlar	4,745	17,082	6,934	564	1,956	2,649
Keçi	6,383	4,477	3,189	259	900	1,219
Koyun	10,710	7,497	5,348	435	1,509	2,044
Toplam	34,087	34,039	17,321	1,410	4,890	6,622

Kaynak: (MAIL, 2012: 36)

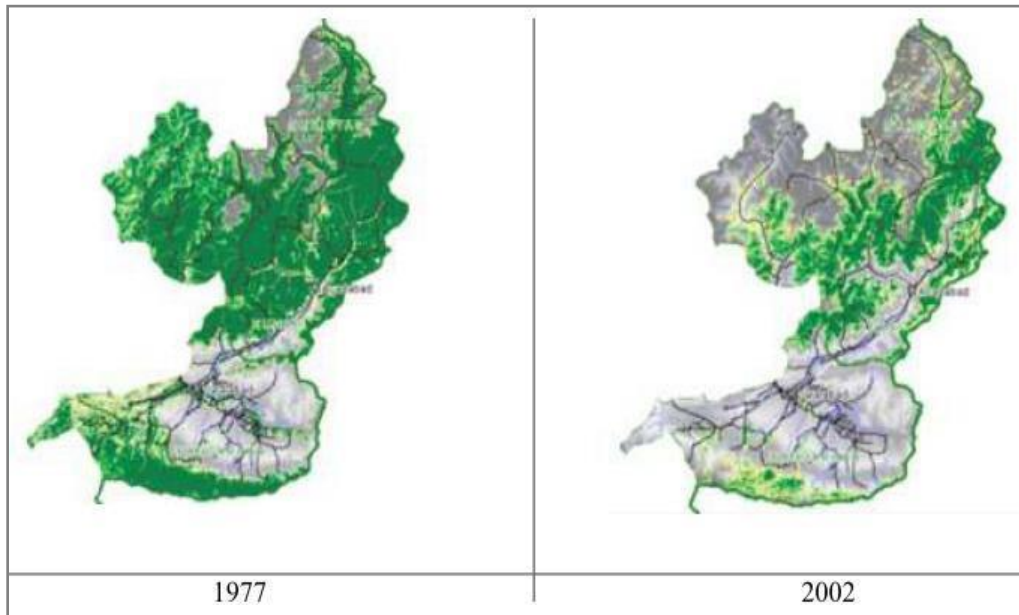
Afganistan'da bir hane ortalama olarak altı-sekiz üyeye sahiptir, dolayısıyla günde 2 m³ kapasiteli bir biyogaz tesisi bu büyüklükteki bir ailenin enerji ihtiyacını karşılayabilir. Dört-altı inek ile sağlanabilecek günde yaklaşık 50-60 kg gübre gerektirecektir. Aynı sayıda at veya yaklaşık sekiz-on deve (günde ortalama 7-9 kg gübre olduğu varsayılırsa) veya yaklaşık 55 koyun/keçi (günde ortalama 1-1.5 kg gübre olduğu varsayılırsa) veya yaklaşık 285 gerekir.

tavuklar (günde ortalama 0.20 kg gübre olduğu varsayılarak) bu talebi karşılamak için. (Milbrandt, 2011: 89).

4.3. Orman Kaynakları

Afganistanın ormanları, doğuda yer alan orta derecede iğne yapraklı ormanlar, kuzeyde yer alan ılımlı otlaklar ve çalılık alanlardan oluşmaktadır. Afganistanın kuzeyinde ve güneyinde yer alan otlak ve çalılık araziler ve ülkenin batısındaki çöller çalılık arazilere sahiptir (NRVA, 2007: 37).

Birkaç yüzyıl önce ülke topraklarının neredeyse yüzde 5'i yaprak dökmeyen ormanlarla kaplanmaktaydı. Ülkenin doğu kesiminde yaklaşık 1 milyon hektar alan meşe, yaklaşık 2 milyon hektar ise çam ve sedir ile kaplanmaktaydı. Açık ormanlık alanın yaklaşık beşte ikisi badem, fıstık ve ardıçla kaplanmaktaydı. Günümüzde bu ormanlar çoğunlukla bozulmuştur. 20. yüzyılın ortalarında toplam orman alanı yaklaşık 3.2-3.5 milyon hektar alan kaplamaktaydı. 2000'den 2005'e kadar, orman bozulma oranı yılda yaklaşık yüzde 2,92 olarak tahmin edilmektedir. Ülkenin doğu bölgeleri çoğunlukla Nuristan, Kunar ve Nangarhar orman bakımından zengindir. 1977'den 2002'ye kadar, uzaktan algılama analizi, orman örtüsünün yüzde 50'den fazla azaldığını gösteriyor. Şekil 4.8' te gösterilmektedir (UNEP, 2009: 13).



Şekil 4.8. 1977'den 2002'ye kadar Afganistan'da orman bozulması.

Kaynak: (UNEP, 2009: 16)

5. AFGANIİSTAN'DAKİ BİYOKÜTLE POTANSİYELİ

Biyokütle, Afganistan'da yemek pişirmek ve ev ısıtması için günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Mahsul artıkları, hayvan gübresi, yakacak odun ve belediye atıkları Afganistan'nın mevcut temel kaynaklarını oluşturmaktadır. ALCS'nin çalışmasına göre, tüm konutların yüzde 76'sı ve kırsal konutların yüzde 91'i pişirme için temel yakıt olarak biyokütleyle güvenirken, konutların yüzde 83'ü ve kırsal konutların yüzde 91'i ısıyı temel kaynak olarak kullanmaktadır. Normalde biyokütle açık ocaklarda yakılır ve bu da partiküllerden kaynaklanan kirliliğe ve olası sağlık sorunlarına neden olur. Bu nedenle, bu biyokütlenin doğrudan bir ısı enerjisi kaynağı yerine elektrik üretmek için kullanılması düşünülebilir (Ershad, 2017: 18).

Elektrik üretim potansiyelinin toplamda 4.000 MW'ın üzerinde olduğu tahmin edilmektedir. Bunların 3.092'si mahsül kalıntısından, 841'i hayvan gübresinden ve 94'ü kentsel katı atıklardan oluşmaktadır. Ülkenin orman kaynakları günümüzde ciddi şekilde tükendiğinden yakacak odun bir alternatif olarak görülmemektedir. Afganistan'daki mevcut kaynakları kullanan en umut verici sürdürülebilir biyokütle teknolojileri olarak hayvan gübresinden biyogaz üretimi ve kentsel atıklardan enerji üretimidir. Biyogaz teknolojisi kırsal bölgeler için daha uygun ve WTE (Atıktan Enerji) en çok kentsel alanlar için uygun olduğu düşünülmektedir. Mahsül kalıntılarının enerji içeriği ve hacmi çok önemli olmakla birlikte, tarımsal faaliyetlerin çoğu kendi kullanımı veya yerel pazarlar için konut halkı düzeyindedir. Bu nedenle, elektrik üretimini ekonomik olarak uygun bir ölçekte desteklemek için gereken büyük hacimleri toplamak zor ve maliyetli olacağı düşünülmektedir (ALCS, 2016: 19).

Biyogaz çürütücüleri elektrik yerine gaz üretilirken, gaz'dan ısıtmaö yemek pişirme, aydınlatma ve hatta soğutma için elektriğe alternatif olarak kullanılabilir. Çürütücüler, tek bir aileye (5-6 kişi) veya geniş bir gruba (20-23 kişi) hizmet etmek için çeşitli boyutlarda inşa edilebilmektedir. Toplamda Afganistanda hayvancılık sayısına dayanarak, yaklaşık 900.500 konutun yemek pişirme ve aydınlatma ihtiyaçlarını karşılamak için yeterli biyogaz sağlanabileceğini tahmin edilmektedir (NRVA, 2007: 21).

WTE (Atıktan Enerji) teknolojisi, katı atıkları çevresel olarak güvenli bir şekilde yönetmek ve bertaraf etmek ve aynı zamanda elektrik üretmek için yararlı bir yol olduğu

düşünülmektedir. Kabil, Kandahar, Herat, Mazari Sharif ve Jalalabad, enerji kaynağı olarak kullanılabilecek büyük atık konsantrasyonlarına sahip merkezlerdir.

Biyokütle'den üretilen elektriğin maliyetleri, biyokütle kaynağının niteliğine ve kullanılabilirliğine ve elektrik santrali için seçilen teknolojiye bağlı olacaktır. Biyokütle besleme stoğunun kendisi çok düşük maliyetli olabilirken, aynı zamanda tipik olarak nispeten düşük bir enerji yoğunluğuna sahip olabilmektedir.

Afganistan Enerji ve Su Bakanlığı'nın çalışmasına göre, Afganistan dört bin MW biyokütle enerji potansiyeline sahiptir. 39.188.000 ton hayvan gübresi, 6.491.000 ton ürün ağırlığı ve 3.720.000 ton belediye katı atığı bulunmaktadır. 7.367.000 MWh, 27.083.000 MWh ve 819.000 MWh elektrik üretimine eşdeğer olduğu belirtilmektedir. Yapılan araştırmada biyokütlenin sadece kırsal iklimde yaşayan nüfus için değil, aynı zamanda yakıt kaynağı olarak kentsel alanlar için de önemli bir rol oynadığı belirtilmektedir (Ershad, 2017: 32). Afgan halkı genellikle geleneksel biyokütlenin yanı sıra odun ve gübre içeren enerji ihtiyacının %85'ini içermektedir. Ülkedeki diğer biyokütle kaynakları; insanlar / hayvanlar ve belediyelerden kaynaklanan atıklardan oluşur (Musleh, 2016). Afganistan nüfusunun yaklaşık % 80'i ısıtma sistemini kullanırken % 97,4'ü ısıtma sistemini katı biyokütle ile ilgili farklı ortamlarda katı yakıt karışımlarının ve ısıtma işlemlerinin kullanım yüzdesini Tablo 5.1'de gösterilmiştir (Sigar, 2010: 27).

Katı atık yüzdesi pişirme ortamında kullanılmaktadır. (Ershad, 2017:18). Odun kullanımı öncelikli olarak kentsel alanlarda kömür ikincil olarak yönetilmektedir. Bununla birlikte, ahşap, hayvan gübresi ve çalılar arasında kırsal alanlarda kullanılır ve yemek pişirmek ve ısıtmak için yakıt olarak kullanılmaktadır. Diğer özellikler hayvan atıkları Kuchi (göçebe) bölgelerinde sadece yemek pişirmek için değil, aynı zamanda evlerin ısıtılması için en önemli yakıt olarak kullanılmaktadır (Kutso, 2017: 37).

