

INVESTIGATION OF TREATABILITY OF LEACHATES COMBINING WITH DOMESTIC WASTEWATER BY ELECTROCOAGULATION PROCESS

Uğur KURT*, Fatih İLHAN, N. Cemre BİRBEN, Kübra ULUCAN, M. Talha GÖNÜLLÜ

Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Esenler-İSTANBUL

Received/Geliş: 31.08.2009 Revised/Düzeltilme: 22.06.2010 Accepted/Kabul: 09.07.2010

ABSTRACT

Because of its complex structure and high pollutant concentrations, leachate is the leading wastewater that is difficult to be treated. It contains many pollutants particularly organic and nitrogenous compounds, therefore it is not possible to treat with single process. To reduce pollutants in that wastewaters, basic mechanism is the treatment with combinations of various processes. Dissimilar to this treatment, it is possible to treat domestic wastewater and leachate together within only single process. Thus, treatment with only a single process of both high flow domestic wastewater and high strength leachate can be attained in shorter time. In accordance with this purpose, the results are obtained by operating the reactor at different dilution rate and operation conditions. In the first step, it is investigated if it can be treated at different operation conditions (current density and time of treatment) and various dilution rate of domestic wastewater and leachate (1, 2, 5 and 10%). In consequence of the treatment, while 61% removal of COD of leachate is attained by just 30 minutes treatment, 88% removal of COD of domestic wastewater is attained at same operation conditions. While 55-60% removal (on COD basis) at dilution rates of 1, 2 and 5% is obtained, at 10% dilution rate lower removal rate is obtained. In the light of these data, it is concluded that, besides its removal rate, dilution rate of 1 and 2% can be used because of satisfactory effluent concentration desired for deep sea discharge. By this means, it can be seen that efficient treatment of a wastewater that is difficult to be treated alone can be obtained in a short time by combining with a different wastewater.

Keywords: Electrochemical treatment, electrocoagulation, leachate, COD.

SIZINTI SULARININ EVSEL ATIKSULARLA BİRLİKTE ELEKTROKOAGÜLASYON PROSESİYLE ARITILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Sızıntı suları kompleks yapıları ve yüksek kirletici konsantrasyonları nedeniyle arıtımı en zor atıksuların başında gelmektedir. Başta organik ve azotlu bileşikler olmak üzere birçok kirleticiyi bünyesinde barındırdığı için tek bir yöntemle arıtılması mümkün değildir. Genel mekanizma farklı proses kombinasyonlarıyla bu atıksudaki kirleticilerin indirgenmesidir. Farklı bir yöntem ise evsel atıksular ile sızıntı sularını birleştirilerek her iki atıksuyu tek bir proseste arıtılabilmektedir. Bu sayede tek bir prosesle çok daha kısa sürede gerek yüksek kirletici özelliğe sahip sızıntı suyunun ve gerekse yüksek debideki evsel atıksuyun giderilmesi sağlanabilecektir. Bu amaçla farklı karışım oranları ve farklı işletme şartlarında kurulan reaktör çalıştırılarak sonuçlar alınmıştır. İlk aşamada evsel atıksu ve sızıntı suları çeşitli (%1, 2, 5 ve 10) oranlarda karıştırılmış ve farklı işletme şartlarında (Akım yoğunluğu ve Arıtım süresi) arıtılabilirliği incelenmiştir. Yapılan arıtım sonrasında KOİ bazında yalnızca sızıntı suyunda 30 dakikalık arıtım süresi sonrasında %61'lik bir giderim verimi elde edilebilirken, aynı şartlar altında evsel atıksu için %88'lik bir giderim verimi elde edilebilmiştir. %1,2 ve 5'lik karışımlarda elde edilen giderim verimleri %55-60 seviyelerindeyken %10'luk karışımda düşük bir giderim verimi sağlanabilmiştir. Bu veriler ışığında giderim verimi yanı sıra derin deniz deşarjı için gerekli çıkış konsantrasyonu sağlandığı için %1 ve %2'lik karışım değerlerinin kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Bu sayede tek başına arıtılabilirliği zor bir atıksu farklı bir atıksu ile birleştirilerek kısa sürede etkin bir şekilde arıtılabileceği görülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Elektrokimyasal arıtım, elektrokoagülasyon, sızıntı suyu, KOİ, NH₃-N.

* Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: ukurt@yildiz.edu.tr, tel: (212) 383 53 92

1. GİRİŞ

Katı atıkların bertarafında kullanılan yöntemlerin başında hiç şüphesiz depolama gelmektedir. Düzenli depolama tekniği gerek ekonomik ve gerekse bir çok atık tipine uygulanabilirliği açısından oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ülkemizde de yer yer farklı katı atık yönetim planlarına şahit olsak bile bu planların içerisinde depolama basamağı mihenk taşı olarak kendine yer bulmuştur. Depolama tekniklerinin en önemli dezavantajı sızıntı suyu gibi arıtımı oldukça zor ve içeriği son derece kompleks bir atıksuyun oluşumudur. Sızıntı suyu arıtımı ile ilgili olarak uzun yıllardır farklı yöntemler üzerine çalışmalar yürütülmektedir. Öyle ki sızıntı çok farklı kirletici türlerini bir arada barındırdığı için tek bir yöntemle arıtılması pek mümkün gözükmemektedir. Depo alanının kullanım yılına bağlı olarak ortaya çıkan sızıntı suyu karakteristiğindeki değişimlerde arıtım yöntemi seçiminde büyük olumsuzluklara yol açmaktadır. Öyle ki zamanla çok farklı bir karakteristik ortaya çıkarken aynı yöntemle ortaya çıkan bu yeni atıksuyun da arıtılabilmesi ilk zamanlardan beri problem olmuştur. Sızıntı suyu içeriği nedeniyle ilk yıllarda biyolojik arıtım öngörülürken ilerleyen dönemlerde ileri oksidasyon prosesleri ile yüksek giderim verimi elde edebilmek mümkün olabilmektedir. Her ne kadar bu konu üzerine birçok çalışma yapılsa da halen daha ekonomik ve daha yüksek verimli arıtım prosesleri üzerine çalışmalar sürdürülmektedir. Literatür incelendiğinde sızıntı suları Aerobik ve anaerobik olarak arıtılabildikleri [1,4] gibi konvansiyonel yöntemlerle (MAP Prosesi, Amonyak Sıyırma, Kimyasal Çöktürme, vb.) arıtılabilmektedir[5-6]. Ayrıca Membran prosesleri ile [7-9] ve ileri oksidasyon prosesleri ile de(Ozonlama, UV, H₂O₂, Fenton, Elektrokoksidasyon vb.) [10-14] arıtılabilirliği üzerine birçok çalışma yapılmıştır.

Tüm atıksuları göz önüne aldığımızda en yüksek debili atıksular evsel atıksulardır. Endüstri türlerine bağlı olarak endüstriyel atıksu tipleri değişkenlik gösterirken evsel atıksular her bölgede oluşmaktadır. TÜİK 2006 yılı verilerine göre yalnızca İstanbul'da 1260 milyon m³ evsel atıksuyun arıtımı gerçekleştirilmiştir. Evsel atıksular farklı proseslerle giderilebilirken en yaygın olarak kullanılan proses biyolojik arıtım yöntemleridir. Literatüre bakıldığında [15-21] çok farklı yöntemlerle evsel atıksuların arıtılabilirliği üzerine çalışıldığı görülmektedir.

Literatürde her iki atıksu ve benzer atıksular için sıklıkla görülen yeni yöntemlerden biri de elektrokimyasal arıtım yöntemlerinden elektrokoagülasyondur. Hızlı ve etkili bir proses olması nedeniyle yaygın olarak bu proses üzerine çalışmalar sürdürülmektedir. Gerek evsel atıksuların ve gerekse sızıntı sularının son yıllarda hızla kullanım alanı bulan elektrokoagülasyon prosesleriyle arıtılabilirliği yapılan çalışmalarla belirlenmiştir[22-23]. Elektrokoagülasyon Elektrokimyasal arıtım yöntemleri içme suyu arıtımı, evsel atıksu, tekstil atıksuları, restaurant atıksuları, boyalı atıksular, mezbaha atıksuları, süt endüstrisi atıksuları, sızıntı suları, kağıt endüstrisi atıksuları, deterjan atıksuları ve maden atıksuları gibi bir çok alanda uygulanmaktadır. Elektrokimyasal arıtım yöntemleri, deflorinasyon, ağır metal giderimi, yağ giderimi, organik madde giderimi, askıda katı madde giderimi, renk giderimi, nitrat giderimi, fenol giderimi, arsenik giderimi, poliaromatik organik kirlilik, lignin ve organik kirliliğin gideriminde yaygın olarak kullanılabilmektedir[24-27].

