



Research Article / Araştırma Makalesi
INVESTIGATION OF TREATED LEACHATE REUSING

Ebru AKKAYA*, Ahmet DEMİR, Gamze VARANK

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

Received/Geliş: 31.08.2009 Revised/Düzeltilme: 08.10.2010 Accepted/Kabul: 15.10.2010

ABSTRACT

Because of uncontrolled usage of water sources and drought, preventive measures must be taken. Usage of good quality water in irrigating methods increases in inappropriate water loss. Reuse of treated wastewater is very important in this point. Some component, that causes unwanted results when discharged to receiving water, which can be substrate for many plants. Reuse of treated wastewater, have some benefits like uncontrolled usage of good quality water, preventing negativeness of nitrogen and phosphorus discharge, and providing the substrate necessity of some plants with wastewater.

In this study, treated leachate with pretreatment methods and UF, NF membranes are evaluated as irrigating water, according to maximum heavy metal and toxic element concentration as given in the Technical Procedure Communication [3].

Keywords: Leachate, Irrigation water, Reuse, Treatment with UF-NF.

ARITILMIŞ SIZINTI SUYUNUN TEKRAR KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Su kaynaklarının kontrolsüz kullanım ve kuraklıkla azalması birtakım önlemler almayı zorunlu hale getirmiştir. Bilhassa tarımsal alanlarda iyi kalitedeki suyun uygunsuz sulama yöntemleriyle kullanılması su kaybını arttırmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, arıtmadan geçmiş artık suların tekrar kullanımı önerilen çözüm yollarından biridir. Alıcı ortama deşarj edildiğinde istenmeyen sonuçlara neden olabilen bazı bileşenler, bir takım bitkiler için besin kaynağı olabilmektedir. Arıtılmış atıksuların tekrar kullanımıyla çeşitli faydalar sağlanabilir, bunlar arasında, iyi kalitedeki suyun gereksiz kullanımının önüne geçilmesi, fazla azot, fosfor yükünün deşarjında oluşabilecek olumsuzlukların engellenmesi, bazı bitkilerin besin elementi ihtiyacının bu atık suların sağlanması gibi avantajlar sayılabilir.

Bu çalışmada ön arıtım işlemlerinden sonra UF ve NF membranlarından geçirilmiş sızıntı suyunun sulama suyu kriterleri açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Arıtılmış sızıntı suyu bileşenleri, sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları ile sulama suyu kalite parametreleri Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği [3]'ne göre değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Sızıntı suyu, Sulama suyu, Tekrar kullanım, UF-NF arıtımı.

1. GİRİŞ

Kişi başına yıllık 1000 – 2000 m³ suyu bulunan ülkeler su stresi altında sayılırken Türkiye'nin ekonomik olarak kullanılabilir su miktarı, kişi başına yıllık 1700–1800 m³ civarındadır [5]. Kuraklık ve kontrolsüz kullanım ile birlikte su kaynaklarının azalması günümüzdeki önemli

* Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: ekoca@yildiz.edu.tr, tel: (212) 383 53 95

problemlerin başında gelmektedir. Bu nedenle artılmış atıksuyun tekrar kullanımı gibi uygun çözüm yollarının uygulanması gerekmektedir. Kullanılan suyun % 65-70'inin tarım ve yeşil alan sulamasında kullanıldığı [5] düşünülecek olursa, özellikle tarımsal alanlardaki su kullanımlarında iyi kalitedeki suyun yerine arıtmadan geçmiş uygun nitelikteki atıksuların kullanılması önerilmektedir. Atık sularındaki azot ve fosfor gibi bazı elementler, deşarj edildiğinde istenmeyen bileşenler olmakla birlikte kimi bitkiler için besin kaynağı olmaktadır.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği Madde 46'da, atıksuların araziye verilmeye veya sulamaya uygun olup olmadığını belirlemek için önemli parametreler belirtilmiştir [3]. Bu parametrelerin bazıları şunlardır;

- Suyun içindeki çözülmüş maddelerin toplam konsantrasyonu ve elektriksel iletkenlik,
- Sodyum iyonu konsantrasyonu ve sodyum iyonu konsantrasyonunun diğer katyonlara oranı,
- Bor, ağır metal ve toksik olabilecek diğer maddelerin konsantrasyonu,
- Patojen organizmaların miktarı.

