
	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ <i>SAKARYA UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE</i>		
	e-ISSN: 2147-835X Dergi sayfası: http://dergipark.gov.tr/saufenbilder		
	<u>Geliş/Received</u> 28.03.2017 <u>Kabul/Accepted</u> 08.05.2017	<u>Doi</u> 10.16984/saufenbilder.301609	

Arıtma çamurlarının su verme özelliklerinin iyileştirilmesinde biyokütle ve kömür külü ilavesinin etkilerinin incelenmesi

Ömer Hulusi Dede^{*1}, Derya Akbulut¹

ÖZ

Arıtma çamurlarının içerdiği su miktarının düşürülmesi, bertaraf edilecek çamur miktarının azaltılması ve bertaraf seçeneklerinin artması bakımından en belirleyici unsurdur. Mevcut durumda çamur susuzlaştırmada en çok kullanılan yöntemler mekanik yöntemlerdir. Ancak mekanik yöntemlerin veriminin artırılması için, çamura polielektrolit ilave edilerek şartlandırma işlemi yapılması ve çamurun su verme özelliklerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada çamur şartlandırma işleminde ki polielektrolit kullanımına alternatif olarak biyokütle ve kömür külü kullanımının, arıtma çamurunun su verme özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla biyokütle ve kömür külü değişik oranlarda arıtma çamurları ile karıştırılmıştır. Kontrol uygulaması olarak da 1/1000' lik katyonik polielektrolit çözeltisi kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar göre karışımlardaki kül oranı arttıkça, su verme özelliklerinin en önemli göstergeleri olan, özgül filtre direnci (ÖFD) ve filtre keki nem miktarları (FK) önemli ölçüde azalmıştır. Kontrol olarak kullanılan polielektrolit uygulamasına (ÖFD: $2,8 \cdot 10^{11}$ m.kg⁻¹, FK: % 58,96) en yakın sonuçlar, en yüksek oranda biyokütle külü kullanılan BÇ₆ uygulamasında (ÖFD: $29 \cdot 10^{11}$ m.kg⁻¹, FK: % 65,92) elde edilmiştir. Bununla birlikte biyokütle ve kömür külü uygulamalarının sonuçları istatistiksel olarak önemli ölçüde benzer bulunmuştur ($R^2=0,99$). Biyokütle ve kömür külü ağır metal içeriğinde ise, Zn dışındaki tüm değerlerde, biyokütle külünün ağır metal oranlarının daha düşük olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre, biyokütle ve kömür küllerinin evsel atık su arıtma çamurlarının su verme özelliklerinin iyileştirilmesinde kullanılabileceği, ancak çamurun ağır metal düzeyi göz önünde bulundurularak, susuzlaştırmadan sonraki bertaraf alternatiflerinin artırılması için biyokütle külü kullanımının en iyi alternatif olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: arıtma çamurlarının susuzlaştırılması, biyokütle külü, kömür külü

Analyzing the effects of biomass and coal ash for the dewatering properties of sewage sludge

¹ Yazar 1 Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü ohdede@sakarya.edu.tr

¹ Yazar 2 Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü coşan_derya@hotmail.com

ABSTRACT

Diminishing the amount of water in sewage sludges is the most determinant factor in terms of increasing the options of removing and being reduced the number of sludges to remove. In the current situation, the most preferred methods are the mechanic methods for sludge dewatering. But, the quenching features of the sludge must be improved and the conditioning procedures need to be actualized by adding polyelectrolyte into the sludge to enhance the productivity of the mechanical methods. As an alternative to the use of polyelectrolyte in sludge conditioning procedure, the effects of the use of biomass and coal ash on the quenching features are analyzed in this research. For this purpose, the biomass and the coal ash were mixed with the sewage sludges in different ratios. The 1/1000 cationic polyelectrolyte solution was used as the control application. According to the results obtained from the study, as the ash content in the mixtures increases, the specific resistance to filtration (SRF) and the filter cake moisture content (FCM), which are the most important indicators of water quenching properties, have been significantly reduced. The closest results to the polyelectrolyte application (SRF 2,8.1011 m.kg-1, FCM: % 58,96) used as the control were obtained from the BC6 application (SRF: 29.1011 m.kg-1, FCM: % 65,92) where the highest ratio of biomass ash used. Moreover, the results of the implementations of biomass and coal ash are determined as statistically similar ($R^2=0,99$). In the content of biomass and coal ash heavy metals, it is seen that the ratios of heavy metal of biomass ash are lower for all values other than Zn. It is thought according to these results that the biomass and coal ash can be used to improve the dewatering features of domestic waste water treatment sludges. However, considering the heavy metal level of the sludge, it can be said that the best alternative is the use of biomass ash for increasing the disposal options after dewatering.