Evsel atıksuların arıtımı sızıntı suyuna oranla çok daha kolay olabilmektedir. Sızıntı suları debi olarak evsel atıksu debisi yanında çok düşük bir debiye sahip olmasına karşın çok yüksek kirletici parametre içermektedir. Bu nedenle sızıntı sularının evsel atıksular ile belli oranlarda karıştırılmak suretiyle gerek kirletici konsantrasyonunu düşürmek mümkün olabilecektir. Bu farklı bir atıksuyla seyreltip seyreltilen atıksu karakteristiğine yakın yeni bir atıksu oluşumuna yol açmaktadır. Bu açıdan bakıldığında sızıntı suyunun evsel atıksu arıtma tesisleri yoluyla bazı modifikasyonlarla arıtılabilirliği mümkün olabilecektir[28-30]. Bu amaçla yapılması düşünülen bu çalışmada evsel atıksular ile farklı oranda karıştırılacak olan sızıntı sularının son yıllarda gelişmekte olan yöntemlerden elektrokoagülasyon yöntemiyle giderilebilirliği incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma boyunca tüm sızıntı suyu ihtiyacı İSTAÇ A.Ş. tarafından Odayeri Düzenli Depolama Alanı'ndan getirilmek suretiyle sağlanmıştır. Evsel Atıksu olarak ise çalışma süresi boyunca Paşaköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi giriş suyu kullanılmıştır. Sağlanan sızıntı suyu ve evsel atıksuya ait genel karakteristik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

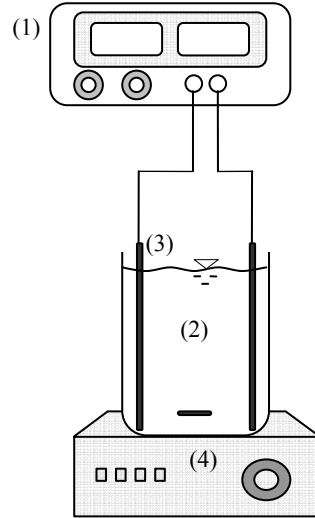
Çizelge 1. Çalışmada kullanılan sızıntı suyu ve evsel atıksuyun genel özellikleri

Parametre	Birim	SS	EAS
KOİ	mg/L	38800	245
BOİ ₅	mg/L	26100	150
BOİ ₅ / KOİ	-	0,67	0,61
pH	-	7,30	7,75
AKM	mg/L	1160	95
İletkenlik	mS/cm	29,00	1,75

Çalışma boyunca yapılan tüm analizler Standart Methods'a bağlı olarak gerçekleştirilmiştir[31]. Tüm KOİ analizleri Açık Reflux Metodu ile gerçekleştirildiği gibi bu ve diğer analizler her çalışma öncesi ve sonrasında tekrarlı şekilde yapılmıştır.

Bu çalışmada elektrokimyasal hücreye gerekli akımı vermek amacıyla dijital göstergeli, akım ve elektriksel gücün ayarlanabildiği GW INSTEK marka güç kaynağı kullanılmıştır. pH analizleri için gerekli pH metre olarakta JENWAY USIS marka pHmetre kullanılmıştır.

Çalışma süresince 6.0cm x 6.0cm x 15.0cm'lik ölçülerde bir reaktör kullanılmış olup kesikli şekilde çalışılmıştır. Ayrıca demir ve alüminyum elektrotlar kullanılarak elektrokoagülasyon prosesinde farklı koagülant yapıları oluşturulmuştur. Her bir reaksiyon süresi ayrı setler halinde çalışılarak elektrokimyasal arıtım sonrası çöktürme uygulamak suretiyle gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmanın gerçekleştirildiği reaktörün temsili bir şekli Şekil 1'de verilmektedir.



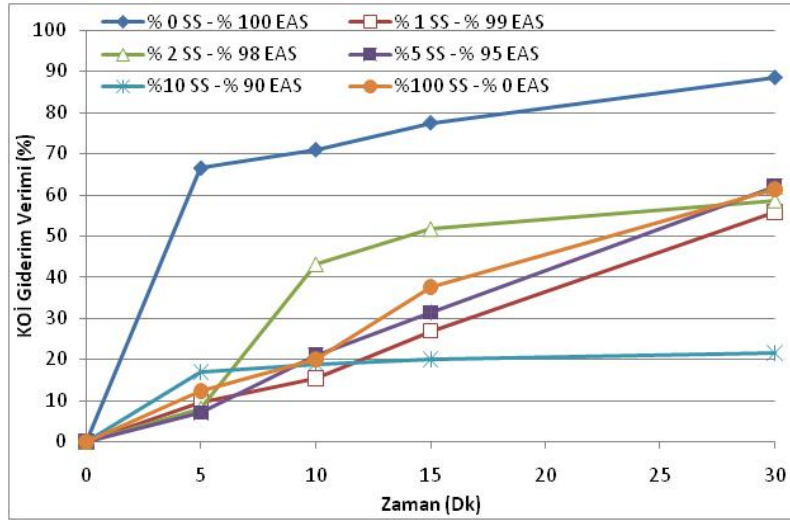
Şekil 1. Deneysel Düzenek; (1) DC Güç Kaynağı (2) Reaktör, (3) Elektrot (4) Manyetik Karıştırıcı