Atıksulardaki bu kirleticilerin miktarı, atıksuyun verileceği bölgenin iklimine, toprağın özelliğine ve bu atıksuyun verileceği bitkinin türüne bağlı olarak, toprakta birikebilir veya bitkiler tarafından alınabilir. Atıksular, arazide kullanılacak ise bölgenin ve toprağın durumu göz önünde bulundurularak belirtilen sınır değerler esas alınır.

Bu çalışmanın amacı, ön arıtım işlemlerinden sonra UF ve NF membranlarından geçirilmiş sızıntı suyunun sulama suyu kriterleri açısından değerlendirilmesidir. Arıtılmış sızıntı suyu bileşenleri, sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları ile sulama suyu kalite parametreleri Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'ne [3] göre değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, sızıntı suyu yukarı akışlı anaerobik reaktörde arıtılıp, membran biyoreaktöre beslenmiştir. Biyolojik olarak ayrışmayan inert kısmın mevcudiyetinden dolayı ilave bir arıtıma ihtiyaç duyulmuş, bu arıtım adımlarından geçirilen sızıntı suyu daha sonra ultra filtrasyon (UF) ve nano filtrasyon (NF) sistemlerinin kullanılmasından oluşan ilave bir arıtım kademesinden geçirilmiştir. Ön arıtımın ardından gerçekleştirilen ultrafiltrasyon ve nanofiltrasyon çalışmaları üç aşamadan oluşmaktadır, ilkinde ön arıtmadan geçmiş sızıntı suyunun ultrafiltrasyondan geçirilmesi, ikinci adımda yine ön biyolojik arıtmadan geçmiş sızıntı suyunun nanofiltrasyondan geçirilmesi, son adımda ise ultrafiltrasyon çıkış sızıntı suyunun nanofiltrasyondan geçirilmesidir.

Ultrafiltrasyon, sızıntı suyundaki yüksek moleküler ağırlıklı maddelerin giderilmesinde kullanılır, düşük moleküler ağırlıklı (MW) parçalar ise filtreden kaçar [7]. Bu çalışmada kullanılan UF membranı gözenek boyutu 0,04 μm 'dir. Kullanılan NF membranı için moleküler ağırlık engelleme sınırı değeri (MWCO) yaklaşık 300 Da'dır. Giderme verimi moleküler ağırlık engelleme sınırı arttıkça fazlalaşır [6]. Deneyde toplam alanı 155 cm^2 olan, NF ve UF membranları kullanılmıştır. UF ve NF çıkış suyundaki ölçülen parametreler APHA'da [2] belirtilen analiz yöntemlerine göre yapılmıştır.

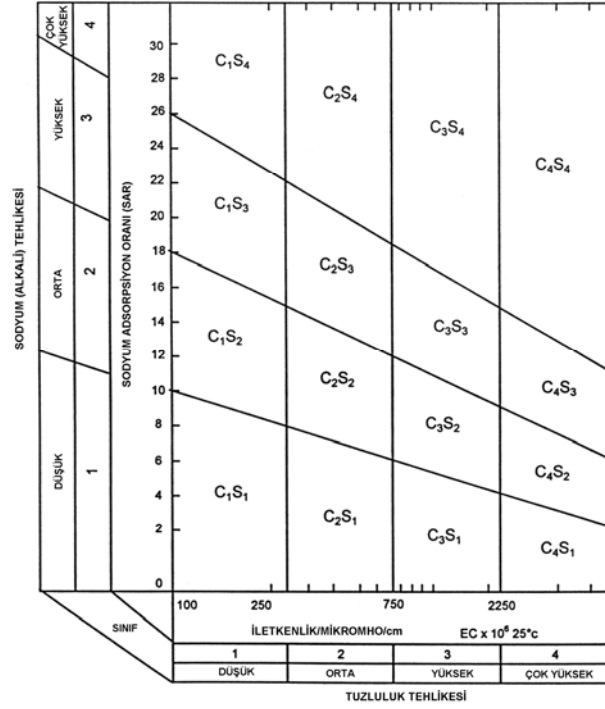
3. ARITILMIŞ SIZINTI SUYUNUN SULAMA SUYU AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

UF ve NF membranlarından geçirilmiş sızıntı suyunun sulama suyu kriterleri açısından değerlendirilmesi amacıyla, arıtılmış sızıntı suyu bileşenleri, sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları ile sulama suyu kalite parametreleri Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'ne [3] göre değerlendirilmiştir.

