

Tarımsal Artıklardan Biyopelet Üretimi

Gürsel KÜSEK^{1*}, Cahit GÜNGÖR², H. Hüseyin ÖZTÜRK³, Şinasi AKDEMİR¹

¹T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarım Reformu Genel Müdürlüğü, Eskişehir Yolu 9. Km
Lodumlu/Ankara,

²Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, 01330 Adana,

³Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği
Bölümü, 01330 Adana,

*E-Posta: gursel.kusek@tarim.gov.tr

Geliş Tarihi: 24.04.2015; Kabul Tarihi: 26.06.2015

Özet: Tarımsal artıkların, hem dünyada hem de ülkemizde enerji kaynağı olarak katı yakıt formunda değerlendirilmesi büyük önem kazanmaktadır. Tarımsal artıklardan enerji üretmek için en kolay ve etkin yöntemlerden birisi, bu artıkları katı yakıt olarak kullanmaktır. Bu amaçla, bitkisel artıkları enerji üretmek amacıyla etkin ve kolay bir şekilde kullanabilmek için uygulanacak yöntemlerden birisi de, bu artıkları kurutup, öğüttükten sonra presleyerek pelet haline getirmektir. Biyokütle materyalin peletleme ile hacimsel ısı değeri artar, taşıma ve depolama maliyetleri azalır, yanma özellikleri iyileşir, atmosfere salınan parçacık emisyonları azalır ve aynı boyut/şekilde daha üstün özelliklere sahip bir biyoyakıt elde edilmektedir. Bu çalışmada; biyopeletlerin özellikleri, peletleme işleminin yararları, peletleme uygulamalarında işlem akışı, peletleme teknolojisi ve peletleme işleminde etkili materyal özellikleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tarımsal artıklar, biyoyakıt, peletleme, biyopelet üretimi.

Biopellet Production from Agricultural Residues

Abstract: It is aimed that increasing food amount which is needed for rapidly increasing world population with having higher rate of yield from unit area at agriculture. At the same time, new developments occurred at biotechnology has been concluded studies and production related to genetically modified organisms. Countries which are produced most of the gm yields claimed that these products were harmless completely. However, some unclear matters as putting up for sale to market uncontrolled and unlabeled type cause hesitation of genetically modified organisms. In this study, it is aimed that to focus on problems cause of genetically modified organisms directly and indirectly.

Key Words: Agricultural wastes, biofuel, pelleting, biopellet production.

Giriş

Enerji, insanoğlunun yaşam standartlarının artmasında ve sosyo-ekonomik olarak gelişmesinde çok önemli bir etkiye sahiptir. Enerji üretimi, dönüşümü ve tüketimi, çevre ve sürdürülebilir bir gelişme için önemli bir girdi olarak dikkate alınır. Genellikle tüm dünyada birincil enerji kaynağı olarak *fosil yakıtlar* kullanılmaktadır. Fosil kökenli kaynaklardan enerji üretiminden, tüketimine ve atılmasına kadar gerçekleşen değişik aşamalarda çevreye değişik salımlar yayılır. Bunlardan en önemlisi de sera gazı salımlarıdır. Çevresel ve sürdürülebilir bir gelişme için, bu salımların en az seviyede olması gerekir. Fosil yakıtlarının yoğun bir şekilde kullanılması nedeniyle oluşan bu salımlar, başta küresel ısınma olmak üzere, önemli çevresel etkilere neden olmaktadır. Fosil kaynakların kullanımı sonucunda, Türkiye’de oluşan sera gazı salımı, 239.74 Mt CO₂ eşdeğer düzeyindedir. Bu değer, AB standartlarına göre, oldukça yüksektir. *Kyoto Protokolü* gereğince, Türkiye sera gazı salımlarını azaltmak zorundadır. Bu olumsuz etkiler yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının önemini artırmaktadır. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ve bununla ilgili teknolojilerin hızlı bir şekilde uygulanması gerekmektedir. Son zamanlarda, çevre ve insan sağlığına zararlı kirletici madde salınımlarıyla ilişkili mevcut çevresel sorunlar için önemli çözümler geliştirilmiştir. Bu çözümlerden birisi de *biyokütleden enerji üretilmesidir*. Türkiye bir tarım ülkesi olduğundan, *tarımsal biyokütle*, ülkemizde enerji üretimi bakımından özel bir öneme sahiptir. Kullanılan hammadde ve uygulanan çevrim teknolojisine bağlı olarak, biyokütleden; bioetanol/metanol, biyodizel, biyogaz, biyoyağ, briket, pelet ve biyokömür gibi katı, sıvı ve gaz durumlarda biyoyakıt üretilir. Biyoyakıtlardan, elektrik ve ısı enerjisi üretimi amacıyla yararlanılabilir.

Dünyada fosil yakıt kullanımının neden olduğu sera gazı emisyonlarının küresel ısınma tehdidini ileri boyutlara taşıması ve fosil yakıt rezervlerinin giderek azalması ülkeleri çevre dostu, yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla ilgi duymaya teşvik etmiştir. 1970–2004 yılları arasında fosil yakıt kullanımından kaynaklanan CO₂ salımı yaklaşık %80, küresel sıcaklık ise 0.5°C’lik bir artış göstermiştir. Hava kirliliğinin bu seviyede devam etmesi durumunda, önümüzdeki 100 yıl içinde sıcaklığın 4–5°C, deniz seviyesinin ise 2.2 m yükseleceği öngörülmüştür (IPCC, 2011). Diğer taraftan, dünyada enerji talebinin 2005–2030 yılları arasında yaklaşık % 55 oranında artış göstereceğinin tahmin edilmesi, küresel iklim değişikliğinin yaratması beklenen olumsuzluklar ile ilgili endişeleri haklı çıkarmakla kalmayıp, enerji sektöründe fosil yakıt tüketimini azaltmayı gerektirmektedir.

Bu bağlamda fosil yakıt tüketimini azaltmak için, Avrupa Birliği, birlik genelinde yenilenebilir enerji tüketim oranını 2020 yılına kadar % 20 seviyesine çıkarmayı hedef olarak belirlemiştir. Ülkemizde de, yerli kaynaklara öncelik verilerek suretiyle kaynak çeşitlendirmesini sağlamak ve yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzı içindeki payını artırmak, stratejik plan içinde öncelikli amaçlar olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda, enerjide % 73 olan dışa bağımlılık oranının azaltılması için, 2023 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimi içindeki payının en az % 30 olması hedeflenmiştir (Öztürk ve Kaya, 2012).

Türkiye’de Tarımsal Biyokütleden Enerji Üretim Potansiyeli

Ülkemizde her yıl büyük miktarlarda tarımsal artık oluşmasına karşın bu artıkların enerji üretimi amacıyla kullanımı oldukça düşüktür. Tarımsal artıklar, yakıt üretimi için

önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Başlıca tarımsal artıklar ayçiçeği, mısır, pamuk ve tahıl samanları ile meyve bahçelerinde açığa çıkan budama artıklarıdır. Bitkisel artık olarak ise domates, patlıcan, biber, enginar, hıyar ve patates artıkları sayılabilmektedir. Biyokütle artıkları var olan potansiyellerine rağmen, enerji kaynağı olarak gerektiği şekilde değerlendirilememektedir. Bu artıklar daha çok gübre amacıyla toprağa gömülmemekte, toplanarak doğrudan yakılmakta ya da çürümeye bırakılmakta veya hayvanlara ot sağlamak amacı ile depolanmaktadır.

Ülkemiz tarımsal üretim alanlarında yaygın olarak tahıllar, yağlı tohumlar ve yumrulu ürünler yetiştirilmektedir. Bu ürünler arasında üretim alanına bağlı olarak en fazla artık miktarı, mısır buğday ve pamuk yetiştiriciliğinden açığa çıkmaktadır. Toplam kullanılabilir artık içerisinde mısır % 31.72, buğday % 27.01 ve pamuk % 16.12 ile en fazla paya sahip başlıca ürünlerdir. Bölgeler içerisinde tarla ürünleri artıklarının toplam ısı değeri açısından en büyük pay, 57 PJ ve % 25 oran ile Akdeniz Bölgesine aittir. Türkiye’de tarımsal artıkların yıllık toplam enerji eşdeğeri 50–65 MTEP düzeyindedir. Ülkemizde enerji üretmek amacıyla kullanılabilir tarımsal artıkların miktarı 13 milyon ton civarındadır ve bu artıkların ısı enerjisi değeri yaklaşık olarak 228 PJ’dir (Öztürk ve Başçetinçelik, 2006).

Günümüz Türkiye’sinde, bazı sanayilerde tarımsal artıklardan küçük ölçekte yararlanılmaktadır. Bununla birlikte, Türkiye’de biyokütle enerjisi kullanımının önündeki mali ve teknik engeller, politika ve piyasa araçlarının yetersizliği gibi nedenlerle, biyokütle ve katı atıkla işletilen enerji tesislerine özel sektör henüz yeterli düzeyde ilgi duymamaktadır. Tarımsal üretim sonucunda arta kalan bitkisel artıkların herhangi bir şekilde değerlendirilmeyip yok edilmesi ciddi anlamda çevre kirliliğini beraberinde getirmekte ve ekonomik bir kayıp oluşturmaktadır.

Biyokütle Peleti ve Özellikleri

Tarımsal artıkların, özellikleri iyileştirilmiş katı yakıt olarak kullanılabilmesi için etkin yöntemlerden birisi de peletleme işlemidir. Son yıllarda, peletlemenin önemi gittikçe artmış ve pelet kullanımı yaygınlaşmıştır. *Pelet*, hayvan yemine benzeyen, küçük, silindirik bir forma sahiptir. Biyokütle peletleri genellikle 6–12 mm çapında ve 10–30 mm uzunluğundadır (Şekil 1). Biyokütle materyalinin basınç altında daha küçük boyutlara (yaklaşık 30 mm) getirilmesi işlemine *peletleme* denir. Peletler, briketlere kıyasla daha küçük boyutlardadır.



Şekil 1. Biyopeletler

Pelet; odun talaşı, odun yongaları, ağaç kabuğu, tarımsal ürünler, tahıl sapları, fındık, badem, ceviz kabukları hatta artık kağıt gibi materyallerden üretilir. Mısır koçanları, pancar küspesi, ayçiçeği çenekleri, kurumuş zeytin, kiraz çekirdekleri, soya fasulyesi gibi biyolojik ürünler de pelet üretiminde kullanılabilir (Şekil 2). Günümüz Türkiye’inde, bazı sanayilerde tarımsal artıklardan küçük ölçekte yararlanılmaktadır. Bununla birlikte, Türkiye’de biyokütle enerjisi kullanımının önündeki mali ve teknik engeller, politika ve piyasa araçlarının yetersizliği gibi nedenlerle, biyokütle ve katı atıkla işletilen enerji tesislerine özel sektör henüz yeterli düzeyde ilgi duymamaktadır.



Şekil 2. Biyopelet üretilen biyokütle materyal

Biyopelet Yapmanın Yararları

Tarımsal artıkların, hem dünyada hem de ülkemizde, enerji kaynağı olarak katı yakıt formunda değerlendirilmesi büyük önem kazanmaktadır. Tarımsal artıklardan enerji üretmek için en kolay ve etkin yöntemlerden birisi, bu artıkları katı yakıt olarak kullanmaktır. Bununla birlikte, bitkisel artıkların katı yakıt olarak kullanımında karşılaşılan en önemli sorun, bitkisel artıkların yoğunluklarının düşük ve nem içeriklerinin yüksek olmasıdır. Düşük yoğunluk ve yüksek nem içeriği, taşıma ve depolama sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Bu nedenle, bitkisel artıkları enerji üretmek amacıyla etkin ve kolay bir şekilde kullanabilmek için uygulanacak yöntemlerden birisi de, bu artıkları kurutup, öğüttükten sonra, presleyerek pelet haline getirmektir.