Tablo 5.1. Afganistan'daki farklı yaşam bölgelerin nüfusunun tarafından kullanılan

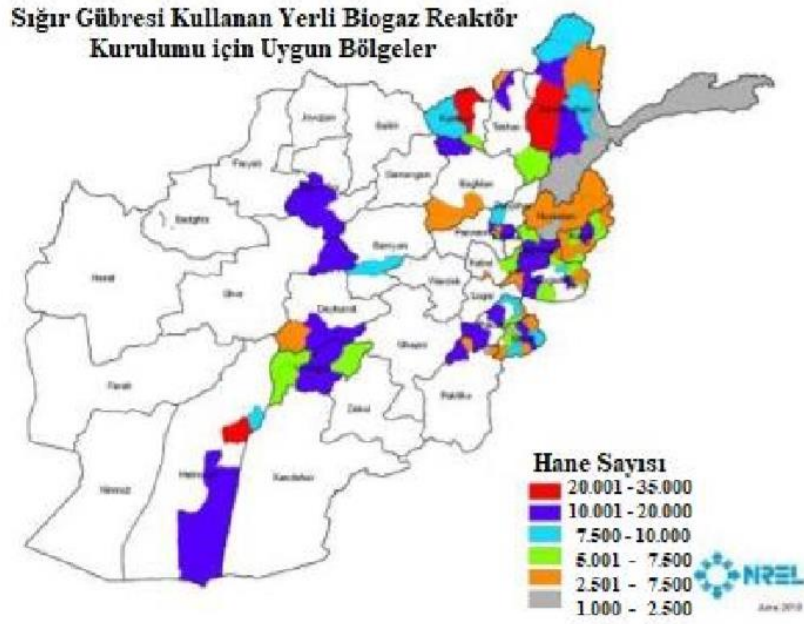
Farkl yaşam bölgeleri	Piştirme için (%)	Isıtma için (%)
Kentsel bölge	32.5	99.1
Kırsal bölge	93.4	92.3
Göçebe bölge	99.8	100
Ulusal olarak	79.9	97.4

Kaynak: (Kutso, 2017: 26).

Son zamanda, Afganistan'daki Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı tarafından 44 biyogaz tesisinin kurulmuştur ve bu tesislerin çok başarılı bir şekilde faaliyet gösterdiği belirtilmektedir (Kutso, 2017: 10).

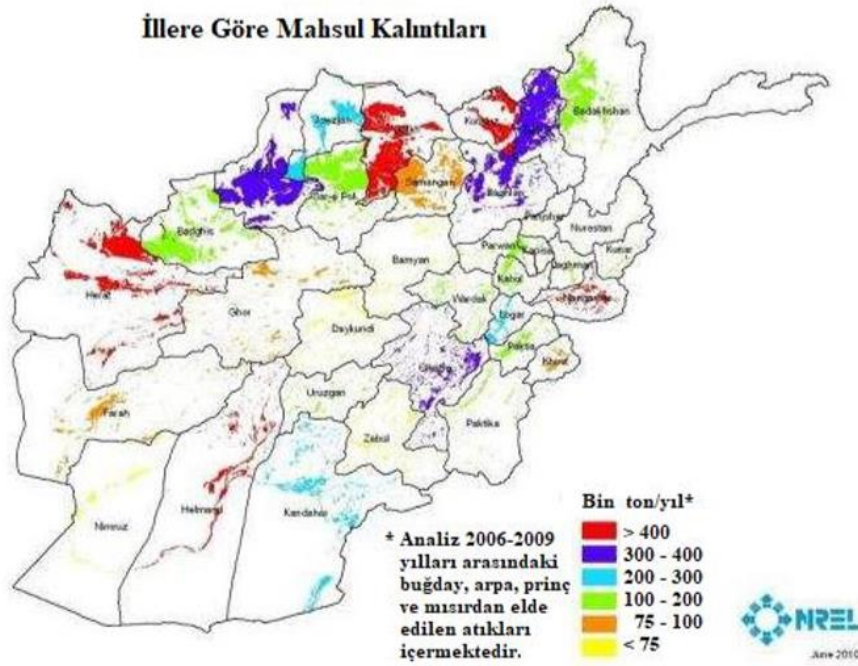
Ülke çapında 350 küçük biyogaz sisteminin kurulduğu tahmin edilmektedir, Afganistan'da sığır gübresi kullanılarak evsel bir biyogaz tesisinin kurulması için uygun bölgeler, Şekil 4'te ürün kalıntıları veya bitki atığı ile Şekil 5.5'de belediye katı atığı olan alanları göstermektedir (Milbrandt ve Overend, 2011: 19).

Ayrıca Afganistan'da 2033 yılına kadar elektriğin 90 MW biyokütle kaynağından üretileceği tahmin edilmektedir. Bunların 35 MW' ı tarımsal atıklardan, 55 MW' ı belediye katı atıklarından, diğeri ise organik ve tarımsal atıklardan rapor edilmektedir (Kutso, 2017: 29).



Şekil 5.1. Afganistan'daki hayvansal atıkların üretim bölgeleri.

Kaynak: (Milbrandt ve Overend, 2011: 71)



Şekil 5.2. Afganistan'daki mahsul kalıntıların üretim bölgeleri.

Kaynak: (UNEP, 2009: 18)

5.1. Buğday Samanı Enerji Potansiyeli

Buğday samanı enerji potansiyeli, yıllık buğday kalıntı üretimi, kalorifik değeri ve enerji kullanımı faktörlerine dayalı olarak tahmin edilir. Afganistan'da 2014-15 yıllarında buğdayın toplam ekili tahıl arazisinin %81' ini ve arpa, pirinç ve mısır ile kıyaslandığında Afganistan'da toplam tahıl tüketiminin %78' ini oluşturan çok önemli bir gıda olarak bilinmektedir. Buğday genel olarak ılık ve serin iklim şartlarında yetişir hem sulanan hem de yağmurla beslenen topraklarda yetiştirilmektedir. Sulanan alanlar yağmurla beslenen alanlardan neredeyse üç kat daha fazla verim sağlanmaktadır. Buğday yılda iki kez ekilmektedir, Ağustosun sonundan Aralık'a kadar değişen ilk sezon, kış mahsulü olarak da adlandırılır ve Şubatın sonundan Temmuz'a kadar olan ikinci sezon, bahar mahsulü olarak da bilinmektedir. Buğday üretimi için en önemli ve verimli bölgeler, Afganistanın kuzey kesimleridir. 2012-13 yıllarında yaklaşık 2.422.000 ha arazi, 2.02 ton ha⁻¹ verimle toplanarak toplam 5.100.000 ton buğday üretilmektedir. 2013-14 yıllarında buğday ekili araziler verim artışı (2.032 ton ha⁻¹) ve nihai üretim miktarı 5.180.000 ton buğday ile 2.620.882 hektara yükselmiştir; bir önceki yıllık döneme göre% 2,41 oranında bir artış göstermektedir (NRVA, 2007: 18).

Tablo 5.2. Bitki Artıklarının Özellikleri

Mahsul	RPR	LHV	Enerji	Artı kullanılabilirlik
	(MJ kg ⁻¹)		kullanım faktörü	faktörü
Buğday samanı	1.8	13.76	0.11	0.2
Pirinç samanı	1.5	12.81	0.13	0.835
Pirinç kabuğu	0.2	16.33	1.0	0
Arpa saman	1.3	13.97	0.11	0.8
Mısır sapları	2.0	13.22	0.2	0.758
Mısır koçanı	0.3	15.15	1.0	0

Kaynak: (Milbrandt ve Overend, 2011: 15)

Tablo 5.3. Yaklaşık Analiz (%) (Kuru Bazlar)

Mahsul	Nem	Uçucu	kül	Sabit Karbon
Buğday samanı	8.55	62.2	16.47	12.78
Pirinç samanı	9.78	61.76	17.37	11.09
Pirinç kabuğu	10.58	59.95	13.23	16.24
Arpa saman	9.31	68.04	9.07	13.58
Mısır sapları	9.61	66.69	10.13	13.57
Mısır koçanı	7.57	72.87	8.06	11.5

Kaynak: (Milbrandt ve Overend, 2011: 19)

Tablo 5.4. Nihai Analiz (%) (Kuru Bazlar)

Mahsul	C	O	H	N	Kül
Buğday samanı	37.71	39.56	6.07	0.19	16.47
Pirinç samanı	41.4	35.53	5.0	0.7	17.37
Pirinç kabuğu	47.8	33.77	5.1	0.1	13.23
Arpa saman	38.17	45.81	6.37	0.58	9.07
Mısır sapları	38.91	44.59	6.18	0.19	10.13
Mısır koçanı	41.94	44.20	5.4	0.4	8.06

Kaynak: (Milbrandt ve Overend, 2011: 22)

Afganistan'da buğdayın yalnızca sap ve kabuk şeklinde tarla bazlı kalıntıları vardır ve buğday samanı olarak adlandırılmaktadır. Tablo 5.2'de gösterilen 1.8 RPR (kalıntı-ürün oranı) değerine göre, 2012-13'te yaklaşık 9.090.000 ton buğday samanı üretilmekte ve 2013-14'te %2,4 artışla 9.304.623 tona yükseltilmektedir. Afganistan'da buğday samanı esas olarak hayvan besleme, çamurdan inşa edilmiş evlerin çatılarını ve duvarlarını sıvama için kullanılmaktadır. Kalıntıların bir kısmı evlerde yemek pişirmek için yakıtı dönüştürmek amacıyla tarladaki toprak ve diğer yabancı maddelerle karıştırılmaktadır. Buğday samanının yaklaşık %11.1'i

enerji amaçlı kullanılmaktadır ve kalan %2.1'si de atıktır. Buğday samanının enerji potansiyeli, yıllık buğday samanı üretimi, buğday samanının nesil LHV (Düşük ısıtma değeri), EUF (enerji kullanım faktörü) ve SAF (fazlalık kullanılabilirlik faktörü) ' ye göre tahmin edilmektedir. Samanın enerji potansiyeli, 2013-14 yıllarında mahsul artıklarının toplam tahmini enerji potansiyelinin yaklaşık %58,1 'ini temsil edilmektedir. Kuzey bölgesi en verimli ve yüksek buğday samanı enerji potansiyeline sahiptir. Buğday samanının enerji potansiyeli 2012-13 yıllarında yaklaşık 38.811 TJ olup 2013-14 yıllarında %2,5 artarak 39.709 TJ 'ye yükselmiştir (Kutso, 2017: 43).

5.2. Pirinç Samanı ve Kabuğu Enerji Potansiyeli

Analizlere göre pirinç, Ülke'de buğdaydan sonra en çok kullanılan ikinci tahıl konumdadır. Pirinç ekimi sulama için çok fazla su gerektirmektedir. Afganistan'ın iklimi daha az yağışlı kuru bir iklime sahip olması nedeniyle pirinç üretimi az olmaktadır. Toplam tahıl ekili arazisinin yalnızca %6'sı pirinç yetiştirilmekte ve üretimi 2013-14'te toplam tahıl üretiminin %8'ini oluşturmaktadır. Daha fazla suya sahip olan ülkenin yalnızca kuzeydoğu kesimi, Afganistan'ın geri kalanına kıyasla daha fazla pirinç üretmektedir. Çeltik Mart'tan Mayıs'a kadar yetiştirilmekte ve Eylül'den Kasım'a kadar hasat edilmektedir. 2012-13 yıllarında pirinç üretimi için yaklaşık 206.000 hektar arazi ekilmektedir. 2,45 t ha⁻¹ verimle yaklaşık 511,001 ton pirinç üretilmektedir. Pirinç için ekilen arazi 2013-14' de 2012-13' dekiyle aynı, ancak 2,5 t ha⁻¹ daha iyi verimle. 2013-14'te üretimi 512.094 tona çıktığı görülmektedir (Milbrandt ve Overend, 2011: 36).