3.1. SAR Parametresi Açısından Değerlendirme

Suyun sodyum açısından zararlılığının bir göstergesi olarak kullanılan sodyum adsorpsiyon oranı (SAR), sulamada kullanılan arıtılmış atıksudaki sodyumun sulanan toprakta tutulması, başka bir deyişle topraktaki kalsiyum ve magnezyum ile sodyumun yer değiştirme eğilimi olarak tanımlanabilir. Sodyumun kalsiyum ve magnezyum ile yer değiştirmesi, toprağın yapısını değiştirir ve topraktaki su geçişini azaltır. Sodyum konsantrasyonu arttıkça SAR değeri artar, SAR değeri artınca da suyun toprak içine geçişi (infiltrasyonu) azalır.

Şekil 1'deki [3] diyagram, elektriksel iletkenlik ve sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) esas alınarak sulama sularının sınıflandırılması amacıyla kullanılır. Bu diyagrama göre sulama amacıyla kullanılan atıksuyun hangi sınıfta olduğu belirlenebilir.



Şekil 1. Sulama sularının sınıflandırılmasında kullanılan diyagram

UF, NF ve UF+NF çıkış suları Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'nde [3] verilen değerler göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. Buna göre öncelikle UF, NF ve UF+NF için SAR değerleri hesaplanmış ve aşağıdaki Çizelge 1'de diğer parametrelerle birlikte verilmiştir. Çizelgede verilen değerler ve Şekil 1'deki diyagram göz önüne alınarak UF, NF ve UF+NF çıkış suları sulama suyu kriterleri açısından değerlendirildiğinde bu suların SAR ve iletkenlik açısından sulama suyu kriterlerine uymadığı görülmektedir. Şekil 1'de maksimum SAR değeri 30, iletkenlik değeri ise 2500 $\mu\text{mhos/cm}$ 'dir. UF ve NF çalışmalarında SAR ve iletkenlik değerlerinin sırasıyla 40 ve 20000 $\mu\text{mhos/cm}$ civarında olduğu görülmektedir. Şekil 1'deki diyagrama göre SAR ve iletkenliğin ortaklaşa etkisi açısından sulama sınıfını değerlendirdiğimizde; iletkenlik değerlerine göre tüm yıllar için C4 sınıfında, SAR değerlerine göre S4 sınıfında yer almaktadır. C4S4 sınıfına göre arıtılmış sızıntı suyu Çizelge 1'de ihtiyatla

kullanılabilecek sular kapsamına girmektedir. Ayrıca 18000 $\mu\text{mhos/cm}$ iletkenliğe dayanıklı bitkilerden olan çim için uygun teknikler uygulanarak sulama suyu olarak kullanılabileceği Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'nde [3], belirtilmiştir. İletkenlik değeri 2250 $\mu\text{mhos/cm}$ 'den fazla olan suların sulamada kullanılması oldukça az olup, daha ziyade tuza dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesine uygundur. Tuzluluğun bir diğer göstergesi olan Çözünmüş Katı Maddelerin (ÇKM) 5000 mg/L'lik konsantrasyonlarına ancak oldukça dayanıklı bitkiler dayanabilir [4].

3.2. Sulama Suyu Kalite Parametreleri Açısından Değerlendirme

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'nde [3], belirtilen, tarımsal sulamada kullanılacak değişik sınıf sular için istenen sulama suyu kalite kriterleri ve UF, NF çıkış suyu değerleri Çizelge 1'de verilmiştir [1].

Çizelge 1. Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite parametreleri

Kalite kriterleri	I. Sınıf su (çok iyi)	II. Sınıf su (iyi)	III. Sınıf su (kullanılabilir)	IV. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı)	V. sınıf su (zararlı uygun değil)	UF Çıkış	NF Çıkış	UF+NF Çıkış
AKM	20	30	45	60	>100	--	-	-
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6-9	<6 - >9	--	-	-
BOİ ₅ , mg/L	0-25	25-50	50-100	100-200	>200	--	-	-
İletkenlik ($\mu\text{mhos/cm}$)	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	>3000	25000	18000	17000
Değişebilir sodyum yüzdesi (%Na)	<20	20-40	40-60	60-80	>80	70	72	73
Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR)	<10	10-18	18-26	>26	-	38	39,5	40,2
Sodyum karbonat kalıntısı (RSC) mg/L	<66	66-133	>133	-	-	-	-	-
Klorür (Cl ⁻) mg/L	0-142	142-249	249-426	426-710	>710	5050	3472	3142
Sülfat (SO ₄ ²⁻) mg/L	0-192	192-336	336-575	575-960	>960	-	-	-
NO ₃ ⁻ / NH ₄ ⁺ mg/L	0-5	5-10	10-30	30-50	>50	646	441	401
Fekal Koliform 1/100 ml	0-2	2-20	20-100	100-1000	>1000	-	-	-
Toplam tuz (mg/L)	0-175	175-525	525-1400	1400-2100	>2100	-	-	-
Sulama suyu sınıfı*	C ₁ S ₁	C ₁ S ₂ , C ₂ S ₂ , C ₂ S ₁	C ₁ S ₃ , C ₂ S ₃ , C ₃ S ₃ , C ₃ S ₂ , C ₃ S ₁	C ₁ S ₄ , C ₂ S ₄ , C ₃ S ₄ , C ₄ S ₄ , C ₄ S ₃ , C ₄ S ₂ , C ₄ S ₁	-	C ₄ S ₄	C ₄ S ₄	C ₄ S ₄