Keywords: dewatering of the sewage sludges, biomass ash, coal ash

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüz şartlarında evsel ve endüstriyel su kullanımı yüksek boyutlara ulaşmıştır. Bu durum kullanılmış suların arıtılarak doğal çevre ve insan sağlığına zarar vermeden bertarafını zorunlu kılmaktadır. Bundan dolayıdır ki dünya genelinde her yıl değişik boyutlarda ve farklı arıtma teknolojileri kullanan birçok arıtma tesisi kurulmakta ve işletilmektedir. Ancak atık suların bu tesislerde arıtılarak tekrar kullanılması veya uygun alıcı ortama deşarjı prosesi sonlandırmamaktadır. Çevresel riskleri tam olarak ortadan kaldırmak için arıtma işlemi sırasında ortaya çıkan atık su arıtma çamurlarının da uygun bertarafının yapılması gerekmektedir[1]. Ancak bu işlem atık suyun içindeki kirleticileri sudan uzaklaştırmak kadar zahmetli olup, toplam arıtma maliyetinin yarısını oluşturmaktadır[2]. Literatürde konu ile ilgili yapılmış çalışmaların ortak görüşü olarak, çamur bertaraf maliyetinin düşürülmesi ve bertaraf işlemlerinin kolaylaştırılarak, işlem seçeneklerinin artırılabilmesinin en pratik yolu, arıtma çamuru miktarının kaynağında azaltılmasıdır[3]. Bertaraf edilmesi gereken çamur miktarının azaltılması ise ancak çamurun içerisinde bulunan yüksek orandaki suyun azaltılması ile

mümkün olabilir. Bununla birlikte yaklaşık % 95 oranında su içeren çamurun susuzlaştırılması, çamurdaki suyun dağılımı, hücre dışı polimerik maddelerin miktar ve dağılımı ve çamurun partikül boyutu gibi parametreler ile doğrudan ilişkili ve son derece karmaşık bir prosestir[4,5,6]. Çamur susuzlaştırma işlemi için geliştirilen bir çok yöntem bulunmasına rağmen, bu işlem için en çok tercih edilen yöntemler mekanik su alma sistemleridir. Mekanik susuzlaştırma sistemlerinin arıtma tesisinde küçük bir alan gerektirmesi ve zamandan tasarruf sağlamaları tercih edilmelerinin ana sebepleridir. Ancak çamur bu sistemlerde işleme girmeden önce kimyasal olarak şartlandırılması gerekir. Kimyasal şartlandırma işlemi, çamura kalsiyum oksit, demir klorid vb. kimyasalların eklenerek, mekanik güç uygulandığında su verme özelliklerinin artırılmasıdır[7]. Kimyasal çamur şartlandırıcılar susuzlaştırma işleminin en önemli maliyet kalemlerinden birini oluşturmakta bundan dolayı bu kimyasalların yerine daha ucuz alternatifler üretmeye yönelik çalışmalar yapılmaktadır[8, 9, 10]. Bu çalışmalar arasında, kömürle çalışan termik santrallerin, uçucu küllerinin, kimyasal şartlandırıcılara alternatif olarak kullanılabileceğini ortaya koyan araştırmalar bulunmaktadır[11]. Ancak, kömür küllerinin arıtma çamuruna karıştırılması su verme özelliklerini olumlu etkilerken, çamurun organik

madde miktarını düşürürken, ağır metal içeriğini artırmaktadır. Bu durum suyu alınmış çamurun bertaraf alternatiflerini azaltmaktadır. Bununla birlikte dünya genelinde kömür yerine, ağaç dalları, talaş, enerji bitkileri gibi bitkisel kökenli biyokütlelerin kullanımı, daha düşük sıcaklıklarda çalışılması, ortaya çıkan zararlı emisyonların düşüklüğü ve küllerinin daha az miktarda ve daha zararsız kül üretmesi nedeniyle hızla artmaktadır [12, 13]. Bu çalışmada evsel arıtma çamurlarının su verme özelliklerinin iyileştirilmesinde, biyokütle külünün kullanılabilirliği araştırılmış ve su verme özelliklerinin iyileştirilmesindeki elde edilen sonuçlar, kömür külleri kullanımının sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

Çalışmada kullanılan arıtma çamurları Sakarya İli'nde bulunan Karaman evsel atık su arıtma tesisinden temin edilmiştir. Bu tesiste evsel atık suların arıtılmasında, uzun havalandırma aktif çamur sistemi kullanılmaktadır. Numuneler yoğunlaştırıcı ile şartlandırma ünitesi arasından ve polielektrolit çözeltilisi dozlama işlemi yapılmadan alınmış ve alınan numuneler hızlıca laboratuvara ulaştırılarak 4 °C' de analiz zamanına kadar saklanmıştır. Kullanılan küller, yakıt olarak yalnızca kömür ve yalnızca tarımsal kökenli bitki ve orman atıkları kullanan iki farklı santralin yakma ünitesinden alınmıştır. Kömür külünün partikül boyut dağılımı 100-200 µm = %12, 50-100 µm = %42, 2-50 µm = %44, <2µm =2, biyokütle külünün partikül boyut dağılımı ise 100-200 µm = %5, 50-100 µm = %26, 2-50 µm = %75, <2µm = %4 şeklindedir. Arıtma çamuru ve küllerin karıştırma işleminde çamur kuru madde miktarı dikkate alınmıştır. 500 ml çamura kuru madde miktarına göre (19,65 g l⁻¹) ağırlıkça değişen oranlarda kül ilave edilmiş ve önce 250 rpm de 30 saniye hızlı karıştırma, ardından da 30 rpm de 2 dakika yavaş karıştırma yapılmıştır. Karışımda kullanılan küllerin ağırlıkları ve karışımlara verilen kodlar (BÇ : Biyokütle külü ve arıtma çamuru karışımı, KÇ : Kömür külü ve arıtma çamuru karışımı) Tablo 1' de sunulmuştur. Biyokütle ve kömür külünün arıtma çamurunun su verme özelliklerini iyileştirmedeki başarısını belirlemek için kontrol amacı ile 1/1000' lik katyonik polielektrolit çözeltilisi hazırlanmış ve hazırlanan çözelti 500 ml çamura 14 ml olacak şekilde ilave edilmiş ve küllerde uygulanan

karıştırma yöntemi kullanılarak arıtma çamuru ile karıştırılmıştır.

Tablo 1. Karışımlarda kullanılan kül ve arıtma çamuru miktarları (Amounts of ash and sewage sludge used in mixtures)

Karışım Kodları	Kül Oranı	Kül Miktarı (gr)	Çamur Miktarı (ml)
BÇ ₁ KÇ ₁	% 25	4,912	500
BÇ ₂ KÇ ₂	% 50	9,825	500
BÇ ₃ KÇ ₃	% 75	14,737	500
BÇ ₄ KÇ ₄	% 100	19,650	500
BÇ ₅ KÇ ₅	% 150	29,475	500
BÇ ₆ KÇ ₆	% 200	39,300	500

Hazırlanan kül ve çamur karışımı numunelerinin kuru madde oranları, numunelerin sabit tartıma gelene kadar kurutulduktan sonra (105 °C' de) tartılması ile bulunmuştur. Nem içerikleri ise kurutulmuş numunelerin toplam ağırlığında meydana gelen kayıpla belirlenmiştir [10]. Numunelerin (105 °C de kurutulmuş) organik madde içeriği ise, 550 °C' de 4 saat süre ile yakılması ilkesine göre belirlenmiştir [14]. Ağır metal seviyeleri yaş yakma yöntemi ile hazırlanan örneklerde ICP-OES cihazı kullanılarak saptanmıştır [15]. Hazırlanan numuneler 2000 rpm de 5 dakika santrifüj edilmiş ve elde edilen süpernatantta pH ölçümü yapılmıştır [10, 16]. Arıtma çamuru ve kül karışımlarının özgül filtre direnci, numunelerin Buchner hunisine koyularak, filtre kâğıdı ile vakum (0,03 MPa) filtrasyon setinde süzülmesi ile formül (1) kullanılarak bulunmuştur [10, 17].

$$\text{ÖFD} = \frac{2PA^2b}{\mu\omega} \quad (1)$$

ÖFD : Özgül filtre direnci (m kg⁻¹)

P : Uygulanan filtre basıncı (N m⁻²)

A : Filtre Alanı (m²)

b : Filtre süresi (t) ve süzülen su hacmi (V) grafiğinin eğimi (s m⁻⁶)

µ : Filtratın dinamik vizkozitesi (N s m⁻²)

ω : Kek ağırlığının süzüntü hacmine oranı (kg m⁻³)

Numunelerin mikrografları karışımlar hazırlandıktan hemen sonra alınan numuneler kullanılarak çekilmiştir. SEM görüntüleri ise, 105 °C' de kurutulmuş numunelerin 5 nm kalınlığında altınla kaplanmasından sonra taramalı elektron mikroskobu (SEM) (JEOL – JSM - 6060 LV Model). kullanılarak elde edilmiştir. Numunelerin

SEM içerisindeki yüksek vakum nedeniyle şekil değiştirmemesi için soğuk aşama uygulanmıştır. Ayrıca numune hazırlama işlemleri sırasında numunelerin yapısının zarar görmediğinden emin olmak amacı ile her materyal den üç replikasyon hazırlanmış ve bunlardan elde edilen görüntüler birbirleri ile karşılaştırılmıştır[18,19]. Tüm analizler üç tekerrürlü olarak yapılarak sonuçların ortalamaları ve standart hataları sunulmuştur. Bununla birlikte biyokütle ve kömür külünün etkinliğinin karşılaştırılması amacıyla, filtre keki nem miktarı ve özgül filtre direnci değerlerinin determinasyon katsayıları verilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Evsel atık su arıtma çamurunun özelliklerinin, arıtılan atık su özelliklerine ve kullanılan arıtma prosesine göre değişiklik gösterdiği bilinmektedir. Bundan dolayı çalışmada kullanılan evsel atık su arıtma çamurunun bazı özellikleri ve bu özelliklerin literatürdeki benzer çalışmalarda kullanılan çamurların özellikleri ile karşılaştırılması Tablo 2’ de verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde, kullanılan arıtma çamurlarının organik madde ve filtre keki nem miktarı dışındaki diğer özelliklerinin, literatürde verilen değer aralığında olduğu, organik madde değerinin literatür değer aralığının alt sınırına, filtre keki nem miktarının ise literatür değer aralığının üst sınırına çok yakın bulunduğu görülmektedir [10, 11, 17, 20, 21, 22].

Biyokütle ve kömür küllerinin arıtma çamurlarına değişik oranlarda ilave edilmesi ile hazırlanan karışımlar ile polielektrolit kullanılan kontrol uygulamasının pH, elektriksel iletkenlik, organik madde değerler ve su verme özelliklerini gösteren değerler Tablo 3’ de sunulmuştur. Her iki kül numunesinin pH değerleri de arıtma çamurunun pH değerinden (6,17) yüksektir. Bundan dolayı karışımlar içindeki kül oranları yükseldikçe karışımların pH değeri de artmıştır. Ayrıca biyokütle külünün pH değeri (11,93) kömür külünden (9,1) daha yüksek olduğundan tüm biyokütle külü kullanılan karışımların pH değerleri, kömür külü kullanılan karışımlarinkinden yüksek bulunmuştur. Polielektrolit uygulaması çamurun pH değerinde önemli bir değişiklik yapmamıştır. Karışımların organik madde miktarları ise karışımda kullanılan kül oranlarını yükseldikçe azalmaktadır. Arıtma

çamurunun başlangıç organik madde miktarının %58,35 olduğu düşünüldüğünde, en yüksek kül oranlarının kullanıldığı BÇ₆ ve KÇ₆ uygulamalarında karışımların organik madde miktarlarının başlangıç değerinin yarısına düştüğü söylenebilir.

Tablo 2. Çalışmada kullanılan arıtma çamurunun özellikleri ve literatürde verilen değerler (Properties of sewage sludge used in the study and the values given in the literature)

Parametreler	Arıtma Çamuru	Literatürdeki Değerler*
Su İçeriği (%)	96,07±0,04	96-99
Kuru Madde (g l ⁻¹)	39,3±0,04	20-80
Organik Madde (%)	58,35±3,15	60-80
pH	6,17±0,43	5.0 - 8.0
Özgül Filtre Direnci (10 ¹¹ m kg ⁻¹)	(16,4±0,69).10 ¹²	8.10 ¹² -18.10 ¹²
Filtre Keki Nem Miktarı (%)	91,72±0,12	86-90

* [10, 11, 17, 20, 21, 22].

Başlangıçta ham çamurun özgül filtre direnci 164.10¹¹ olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Polielektrolit kullanılan kontrol uygulamasında ise bu değer azalmış ve özgül filtre direnci 2,8.10¹¹ olarak bulunmuştur. Kül kullanılan uygulamaların tamamı, polielektrolit uygulamasının özgül filtre direnci değerine göre yüksek olmakla birlikte, başlangıç özgül filtre direnci değeri önemli ölçüde düşürmüştür. Biyokütle külü kullanılan uygulamalarda en yüksek ve en düşük özgül filtre direnci değeri 132.10¹¹ (BÇ₁) – 29.10¹¹ (BÇ₆) belirlenirken, kömür külü kullanılan uygulamaların en yüksek ve en düşük özgül filtre değerleri 138.10¹¹ (KÇ₁) – 34.10¹¹ (KÇ₆) olmuştur (tablo 3). Elde edilen sonuçlar, uygulamadaki kül oranının artmasının özgül filtre direncini düşürdüğünü ortaya koymaktadır. Bu düşüş çamurun su verme özelliklerinin iyileşmesine neden olmaktadır. Bu durum Tablo 3’ de verilen filtre keki nem miktarı sonuçları ile de doğrulanmaktadır. Başlangıç (ham çamur) değeri %91,72 olan filtrekeki nem miktarı, kül uygulamalarında önemli ölçüde azalmıştır. Kül uygulamalarında en düşük filtre keki nem miktarı %65,92 ile BÇ₆ uygulamasında görülmüş olup, bu değer polielektrolit kullanılan kontrol uygulamasına (%58,96) en yakın değerdir. Bununla birlikte elde edilen sonuçlar literatür de konu ile ilgili çalışmaların sonuçları ile benzer

bulunmuştur. Literatürde kül kullanımının, polielektrolit kullanımına benzer şekilde, içindeki yüksek orandaki SiO_2 ve Al_2O_3 nedeni ile evsel arıtma çamurunun negatif elektrik yükünü azalttığı ve bu durumun koloidal çamur partiküllerinin stabilitesini bozarak partikülleri birbirine yaklaştırdığı bildirilmektedir[5]. Bunun yanında yine konuyla ilgili çalışmalarda, arıtma çamurlarının çok fazla küçük partikül içerdiği, bu küçük partiküllerin çamur keki içerisindeki su verme gözeneklerini tıkadığı, kül partiküllerinin ise geniş yüzey alanları sayesinde küçük çamur partiküllerini tuttuğu ve biraya topladıkları ifade edilmekte ve bu iki durumun arıtma çamurlarının su verme özelliklerini iyileştirdiği savunulmaktadır[10, 11, 23, 24].

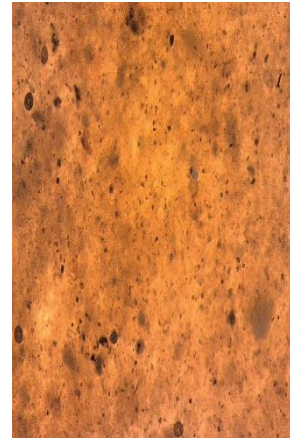
Tablo 3. Hazırlanan karışımların pH, organik madde ve susuzlaştırma ile ilgili özellikleri (PH, organic matter and dewatering properties of prepared mixtures)

Numuneler	pH	Organik Madde (%)	Özgül Filtre Direnci (10^{11} m kg^{-1})	Filtre Keki Nem Miktarı (%)
BK*	11,9±1,04	-	-	-
KK*	9,1±0,7	-	-	-
PÇ*	6,40±0,6	57,02±2,6	2,8±0,2	58,96±1,8
BÇ ₁	8,30±0,8	52,64±2,1	132±7,3	90,45±4,2
BÇ ₂	8,37±0,5	49,25±1,9	118±5,8	89,69±4,9
BÇ ₃	9,18±0,8	42,40±2,4	88±6,1	85,27±5,6
BÇ ₄	9,53±0,6	40,48±1,8	63±6,8	80,91±2,4
BÇ ₅	9,71±0,8	36,16±1,3	48±5,2	72,15±3,1
BÇ ₆	9,91±0,7	31,72±1,6	29±1,8	65,92±5,3
KÇ ₁	6,90±0,5	50,26±2,4	138±9,3	90,86±4,2
KÇ ₂	6,93±0,5	48,13±1,7	122±9,7	89,75±1,8
KÇ ₃	7,03±0,5	43,77±1,9	96±9,4	86,4±1,2
KÇ ₄	7,36±0,3	39,17±3,2	71±4,6	82,25±3,4
KÇ ₅	7,79±0,6	33,73±2,6	57±1,5	77,76±3,8
KÇ ₆	7,83±0,5	30,43±1,4	34±4,9	69,29±2,7

*BK:biyokütle külü, KK:kömür külü, PÇ:polielektrolit ilave edilmiş arıtma çamuru (kontrol)

Artan oranlarda biyokütle ve kömür külü içeren uygulamaların özgül filtre direnci ve filtre keki nem miktarı değerleri (Tablo 3) göz önünde bulundurularak, her iki kül kullanımında da en iyi sonuçlara sahip uygulamaların mikrogaf ve SEM görüntüleri çekilmiştir. Bunun yanında bu uygulamaların mikrogaf ve SEM görüntüleri ham arıtma çamuru ve polielektrolit kullanılan kontrol uygulamasının görüntüleri ile karşılaştırılmıştır (Şekil 1). Mikrogaf görüntüleri incelendiğinde, ham çamurun katı partiküllerinin dağınık ve birbirine uzak olduğu buna karşın, polielektrolit ve kül içeren uygulamalar olan PÇ, BÇ6 ve KÇ6 uygulamalarında, katı partiküllerin belirgin şekilde bir araya toplandığı görülmektedir. Bu

durum SEM görüntülerinde daha belirgindir. Şekil 1' deki SEM görüntüleri incelendiğinde, işlem görmemiş arıtma çamuruna göre, PÇ, BÇ6 ve KÇ6 uygulamalarında, flok oluşumunun ve mukavemetinin arttığı flok kırılmasının azaldığı ve flokların birbirine yaklaştığı söylenebilir. Bu durum benzer çalışmalarda da rapor edilmektedir. Bu çalışmalarda flok oluşumunun su verme özellikleri üzerinde ki en önemli etkisinin, çamur içerisindeki küçük partiküllerin azalması ile bu küçük partiküllerin, filtre kek gözeneklerini tıkamalarının engellenmesi olarak belirtilmektedir. Böylece çamur içindeki su uygulanan mekanik kuvvetlerin etkisiyle daha kolay çamurdan uzaklaşmaktadır[10, 11, 23].



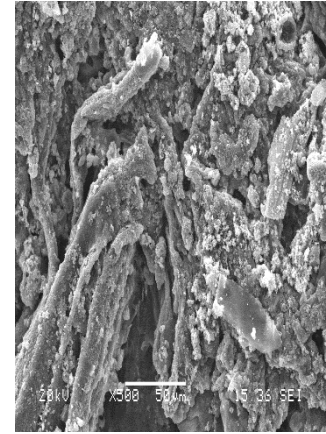
A1. Arıtma Çamuru Mikrografi



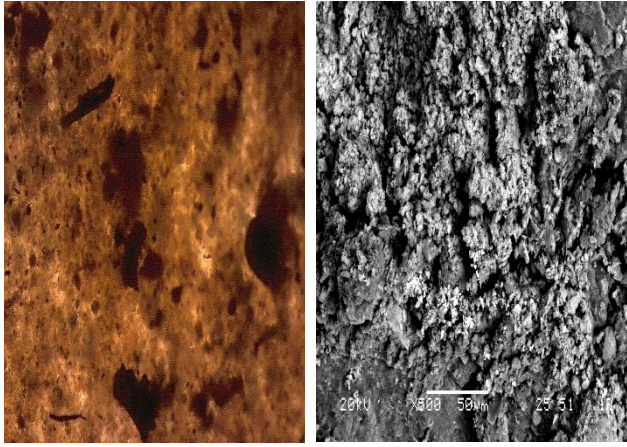
A2. Arıtma Çamuru SEM



B1. PÇ Mikrografi

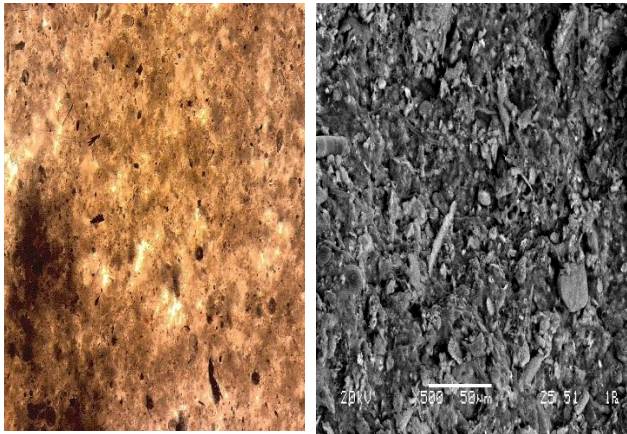


B2. PÇ SEM



C1. BÇ₆ Mikrografi

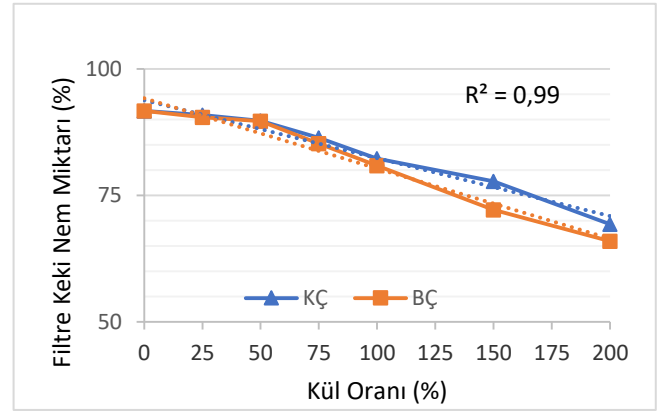
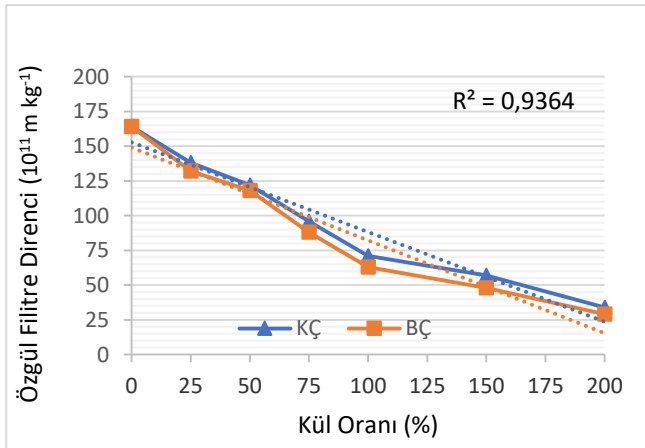
C2. BÇ₆ SEM



D1. KÇ₆ Mikrografi

D2. KÇ₆ SEM

Şekil 1. Bazı numunelerin mikrograf ve SEM görüntüleri (Micrograph and SEM images of some samples)



Şekil 2. Biyokütle ve kömür külü uygulamalarının özgül filtre direncine ve filtre keki nem miktarlarına etkilerinin karşılaştırılması (Comparison of the effects of biomass and coal ash applications on specific filter resistance and filter cake moisture content)

Bununla birlikte bu çalışmada biyokütle külü ve kömür külünün arıtma çamurlarının su verme özellikleri üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır (Şekil 2). Bu karşılaştırma sonucunda da, her ne kadar biyokütle külünden elde edilen sonuçlar kontrol uygulamasına daha yakın olsa da, her iki kül uygulamasının özgül filtre direnci ($R^2 = 0,99$) ve filtre keki nem miktarı ($R^2 = 0,99$) değerlerin istatistiksel olarak birbirine çok yakın olduğu görülmüştür.

Ancak tablo 4’ de verilen biyokütle ve kömür küllerinin ağır metal değerleri incelendiğinde, Zn değeri dışındaki incelenen tüm parametrelerde kömür külünün ağır metal oranları yüksek bulunmuştur. Bu sonuç dikkate alındığında, kül uygulamaları arasında arıtma çamurunun su verme özelliklerinin iyileştirilmesi açısından önemli bir fark olmamasına rağmen, biyokütle külü kullanımının daha uygun olacağı düşünülmektedir. Özellikle kül uygulamalarının çamurun su verme özellikleri üzerindeki etkisinin %50 gibi yüksek karışım oranından sonra artmaya başladığı göz önünde bulundurulduğunda (Şekil 2), ağır metal oranı düşük olan biyokütle külü kullanımı, arıtma çamurunun ağır metal seviyesinin korunmasında faydalı olacaktır[25].

4. SONUÇLAR (CONCLUSION)

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, bugüne kadar literatürdeki konu ile ilgili çalışmalarda hiç denenmemiş olan biyokütle küllerinin, kömür küllerinde olduğu gibi, evsel atık su arıtma çamurlarının özgül filtre direncini ve filtre keki

nem miktarını düşürerek su verme özelliklerinin iyileştirilmesinde etkili olabileceğini ortaya koymuştur. Çalışma sonuçları ve literatürde sunulan bilgiler birlikte değerlendirildiğinde, kullanılan kül miktarındaki artışla doğru orantılı olarak, çamurun su verme özelliklerinin iyileştiği ve bu iyileşmede etkili olan unsurların çamurun negatif elektriksel yükünün düşmesi, flok oluşumu ve mukavemetinin artması ve çamur içindeki küçük partiküllerin azalması olduğu sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte biyokütle ve kömür külü uygulamalarının çamurun su verme özelliklerine etki düzeyleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Ancak ağır metal içeriği daha düşük olan biyokütle külü kullanımının, özellikle arıtma çamurlarının susuzlaştırılmasından sonraki, bitki besin elementi veya toprak iyileştirici olarak kullanımı gibi bertaraf seçenekleri için uygun olduğu düşünülmektedir.

Tablo 4. Çalışmada kullanılan biyokütle ve kömür küllerinin ağır metal değerleri (Heavy metal values of biomass and coal ash used in the study)

Ağır Metaller	Biyokütle Külü	Kömür Külü
Cd (mg.kg ⁻¹)	2,21±0,2	5,3±1,9
Cu (mg.kg ⁻¹)	46,28±4,8	58,6±6,8
Ni (mg.kg ⁻¹)	24,82±5,1	36,9±4,7
Pb (mg.kg ⁻¹)	25,86±4,8	62,2±14,1
Zn (mg.kg ⁻¹)	661,18±12,6	286,4±19,2
Cr (mg.kg ⁻¹)	49,34±7,6	79,3±11,3
Co (mg.kg ⁻¹)	4,17±0,4	12,6±2,8

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Ş.Yıldız, E.Yılmaz ve E.Ölmez, “Evsel Nitelikli Arıtma Çamurlarının Stabilizasyonla Bertaraf Alternatifleri: İstanbul Örneği”, *Türkiye’ de Katı Atık Yönetim Sempozyumu* (TÜRKAY 2009) YTÜ, 15-17 Haziran, İstanbul, 2009.
- [2] H.Yasui ve M.Shibata, “An innovative approach to reduce excess sludge production in the activated sludge process”. *Water Science and Technology*, sayı 30, 9, pp. 11-20,1994.
- [3] A.Filibeli ve G.E.Kaynak, “Arıtma çamuru miktarının azaltılması ve özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla yapılan ön işlemler” *İTÜ dergisi/e Su Kirlenmesi Kontrolü*, cilt:16, sayı:1-3, pp. 3-12, 2006.
- [4] J.H.Bruss, P.H.Nielsen ve K.Keiding, “On the stability of activated sludge flocs with implications to dewatering”, *Water Res.* sayı 26, pp. 1597–1640,1992.
- [5] Y. Chen, Y.S. Chen ve G. Gu, “Influence of pretreating activated sludge with acid and surfactant prior to conventional conditioning on filtration dewatering”, *Chem. Eng. J.* sayı 99 pp. 137–143, 2004.
- [6] E. Friedler ve E. Pisanty, “Effects of design flow and treatment level on construction and operation costs of municipal wastewater treatment plants and their implications on policy making”, *Water Res.* sayı 40, pp. 3751–3758,2006.
- [7] H.Saveyn, G.Pauwels, R. Timmerman ve P.V.Meeren, “Effect of polyelectrolyte conditioning on the enhanced dewatering of activated sludge by application of an electric field during the expression phase”, *Water Res.* sayı 39, pp. 3012–3020,2005.
- [8] H.F.Van der Roest, P.Roeveld ve P.Stamperius, “Optimising sludge treatment in the Netherlands”. *Water*, sayı 21 (8–9), pp. 23–25,1999.
- [9] M.A.Tony, Y.Q.Zhao, J.F.Fu ve A.M.Tayeb, “Conditioning of aluminium-based water treatment sludge with Fenton’s reagent: Effectiveness and optimising study to improve dewaterability”, *Chemosphere*, sayı 72, pp. 673–677, 2008.
- [10] H. Yuan, N. Zhu ve L.Song, “Conditioning of sewage sludge with electrolysis: Effectiveness and optimizing study to improve dewaterability” *Bioresource Technology* sayı 101 pp. 4285–4290, 2010.
- [11] C.Chen, P.Zhangc, G.Zenga, J. Denga, Y. Zhoua ve H.Lud, “Sewage sludge conditioning with coal fly ash modified by sulfuric acid”, *Chemical Engineering Journal*, sayı 158, pp. 616–622, 2010.
- [12] S.V.Vassilev, D.Baxter, L.K.Andersen ve C.G.Vassileva, “An overview of the chemical composition of biomass” *Fuel*, sayı 89, pp. 913–933, 2010.
- [13] X.C.Baxter, L.I.Darvell, J.M.Jones, T.Barraclough, N.E.Yates ve I.Shield, “Miscanthus combustion properties and variations with Miscanthus agronomy” *Fuel* sayı 117, pp. 851–869, 2014.
- [14] O.H. Dede, G. Dede ve S. Ozdemir, “Agricultural and municipal

wastes as container media component for ornamental nurseries” *International Journal of Environmental Research*, sayı 4, pp.193-200,2010.

performance of four different sewage sludge amendments” *Compost Science and Utilization*, sayı 22, pp.207-215, 2014.

5.

- [15] D.Eliche-Quesada ve J. Leite-Costa,” Use of bottom ash from olive pomace combustion in the production of eco-friendly fired clay bricks” *Waste Management*, sayı 48, pp. 323–333, 2016.
- [16] W.Lee, S.Kang ve H.Shin, “Sludge characteristics and their contribution to microfiltration in submerged membrane bioreactors” *Journal of Membrane Science*, sayı 216, pp. 217–227, 2003.
- [17] C.H.Lee ve J.C.Liu, “Enhanced sludge dewatering by dual polyelectrolytes conditioning” *Wat. Res. cilt 34*, sayı. 18, pp. 4430-4436, 2000.
- [18] F.Fornes, R. M.Belda, C.Carrion, V. Noguera, P.Garcia-Agustin ve M.Abad, “Pre-conditioning ornamental plants to drought by means of saline water irrigation as related to salinity tolerance” *Scientia Horticulturae*, sayı 113, pp. 52-59, 2007.
- [19] Z.Guo ve W.Liu, “Biomimic from the superhydrophobic plant leaves in nature: Binary structure and unitary structure” *Plant Science*, sayı 172, pp 1103-1112, 2007.
- [20] S. Özdemir ve N.N. Nuhoglu “Arıtma Çamurları”, *Sakarya Üniveristesi Yayınları* No : 120, 2015
- [21] N. Bohm ve W. M.Kulicke, “Optimization of the use of polyelectrolytes for dewatering industrial sludge of various origins” *Colloid Polym. Sci.* sayı 275, pp. 73-81, 1997.
- [22] S. Chitikela ve S.Dentel “Dual chemical conditioning and dewatering of anaerobically digested biosolids: laboratory evaluations” *Wat. Environ. Res.* sayı 70, pp. 1062-1069, 1998.
- [23] J. Benítez, A. Rodríguez ve A. Suárez, “Optimization technique for sewage sludge conditioning with polymer and skeleton builders”, *Water Res.* sayı 28, pp. 2067–2073, 1994.
- [24] R.J. Wakeman, “Separation technologies for sludge dewatering”, *J. Hazard. Mater.* sayı 144, pp. 614–619, 2007.
- [25] S. Ozdemir, O.H. Dede ve G. Dede, “Comparison of the composting