Elektrokoagülasyon çalışmalarında çökeltme çok büyük önem taşımaktadır. Yapılan çalışmalarda yoğun bir flok oluşumu ilk dakikalardan itibaren gözlemlenmiştir. Her bir çalışmadan sonra reaktör yarım saat çökelmeye bırakılmıştır. Daha sonra üst fazdan numuneler alınmak suretiyle gerekli analizler yapılmıştır.

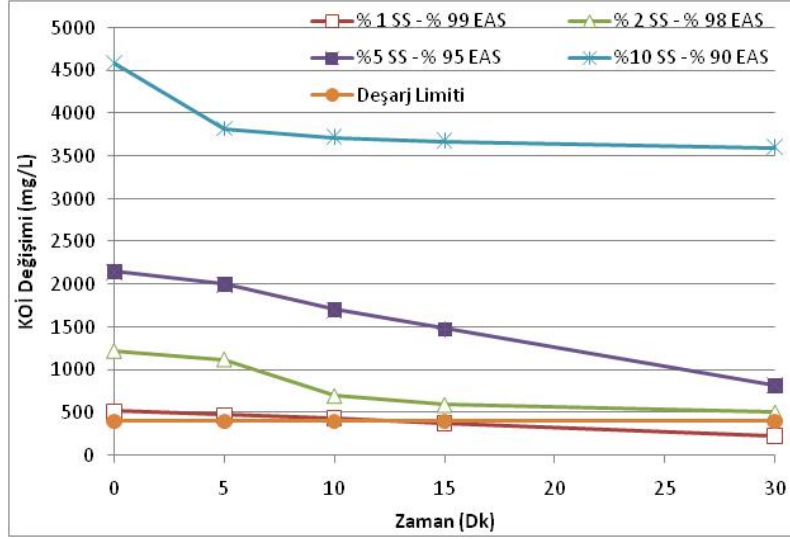
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. KOİ Giderimi

KOİ, atıksularda organik kirliliği ifade eden en önemli kirletici parametrelerin başında gelmektedir. Tüm atıksu deşarj standartlarında KOİ değeri belli bir limit değeri altına indirilmesi istenir. KOİ'ye neden olan bileşikler partiküler ve çözülmüş formda olabilmektedirler. Elektrokoagülasyon prosesinin partiküler kirleticiler üzerinde etkin olması KOİ giderimi amacıyla bu prosesin kullanılabilmesinin bir kanıtıdır[32]. Gerek sızıntı suyu ve gerekse evsel atıksu içerisinde yüksek miktarda KOİ bulunması ve bu kirletici maddelerin limit altına indirilmesi gerekliliği bu parametrenin bu çalışmada incelenmesini gerekli kılmıştır. Şekil 2a ve 2b incelendiğinde elektrokoagülasyon prosesiyle sızıntı suyu ve evsel atıksu karışımından KOİ giderimi ve değişimine ait sonuçlar verilmektedir.



Şekil 2a. SS-EAS karışımından elektrokoagülasyon prosesiyle KOİ giderimi

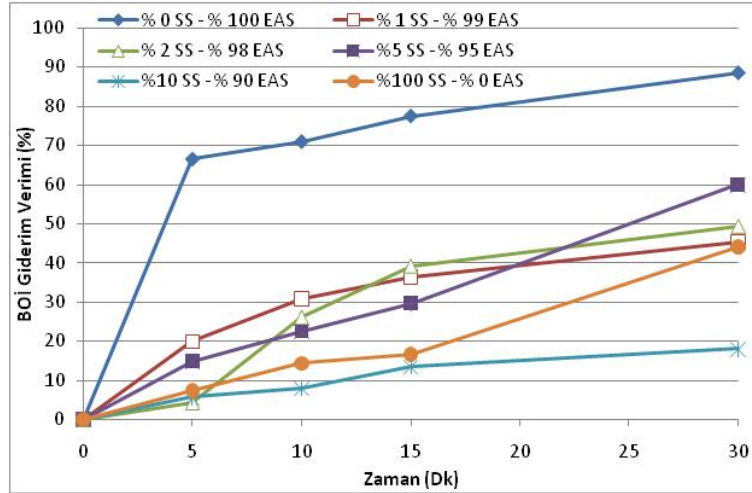


Şekil 2b. SS-EAS karışımından elektrokoagülasyon prosesiyle KOİ değişimi

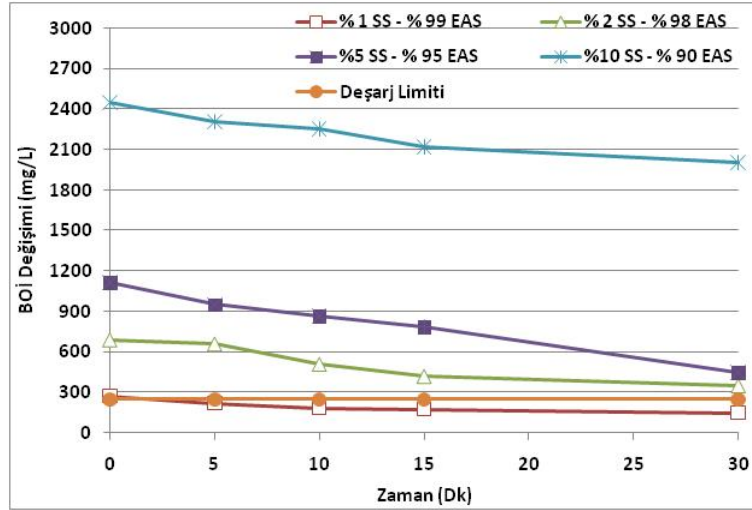
Şekil 2a ve 2b incelendiğinde ortalama %50 ve 60 dolaylarında bir KOİ giderimi elde edildiği görülüyor. Bu söz konusu kirleticilerin büyük bölümünün partiküler yapıda olduğunu göstermektedir. Her ne kadar yalnızca sızıntı suyu ile yapılan çalışmada da %60'ın üzerinde bir giderim verimi sağlansa da bu şekilde bir deşarj söz konusu olamamaktadır. Bu açıdan bakıldığında giderim verimi yanı sıra KOİ değişimi grafiğinde derin deniz deşarjı için sınır değer verilmektedir. Bu bağlamda deşarj limitinin altına indirildiği %1'lik çalışmanın KOİ açısından uygulanabileceği söylenebilir.

3.2. BOİ₅ Giderimi

Organik kirletici parametrelerin en önemli unsurlarından bir diğeri de şüphesiz BOİ olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle evsel atıksu arıtma tesislerinin kısmi modifikasyonu bu prosesin önerilebileceğini düşünürsek biyolojik olarak giderim bu açıdan önem arz etmektedir. Bu nedenle karışımın elektrokoagülasyon prosesiyle arıtımının biyolojik olarak parçalanabilirliği üzerindeki etkisini incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 3a ve 3b'de verilmiştir.



Şekil 3b. SS-EAS karışımından elektrokoagülasyon prosesiyle BOİ₅ değışımi



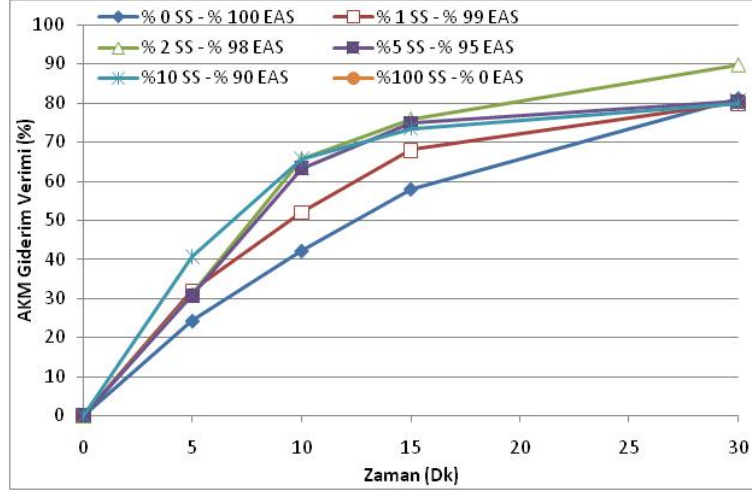
Şekil 3b. SS-EAS karışımından elektrokoagülasyon prosesiyle BOİ₅ değışımi

Şekil 3a ve 3b incelendiğinde KOİ giderimine benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Her iki atıksudaki organik kirliliğin %60'ından fazlasının biyolojik olarak parçalanabilir nitelikte olması da bu sonucun ortaya çıkmasında etkilidir. Yine derin deniz deşarjı için limit değeri göz önüne alınırsa %1'lik bir karışım sağlandığı takdirde KOİ gibi, BOİ değeri de istenilen limit eğerin altına rahatlıkla çekilebileceği görülmektedir.

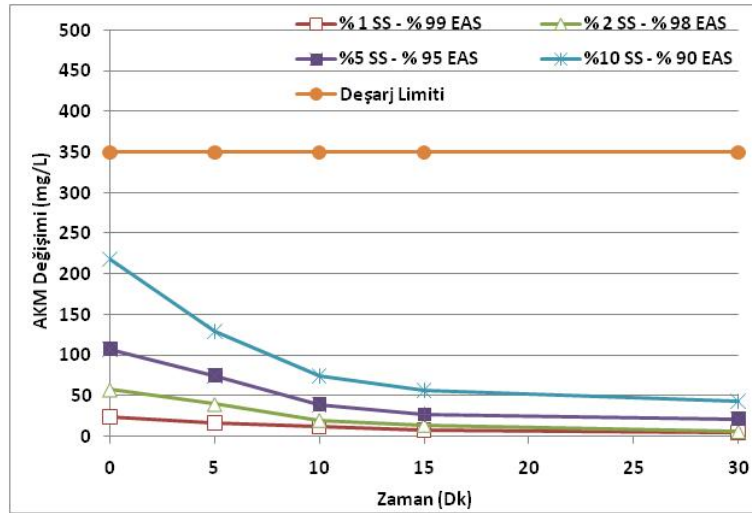
3.3. AKM Giderimi

Askıda katı maddeler başta organik kirlenimler olmak üzere bünyelerinde bir çok kirleniciyi barındırabilmektedirler. Giderimleri çözülmüş bileşiklere oranla daha kolay olmakla birlikte en

etkin giderim yöntemlerinden biri kimyasal çöktürmedir. Kimyasal koagülasyonun modifiye şekli olarak düşünebileceğimiz elektrokoagülasyon prosesiyle askıda katı maddelerin yüksek bir verimde giderilebilecekleri bilindiği gibi daha az çamur oluşumu sayesinde etkin bir giderim sağlayacağı öngörülebilir[22]. Şekil 4a ve 4b de askıda katı maddelerin farklı oranlarda karıştırılan EAS ve SS atıksulardan giderimi verilmektedir.



Şekil 4a. SS-EAS karışımından elektrokoagülasyon prosesiyle AKM giderimi



Şekil 4b. SS-EAS karışımından elektrokoagülasyon prosesiyle AKM giderimi

Şekil 4a ve 4b incelendiğinde karışım atıksuyundaki kirlenmelerin büyük bir bölümünü oluşturan askıda katı maddelerin elektrokoagülasyon prosesiyle etkin bir şekilde giderilebildiğini görebiliriz. Söz konusu giderimin büyük bir bölümünün ilk 10-15 dakika içerisinde

gerçekleştiriliyor oluşu bu prosesin süresinin kısaltılarak daha ekonomik bir arıtım yöntemi şeklinde sunulabileceği de göz ardı edilmemelidir.

4. SONUÇLAR

Sızıntı suları oluşturan tesiste arıtımı her zaman problem teşkil etmiştir. Yüksek kirletici konsantrasyonları ve kompleks içeriği nedeniyle farklı proses kombinasyonları ile ancak arıtılabilen bu atıksuyun kanala deşarj edilmesi suretiyle evsel atıksularla karıştırılarak evsel atıksu arıtma tesislerinde arıtımı sağlanabilmektedir. Her ne kadar evsel atıksu arıtma tesisleri yalnızca evsel atıksu karakteristiğine göre düzenlenmiş olsa da basit bir modifikasyonla düşük yüzdeli karışım atıksularının arıtılabileceği belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmada %0, 1, 2, 5 ve 10'luk sızıntı suları evsel atıksularla karıştırılıp elektrokoagülasyon yöntemiyle arıtmaya çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında %10'luk harici diğer karışımlarda %50-60 mertebelerinde bir KOİ ve BOİ gideriminin, %80 civarında da bir AKM giderimine rastlanmıştır. Yalnız verim yanı sıra çıkış suyu konsantrasyonu tesis çıkışı derin deniz deşarjı yapılması düşünüldüğü varsayılarak limit değerlerle karşılaştırılmıştır. Bu açıdan bakıldığında %1'lik karışım değerleri organik bileşenlerin için limit değerlerin altına indirgenebilmiştir. %1'lik SS karıştırılan evsel atıksular, elektrokoagülasyon ile arıtılabilmektedir. Bu bağlamda KOİ konsantrasyonu %55.8'lik bir giderim verimi ile 230mg/L seviyelerine, BOİ₅ konsantrasyonu %45.5 ile 150mg/L seviyelerine ve AKM konsantrasyonu da %81.1 ile 5 mg/L seviyelerine indirgenmiştir. Toplam azot değeri de ilave bir modifikasyon ile uygun değerlere indirgenerek tüm depo sahalarında kullanılabileceği belirlenmiştir. Yangın ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada böyle bir uygulamanın başarı ile kullanılabileceği sonucuna varmışlardır[29]. Yalnız bu işlem için işletme şartlarında yapılacak optimizasyon ile hem giderim veriminin artırılması hem de işletme maliyetinin düşürülmesi sağlanabilecektir. Ayrıca kesin ve net bir uygulama için de bir ekonomik analizin yapılması geleceğe dair bu uygulamanın ne denli faydalı olacağını gösterebilecektir. Sonuç olarak bu çalışma ile bazı modifikasyonlar yapılarak evsel atıksu arıtma tesislerinde sızıntı sularının da belli oranda karıştırılarak arıtılabileceği sonucuna varılmıştır.

Acknowledgement / Teşekkür

Bu çalışma "Sızıntı Suyu ve Evsel Atıksuyun Birlikte Arıtılmalarında Hızlı ve Ekonomik Bir Yöntem Olarak Elektro-Koagülasyon" konulu "Projem İstanbul" ile desteklenmiş olan Akademik Araştırma Projesi kapsamında hazırlandığı için **İstanbul Büyükşehir Belediye'sine** teşekkür ederiz.

REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] T. Maehlum, Treatment of landfill leachate in on-site lagoons and constructed wetlands, Water Sci. Technol. 32 (1995) 129–135.
- [2] H. Timur, I. Ozturk, Anaerobic treatment of leachate using sequencing batch reactor and hybrid bed filter, Water Sci. Technol. 36 (1997) 501–508.
- [3] T.H. Hoilijoki, R.H. Kettunen, J.A. Rintala, Nitrification of anaerobically pretreated municipal landfill leachate at low temperature, Water Res. 34 (2000) 1435–1446.
- [4] A. Uygur, F. Kargi, Biological nutrient removal from pre-treated landfill leachate in a sequencing batch reactor, J. Environ. Manage. 71 (2004) 9–14.
- [5] J. Fettig, H. Stapel, C. Steinert, M. Geiger, Treatment of landfill leachate by preozonation and adsorption in activated carbon columns, Water Sci. Technol. 34 (1996) 33–40.
- [6] X.Z. Li, Q.L. Zhao, X.D. Hao, Ammonium removal from landfill leachate by chemical precipitation, Waste Manage. 19 (1999) 409–415.

- [7] M. Pirbazari, V. Ravindran, B.N. Badriyha, S. Kim, Hybrid membrane filtration process for leachate treatment, *Water Res.* 30 (1996) 2691–2706.
- [8] T.A. Peters, Purification of landfill leachate with membrane filtration, *Filtration and Separation*, 35 (1998) 33–36.
- [9] L. Di Palma, P. Ferrantelli, C. Merli, E. Petrucci, Treatment of industrial landfill leachate by means of evaporation and reverse osmosis, *Waste Management* 22 (2002) 951–955.
- [10] I.W.C. Lau, P. Wang, H.H.P. Fang, Organic removal of anaerobically treated leachate by Fenton coagulation, *J. Environ. Eng. Sci.* (2001) 666–669.
- [11] P. Haapea, S. Korhonen, T. Tuhkanen, Treatment of industrial landfill leachates by chemical and biological methods: ozonation, ozonation + hydrogen peroxide, hydrogen peroxide and biological posttreatment for ozonated water, *Ozone Sci. Eng.* 24 (2002).
- [12] I. Ozturk, M. Altinbas, I. Koyuncu, O. Arıkan, C. Gomec-Yangin, Advanced physico-chemical treatment experiences on young municipal landfill leachates, *Waste Manage.* 23 (2003) 441–446.
- [13] F. Wang, D.W. Smith, M.G. El-Din, Application of advanced oxidation methods for landfill leachate treatment, *J. Environ. Eng. Sci.* 2 (2003) 413–427.
- [14] J.J. Wu, C. Wu, H. Ma, C.C. Chang, Treatment of landfill leachate by ozone-based advanced oxidation processes, *Chemosphere* 54 (2004) 997–1003.
- [15] E. Behling, A. Diaz, G. Colina, M. Herrera, E. Gutierrez, E. Chacin, N. Fernandez, C. F. Forster, Domestic wastewater treatment using a UASB reactor, *Bioresource Technology*, 61-3 (1997), p. 239-245.
- [16] H. Hasar, C. Kınacı, A. Ünlü, U. İpek, Role of intermittent aeration in domestic wastewater treatment by submerged membrane activated sludge system, *Desalination*, 42-3 (2002), p. 287-293.
- [17] A. G. Vlyssides, P. K. Karlis, N. Rori, A. A. Zorpas, Electrochemical treatment in relation to pH of domestic wastewater using Ti/Pt electrodes, *Journal of Hazardous Materials*, 95-1-2 (2002), p. 215-226.
- [18] A. Saddoud, M. Ellouze, A. Dhoub, S. Sayadi, Anaerobic membrane bioreactor treatment of domestic wastewater in Tunisia, *Desalination*, 207-1-3 (2007), p. 205-215.
- [19] A. Tawfik, M. Sobhey, M. Badawy, Treatment of a combined dairy and domestic wastewater in an up-flow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor followed by activated sludge (AS system), *Desalination*, 227-1-3 (2008), p. 167-177.
- [20] A. Moawad, U.F. Mahmoud, M.A. El-Khateeb, E. El Molla, Coupling of sequencing batch reactor and UASB reactor for domestic wastewater treatment, *Desalination*, 242-1-3 (2009), p. 325-335.
- [21] A. Bistakova, I. Bodik, L. Dancova, Z. Jakubcova, Domestic wastewater treatment with membrane filtration – two years experience, *Desalination*, 240-1-3 (2009), p. 160-169.
- [22] F. İlhan, U. Kurt, O. Apaydin, M. T. Gonullu, Treatment of leachate by electrocoagulation using aluminum and iron electrodes, *Journal of Hazardous Materials*, 154 (2008), p. 381-389.
- [23] U. Kurt, M.T. Gonullu, F. İlhan, K. Varınca, Treatment of domestic wastewater by electro-coagulation in a cell with Fe-Fe electrodes, *Environmental Engineering Science* 25-2 (2008), p. 153-162.
- [24] Mollah M.Y.A., Schennach R., Parga J.R., et. al., “Electrocoagulation (EC) – science and application”, *Journal of Hazardous Materials*, B84, 29-41, 2001.
- [25] Larue O., Vorobiev E., Vu C., et. al., “Electrocoagulation and coagulation by iron of latex particles in aqueous suspensions”, *Separation and Purification Technology*, 31, 177-192, 2003.
- [26] Chen G., “Electrochemical Technologies in wastewater treatment”, *Separation and Purification Technology* 38, 11-41, 2004.

- [27] Alinsafi A., Khemis M., Pons M.N., et. al., “Electro-coagulation of reactive textile dyes and textile wastewater”, *Chemical Engineering and Processing* 44, 461-470, 2005.
- [28] O. Aktas, F. Cecen, Addition of activated carbon to batch activated sludge reactors in the treatment of landfill leachate and domestic wastewater, *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 76 (2001) 793–802.
- [29] C. Yangin, S. Yilmaz, M. Altinbas, I. Ozturk, A new process for the combined treatment of municipal wastewaters and landfill leachates in coastal areas, *Water Sci. Technol.* 46 (2002) 111–118.
- [30] F. Cecen, O. Aktas, Aerobic co-treatment of landfill leachate with domestic wastewater, *Environ. Eng. Sci.* 21 (2004) 303–312.
- [31] APHA, AWWA, and WPCF., “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, 20th Ed., Washington, DC., 1995
- [32] Casillas H.A.M., Cocke D.L., Gomes J.A.G., Morkovsky P., Parga J.R., Peterson E., Electrocoagulation mechanism for COD removal, *Separation and Purification Technology*, 56-2 (2007), p. 204-211.