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'ne [3] göre UF ve NF'den çıkan suyun, NH₄⁺ formundaki azot açısından V. Sınıf yani kullanımı uygun olmayan su niteliğindedir. Azot bileşenlerinin yüksek konsantrasyonlarda olması ötrofikasyona ve su kaynaklarının kirlenmesine sebep olabilir, bu durumda sulama amaçlı kullanılan su belirli oranda, arıtılmış sızıntı suyu ile karıştırılarak sulama yapılabilir. Burada bitkilerin ihtiyacı olan azotun büyük bir kısmı, bu su ile karşılanabilecektir. Ancak fosfor açısından bakılacak olduğunda ilave gübre gerekebilir. Birçok toprak 5-10 mg/L fosfor konsantrasyonlarına sahip kanalizasyon atıksuları ile sulanmaktadır. Atık sudaki fosfor konsantrasyonları 1-5 mg/L ise atık su ile sağlanan P miktarı, çoğu bitki ve toprak için normal su uygulamasında gübre olarak ilave edilen ile aynı olur [4].

Çizelge 1'deki klorür değerlerine baktığımızda; Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'ne [3] göre UF ve NF için 'V. sınıf', yani sulama açısından 'zararlı' bir su olduğu görülmektedir.

3.3. Ağır Metaller Açısından Değerlendirme

UF ve NF çıkış suları ağır metal konsantrasyonları ile ülkemiz ve diğer bazı ülkeler için sulama sularında izin verilebilecek ağır metal ve toksik elementlerin maksimum konsantrasyonları [3; 9] Çizelge 2'de özetlenmiştir [1]. Buradan görüleceği üzere, farklı ülkelerin sulama suyu kriterlerindeki ağır metaller için izin verilen maksimum konsantrasyonlar, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'nde [3] verilen değerlerle benzer niteliktedir.

Çizelge 2. Sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları

Element	İzin verilen maksimum konsantrasyon		Nevada	Peru*	Kanada	UF Çıkış	NF Çıkış	UF+NF Çıkış
	A	B						
Kadmiyum (Cd)	0,01	0,05	0,01	0,05	0,005	0,21	0,18	0,16
Krom (Cr)	0,1	1	0,1	1	0,008**	0,97	< ***	< ***
Bakır (Cu)	0,2	5	0,2	0,5	0,2	1,47	1,41	1,31
Demir (Fe)	5	20	5	-	5	2,12	0,46	0,35
Kurşun (Pb)	5	10	5	0,1	0,2	0,76	0,8	0,76
Mangan (Mn)	0,2	10	0,2	-	0,2	0,12	0,08	0,07
Nikel (Ni)	0,2	2	0,2	-	-	0,97	0,5	0,57
Çinko (Zn)	2	10	2	25	1	0,48	0,19	0,22

*, III. Sınıf sulama suyu, **, Cr IV, ***, algılama değerinden düşük

A; Her türlü zeminde sürekli sulama yapılması durumunda sınır değerler (mg/L)

B; pH değeri 6,0-8,5 arasında olan killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında (mg/L)

Bakır, nütrient çözeltilerinde 0,1-1 mg/L konsantrasyonlarında birçok bitkide toksik etki yapar. Çinko, geniş aralıktaki konsantrasyonlarla bitkilerde toksik etki yapabilir ancak pH>6'da toksisitesi azalır. Nikel 0,5-1 mg/L konsantrasyonlarda birçok bitki için toksiktir. Ancak nötral veya alkali pH'larla bu etki azaltılabilir. Havalandırılan topraklarda demir toksik değildir. Bununla birlikte, toprak asitleşmesine katkıda bulunabilir ve gerekli olan fosfor gibi besin maddelerinin kullanılabilirliğini azaltır. Ayrıca, bitki, teçhizat ve yapı üzerinde hoş olmayan birikimleri olabilir [10]