Pirincin iki tür kalıntısı vardır: biri tarla bazlı tortu (pirinç samanı) ve diğeri ise işlem bazlı tortu (pirinç kabuğu). Ülke'deki en verimli ve önemli pirinç kalıntısı bölgesi kuzey bölgesindedir. Bu tez çalışmasında düşünülen RPR (kalıntı-ürün oranı) pirinç kabuğu için 0.2 ve pirinç samanı için 1.5'tir. Bu değerlere dayanarak, 2012-13 yıllarında yaklaşık 749.994 ton pirinç samanı ve 99.999 ton pirinç kabuğu olan ve 2013-14 yıllarında pirinç samanı için 768.141 t ve pirinç kabuğu için 102.419 ton (%2.4 artış). Pirinç samanının ve kabuğunun enerji potansiyeli yıllık nesil LHV (Düşük ısıtma değeri), EUF (enerji kullanım faktörü) ve SAF (fazlalık kullanılabilirlik faktörü) baz alınarak tahmin edilmektedir. Pirinç samanı ve pirinç kabuğunun toplam enerji potansiyeli 2012-13 döneminde sırasıyla 9.271 TJ ve 1.633 TJ iken, enerji potansiyeli Tablo 5.5'te 2013-14'te sırasıyla 9,495,5 TJ ve 1.672,5 TJ' ye yükseldiği

gözlendi. Analizlere göre, pirinç kabuğundan pirinç ve samanından elde edilen enerji potansiyelinin, tarımsal atıklardan toplam enerji potansiyelinin yaklaşık %16,1' ini temsil ettiğini göstermektedir. Bu potansiyelin yaklaşık %83,9'ü Afganistanın kuzey bölgesinde bulunmaktadır (UNEP, 2009: 19).

5.3. Arpa Samanı Enerji Potansiyeli

Arpa ve artığı, Afganistan'da hayvanları beslemek için temel gıda olarak kabul edilmektedir. Toplam tahıl ekili araziden arpa üretimi için yaklaşık % 9 yetiştirilmekte ve 2013-14 yıllarında toplam tahıl üretiminin yaklaşık olarak % 8.2'sini temsil etmektedir. Arpa hem sulanan sahalarda hem de yağmurla beslenen sahalarda yetiştirilmektedir. Biri kış mevsimi, diğeri bahar mevsimi olmak üzere iki mevsim ekimi bulunmaktadır. Kış mevsiminde Ekim'den Aralık'a kadar arpa ekilmekte ve Mayıs'tan Ağustos'a kadar hasat edilmektedir. İlkbahar mevsiminde, Mart ayın ortalarından Temmuz'a kadar, döneminde ekilmekte ve hasat edilmektedir. En verimli ve önemli arpa bölgeleri kuzey ve güneybatıdadır. 2012-13 yıllarında arpa için yaklaşık 280.000 ha arazi ekildiği; 1.8 ton ha⁻¹ verimle üretilen arpa miktarı 504.000 ton olduğu görülmüştür. 2013-14 yıllarında ekili arazisi 278.000 ha'ya düşmüştür, ancak o dönemdeki mahsul verimi önceki yıllara göre yüksektir (1,85 ton ha⁻¹); Tablo 5.5'te gösterildiği gibi yaklaşık 514,000 t arpa üretilmiş olduğu görülmüştür (Milbrandt ve Overend, 2011: 90).

Kümülatif üretim 2012-13'ten 2013-14' e %1,98 artmış olduğu görülmüştür. Arpa'dan hasat almak için harman makinesi kullanılmaktadır. En fazla arpa samanı Afganistan'nın kuzey kesiminde, ardından güney-batı ve doğuda üretilmektedir. Arpa samanı için bu çalışma'da düşünülen RPR (kalıntı-ürün oranı) değeri 1.3' tür. Buna dayanarak, 2012-13 yıllarında yaklaşık 655.200 ton arpa samanı üretildiği bilinmektedir. Kalıntı üretimi Tablo 5.5'te gösterildiği gibi 2013-14'te 668.200 tona yükseldiği bilinmektedir. 2012-13'den 2013-14'e kadar kümülatif arpa saman üretimi %1,98 arttığı Tablo 5.1 ve 5.1.1'de özelliklerini göstermektedir. Enerji potansiyeli, 2012-13 ve 2013-14' deki yıllık arpa samanı üretimine LHV (Düşük ısıtma değeri), EUF (enerji kullanım faktörü) ve SAF (fazlalık kullanılabilirlik faktörü) ' ye dayalı olarak tahmin edilmektedir. Arpa samanı enerji potansiyelinin payı, 2012-13 ve 2013-14' de mahsul kalıntısının toplam enerji potansiyelinin yaklaşık %12,5'i olduğu bilinmektedir. Afganistan'ın kuzey bölgesi, en yüksek arpa samanı enerji potansiyeline sahipken, ardından güneybatı ve

kuzeydoğu izlemektedir. Tahmini enerji potansiyeli 2012-13 yıllarında 8.332 TJ olduğu ve 2013-14'te 2012-13'ten 2013-14'e %1,98 artış göstererek 8.497 TJ' ye yükseldiği görülmektedir (Sigar, 2010: 28).

5.4. Mısır Sapları ve Koçanı Enerji Potansiyeli

Mısır, daha çok Afganistan'da hayvanları beslemek için kullanılmaktadır. Tahıl üretimi için kullanılan toplam ekili alanların yaklaşık %4.1'i mısır yetiştirmek için kullanılmış olup, 2013-14'te toplam tahıl üretiminin yaklaşık olarak %6' sını temsil etmektedir. Mısır ilkbaharın sonunda ve yaz başlarında (Mayıs - Temmuz) ekilir ve yaz sonunda ve sonbaharın başında hasat edilir. Mısır için en verimli bölgeler kuzey, güney ve güneybatıdır çiftçiler pirinç yetiştirmeyi tercih etmektedir, çünkü güney ve güneydoğu kuzey ve kuzeydoğuya göre sulama için yeterli suya sahip bulunmamaktadır. Mısır yetiştirmek için yaklaşık 141.000 hektarlık arazi kullanıldı; 2012-13 yıllarında 2.2 ton ha⁻¹ verimle yaklaşık 310.000 ton mısır üretildi. 2013-14'te ekili arazi verim artışı olmadan 143.000 hektara yükselmiştir ve Tablo 5.5'te gösterildiği gibi yaklaşık 314.000 ton Mısır üretilmiştir. Mısır toplandığında, sap tarlada kalır ve mısır koçanı mısırla birlikte pazara gönderilmektedir. Bir fabrikada işlenmezlerse, bu koçanı enerji üretimi amacıyla toplamak zordur. Mısır kalıntısı daha çok Afganistan'ın güneyinde ve güneybatısında meydana gelmektedir. Mısır sapı ve mısır koçanı için düşünülen RPR (kalıntı-ürün oranı) sırasıyla 2 ve 0,3'tür. Buna dayanarak, 2012-13 yıllarında 620.400 ton mısır sapı ve 93.060 ton mısır koçanı, 2013-14 yıllarında da mısır sapı ve mısır koçanı üretimi sırasıyla 624.000 ton ve 93.600 tona yükselmiştir (Sigar, 2010: 35).

Kümülatif mısır kalıntısı üretimi 2012-13'ten 2013-14'e %0.57 arttı. Mısır tortusunun enerji potansiyeli, yıllık mısır tortusu üretimi ve LHV (Düşük ısıtma değeri), EUF (enerji kullanım faktörü) ve SAF (fazlalık kullanılabilirlik faktörü) değerlerine göre tahmin edilmiştir. Mısır koçanı ve mısır saplarının enerji potansiyeli payı, mahsul kalıntısının toplam enerji potansiyelinde 2012-13 %11,5 ve 2013-14 %2,1'dir. Güney ve güneybatı en yüksek mısır kalıntısı enerji potansiyeline sahiptir ve bunu doğu ve merkez izlemektedir. Mısır saplarının ve mısır koçanının enerji potansiyelleri, 2012'de 7.892 TJ ve 2013'te 1.411 TJ'dir. Enerji potansiyelleri 2013'te 7.960 TJ ve 2014'te 1.491 TJ'ye yükselmiştir. Tablo 5.5'te, her bölgedeki enerji potansiyellerini göstermektedir. Mısır saplarının ve mısır koçanının enerji potansiyeli 2012-13'ten 2013-14'e kadar %0.58 artmıştır (UNEP, 2009: 33).

5.5. Sığır Gübresi Enerji Potansiyeli

Genel olarak Afgan çiftçileri çiftliklerinde hayvan beslemektedir ve bu her zaman tarımda, daha da önemlisi kırsal konut halkları için çok önemli bir özellik olarak kaldığı bilinmektedir. Hayvanlar genellikle kırsal çiftçiler tarafından tutulur ve bu hayvanlar: inek, sığır, koyun, keçi, tavuk, at, tay ve deve'dir. Hayvanlar, ek olarak yetiştirme ve nakliye amacıyla kullanılan daha büyük hayvanlarla birlikte, et, süt ürünleri ve yumurta şeklinde ailelere geçim kaynağı sağlamaktadır. Bu çalışmada, gübrenin toplanamadığı yerlerde ulaşım için eşek ve at gibi hayvanlar kullanıldığından biyogaz ve enerji potansiyelinin tahmini için sadece sığırlar dikkate alınmıştır. Diğer hayvanlar söz konusu olduğunda, bir çiftlikte biyogaz üretimini destekleyecek kadar büyük değildir Afganistan'da, sığır grupları bir mandıra çiftliği ve evde tutulur, bu nedenle günlük üretilen sığır gübresini toplamak kolaydır (Milbrandt ve Overend, 2011: 61).

Toplam sığır nüfusu 2012-13'te 5,245,000 baş iken, 2013-14'te 5,236,000 başa gerilemiştir. Ülkenin kuzeydoğu bölgesi en yüksek sığır popülasyonuna sahiptir.

Tablo 5.5. Afganistan'ın Sekiz Bölgesinde Kültürel Arsa Alanı ve Bitkisel Üretim

Bölge	Alan	2012-2013				2013-2014			
	Üretim	Buğday	Pirinç	Arpa	Mısır	Buğday	Pirinç	Arpa	Mısır
kuzey	Alan(1.000ha)	831.0	12.0	82.6	17.8	840.4	2.2	82.6	17.8
	Üretim(1.000t)	1,434.0	29.3	148.6	39.1	1,217.6	4.3	152.7	24.8
Kuzey-Doğu	Alan(1.000ha)	624.0	118.4	49.1	11.0	632.5	170.1	49.1	11.0
	Üretim(1.000t)	1,212.0	288.8	88.3	24.3	1,424.5	432.8	90.7	21.5
Batı	Alan(1.000ha)	348.0	15.0	22.9	4.1	344.0	9.2	22.9	4.1
	Üretim(1.000t)	515.0	36.6	41.2	9.1	637.1	19.9	42.3	8.6
Batı-Merkez	Alan(1.000ha)	89.0	0.9	13.2	1.4	97.2	0.8	13.2	1.4
	Üretim(1.000t)	131.0	2.2	23.8	3.1	66.9	1.6	24.4	3.2
Merkez	Alan(1.000ha)	153.0	8.5	20.7	17.0	156.3	0.3	18.1	17.8
	Üretim(1.000t)	454.0	20.7	36.2	37.4	436.3	0.6	33.5	45.7
Güney	Alan(1.000ha)	119.0	8.7	25.9	32.7	139.60.9	0.9	25.9	32.7
	Üretim(1.000t)	355.0	21.2	46.6	72.9	367.4	1.8	47.9	82.1
Doğu	Alan(1.000ha)	118.0	39.0	13.8	21.5	112.0	20.9	13.8	21.7
	Üretim(1.000t)	374.0	95.1	24.9	47.3	383.8	49.8	25.6	44.6
Güney-Batı	Alan(1.000ha)	230.0	2.5	52.4	35.4	231.0	0.7	52.4	35.4
	Üretim(1.000t)	575.0	6.1	94.3	77.9	535.7	1.4	96.9	81.4

Kaynak: (NRVA, 2007: 43)

Sığır başına gübre üretimi, geri kazanılabilir fraksiyon ve taze gübre içindeki kuru madde yüzdesi, uçucu katıların yüzdesi, biyogaz verimi ve biyogaz LHV (Düşük ısıtma değeri)'i gibi sığır gübresinin biyogaz potansiyelini ve enerji potansiyelini tahmin etmek için kullanılmaktadır. Üretilen biyogaz. Verimi ve LHV (Düşük ısıtma değeri) dışında, saha parametreleri ve Afganistan'da yapılan testlerden diğer parametreler belirlenmektedir. Saha ölçümleri, ortalama taze sığır gübresi üretiminin 120 kg baş-1 gün-1 olduğunu ve geri kazanılabilir kısmının 0,9 olduğunu göstermektedir. Geri kazanılabilir fraksiyonu, Çin ve Hindistan için 0,6, Tayland için 0,8 ve Filipinler için 0,5 gibi diğer ülkeler için literatüre kıyasla yüksektir. Daha yüksek değer, Afganistan'ın inek beslemek için otlatma alanlarına sahip olmamasıdır, bu nedenle her zaman seçilen küçük alanlarda yetiştirilirler ve gübrenin gübre şeklinde kullanılması amacıyla toplanmasını kolaylaştırmaktadırlar (Milbrandt ve Overend, 2011: 56).

5.6. Hayvan Gübresinden Biyogaz Potansiyeli

Dört biyogaz uygulaması seviyesi mevcuttur: ev içi, topluluk (köy), yoğun hayvan besleme alanları ve endüstriyel. 2010 Yenilenebilir Enerji Kaynakları Küresel Durum çalışmasına göre 30.5 milyondan fazla konutun aile ölçeğindeki çürütücüden ısıtma, yemek pişirme ve aydınlatma sağladığını belirtmektedir. Biyokütle ocakları dünya nüfusunun yüzde 40'ı tarafından kullanılıyor ve yıllar içinde yeni nesil daha verimli “gelişmiş” biyokütle ocakları ortaya çıktı. Bu sobalar dünya çapında fabrikalarda ve atölyelerde üretilmekte ve şu anda 160 milyondan fazla hane bunları kullanmaktadır.

Ağırlıklı olarak Çin'de 28 milyon, Hindistan'da 5 milyon. Nipal, 200.500'e yakın çürütücü ile yerli biyogaz tesislerinde üçüncü sırada, Vietnam, 150.500'den fazla ile dördüncü sırada bulunmaktadır. Buna karşılık, Afganistan'da 75'den fazla aile boyutunda biyogaz tesisi bulunmaktadır (Milbrandt ve Overend, 2011: 12).

Yerli biyogaz tesislerinin boyutları, konut halkının ihtiyaçları ve hammadde miktarına bağlı olarak değişmektedir. Başlıca hayvan gübresi; ancak mahsul artıkları, mutfak atıkları ve insan dışkısı gibi diğer organik maddelerle desteklenebilmektedir. Su mevcudiyeti çok önemlidir, zira toplanan gübrenin çürütücüde (tipik olarak 1:1 oranında) su ile karıştırılması

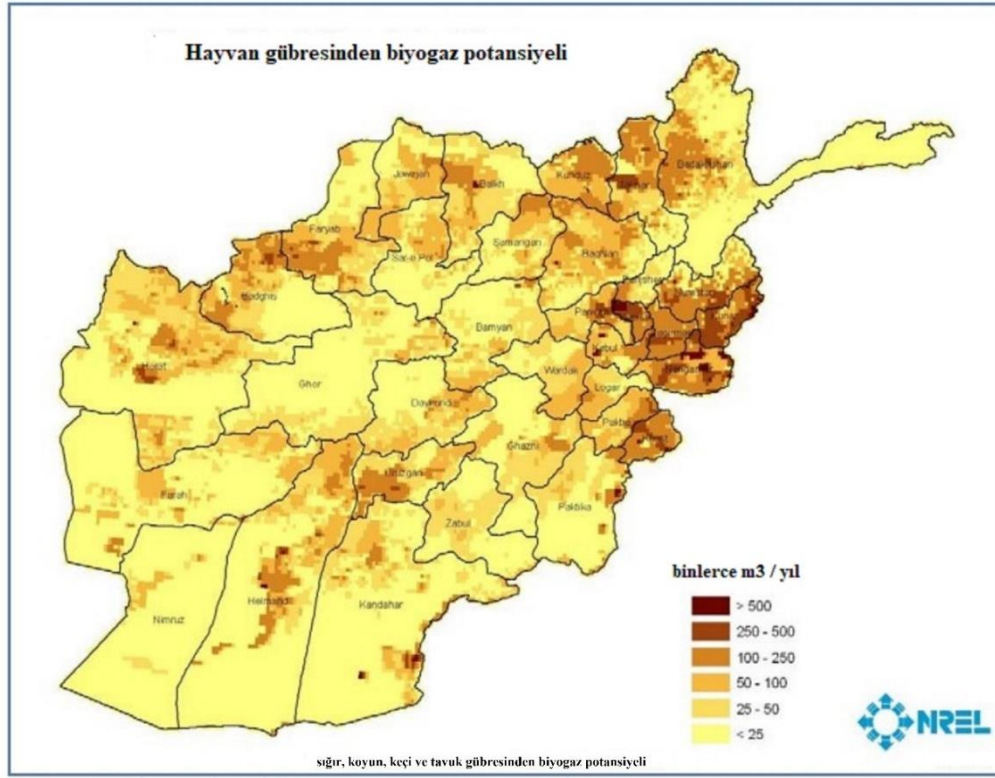
gerekmektedir. En küçük boyutlu biyogaz tesisi (1.2 m³ kapasite), günde yaklaşık 27 kg gübre (yaklaşık üç-dört inek tarafından tedarik edilir) ve 27 litre su gerektirmektedir, bu da dört ila beş kişinin pişirme ve aydınlatma ihtiyaçlarını karşılayabilmektedir. Dört kişilik aile için Tablo 5.6 da göstermektedir. Ev kullanımı için birçok biyogaz çürütücü tasarımı bulunmaktadır. Bununla birlikte Yerli, sabit kubbe tasarımı, nispeten düşük yapı ve bakım maliyeti, güvenilirliği, basitliği, dayanıklılığı ve uzun ömrü nedeniyle belki de en çok uygulanan tasarım olmaktadır. Tesisi, hasarlardan korunmak için yeraltına inşa edilmektedir (Milbrandt ve Overend, 2011: 15).

Tablo 5.6. Yerli biyogaz Tesis Büyüklüğü ve Günlük Hammadde Gereksinimleri.

Tesis kapasitesi (m ³)	günlük gereken gübre (kg)	sığır sayısı	aile üyelerinin sayısı
1.2	27	3-4	4-5
2	50	4-6	6-8
3	75	6-9	9-12
4	100	8-12	12-16
5	125	10-15	15-20
6.2	150	12-18	17-23

Kaynak: (NREL, 2010: 18)

Teorik olarak Afganistan, 2010-11 itibariyle Afganistanda canlı hayvan sayısına bağlı olarak yılda yaklaşık 1.508 milyon metreküp (MCM) biyogaz üretme potansiyeline sahiptir. Bu hacim 35 trilyon Btu' ya muadildir. Bu potansiyelin sadece beşte ikisi geliştirilirse, Afganistan'ın 20 trilyon Btu' luk mevcut enerji tüketiminin neredeyse %50'sini karşılayabilmektedir (Kutso, 2017: 81).