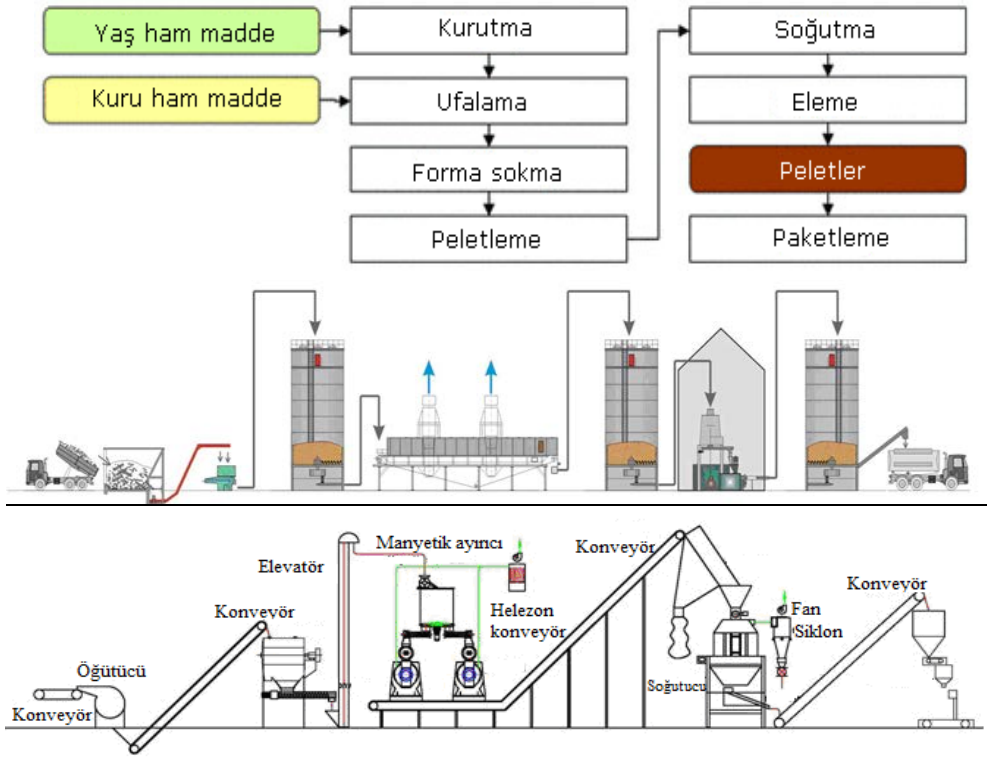
Biyokütle materyalin peletlemesi ile hacimsel ısı değeri artar, taşıma ve depolama maliyetleri azalır, yanma özellikleri iyileşir, atmosfere salınan parçacık emisyonları azalır ve aynı boyut/şekilde daha üstün özelliklere sahip bir biyoyakıt elde edilmektedir. Peletleme işlemi ile materyalin yoğunluğu artmakta, taşıma, depolama ve nakliye giderleri azalmakta, boyut ve şekilde homojenlik sağlanmakta, ısı amaçlı kullanımlarda yakma sistemlerine otomatik olarak beslenebilmekte ve böylelikle materyalin daha etkin bir şekilde kullanımı sağlanmaktadır. Biyokütle materyali peletleyerek katı biyoyakıt üretmenin sağlayacağı başlıca yararlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Biyokütle pelet yakıtlar fosil yakıtlara göre daha ucuzdurlar.
- Yenilenebilir bir kaynaktır, kendi öz kaynaklarımızdan üretilir.
- Pelet yakan sistemler, ozon dostudur ve *Kyoto Protokolüne* göre kabul edilebilir CO emisyon eşik değerlerinin altındadır.
- Pelet yakma sistemi, katı yakıtlı sistemler arasında en temiz yanma sistemidir.
- Biyokütle peletlerinin nakliyesi çok kolaydır. Bireysel sistemler için paket halinde satın alınabilir veya merkezi ısıtma sistemlerinde kullanılmak üzere kolay bir şekilde depolanabilir.
- Biyokütle peletleri dünyanın her yerinde temin edilebilecek rafine bir biyokütle yakıttır.
- Ticari pelet üretimi için ağaç kesilmesi gerekmez. Pelet ormanın atığını değerlendirir. Bu yönü ile kolayca tutuşabilir, orman artıklarının toplanması sonucunda, ormanların yangına karşı da korunmasına katkı sağlar.
- Yeni teknoloji pelet yakma sistemleri otomatik yakıt beslemelidir. Bu nedenle, işletme giderleri daha düşüktür.
- Biyokütle peletlerinin maliyeti kolaylıkla artış göstermez. Dış ekonomi ve döviz dalgalanmalarından etkilenmez.
- Biyokütle peletleri çok yüksek sıcaklıkta yanar. Bu nedenle, katı veya gaz artık ürün oluşumu çok düşüktür.
- Odunla karşılaştırıldığında, depolama için az yer gereklidir.
- Nem içeriği % 10'un altındadır. Nem oranının düşük olması, yanma veriminin yüksek olmasını sağlar.
- Klasik katı yakıtlı sistemlerde, bacalarda önemli oranda kreozot (katran ruhu) oluşur. Pelet yakan sistemlerde ise kreozot hemen hemen hiç yoktur. Bu nedenle, hermetik kombilerde olduğu gibi, bir baca olmaksızın da dışarı egzoz edilebilir.

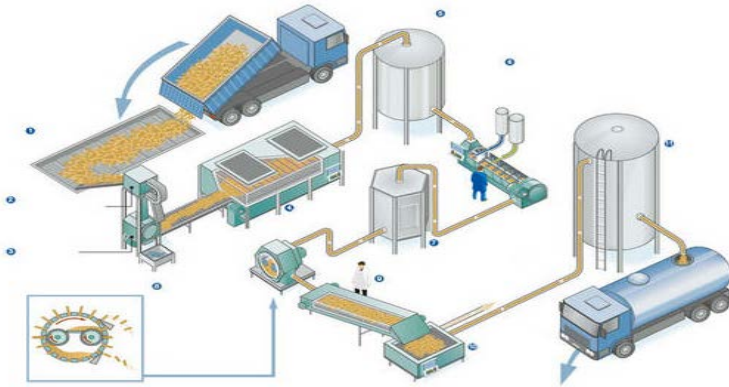
Biyokütle Peletleme Teknolojisi

Biyokütle peletleme için işlem akışı Şekil 3'de verilmiştir. Günümüzde peletleme teknolojileri olarak düz ve çember kalıplı presler kullanılmaktadır. Düz kalıp preste sıralı delikli disk üzerinde bir, iki veya daha fazla sıkıştırma silindiri (daha çok 2 silindir) yaklaşık olarak 2-3 m/s hızla dönmektedir. Diskler vasıtasıyla materyal kalıp deliklerinde sıkıştırılmakta ve kalıbın şeklini alarak peletlenmiş olarak çıkmaktadır. Çember kalıplı preslerde ise, dönen delikli çemberin iç çevresine bastran sıkıştırma silindirleri (normalde 2 veya 3 adet) sürekli olarak dönmektedir. Materyal kalıp deliklerinde sürekli olarak sıkışarak peletlenmiş olarak kalıptan çıkmaktadır.

Biyokütle peletleme makinalarında (Şekil 4 ve 5), silindir preslerden yararlanır. Silindir preste küçük kalıp (yaklaşık 30 mm) kullanılır. Bu nedenle, bu tip presler pelet presi olarak da adlandırılır. Kalın çelik disk veya halka üzerinde oyulmuş delikler şeklinde düzenlenmiş çok sayıda kalıp vardır. Materyal 2 veya 3 silindir aracılığı ile kalıplar içerisine zorlanır. Pelet preslerin başlıca iki tipi vardır. Düz tiplerin üzerinde 2 veya 3 silindir dönen dairesel delikli disk vardır. Halka tipte olanlarda ise, döner delikli halka vardır.



Şekil 3. Biyokütle peletlemede işlem akışı



Şekil 4. Biyopelet üretim tesisindeki üniteler



Şekil 5. Biyokütle peletleme makinaları

Peletleme İşleminde Etkili Materyal Özellikleri

Peletleme işleminde etkili en önemli materyal özellikleri; pelet yapılacak materyalin nem içeriği, yoğunluğu ve parçacık boyutudur.

Nem içeriği

Pelet yapılacak materyalin nem içeriği, pelet yoğunluğunun ve dayanıklılığının belirlenmesinde önemli bir etmendir. Sağlam ve dayanıklı pelet üretimi için materyal neminin optimum değerinde olması gerekir. Bununla birlikte, optimum nem içeriği materyal çeşidine bağlı olarak değişir. Peletleme işleminde, nem parçacıklar arası bağları kuvvetlendiren bir yapıştırıcı gibi işlev yapmaktadır. Organik ve selülozik ürünlerde su, parçacıkların gerçek temas yüzeylerini artırarak *Van der Waals* kuvvetlerinin bağlayıcı etkisini güçlendirir. Ancak yine de suyun bu etkisi oldukça kritiktir ve tamamen materyal çeşidine bağlıdır. Yüksek nem içeriği, materyalin sıkıştırma deliklerinden daha kolay kaymasına neden olur. Bu durum pelet kalitesini oldukça düşürmektedir. Diğer taraftan, nem içeriğinin düşük olması durumunda ise, peletleme işlemi için çok büyük basınç

gereklidir. Bu durum, materyalin kalıp deliklerinde sıkışıp kalmasına neden olur. Böyle bir durum, peletleme işlemini olumsuz olarak etkiler ve zaman kaybına neden olur.

Genel olarak >% 15 ve <% 15 olmak üzere iki farklı nem içeriğindeki materyallerden üretilen peletlerin kalite özellikleri belirlenir. Materyal nem içeriği ASAE D245.6 standartına göre belirlenir. Materyal örnekleri, kurutmadan önce ve sonra tartılır. Örnekler 24 saat süre ile 105 °C sıcaklıkta kurutma fırınında kurutulur. Belirlenen kütle farkı, kurutmadan önceki materyal kütlesine bölünerek, aşağıdaki eşitlik yardımıyla yaş bazda nem içeriği belirlenir.

$$NI = \left[\frac{YÜK - KÜK}{YÜK} \right] \times 100 \quad (1)$$

Burada;

- NI = nem içeriği (%)
 $YÜK$ = yaş ürün kütlesi (kg) ve
 $KÜK$ = kuru ürün kütlesidir (kg).

Yoğunluk

Peletleme işleminden önce, peletlenecek materyalin yoğunluğunu diğer bir deyişle, hacim kütlesini belirlemek amacıyla, materyal hacmi belirli bir kaba doldurulur. Doldurulan materyalin kütlesi tartılarak kaydedilir. Materyal yoğunluğu, materyal kütlesi kabın hacmine bölünerek hesaplanır.

$$\rho = \frac{M}{V} \dots \quad (2)$$

Burada;

- ρ = materyal yoğunluğu (kg/m³),
 M = materyal kütlesi (kg) ve
 V = materyal hacmidir (m³).

Parçacık boyutu

Materyal parçacık boyutu (ortalama ve dağılım) sıkıştırma süresince elde edilen peletlerin kalitesini önemli düzeyde etkiler. Parçacık boyutunun azalması, materyalin toplam yüzey alanını, gözeneklilik boyutunu ve sıkıştırma işleminde parçacıkların yapışması için temas eden nokta sayısını artırır. İyi bir pelet kalitesi için parçacık boyutunun, % 10–20'sinin oldukça küçük partiküllerden oluşması koşulu ile, 6–8 mm arasında olması gerekmektedir. Çünkü, daha küçük parçacıklar daha büyük parçacıkların boşluklarını doldurmakta ve böylece daha yoğun ve daha dayanıklı sıkışmış ürünler elde edilebilmektedir. Oldukça kaba parçalanmış materyaller, peletleme işlemi sırasında doğal çatlakların oluşmasına, bu durum da peletlerin oldukça dayanıksız olmasına neden olmaktadır.

Peletlenecek materyal, genel olarak >6 mm ve <6 mm olmak üzere iki farklı parçacık boyutuna ulaşılacak şekilde öğütülerek, üretilen peletlerin kalite özellikleri belirlenir. Yüksek kaliteli bir pelet üretimi için, biyokütlenin öğütülmesinde kullanılan çekiçli değirmenin 3.2–4 mm çap aralığında eleklerle sahip olması gerekmektedir. Daha yüksek elek delik çapına sahip çekiçli değirmenlerle öğütülen materyallerden elde edilen peletlerin ise daha düşük kaliteli oldukları belirtilmiştir.

Parçacık boyut dağılımı ASAE S319.3 (2003) standardına göre belirlenir. Bu test için 0.212–1.7 mm aralığında 7 farklı elek delik çapına sahip elekler kullanılır. Bu testte, 100 g materyal örneği art arda daha küçük eleklerin yerleştirildiği test cihazının en üst kabına yerleştirilir ve test cihazı çalıştırılarak tüm eleklerle 10 dakika süreyle titreşim uygulanır. Test tamamlandıktan sonra, her bir elek üzerinde kalan materyal kütlesi tartılarak kaydedilir. Parçacık boyut dağılımı, her bir elek üzerinde kalan materyal kütlesinin, toplam materyal kütlesine bölünmesi ile belirlenir.

Sonuç ve Öneriler

Peletlenmiş biyokütlenin taşınması daha kolaydır ve yakıt olarak kullanılması daha verimlidir. Biyokütle düşük yoğunluğa sahip olduğundan depolama sırasında çok fazla yer kaplamaktadır. Peletleme işleme ile bu olumsuzluklar giderilerek depolama maliyeti azaltılır. Biyopelet üretiminin en önemli faydası, çevrenin zarar görmesinin ve sera gazları emisyonunun azalması, doğal kaynakların korunması ve fosil yakıtlarının tüketiminin azaltılmasıdır. Bu temel faydalarla birlikte, ithal yakıt tüketiminde azalma ile ekonomik fayda, bölgesel gelişme ve yatırım artışı sağlanacaktır. Biyokütlenin peletlenmesi ile şu yararlar sağlanır: yanma hızı iyileşir, ızgaralı yakma sistemlerinde yakmak mümkündür, düzgün bir yanma sağlanabilir, emisyon özellikleri azaltılabilir, depolama esnasında kendiliğinden tutuşma olasılığı azaltılır ve taşıma, depolama ve yakıt besleme daha verimli yapılır.

Bitkisel biyokütlenin katı enerji kaynağı olarak değerlendirilmesinde, ülkemizde ve dünyada yeterli bilimsel çalışmanın bulunmaması büyük bir boşluk oluşturmaktadır. Yerel halkı kalkındırma ve kaynakları yerinde değerlendirme farkındalık yaratma çerçevesinde; tarımsal artıkların tarlada bırakılmasının önüne geçilerek bunların değerlendirilmesi sağlanabilir. Biyokütle peleti üretiminin rasyonel hale getirilmesi ile bazı bölgelerimizde değişik kapasitelerde çalışan tesisler kurulmasına olanak sağlanabilir. Kırsal kesime biyokütle peletini tanıtmak ve kabul ettirmekle, kaçak orman kesimlerinin önüne geçilmesi sağlanabilir. Tarımsal artıklar sıkıştırılarak ve yüksek yoğunluğa çevrilerek taşıma ve depolama maliyetleri azaltılabilir.

Kaynaklar

IPCC, 2011. The Intergovernmental Panel on Climate Change.

Öztürk, H.H. and A. Başçetinçelik. 2006. Energy exploitation of agricultural biomass potential in Turkey, Energy Exploration and Exploitation 24(4-5): 313-330.

Öztürk H.H. ve D. Kaya 2012. BİYOYAKIT ÜRETİMİ VE KULLANIMI. TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Yayın No: MMO/593.