Çizelge 2'den görüleceği üzere, UF ve NF çıkış suları sürekli sulama ve 24 yıldan daha az sulama yapılması durumunda ve her türlü toprak için sürekli kullanım koşullarında, demir, mangan, kurşun ve çinkonun sınır değerleri aşılmadığı görülmektedir. Bakır, krom ve nikel bakılacak olursa, her iki membran çıkış suyu değerleri, killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapılması durumu için izin verilen maksimum konsantrasyonu sağlamaktadır. Bu elementler için sürekli kullanım sınır değerleri ise aşılmaktadır. Kadmiyum için ise her iki durum için istenen maksimum değerler aşıldığı için kullanımı uygun değildir.

Sonuç olarak artırılmış sızıntı suyunun sulama suyu olarak kullanılabilirliği değerlendirildiğinde, artırılmış sızıntı suyunun, uygun oranlarda daha iyi kalitedeki su ile

karıştırılmasıyla sulama amaçlı kullanımı sağlanabilir. Bununla birlikte uygun sulama yönteminin de (damla-yağmurlama) belirlenmesi gerekmektedir.

4. SONUÇLAR

Su kaynaklarının kontrolsüz kullanım ve kuraklıkla azalması birtakım önlemler almayı zorunlu hale getirmiştir. Bu nedenle arıtılmış atık suyun tekrar kullanımı, su kaybını önemli derecede azaltacaktır. Bu çalışmada, UF ve NF çıkış sularının sulama suyu olarak kullanılabilirliğinin araştırılması sonunda; yüksek iletkenlik ve klorür konsantrasyonu nedeniyle gerekli kriterleri sağlamadığı, ancak ağır metal içeriğinin çoğunlukla istenilen değerlerde bulunduğu tespit edilmiştir. Bazı sınır değerleri sağlayamadığı için arıtılmış sızıntı suyunun, uygun oranlarda daha iyi kalitedeki su ile karıştırılmasıyla sulama amaçlı kullanılması ya da yüksek klorür konsantrasyonlarına dayanıklı bazı bitkilerin sulamasında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Ancak bu suyun uzun süreli kullanılmasıyla toprak ve yeraltı suyunda bazı bileşenlerin birikebileceği göz önüne alınarak toprakta ve yeraltı suyunda periyodik ölçümler yapılmalıdır. Arıtılmış sızıntı suyunun kalitesi sürekli olarak takip edilmeli, bu şekilde arıtma tesisinin performansını da gözlenmelidir.

Arıtılmış sızıntı suyunun yukarıda bahsedilen kullanım şeklinin yanı sıra, katı atık düzenli depo sahasına geri devir suyu olarak kullanılabileceği, endüstrilerde soğutma suyu, yol-caddelerde sulama suyu, tuvaletlerde ve yangın söndürme amaçlı kullanılabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak İstanbul'da, Odayeri'nde 2100 m³/gün, Kömürçüoda'da 1000 m³/gün olmak üzere günde yaklaşık 3000 m³ sızıntı suyu olduğu [8] göz önüne alınırsa, bu suların arıtılmasıyla oluşan nispeten temiz su, bir takım ihtiyaçları karşılayabilecek nitelikte bir su kaynağı yerine geçebilir. Su kaynaklarımızın azaldığı şu günlerde ilave kaynaklara olan ihtiyaç kaçınılmazdır. Bu nedenle kullanılan atıksuyun tekrar kullanımı ile birlikte yüksek debilerde oluşan sızıntı suyunun arıtıldıktan sonra tekrar kullanımı, düşünülmesi ve araştırılması gereken konulardandır.

REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] Akkaya, E., "Sızıntı Suyu Arıtımında Anaerobik-Membran Sistemlerinin İşletme Parametrelerinin Belirlenmesi", Doktora Tezi Ara Raporu, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008, İstanbul.
- [2] APHA, American Public Health Association, "Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater", Washington DC, 19th Edition, 1995.
- [3] Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, 7 Ocak 1991 tarih ve 20748 sayılı Resmî Gazete.
- [4] Karataş, B., Akkuzu, E., Aşık, Ş., "İzmir Kentsel Arıtılmış Atık Sularının Sulamada Kullanım Olanaklarının İncelenmesi", Ege Üniv. Ziraat. Fak. Derg., 2005, 42(3):111-122.
- [5] Koyuncu, İ., Öztürk, İ., "Arıtılmış Kentsel Atıksuların Sulama ve Kullanım Suyu Olarak Geri Kazanımı", