



Arıtma çamurunun alternatif yakıt olarak kullanılabilirliği

Hakan Zorlu^{1*}, Hüseyin Pehlivan²

10.11.2015 Geliş/Received, 04.01.2016 Kabul/Accepted

ÖZ

Bu çalışmada; enerji ve çevre sorunlarından biri olan atık su arıtma tesislerinden kaynaklanan arıtma çamurunun bertarafı yerine alternatif yakıt olarak kullanımı araştırılmıştır. Sakarya Büyükşehir Belediyesine ait atık su arıtma tesisinden elde edilen arıtma çamuru kullanıldı. Arıtma çamurunun enerji değerinin arttırmak için farklı oranlarda tarımsal ikincil ürün olan fındıkkabuğu ilave edilerek homojen karışımlar hazırlanmıştır. Daha sonra hazırlanan numunelerin bünyesinde bulunan yüksek nem içeriklerinin düşürülmesi amacı ile açık havada güneşte ve fırında kurutma işlemleri uygulanmıştır. Kurutma verimliliği ve alternatif enerji kaynağı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: arıtma çamuru, güneşte kurutma, alternatif enerji kaynağı

The usability of swage sludge as an alternative fuel oil

ABSTRACT

In this study; instead disposal of sewage sludge from treatment plant, which one of the energy and environmental problems, has been investigated for use as alternative fuels. Sewage sludges were obtained from the wastewater treatment plant of Sakarya Metropolitain Municipality. In order to increase the energy value of sewage sludge, the homogeneous mixture is prepared by adding different ratios of nut shell that is the secondary agricultural products. Then open sun and oven drying were applied for reducing the high moisture content in the structure of the prepared sample. Drying efficiency and the usability for alternative energy sources have been investigated.

Keywords: sewage sludge, open sun drying, alternative energy source

* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1 Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, Sakarya - hakan.zorlu@afad.gov.tr

2 Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, Sakarya - pehlivan@sakarya.edu.tr

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

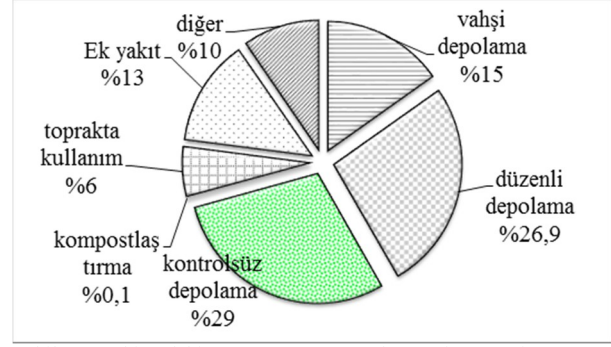
Dünya ülkelerinin gelişmişlik göstergelerinin başında enerji tüketimi gelmektedir. Günümüzde de yaşamın devamlılığı için her alanda enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Teknolojik gelişmeler, insanların hayatını sürdürebilmesi için gerekli araçların üretilmesi, bu araçların iş yapabilmesi, insan nüfusunun artması ve sanayileşme, serbest piyasa sonucu oluşan rekabetçi koşullar, iş imkânları oluşturma çabaları ülkeleri aşırı enerji tüketimine yöneltmiştir.

Hızlı küreselleşmenin olduğu dünyada, ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişmelerinin en temel gereksinimlerinden birisi enerji olmuştur. Günümüzde en fazla kullanılan birincil enerji ihtiyacının yaklaşık %80'i, her geçen gün azalan fosil yakıtlardan elde edilmekte ancak dünyada fosil yakıt rezervleri hızla tükenmektedir.

Sanayileşme ve dünya nüfusundaki artışla birlikte, dünya çapında çevre ve enerji sorunlarında artış meydana gelmiştir. Gelişmiş dünya ülkeleri atıkların doğal kaynaklara ve çevreye verdikleri zararı uzaklaştırmak için alternatif enerji kaynağı veya arıtma çamurunu değerlendirme yoluna gitmişlerdir. Böylelikle ülkelerin ekonomisine katkıda bulunulabilmekte ve enerji dışa bağımlılığı azaltılabilmektedir.

ABD, İngiltere, Fransa, Hollanda, Danimarka ve Japonya gibi ülkelerde atıkların zararlarını en aza indirmek ve atıkları değerlendirmek konusunda önemli çalışmalar yapılmaktadır. Danimarka elektrik enerjisinin %4'ünü ve ısı enerjisinin %18'ini Danimarka'da bulunan 34 tane atık yakma tesislerinden elde etmektedir [1]. Sanayileşme ve kentleşme sürecinde bulunan Türkiye'de, atıkların çevreye verdiği zararların azaltılması amacıyla arıtma tesisleri inşa edilmektedir. Günümüzde atık su arıtma tesis sayısı hızla artmaktadır. Buna paralel olarak arıtma çamuru miktarlarında da büyük artış gözlenmektedir. Ülkemizde oluşan arıtma çamurunun bertaraf yöntemlerine göre dağılımı aşağıdaki Şekil 1 de verilmiştir.

Arıtma tesisi maliyetinin yaklaşık yarısı açığa çıkan çamurun bertarafından oluşmaktadır [2]. Türkiye'de arıtma çamurunun bertarafı konusunda Avrupa Birliği (AB) uyum süreci kapsamında yasal yünden yeni düzenlemelerle önemli adımlar atılmış ve son yıllarda bu konudaki bilimsel çalışmalar hız kazanmıştır.



Şekil 1. Türkiye'deki arıtma çamurunun bertaraf yöntemine göre dağılımı (The distribution of sewage sludge disposal method in Turkey)

Arıtma çamurunun yenilenebilir bir enerji kaynağı ve bitki yetiştiriciliğinde kullanılmasının ülke ekonomisine katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Günümüzde, yüksek enerji tüketen çimento endüstrisinde arıtma çamuru alternatif yakıt olarak kullanılmaktadır. Bünyesinde % 80 civarında su ihtiva eden arıtma çamuru yüksek nemli sahiptir. Arıtma çamurunun bünyesindeki bu yüksek nemin azaltılabilmesi için kurutma işlemine tabi tutulmaktadır. Kurutma işlemi ile arıtma çamurunun kütle ve hacmi azaldığından, depolama, paketleme ve nakliyede oldukça kolaylık sağlanabilmektedir. Öte yandan, arıtma çamurunun bünyesindeki her bir ton suyun buharlaşması için kurutma tekniğine bağlı olarak 900-1300 kwh enerji gerekmektedir. [3] Enerji açısından bakıldığında kurutma verimi ekonomik öneme sahiptir.

2014 yılı verilerine göre Türkiye'nin nüfusu 77.000.000'u aşmıştır [4]. Çevre ve enerji sorunları özellikle gelişmiş illerde önemli bir problem olmaktadır. Bu sorunun en fazla karşı karşıya kaldığı bölge Marmara Bölgesi'dir [5]. 2014 verilerine göre Sakarya İli nüfusu 932706'dır [4]. Sakarya İlinde ortalama bağıl nem yıllık yaklaşık %73,9, yıllık toplam güneş radyasyonu 1,168 kWh/m²'tür [6]. İl yaklaşık 1.000.000 nüfusa eşdeğer atık su arıtma tesisine sahiptir. Arıtma çamurunun hem kalorifik değerlerini arttırmak için bünyesinde bulunan yüksek nem içeriğinin azaltılmasını sağlamak gerekmektedir. Bu amaçla yapılmış bir çok literatür araştırması mevcuttur. Bu konuda literatürde yer alan araştırmalardan bazıları aşağıda incelenmiştir.

Themelis ve ark.(2002) katı atıkların yanma değerlerinin, atığın türüne ve içerdiği nem miktarına bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Bangladeş'in Dhaka şehrinde yapılan araştırmada, sırasıyla kentsel, endüstriyel ve ticari amaçlı atıkların kalori değerleri 9,20 MJ/kg, 5,67 MJ/kg ve 6,94 MJ/kg olarak tespit edilmiştir [7]

V.L. Mathioudakis ve ark.(2008) çalışmasında arıtma çamurunun kısmi patojenlerinin kontrolü için güneş ile kurutma işlemi uygulamışlardır. Arıtma çamurunun ortalama nem içeriği kurutma işleminden sonra, sonbaharda 9-33 gün içinde %85'den %10'a, yaz boyunca 7-12 gün içerisinde % 85'den %6'a düşmüştür. Arıtma çamurunun kurutma işlemi sonrasında ortalama toplam hacminin % 80-85 civarında azaldığı, depolamada, nakliyyede büyük kolaylık sağlandığını gözlemlenmiştir [8].

Fodor ve ark. (2011) çalışmalarında atıkların, alternatif yakıt olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Evsel ve endüstriyel atık temel özelliklerinin yıldan yıla ve bölgeden bölgeye önemli ölçülerde değişiklik gösterdiği analiz edilmiştir. Bu çalışmada atıklardan enerji elde etme teknolojileri alanındaki gelişmeler ile ısı, güç ve yakıt üretmek amacıyla tasarım uygulanabilirliği tartışılmıştır [9].

Kentsel katı atıkların yakıt olarak kullanılması için ezme, homojen karışımlar elde ve diğer yakıtlarla ve atıklardan elde edilen yakıt karıştırmak suretiyle bir dizi ön işlemlere tabi tutulmuştur [10]. Atıkların partikül boyutlarının küçülmesi yanma oranını artırır ve partikül boyutları yanma yöntemini belirlediği anlaşılmıştır [11]. Kentsel katı atıkların ısı değerlerinin nem miktarına da bağlı olduğu, zamandan zamana ve bölgeden bölgeye değişiklik gösterebileceği belirlenmiştir. Amerika'da (Ruth, 1998), Orta Avrupa'da (Frey ve ark. 2003) ve Hindistan'da (Kumar ve Goel, 2009) kentsel katı atıklardan yakıt elde etmek için araştırmalarda bulunmuşlardır. Yakılmış atık çoğu yeterli ısıtma değerine sahip olduğundan, sık sık fosil yakıtlar için tasarruf sağlayan, yenilenebilir enerji kaynağı veya alternatif enerji kaynağı olarak kullanılabilir olduğu anlaşılmıştır [12].

Katı atıklar, endüstride karışım halinde kullanılmaktadırlar. Bu karışımlar malzeme kökenine göre (Lee ve Byeon, 2009) ve uygulama çeşidine göre (yanma ve külleştirme gibi) sınıflandırılabilirler. Niessen (2010), katı atıklardan enerji kazanım teknolojileriyle ilgili araştırmalar yapmıştır. Bu araştırmaları, yakıt kalitesi ve yanma gazının analizlerine dayanmaktadır. Endüstriyel atıkları sınıflandırarak, etkili bir şekilde çalışma yapılmasını sağlamıştır [9].

Varbanov ve Friedler (2008), tarafından enerji dönüşüm sistemlerinin değerlendirilmesi için prosedür geliştirilmiştir. Biyoyakıtlardan ve fosil yakıtlardan ortaya çıkan CO₂ emisyon seviyesinin değerlendirmesini yapmışlardır. Belirli kombinasyondaki karışımları P-grafik algoritma

metodunu kullanarak etkili bir şekilde belirlemişlerdir [9].

Weber ve ark. (2009) organik atığın ya doğrudan fırınlarda ana yanıcı madde olarak ya da diğer yakıtlarla birlikte karıştırılarak elde edilebileceğini incelemişlerdir. Uygun yakıt teknolojisini kullanarak organik atıklardan yakıt elde edilmesini pahalı ekipmanlara ihtiyaç duymadan sağlamışlardır. Analiz edilmiş yakıtın %20 kül içerdiğini ve yanma değerinin elde edilen ortalama yakıt standartlarının daha üstünde olduğunu belirlemişlerdir [9].

Mohee (2001) yaptığı çalışmada Mauritius'ta bulunan katı atıkların geri kazanım potansiyelini araştırmıştır. Mauritius'ta meydana gelen katı atıkların bileşen miktarlarına dair verileri ve mevsimsel değişimi değerlendirmek için altı ay boyunca katı atıklar izlenmiştir. Mauritius'deki mevcut durum katı atıkların bertarafı ve geri kazanımı düşünülerek belirtilmiştir. Katı atıkların nem içeriğinin yaklaşık %48 olduğu ve kuru ağırlık bazında 18800 kJ/kg civarında kalorifik değere sahip olduğu tespit edilmiştir. Atıkların doğal kurutma seçenekleri arasında, toprakları zenginleştirmek için kullanılabilirliği belirlenmiştir [13].