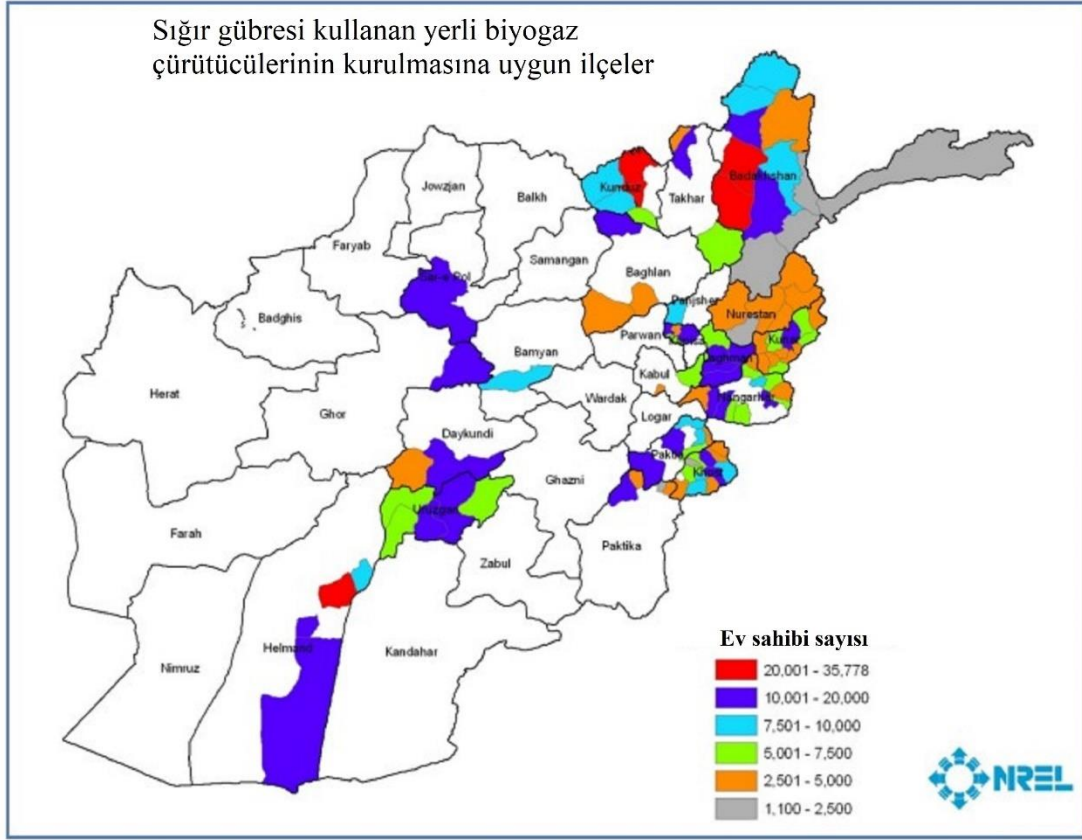


Şekil 5.3. Hayvan gübresinden biyogaz potansiyeli

Kaynak: (FAO-ERGO, 2007: 11)

Bununla birlikte, teknik olarak, sığır gübresi Afganistan'daki belki de en umut verici biyogaz hammaddesidir. Afganistanda bir ailesi ortalama dört altı üyesi olduğu düşünülürse, günde 1.5 m³ kapasiteli bir biyogaz tesisi bu orandeki ailenin enerji ihtiyacını karşılayabilmektedir. Günde üç-dört inek tarafından sağlanabilecek yaklaşık 40 kg gübre gerektirmektedir. Aynı oranda at veya beş yedi deve (günde ortalama 4 kg gübre olduğu) veya yaklaşık 46 koyun / keçi (günde ortalama 0.8 kg gübre olduğu) veya yaklaşık 267 tavuklar bu isteği karşılamak için (günde ortalama 0,16 kg gübre olduğu) var sayılmaktadır (Kutso, 2017: 13).

Çoğu Afgan aile bu kadar çok hayvana sahip olmamaktadır (Nuristan'da büyük keçi sürüleri barındıran aileler hariç), bu nedenle bir biyogaz tesisinin günlük ihtiyaçlarını karşılamak zor olacağı tahmin edilmektedir. Bununla birlikte, Khost, Kunar ve Nuristan illerinde dörtten fazla sığıra sahip olan ve günlük olarak yeterli biyogaz hammaddesine sahip olan aileler varlığı bilinmektedir (NIIR, 2004: 19).



Şekil 5.4. Sığır gübresi kullanan yerli biyogaz dijestörlerin kurulmasına uygun iller
Kaynak: (NREL, 2010: 19)

Afganistan'da sığır gübresi kullanılarak yaklaşık 896.000 yerli biyogaz tesisi kurulabilir. Ülkede yaklaşık 3,4 milyon yerleşim yeri bulunmaktadır (IOCNIstitute 2009), bu nedenle ülkedeki yerleşim yerlerinin yaklaşık %26'sının enerji ihtiyaçlarını karşılamak için verimli ve temiz yakıt sağlama potansiyeli mevcuttur. Analizler ve çalışmalara göre, en az bir-iki inek tutan küçük ölçekli çiftçileri, ev biyogaz üniteleri kurmak için müsaittir. Şekil 5.4'de gösterildiği gibi, her yerleşim yerinde biyogaz çürütücüler kurma potansiyeline sahip birkaç il (Tahar, Uruzgan, Nurestan; Badakhshan, Kunarö Laghman ve Uruzgan) bulunmaktadır. Nüfus Sayımının 2003-04 verilerine dayanarak hayvancılığın o zamandan şimdiye kadar değişmiş olabileceği göz önüne alındığında, her bölgeye kurulabilecek yerli çürütücü sayısının farklılık gösterebileceği unutulmamalıdır (NREL, 2010: 28).

Afganistan'ın kurulu biyogaz tesislerinin sayısını 2010'da 75'tir. Biyogaz sektörünü daha da geliştirme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Buna ek olarak, büyük ölçüde

bir biyogaz programı göz önünde tutulursa ele alınması gereken bazı teknik ve ekonomik zorluklar olabilir. Teknik zorluklardan birisinin su sorunu olduğu bilinmektedir. Afganistan, kurak veya yarı kurak bir iklime sahiptir, bu nedenle su kaynakları, özellikle kuraklık dönemlerinde sorun olmaktadır. Son zamanlarda yaşanan bir dizi kuraklık ve artan hava sıcaklıkları, Ülke'deki buzulların boyutunu azaltmaktadır ve iklim değişikliğinden dolayı uzun vadeli ek sorunlar ortaya çıkartmaktadır. Geçen 40 yılda, Hind- Kush ve Pamir Dağları'ndaki büyük buzullar şimdiden %25 oranında küçülürken, küçük buzullar tamamen yok olmaktadır. Afganistan'da 2,5 milyondan fazla insan zaten kuraklıktan etkilenmesi veya tekrarlayan kuraklık ve su kıtlığının etkilerine karşı savunmasız bir durum yaratmaktadır. Küresel ısınma ve daha fazla kuraklık nedeniyle sayı daha da artabilmektedir. (NEPA-UNEP, 2009: 90).

Afganistan'ın Enerji ve Su Bakanlığı, yeraltı suyunun çeşitli amaçlar için (aşırı kullanım) Afganistan'daki su tabakalarını önemli ölçüde tükettiğini ve bu eğilim tersine çevrilmezse, yakında ülke ciddi bir içme suyu sıkıntısı ile karşı karşıya kalacağı belirtilmektedir. Ülkedeki biyogaz endüstrisi, atık su veya tüketime uygun olmayan düşük kaliteli su kullanarak su kaynaklarının kritik durumunun üstesinden gelebileceği düşünülmektedir (NREL, 2010: 78).

Diğer bir teknik zorluk ise soğuk iklimlerle ilgili olmaktadır. Soğuk hava, fermantasyon sürecini negatif etkilemekte ve bu da biogaz tesisin performansını etkilemektedir. Sabit kubbeli biyogaz çürütücü yer altında yapıldığı için ılıman ve soğuk iklimlerde kullanımı uygun görülmüştür. Afganistan'daki mevcut çürütücüler de sabit kubbeli biyogaz tesis türündendir ve yalnızca mevsimden mevsime değil, aynı zamanda gece gündüz sıcaklık değişimlerini önlemek amacıyla tasarlanmıştır. Soğuk havanın engeli, gübreyi ısıtmak ve yalıtım için çürütücünün üstüne yığarak bir dereceye kadar aşılabılır görülmektedir (Noori, 2015: 18).

5.7. Biyokütlenin Konutlarda Kullanım Şekli

5.7.1. Üç taş tipi aşçı ocağı

“Naghari” olarak adlandırılan üç taş tip pişirme ocağı, Afganistan'da her evde yemek pişirmek için çokça kullanılan geleneksel bir ocaktır (Şekil 5.5). Bu soba genellikle çamur ve tuğladan veya çelik çubuklardan yapılmaktadır. İçinde farklı türlerde biyokütle yakıtı

yakılabilmektedir. Bu, yakıtın açık ateşlenmesi olduğundan, pişirme ocağının verimi çok düşük ve çok fazla duman açığa çıkarmaktadır. Evlerde hem yemek pişirmek hem de ekmeği pişirmek için “Naghari” kullanılmaktadır (Noori, 2015: 14).



Şekil 5.5. Üç taş yemek sobası "Naghari" nin tuğla ve metal türleri
Kaynak: (Google görseli)

5.7.2 Kil fırını (Tandur)

"Tandur" kil fırını kilden yapılmaktadır hatta dikey olarak yeraltında veya bir duvar içinde yatay olarak inşa edilmektedir (Şekil 5.6). Ekmeği pişirmek için yeterli ısıyı alana kadar çok fazla katı yakıt kullanılmaktadır. Tandır ısındıktan sonra ekmeği pişirmek için duvarına yapıştırılmaktadır. Bu, esas olarak ticari fırıncılar tarafından kullanılmaktadır (NREL, 2010).



Şekil 5.6. Kil fırını
Kaynak: (Google görseli)

5.7.3. Metal kutu tipi soba (Buharı)

“Buharı”, şekil 5.7' de gösterilen, esas olarak odayı ısıtmak, suyu kaynatmak ve yemek pişirmek için kullanılan çok amaçlı bir sobadır. İnce bir metalden yapılmaktadır. Isındığında, ısıyı odanın çevresine yaymaktadır. Duman odanın dışındaki bir borudan dışarı çıktığında çok fazla ısı açığa çıkar. Hem yerel hem de ticari olarak yapılabilmektedir (Noori, 2015).



Şekil 5.7. Metal kutu tipi soba (Buharı)

Kaynak: (Google görseli)

6. ELEKTRİK ÜRETİMİ İÇİN BİYOKÜTLE POTANSİYELİ

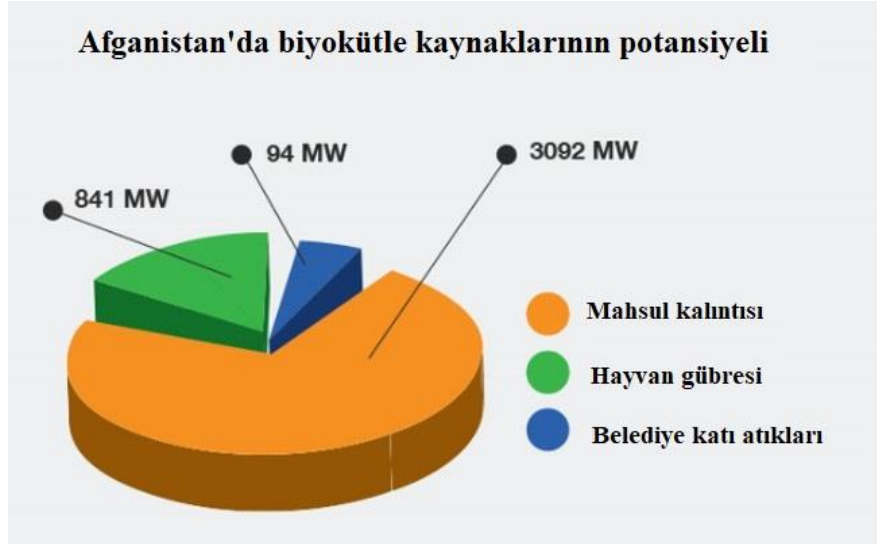
Biyokütle, Afganistan'da çeşitli alanlarda kullanılmaktadır örneğin ev ısıtması ve yemek pişirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Mevcut temel kaynaklar odun, mahsul artıkları, hayvan gübresi ve belediye atıklarından oluşmaktadır. Normalde biyokütle açık ocaklarda yakılmakta, bu da hava kirliliğe ve sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Bu nedenle, bu biyokütlenin doğrudan bir ısı enerjisi kaynağı yerine elektrik üretmek için kullanılması düşünülmektedir (Nienhuys, 2012: 15).

Şekil 6.1'de, 2012 yılında yapılan bir çalışmaya göre Afganistanın biyokütle kaynaklarının kapsamını ve üretme potansiyelini göstermektedir. Elektrik üretim potansiyelinin yaklaşık olarak 4.000 MW'ın üzerinde olduğu tahmin edilmektedir. Bunların 3.092'si mahsul kalıntısından, 841'i hayvan gübresinden ve 94'ü kentsel katı atıklardan oluşmaktadır. Ülkenin orman kaynakları halihazırda ciddi şekilde tükendiğinden yakacak odun bir seçenek olarak görülmemektedir. Bu çalışmada, Afganistan' daki mevcut kaynakları kullanan en umut verici sürdürülebilir biyokütle teknolojileri olarak hayvan gübresinden biogaz üretimini ve kentsel atıklardan enerjiye (WTE) dönüştürülmesi belirlenmektedir. Biyogaz teknolojisi kırsal bölgeler için ve WTE (Atıktan Enerji) en çok kentsel alanlar için uygun olduğu düşünülmektedir. Mahsul kalıntılarının enerji içeriği ve hacmi çok önemlidir, bununla birlikte tarımsal faaliyetin çoğu, kendi kullanımı veya yerel pazarlar için konut halkı düzeyinde olmaktadır. O yüzden ekonomik olarak uygun bir ölçekte elektrik üretimini desteklemek için gereken büyük hacimleri toplamak zor ve maliyetli olmaktadır (NREL, 2010: 18).

WTE (Atıktan Enerji) , katı atıkları çevresel olarak çok güvenli bir şekilde bertaraf etmek ve yönetmek ve aynı zamanda elektrik üretmek için önemli bir yol olduğu düşünülmektedir. Kabil gibi büyük şehirlerde enerji kaynağı olarak kullanılabilecek önemli derecede atık konsantrasyonlarına sahip merkezler olarak görülmektedir. Biyokütleden elde edilen elektriğin maliyetleri, biyokütle kaynağının kullanılabilirliğine, niteliğine ve elektrik santrali için seçilen teknolojiye bağlı olmaktadır. Biyokütle hammaddelerin kendisi çok düşük maliyetli olabilirken, aynı zamanda tipik olarak çok az bir enerji yoğunluğuna sahip olduğu bilinmektedir.

Sonuç olarak, iletilen edilen enerji birimi başına nakliye maliyetleri son derece yüksek olabilir ve tesisler en iyi şekilde besleme stoku kaynağına yakın yerleştirilmelidir. Besleme

stokunun da elektrik üretmek için kullanılabilecek bir enerji biçimine dönüştürülmesi gerekmektedir. En yaygın olanı, özel bir kazanda veya diğer bazı yanıcı malzemelerle kombinasyon halinde ısı üretmek için doğrudan yanma veya biogaz üretmek için çürütülmesi gerekli olduğu düşünülmektedir (Ershad, 2017: 14).



Şekil 6.1. Biyokütle kaynaklarının potansiyeli (MW).

Kaynak: (NEPA-UNEP, 2012: 28)

Şekil 6.1 de 2015 yılında Afganistan'daki biyokütle kaynaklarından elektrik üretim potansiyelini göstermektedir. Tablo 6'da 2014 yılında ülkenin her ili için mahsul artıkları, hayvan gübreleri ve kentsel katı atık miktarlarını ve beklenen elektrik üretim potansiyelini göstermektedir. Elektriğe dönüşüm için, kullanılan katsayılar sırasıyla 550 kWh / ton organik atık, 155 kWh / ton hayvan gübresi ve 4170 kWh / ton mahsul artıklarından oluşmaktadır.

Tablo 6. Her il için biyokütle kaynak potansiyeli

Afganistan biyokütle kaynakları potansiyeli							
No.	İl	(MSW) Üretimi ton / yıl	msw'den elektrik enerjisi üretimi (mwh / yıl)	hayvan gübresi üretimi (ton/yıl)	hayvan gübresinden elektrik enerjisi üretimi (Mwh / yıl)	mahsul kalıntısı üretimi ton / yıl	mahsul kalıntısından elektrik enerjisi üretimi (mwh / yıl)
1	Badakhshan	132086	29059	2407756	452658	143550	598604
2	Badghis	68897	15157	787318	148016	138570	577837
3	Baghlan	126100	27742	1579481	296943	345860	1442236
4	Balkh	181785	39993	1045096	196478	415330	1731926
5	Bamyan	62123	13667	761429	143149	68720	286562
6	Daikondi	64021	14085	1114886	209599	46620	194405
7	Farah	70430	15495	865514	162717	90030	375425
8	Faryab	138408	30450	971824	182703	323940	1350830
9	Ghazni	170645	37542	1212019	227860	322200	1343574
10	Ghor	95951	21109	1236102	232387	97470	406450
11	Herat	259880	57174	2258046	424513	415470	1732510
12	Hilmand	128407	28250	2033377	382275	482920	2013776
13	Jawzjan	74767	16449	403238	75809	217440	906725
14	Kabul	576744	126883.6	367493	69089	111600	465372
15	Kandahar	168061	36973	2164179	406866	266440	1111055
16	Kapisa	61291	13484	911902	171438	106020	442103
17	Khost	79833	17563	1956218	367769	90290	376509
18	Kunar	62605	13773	1669748	313913	107680	449026
19	Kunduz	139255	30636	2066156	388437	446790	1863114
20	Laghman	61919	13622	1431920	269201	156870	654148
21	Logar	54473	11984	386770	72713	202020	842423
22	Nangarhar	209656	46124	3333441	626687	419610	1749774
23	Nimroz	22864	5030	252388	47449	71730	299114
24	Nooristan	20571	4526	832461	156503	22420	93491
25	Paktia	76650	16863	1263836	237601	147740	616076
26	Paktika	60415	13291	768982	144569	114090	475755
27	Panjshir	21331	4693	197212	37076	44560	185815
28	Parwan	92214	20287	852559	160281	135580	565369
29	Samangan	53845	11846	282627	53134	99890	416541
30	Saripol	77672	17088	664815	124985	147900	616743
31	Takhar	136320	29990	1434745	269732	365550	1524344
32	Uruzgan	48691	10712	847924	159410	140190	584592
33	Wardak	82870	18231	451688	84917	127030	529715
34	Zabul	42238	9292	374493	70405	62700	261459
ara toplam		3723015	819063	39187641	7367277	6494820	27083399
biyokütle kaynaklarından toplam enerji üretimi				35,269,739 (MWh/yıl)			

Kaynak: (NEPA-UNEP, 2009: 43)

Not: MSW (Kentsel katı atıklar) , hayvan gübresi ve ürün kalıntısını elektriğe dönüştürmek için kullanılan katsayılar sırasıyla 550kwh / ton organik atık, 155 kwh/ton hayvan gübresi ve 4170 kwh/tonnw ürün kalıntısıdır.

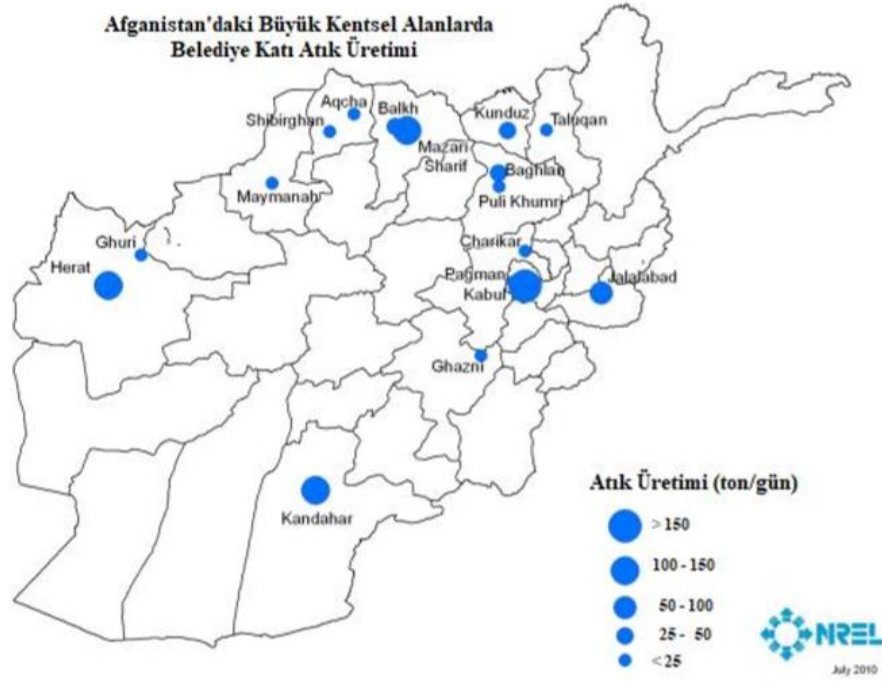
6.1. Kentsel Atıkların Elektrik Potansiyeli

Kentsel alanlardaki aşırı nüfus yoğunluğu ve faaliyetleri, ciddi derecede atık oluşturmaktadır. Temel olarak belediye katı atığı olarak bilinen bu atıklar, evler, ticari ve endüstriyel sektörler tarafından üretilmektedir. Atık malzeme, metal, çöp, plastik, kâğıt, tekstil, cam, , gıda ve diğer organik atıkları içermektedir. MSW, özellikle biojenik kısım, termokimyasal (yanma, piroliz ve gazlaştırma) ve biyokimyasal (anaerobik sindirim ve fermentasyon) dönüşüm süreçleri yoluyla elektriğe, ısıya ve gazlı ve sıvı yakıtlara dönüştürülebilen bir kaynaktır. Atıkların verimli bir enerji kaynağı olarak kullanılması çok önemli fayda sağlar, çevreye duyarlı atık yönetimi ve bertarafı ile temiz elektrik enerjisi üretilmesidir. Atıktan enerji (WTE) yanması, çöp hacmini yaklaşık %90 oranında azaltır ve bu da çöpün bertaraf edilmesi için gereken arazi miktarında% 90'lık bir azalmaya neden olmaktadır. Doğrudan yakma sonucunda kalan kül (genellikle ağırlık bazında girdinin %24'ünden daha azı) tipik olarak demir içeren ve bundan önce diğer metaller çıkarılmış bir çöp sahasına gömülmektedir (NREL, 2010: 19).

UNEP, Afganistan'da uygun sıhhi depolama sahalarının bulunmadığını ve şu anda atık depolama için yönetilmeyen çöp sahaları kullanılmaktadır. (UNEP, 2009: 24).

Düzenli depolama alanlarını daha iyi yönetmek, atık toplamayı düzenlemek ve mevcut çöplükleri kaldırmak için artan çaba harcanmaktadır. USAID, Dünya Bankası, ve diğer STK'lar gibi bağış kuruluşları, daha verimli yönetim uygulamalarının geliştirilmesi ve düzenli depolama sahalarının yapılması ve inşası konusunda Kabil Belediyesi'ne yardım etmektedir.

WTE (Atıktan Enerji) ve çöp gazı-enerji (LGE) tesisleri, kırsal alanlarda küçük ölçekli projeler geliştirilebilmesine rağmen, istikrarlı bir tedarik sağlamak için büyük şehir merkezlerinin çöplüklerine inşa edilme eğilimindedir. Afganistan'ın büyük nüfuslu yerlerinde üretilen MSW'yi tahmin etmek için, analizde 2010 nüfus sayıları ve 2006'dan itibaren kabul edilen 0,4 kg / kişi / gün atık üretim oranı kullanılmaktadır. Bu üretim oranı Kabil için olmasına rağmen, diğer iller için veri eksikliği nedeniyle tüm kentsel alanlar için kullanılmaktadır. Bu analizin sonuçları şekil 6.2'de gösterilmektedir. Doğal olarak, Kabil gibi büyük nüfusa sahip şehirler de büyük miktarda atık içeren iller sayılır (Kutso, 2017: 17).



Şekil 6.2. Afganistan'ın illerine göre katı atık üretim

Kaynak: (NREL, 2010: 61)

MSW (Kentsel katı atıklar) malzemesinin çoğu, yüksek sıcaklıkta yakıldığında yanıcı olduğu bilinmektedir. Buna tarla atıkları, çöp, yiyecek ve plastik, kauçuk ve odun dahil olmaktadır. Bununla birlikte, cam, metal, seramik ve kil gibi malzemeler yanmadıkları bilinmektedir. Afganistan'ın başlıca kentsel alanlarında yıllık olarak üretilen KKA (MSW) miktarının yaklaşık 600.000 ton olduğu tahmin edilmektedir (Tablo 6.2). Analizler ve çalışmalara göre, Kabil'deki atığın %49'den fazlasının âtıl malzeme (toprak, çakıl, taş ve toz) içerdiğine ve dolayısıyla yanıcı olmadığına belirlenmiştir; yanıcı olmayan bazı tıbbi ve endüstriyel atıkları da mevcuttur. Bu nedenle, Kabil ilinde üretilen atığın yaklaşık %41'i fiilen elektrik üretimi için kullanılabilir. Diğer iller için veri eksikliği nedeniyle, bu sayı tüm kentsel alanlar için kullanılmaktadır. Tipik bir WTE (Atıktan Enerji) tesisi, yakılan iki ton atık başına yaklaşık 1100 kWh üretir. Modern WTE (Atıktan Enerji) tesisleri, elektrik üretimi için %20- 25 arasında verimliliklere sahip ve gazlaştırma gibi termo-kimyasal dönüşüme dayalı yeni tasarımlar %30'u aşabilmektedir. Afganistan'ın başlıca kentsel bölgelerindeki BKA'nın (MSW) yanabilir kısmından elde edilen elektrik enerjisi, termo-kimyasal dönüşüm kullanılarak yılda 134 GWh olarak tahmin edilmektedir (NREL, 2010: 81).

Atık üretimi, bileşimi ve toplama oranı şehre göre değişmektedir, bu nedenle bir ilin nüfus verileri diğer illerin nüfus verilerine uymaz. Ancak, tüm kentsel alanlar için veri eksikliği göz önüne alındığında, Ülke'deki WTE (Atıktan Enerji) potansiyelini göstermek için en uygun yaklaşım olmaktadır. Ülkedeki kentsel alanlar aşırı nüfus artışı ve bir kalkınma patlaması yaşamaktadır, sonuç olarak atık üretiminin artması beklenmekte ve bununla birlikte WTE (Atıktan Enerji) potansiyeli de artmaktadır (Nienhuys, 2012: 19).

Tablo 6.2. Belediye Katı Atık Üretimi ve Büyük Kentsel Alanlarda Elektrik Potansiyeli

Kentsel alan	Nüfus	KKA (MSW) üretim ton /yıl	Yanıcı MSW ton/yıl	Termokimyasal dönüşüm yoluyla elektrik enerjisi ton/yıl
Kabil	2,327,146	339,763	135,905	74.7
Bağlan	76,409	11,156	4,462	2.5
Puli Humri	38,613	5,637	2,255	1.2
Herat	354,892	51,814	20,726	11.4
Kandahar	361,727	52,812	21,125	11.6
Gazni	54,212	7,915	3,166	1.7
Celalabad	156,284	22,817	9,127	5.0
Talokan	46,292	6,759	2,703	1.5
Kunduz	112,689	16,453	6,581	3.6
Mezri Şerif	289,926	42,329	16,932	9.3
Şibirgan	38,970	5,690	2,276	1.3
Balh	94,473	13,793	5,517	3.0

Çarık	36,652	5,351	2,140	1.2
Pağman	40,526	5,917	2,367	1.3
Faryab	61,731	9,013	3,605	2.0
Akçe	36,106	5,271	2,109	1.2
Ğur	50,902	7,432	2,973	1.6
Toplam	4,177,551	609,922	243,969	134

Kaynak: (NEPA-UNEP, 2009: 56)

Nüfus rakamları 2010 yılı için World Gazetteer'dan alınmıştır; 0,4 kg / kişi / gün atık oluşum oranı; Termo-kimyasal yol, 550 kWh / ton atık üreten yanma teknolojisini dikkate alır.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Afganistan, bulunduğu coğrafi ve jeopolitik konum itibarı biyokütlele biyokütle enerjinin çok önemli kaynaklarına sahiptir. Ayrıca Afganistan’da biyokütle enerji kaynaklarının kullanılması ve geliştirilmesi için çok fazla ve uygun araziler de bulunmaktadır. Afganistan gibi fakir bir ülkede biyokütle enerjinin kullanılması sadece elektrik ulaşım, ısınma ve diğer enerji türleri konusunda katkıda bulunmaz, aynı zamanda ekonominin ve yaşam koşullarının da yükselmesi ve geliştirilmesi konusunda özellikle kırsal toplum için çok büyük bir fırsat olacaktır. Ayrıca, biyoenerjiden enerji üretimi, iş alanlarının yaratılması ve iş istihdamı konularında büyük katkı ’da bulunacağı düşünülmektedir.

Böylece, yüz binlerce kişi çok çeşitli işlerde istihdam olup, işsizlik ülkede kısmen de olsa azalabilecek ve refah seviyesini yükseltebilecek. İşsizliğin azalması ekonomik rahatlığını yükselmesi ve dolayısı ile refah seviyesine gelmesine, böylece savaştan uzak barış dolu konforlu bir hayata geçilmesini de sağlayabilecektir. Ayrıca biyoenerji kaynaklarının kullanımı ülkedeki çevre problemlerini azaltılmasına önemli ölçüde yardımcı olabilecektir. Son olarak biyoenerji kaynaklarından enerji üretilmesi ülkenin dış enerji bağımlılığını çok önemli oranda azaltacaktır. Buradan elde edilecek avantajlar ve gelirler Afganistan’ın kalkınmasına çok fazla katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Afganistan’nın coğrafi yapısı, tarımsal faaliyetlerin yaygın olması ve topraklarının biyokütle üretimi için uygun olması gibi faktörler ile birlikte özellikle kırsal bölgelerde taleplerin artması, biyokütle enerjisinin önemini öne çıkarmaktadır. Biyoenerji kaynaklarından elde edilebilecek bu yatırım ve başarılar Afganistan’da sanayiye ve ekonomiyi daha da geliştirecek ve ülke ihracat yapabilir hale getirecektir. İran, Özbekistan, Türkmenistan ve Pakistan gibi komşu ülkelere çok büyük bir elektrik kapasitesi ihraç etme potansiyeline sahip iken ve bu ülkelerle iyi bir ticaret yapabilecektir. Bu gelişmeler sonucunda ülkede yoksulluk ciddi bir şekilde azaltılıp, halkın yaşam tarzı ve koşulları iyileşebilecek, böylece Afganistan’ın gelecekteki güvenliğine ve istikrarına katkılar sağlanacaktır.

Afganistan’da biyokütle enerji kaynaklarını incelendiğinde, tarım endüstrisi artıkları ile odun ve odun dışı orman ürünleri artıkları, hayvansal atıkları, özellikle toplu konutların çok yüksek oranlarda bulunduğu şehirlerdeki şehirselleşmiş ve evsel katı atıkları, biyokütle kökenli tüm endüstriyel atıkları gazlaştırma, piroliz, çürütme ve fermantasyon gibi tekniklerle alternatif

yakıtlara dönüştürülebileceği gerçeği ortaya çıkmaktadır. Bu gerçekleştiğinde, biyokütle yakıtları birleşik ısı, soğutma ve güç tesislerde değerlendirilerek yerli kaynaklardan enerji üretiminin artmasına ve dışa bağımlılığın azaltılmasına katkı sağlanabilir.

Bu çalışmada, enerji potansiyelinin değerlendirilmesi için orman yakacak odunu, orman yakacak odunundan üretilen odun kömürü, mahsul artıkları ve sığır gübresi ele alınmıştır. Afganistan'da seçilen biyokütle için değerlendirilen toplam enerji potansiyeli 2012-13'te 97.315 TJ ve 2013-14'te 99.014 TJ idi ve önceki yıla göre % 1.8 artış gösterdi. Bitki kalıntıları enerji potansiyeli payı, 2013-14 için orman yakacak odun ve odun kömürü enerji potansiyeli (%16.3) ve sığır gübresinden üretilen biyogaz enerjisi potansiyeli (%4,6) ile karşılaştırıldığında en yüksek (% 69.6) oldu. Yakacak odun ve odun kömürünün enerji potansiyeli 2012-13'te 15.680 TJ ve 2013-14'te 16.010 TJ idi. Toplam tahmini mahsul kalıntı enerji potansiyeli 2012-13 ve 2013-14 yıllarında sırasıyla yaklaşık 67.283 TJ ve 68.690 TJ idi. Biyogaz enerji potansiyeli 2012-13'te 14.352 TJ ve 2013-14'te 14.321 TJ idi. Bu kaynakların verimli kullanılması ve yönetmesi, sera gazı emisyonunun ve LPG ithalatının azaltılmasına yardımcı olabilmektedir (Noori, 2019: 12).

Seçilen toplam biyokütle enerjisinin yaklaşık % 53'ü kullanıldı ve bunun % 47'si hem 2012-13 hem de 2013-14'te fazla olduğu bilinmektedir. Seçilen biyokütlenin toplam tahmini enerji potansiyeli 2012-13 yıllarında Afganistan'ın toplam birincil enerji tüketimine (140.920 TJ) yaklaşık % 69.3 katkıda bulunabilmektedir (Noori, 2019: 12).

Bu çalışmada, Ülke'de mevcut biyokütle kaynaklarını ve enerji amaçlı kullanılabilecek potansiyel kaynakları değerlendirmiştir. Ayrıca bu çalışmada, iklim değişikliğinin dolaylı etkilerinden doğrudan tehdit altında olan Afganistan ekosistemi ve zarar görmüş bir altyapının sonuçları hakkında bilgi verildi. Uzaktan algılama verileri, insanların Afganistan'ın neredeyse nesli tükenmiş ormanları üzerindeki baskısını ve yağmurla beslenen tarım için su mevcudiyetindeki olağanüstü farklılıkları gösterirken, sulamanın kendisi de mevcut su kaynaklarını aşmaya başlıyor. Temel bulgularımız şöyledir:

1. Bu çalışmada, Afganistan'daki mevcut kaynakları kullanan en umut verici sürdürülebilir biyokütle teknolojileri olarak hayvan gübresinden biyogaz üretimini ve kentsel atıklardan enerjiye dönüştürmeyi belirlemektedir. Biyogaz teknolojisi kırsal bölgeler için ve WTE (Atıktan Enerji) en çok kentsel alanlar için uygun olduğu düşünülmektedir.

a. Biyogaz sistemlerinin ekonomik açıdan maliyeti bir sorun hale gelebilir. Etkili kamu-özel sektör ortaklıkları, Ülke'da biyogaz teknolojisi dağıtımının başarısı için kritik öneme sahiptir. Örneğin, Nepal'in Biyogaz Destek Programı, özel sektörün, mikro finans kuruluşlarının, topluluk gruplarının ve sivil toplum kuruluşlarının katılımını birleştirerek son on yılda biyogaz sistemlerinde sürekli bir artışa neden olmaktadır

b. Afganistan'ın kalabalık illerindeki atık yönetimi, en kritik çevre problemlerinden biridir. Kabil gibi büyük şehirlerde enerji kaynağı olarak kullanılabilir ciddi atık konsantrasyonlarına sahip merkezlerdir. WTE (Atıktan Enerji) teknolojisi iki önemli fayda sağlamaktadır: çevre açısından güvenli atık yönetimi ve giderilmesi ve verimli elektrik enerjisi üretimi sağlamaktadır.

c. Biyogaz tesislerin teknolojisi, yakacak odun kullanımında, ev içi hava kirliliğinde azalma ve toplama süresinde azalma ve harcanan bulamacın gübre olarak kullanılmasıyla mahsul üretiminde artış gibi konulara birçok kritik önem taşımaktadır.

2. Orman kaynakları Afganistan'da sınırlıdır ve elektrik üretimini önemli ölçekte sürdürülebilir bir şekilde desteklemek için yeterli miktara sahip değildir. Yakacak odun sorunları, kıtlık durumuyla başa çıkmak için üç aşamalı bir yaklaşım gerektirebilir. Yemek pişirme ve alan ısıtma için aynı hizmeti sağlarken enerji talep açısından azaltmak önemli olacaktır. STK'ların çabaları, kuzey bölgedeki alanlar veya yüksek irtifa alanlarındaki binaların yalıtımının yakacak odun tüketimini doğrudan pozitif yönde etkileyeceğini belirledi; fırınlar dahil iyileştirilmiş fırınlar da tüketimin azaltılmasına yardımcı olacaktır (NREL, 2010).

3. Afganistan'da, Çiftlik uygulamaları için hayvan yemi ve inşaat malzemesi gibi birçok mahsul kalıntıları yaygın olarak kullanılmaktadır. Yemek Pişirme için kullanılan katı biyokütle yakıtlarının önemli bir bileşenini temsil ederler ve bu nedenle elektrik üretimi veya nakliye yakıtları üretimi (selülozik etanol gibi) için kullanılmamaktadır. Afganistan'da mahsul üretimi, konutlar tarafından öz tüketim veya yerel pazarlar için yürütülmektedir. Bu yüzden , güç üretimini desteklemek için büyük kalıntı konsantrasyonları üretememektedir.

Ayrıca, ağaç ve çalı dikilerek sağlanabilecek yakacak odun tedariğinin artırılmasına da ihtiyaç vardır. Ağaçlandırma sadece yakıt sağlamakla kalmaz, aynı zamanda yerel geçim kaynaklarını yeniden tesis eder ve erozyonu yönetir Kuru alanlarda, "ağaçlar" muhtemelen

kurak alanlara uyarlanmış çalırlar olacaktır ve yağmur suyu yakalama teknikleri gibi yeni sulama yaklaşımları gerektirecektir.

4. Yüksek katma değeri mahsuller, çiftçiye yüksek getiri sağlayabilir. Bununla birlikte, mevcut yasadışı haşhaş mahsulünü bunu gösterirken yasal mahsullerle ikame etmek zor olmaktadır.

5. Yemeklik yağ, kızartma ve fırınlama gibi yağlar ithalatını dengelemek ve yerel biyoyakıt sağlamak için hem yakıt hem de gıda uygulamaları için yıllık yağlı tohum üretimi gerçekleştirilebilir. Ortak yağlı tohum bitkileri (kanola, soya fasulyesi, ayçiçeği ve aspir) başarılı olan benzer alanlarda yetiştirilebilir. bu aynı zamanda bu bölgelerdeki çiftçiler için alternatif mahsuller sağlayacağı düşünölmektedir.

KAYNAKÇA

- AEIC.** (2010). *Afgan Enerji Bilgi Merkezi*. [Erişim: 10.01.2020, <http://www.afghaneic.org/biogaz.php>.]
- Akgöl, G vd.** (2010). Biyokütle Teknolojisi. *Yekarum Dergisi*, 18(3), 3-11.
- ALCS.** (2016). The Afghanistan Living Conditions Survey 2013-14. *National Risk and Vulnerability Assessment*.
- Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP).** (2009). “Afghanistan’s Environment 2008. [Erişim: 08.03.2020, : http://postconflict.unep.ch/publications/afg_soe_E.pdf]
- Çukurçayır, A. vd.** (2008). Enerji Sorunu, Çevre Ve Alternatif Enerji Kaynakları. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü dergisi, s. 265-266.
- Carrier, M.** (2014). Bioenergy from Wood, *Biomass Conversion to Bioenergy Products*, s. 137-167.
- Chum, H. vd.** (2011). Bioenergy, *Bioenergy chains for power, combined heat and power, and heat*, s. 241-242.
- Demirtaş, M. Vd.** (2007). Avrupa Ve Türkiyedeki Biyokütle Enerjisi. 3.1(7), 49-56
- EIA.** (2010). Energy Information Administration, *Afghanistan Energy Profile*.
- EIA,** (2013). Energy Information Administration, *Overview data for Afghanistan*. [Erişim: 11.02.2020, : <http://www.eia.gov/countries/countrydata.cfm?fips=AF#tpe>]
- Ershad, M.** (2020). “Institutional and Policy Assessment of Renewable Energy Sector in Afghanistan. *Hindawi Journal of Renewable Energy*. 6(2), 10-38
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).** (2008). Afghanistan National Livestock Census 2002-2003
- Gökçen, A vd.** (2010). Biyokütle Teknolojisi, *SDÜ Yekarum e- Dergisi*. 6(1), 120-146

Hoekstra, A.Y. vd. (2019). Renewable and Sustainable Energy Reviews, *Land, water and carbon footprints of circular bioenergy production systems*.

Internaitonal Renewable Energy Agency (IRENA), (2018). Renewable capacity statistics.

Inter-Ministerial Commission For Energy (ICE), (2016). electricity imports. [Erişim: 11.08.2020, : <https://Sites.Google.Com/Site/Iceafghanistan/Electricity-Supply/Electricity-Imports>]

Kellera, V. vd. (2017). Coal-to-biomass retrofit in Alberta, *value of forest residue bioenergy in the electricity system*

Kutso. (2017). *Afganistan Ülke Raporu. T.C. Kabil Büyükelçiliği Ticaret Müşavirliği.* [Erişim: 08.07.2020, <https://www.kutso.org.tr/wp-content/uploads/2017/06/Afganistan.pdf>]

Kurt, G. vd. (2010). Malatya ilinin biyokütle potansiyeli ve enerji üretimi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimler Dergisi*, 26(3), 240-247

Long, H. (2013). Biomass resources and their bioenergy potential estimation, *Renewable and Sustainable Energy Reviews dergisi*, 26(2), 344-352.

Ministry of Agriculture, Irrigation and Livestock (MAIL). (2012), Agricultural Prospect Reports.

Milbrandt, A. vd. (2011). Assessment of Biomass Resources in Afghanistan.

National Institute of Industrial Research (NIIR). (2004). Handbook on Biogas and Its Applications, *New Delhi*

National Reneable Energy Laboratory (NREL). (2011). Biomass Resource Assessment in Afghanistan, *Colo, USA*

Nienhuys, S. (2012). Improved Cook Stoves, [Erişim: 06.04.2020, : http://www.nienhuys.info/mediapool/49/493498/data/HA_TechWorkPa per-10_ICS_April_2012_.pdf]

Noori, A. (2015). Assessment of Slected Biomass Enegy Potential and Technology in Afghanistan. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Energy field of study AIT Thailand. S 45-92

NRVA. (2007). National Risk and Vulnerability Assessment 2007/08, *A profile for Afghanistan*, Kabul, [Erişim:06.04.2020, <http://www.nrva.cso.gov.af/NRVA%202007-08%20Report.pdf>]

Özay, Y. vd. (2014). Biyokütle Dönüşüm Süreçleri, *Akademik Platform Dergisi*.6(1), 120-145

Özyurtkan, H. (2006). Melez Kavağın Karbonizasyonu. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü. S 58-67

SIGAR. (2015). Quarterly report to the United States Congress. *Special Inspector General for Afghanistan Reconstruction*.

Thran, D. vd. (2016). An integrated analysis of national bioenergy strategies and their global environmental impacts. *Environmental Modelling & Software*. 86 (16) 14-29

United Nations Environment Programme (NEPA -UNEP). (2009). Laying the foundations for sustainable development.

Üçgül, İ. Vd. (2010). Okyanus Termal Enerji Dönüşüm (OTEC) Sistemi. Erzincan Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 9(1), 87-94

Welfle, A. (2019). Balancing growing global bioenergy resource demands. [Erişim: 08.09.2020 : <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.06.011>]

Shafizadeh, F. (1982). Introduction to Pyrolysis of Biomass, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 3(1) 283-305.

Türe, S. (2001). Biyokütle Enerjisi, Tübitak Matbaası, Ankara

Riegel, E.R. (1933). Industrial Chemistry, The Chemical Catalog Company, Inc., New York.

Yamanlar S. (2005.) , Biyokütle ve Dönüşüm Teknolojisi Ders Notları, İTÜ