Salihoğlu (2011) yaptığı çalışmanın temelinde güneş enerjisi potansiyelinden yararlanmak ve çevre yatırımlarında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmaktır. Çalışma için, 2x5 m boyutlarında beton tabanlı ve şeffaf polikarbonat örtü ile kaplı tünel tipi bir sera tasarlanmıştır. Çamur, beton zemine 25 cm. yüksekliğinde serilmiş ve günde iki kez karıştırılmıştır. Patojen giderimini hızlandırmak için sınırlı miktarda kireç (0,15kg CaO / kg çamur Katı Madde(KM)) kullanılmıştır. Sınırlı kireçleme ve güneşle kurutma yöntemi uygulanan %20 Katı Madde (KM) içeren çamurların depolama için yasal sınırlama olan %35 KM'ye ve Amerikan Çevre Koruma Ajansı (USEPA) A sınıfı çamur değerlerine yaz döneminde 10 gün kış döneminde 20 gün içerisinde ulaştığı görülmüştür. Tesise serilen çamurun kuruma hızını hesaplamak ve daha sonra tasarlanacak tesisler için altyapı oluşturmak amacıyla eklenik güneş radyasyonu ve eklenik buharlaşma akısı arasındaki ilişki incelemiştir. Çalışma sonucunda, katı madde ile eklenik güneş radyasyonu arasında; %20 KM'den %35 KM'ye ulaşabilmek için 45±3 kW/m² güneş radyasyonuna ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymuştur [14].

Lu Cai ve ark. (2012) çalışmasında Kanalizasyon çamurunun biyo-kurutma sırasında nem değişimi araştırılmıştır. su kütlesi dengesine bağlı olarak nem içeriği, su üretimi, su buharlaştırma ve havalandırma

su giriş hesaplanırken su buharı ve nem hacmini göstermek için ölçümler yapıldı. Biyo kurutma için control teknolojisine yanıt olarak Kanalizasyon çamuru numunesinin nem içeriği % 66'dan %54'e düştüğü saptanmıştır. Biyo-Kurutma esnasında su buharlaşması su jenerasyonundan çok daha büyük olduğu izlendi ve havalandırma suyun buharlaşmasını kolaylaştırmıştır [15].

Grigati ve ark. (2007) torf, yeşil bahçe atığı (% 25, %50, %75, %100) ve arıtma çamurlarını (%80, %20 v/v) kullanarak hazırladıkları yetiştirme ortamlarının bitki büyütme performanslarını, mineral kompozisyonlarını ve iz element muhtevalarını inceledikleri çalışmada, bitki kuru ağırlığının % 25% 50 oranında arıtma çamuru ilave edilen uygulamalar ile ticari torf kontrol uygulamasında benzer olduğunu tespit etmişlerdir. Ancak daha yüksek oranlarda arıtma çamuru ilavesi bitkilerdeki K, Mg, Mn gibi bitki besin elementlerini artırırken, Cu, Zn, Ni gibi bitkiye toksik etki yapabilecek ağır metalleri de arttırmıştır [14].

Guerrero ve ark. (2002), denemelerini yaptıkları bölgede süs bitkisi yetiştiriciliğinde kullanılmakta olan ağaç kabuğu kompostu + yavaş salımlı gübreye alternatif olarak, çam ağacı kabuğu kompostu ve %15 arıtma çamuru karışımından hazırlanan yetiştirme ortamı ile çam ağacı kabuğu kompostuna 4 g/L NPK gübresi ilavesinden oluşan yetiştirme ortamını Pinus pinea ve Cupressus arizonica bitkilerini kullanarak karşılaştırmışlardır. Deneme sonuçlarına göre, her iki bitkide de bitki boyları değişmezken, kuru ağırlıkların arıtma çamuru ilave edilmiş uygulamalarda daha yüksek olduğu görülmüştür. Arıtma çamuru yetiştirme ortamının fiziksel ve kimyasal özelliklerini kısmen değiştirmiş ve ortam özelliklerine en önemli olumsuz etkisi ortamın tuzluluk değerini yükseltmiş olmasıdır. En önemli pozitif etkisi ise mikroporoziteyi artırarak, tekrar sulandığında su çekmeyi kolaylaştırmış olması ve yetiştirme ortamını azot yönünden diğer uygulamalara kıyasla daha zenginleştirmiş olmasıdır [14].

Bu çalışmada Sakarya Büyükşehir Belediyesi evsel atık su arıtma tesislerinde çıkan arıtma çamurunun katı yakıt olarak kullanılabilmesi amacıyla deneysel çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalar; arıtma çamurunun bünyesinde bulunan yüksek nem içeriğinin farklı ortamlarda (açık alanda kurutma ve laboratuvar ortamında (etüv)) kurutma yolu ile azaltılması, kurutulan arıtma çamurunun enerji değerlerinin artırılması amacıyla tarımsal ikincil ürün fındıkkabuğu ile farklı oranlarda (20% -30% -40%) karıştırılmasıdır. Çalışmanın ana hedefi arıtma çamuru ile elde edilen karışımın, kuruma süresini azaltarak kalorifik değerini artırılmasıdır. Arıtma çamuru

karışımlarının kimyasal ve elementel analizleri ışığında karışımlar içindeki ağır metal içeriklerinin (Fe, Cu, Ni, Zn, Pb, Cr, Cd), toprak kirliliği kontrolü yönetmeliğinde belirlenen sınırlar altında olduğu görülmüştür.

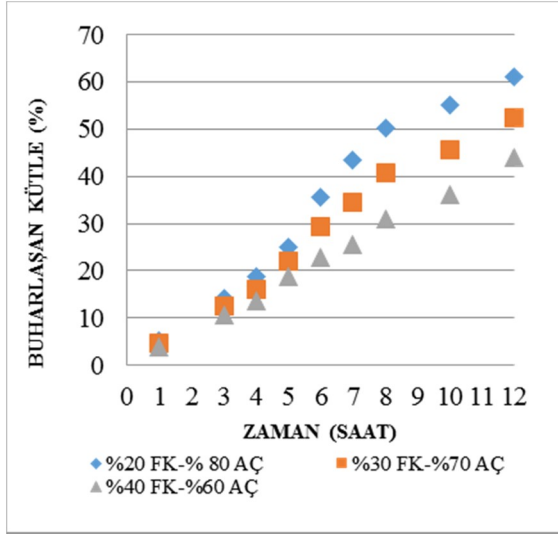
2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

Bu çalışmada Sakarya Büyükşehir Belediyesi evsel atık su arıtma tesislerinde çıkan arıtma çamurunun katı yakıt olarak kullanılabilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla arıtma çamurunun bünyesinde bulunan yüksek nem içeriğinin kurutma yolu ile azaltılması işlemi yapılmıştır. Açık alanda kurutma ve laboratuvar ortamında etüvde kurutma işlemleri uygulanmıştır. Kurutulan arıtma çamurunun enerji değerlerinin artırılması amacıyla tarımsal ikincil ürün olan ve dünyada üretiminde en büyük ihracatçı konumunda olduğumuz fındıktan elde edilen fındıkkabuğu farklı oranlarda eklenerek homojen karışımlar elde edilmiştir. Çalışmanın ana hedefi arıtma çamuru ile elde edilen karışımın, kuruma süresini azaltarak kalorifik değerini artırılmasıdır. Arıtma çamuru miktarı, fındık kabuğu maliyetleri, kurumayı hızlandırıcı etkiler ve kalorifik değerler göz önünde bulundurulduğunda, arıtma çamuru ve fındık kabuğu karışımlarının (%20 FK-80% AÇ, %30 FK-%70 AÇ, %40 FK-%80 AÇ) hazırlanması uygun olduğu görüldü. Bu numunelere iki farklı tipte kurutma işlemi (etüvde kurutma ve güneşte kurutma) uygulanmıştır.

Arıtma tesisinden elde edilen arıtma çamuru, laboratuvar ortamında 100 gr olacak şekilde alüminyum folyolara tarımsal ikincil atık olan fındıkkabuğu ile farklı oranlarda (%20 FK-80 AÇ, %30 FK-%70 AÇ, %40 FK-%80 AÇ) homojen olarak karıştırılmıştır. Karışımlar etüve konularak kurutma işlemi yapılmıştır (Şekil 2). Etüvün sıcaklığı deney boyunca 105°C ye sabitlenmiştir (deney sırasında kapağın açılması ile sıcaklık dengesi bozulduğunda fırın sıcaklığı otomatik olarak tekrar 105°C sıcaklığa gelmiştir). Deney de kullanılan numenlerin nem miktarının buharlaşma hızının, süreyle ilişkisi incelendi ve 12 saat boyunca her saatte kütle kayıplarının hızının zamana bağlı olarak değişimini kayıt altına alınarak Şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 2. Ettüde kurutma numuneleri (Drying the sample in oven)



Şekil 3. Karışımların zamana bağlı kütle kaybı (Time-dependent loss of mass of the mixture)

Çalışmanın devamında, TÜBİTAK MAM laboratuvarlarında karışımların, kimyasal ve elemental analizleri yapılmıştır. Karışımların fiziksel ve kimyasal madde (ağır metal) özellikleri Tablo 1 ve 2'de, kalorifik değerleri Şekil 4'te verilmiştir.

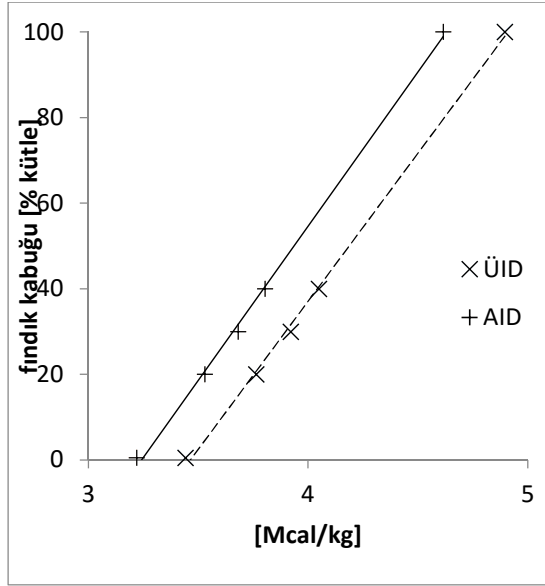
Tablo 1. Arıtma çamuru ve fındık kabuğu karışımının fiziksel özelliği (Physical characteristics of samples)

	nem	kül	uçucu	sabit C	toplam S	
AÇ %100	son alınan	58.74	14.68	23.27	3.31	0.45
	hava kurutma bazları	7.02	33.09	52.44	7.46	1.01
	kuru bazları	-	35.59	56.39	8.02	1.09
FK %100	son alınan	5.7	1.77	68.38	24.15	0.04
	hava kurutma bazları	-	-	-	-	-
	kuru bazları	-	1.88	72.51	25.62	0.05
%80AÇ+%20FK	son alınan	48.34	14.74	30.63	6.29	0.44
	hava kurutma bazları	6.92	26.56	55.2	11.33	0.8

	kuru bazları	-	28.53	59.3	12.17	0.86	
%70AÇ+%30FK	son alınan	43.11	14.58	34.52	7.79	0.43	
	hava kurutma bazları	6.83	23.89	56.54	12.75	0.7	
	kuru bazları	-	25.63	60.68	13.68	0.76	
%60AÇ+%40FK	son alınan	37.68	13.8	38.76	9.76	0.41	
	hava kurutma bazları	6.46	20.71	58.18	14.65	0.62	
	kuru bazları	-	22.14	62.2	15.66	0.66	
method	ASTM D7582	ASTM D7582	ASTM E1755	ASTM D7582	*	ASTM D4239	

Tablo 2. Arıtma Çamuru ve Fındık Kabuğu Karışımının Kimyasal Özelliği (Composition of chemical characteristic of samples)

	AÇ %100	FK %100	%80AÇ+%20FK	%70AÇ+%30FK	%60AÇ+%40FK	Metot
C	36.35	55.67	40.02	42.2	44.31	ASTM D 5373
H	4.34	4.97	4.14	4.34	4.48	ASTM D 5373
O	17.29	39.98	21.99	23.1	24.97	*
N	5.34	0.45	4.46	3.97	3.44	ASTM D 5373
S	1.09	0.05	0.86	0.76	0.66	ASTM D 4239



Şekil 4. Arıtma çamuru ve fındık kabuğu karışımlarının kurutma işlemi sonucunda alt ve üst ısıl değerleri (Affiliation between LHV, HHV and hazelnut shell content)

Arıtma çamuru ve fındık kabuğu karışımlarının kurutmak için harcanan enerjiyi güneşten faydalanarak gidermek ekonomik açıdan daha çok fayda sağlayacaktır.

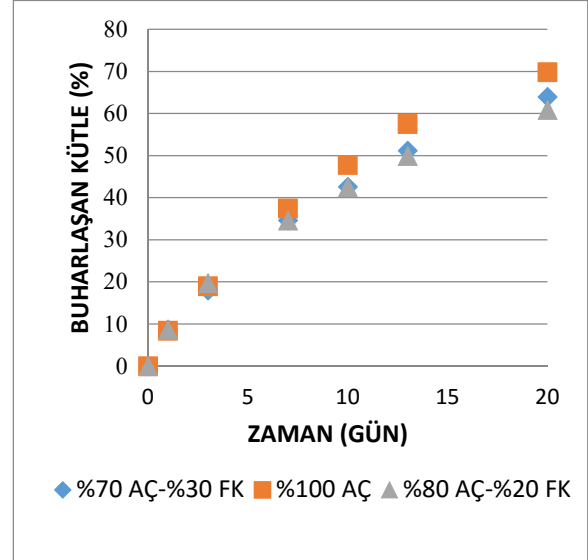
Deneyin bu bölümünde arıtma çamuru, tarımsal ikincil atık olan fındıkkabuğu (%20 FK-80 AÇ, %30 FK-%70 AÇ, %100 AÇ) olacak şekilde homojen olarak karıştırılmıştır. Bu numuneler, 12 adet, 12 kg ağırlığında hazırlandı ve 3 mm kare delikli filelere konuldu. Hazırlanan karışımlar hava akışına en az engel olacak şekilde ahşap paletler üzerine dizilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Yaz aylarında kurutma numuneleri (Drying samples in summer conditions)

Deney süresince kütle kayıpları belirli gün (1-3-5-7-10-15-20 gün) aralıklarıyla kayıt altına alınmıştır. Ayrıca hava sıcaklığı, güneş radyasyonu, bağıl nem, yağış yüksekliği, rüzgar hızı ve yönü gibi meteorolojik

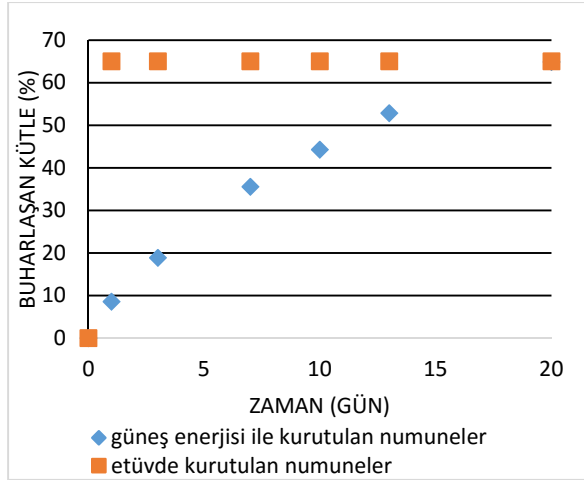
veriler meteoroloji istasyonu verilerinden alınmıştır. Hava sıcaklığı ve bağıl nem günlük olarak kaydedilmiştir. Karışımların kütleli kayıp hızlarının zamana bağlı olarak değişimini kayıt altına alınarak Şekil 6'da sunulmuştur.



Şekil 6. Karışımların zamana bağlı kütle kaybı (Time-dependent loss of mass of the mixture)

20 günlük (27.08.2012-18.09.2012) deney sonucunda karışımların ortalama buharlaşan kütle % 65 civarında olduğu gözlemlenmiştir.

Laboratuar ortamında arıtma çamuru ile tarımsal ikincil atık olan fındıkkabuğu farklı oranlarda (%20 FK-80%AÇ, %30 FK-%70 AÇ, %100 AÇ) homojen olarak karıştırılarak, etüvde kurutulan numuneler ile güneş enerjisinden faydalanarak kurutulan arıtma çamuru ve tarımsal ikincil atık olan fındık kabuğu (%20 FK-80 AÇ, %30 FK-%70 AÇ, %100 AÇ) karışımlarının zamana bağlı kütle değişimlerinin karşılaştırılması Şekil 7'de sunulmuştur.



Şekil 7. Karışımların zamana bağlı kütle kaybı (Time-dependent loss of mass of the mixture)

Arıtma çamurunun alternatif enerji kaynağı olarak kullanılabilirliğinin yanı sıra tarım arazilerinde de (gübre, tarımsal toprak, torf) kullanılabilir. Arıtma çamurunun bertarafı için tarımsal alanlarda kullanımı Avrupa ülkelerinde azımsanmayacak kadar yüksektir. Belçika'da açığa çıkan arıtma çamurunun %57'si, Danimarka %43'ü, İspanya %61, İngiltere %51'i, ve Lüksemburg % 80'i tarımsal alanlarında kullanılmaktadır. Ülkemizde ise tarım alanlarında kullanma %9 civarlarındadır [15].

Mevzuat ve yönetmelikler çevresinde arıtma çamurunu tarım alanlarında kullanımı içerisinde bulunan patojenik organizmalar, ağır metaller, besin elementleri, diğer toksik maddelerin konsantrasyonları gibi faktörlere bağlıdır. İşlenmiş arıtma çamurları, bitkisel üretim için gerekli olan bütün bitki besin maddelerini bünyesinde bulundurlar. Arıtma çamurunun tarım alanlarında kullanımıyla gübre kullanımı azalmakla birlikte tamamen gübrelerin yerini alabilir. Ayrıca yeşil alanlar arasında parklar, futbol sahaları, mezarlıklar, otoyol kenarları, golf sahaları ve havaalanları bitki yetiştiriciliğinde kullanılabilir [15].

3. SONUÇ (RESULT)

Arıtma çamurunun kalorifik değerleri, bir enerji kaynağı olarak kullanılabilir olması için en önemli faktördür. Arıtma çamuru ile tarımsal atık olan fındık kabuğu karışımlarından elde edilen keklerin alternatif yakıt olarak kullanılması ekonomik bir kazanç sağlayacaktır. Arıtma çamuruna fındık kabuğu ekleyerek kalorifik değeri artırıldı ve güneş radyasyonundan faydalanarak karışımların nem içeriği düşürmek için kutruma işlemi gerçekleştirilmiştir. TÜBİTAK MAM laboratuvarlarında yapılan analizler sonucu arıtma çamuru karışımlarının kurutma işlemi

sonucunda üst ısı değerleri grafik 3 de görüldüğü gibi 3,4-4,9 Mcal / kg arasındadır. Elektrik santrallerinde kullanılan linyit kömürün kalorifik değeri 4,165 Kcal/kg dir. Fındikkabuğu ve arıtma çamuru karışımlarının kalorifik değerleri, elektrik santrallerinde kullanılan linyit kömürün kalorifik değeri birbirine yakın değerlerde olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] İ. Kılıçarslan ve N. N. Özön, "Arıtma çamurunun incelenmesi ve maliyeti ve dünyadaki arıtma çamurunun yakarak bertarafı", %1 içinde ICS 2012, Kocaeli, 2012.
- [2] M. Winkler, "Sewage sludge treatments," chemistry and industry", cilt 7, pp. 237-240, 1993.
- [3] U. H. Hebbbar, M. N. Ramesh ve K. H. Vishwanathan, "Development of combined infrared and hot air dryer for vegetables," journal of food engineering", no. 65, pp. 557-563, 2004.
- [4] http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1059, 2014. [Çevrimiçi].
- [5] H. Pehlivan, N. Parlak ve M. Mermer, "Comparison of energy consumption of different drying methods", %1 içinde Comparison of Energy C7th International Ege Energy Symposium & Exhibition, Uşak, 2014.
- [6] T.C. Orman ve Su İşleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- [7] M. A. Sufian ve B. K. Bala, "modeling of urban solid waste management system: The case of Dhaka city", Waste Management, no. 27, p. 858-868, 2007.
- [8] V. L. Mathioudakis, A. G. Kapagiannidis, E. Athanasoulia, V. I. Diamantis, P. Melidis ve A. Aivasidis, "Extended dewatering of sewage sludge in solar drying plants," Desalination, no. 248, pp. 733-739, 2009.
- [9] Z. Fodor ve J. J. Klemeš, "FodWaste as alternative fuel-Minimising emissions and effluents by advanced design", Process Safety and Environmental Protection, no. 239, p. 22, 2011.
- [10] H. Frey, B. Peters, H. Hunsinger ve J. Verhlow, "Characterization of municipal solid waste combustion in a grate furnace", Waste Management, cilt 8, no. 23, p. 689-701, 2003.
- [11] J. Haas ve R. Weber, "Co-firing of refuse derived fuels with coals in cement kilns: combustion conditions for stable sintering",

- Journal of the Energy Institute, cilt 8, no. 83, p. 225–234, 2010.
- [12] P. Stehlík, “Contribution to advances in waste-to-energy technologies”, Journal of Cleaner Production, cilt 10, no. 10, pp. 919-931, 2009.
- [13] M. Romeela, “Assessing the recovery potential of solid waste in Mauritius”, Resources, Conservation and Recycling, no. 36, pp. 33-43, 2002.
- [14] Ö. H. Dede, “Fındık zürufu ve arıtma çamuru karışımından süs bitkisi yetiştirme ortamı geliştirilmesi”, Sakarya Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Sakarya, 2009.
- [15] B. U. Uzun Pervin, “Arıtma çamurlarının tarımda kullanılma olanakları”, U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, cilt 25, no. 2, pp. 135-146, 2011.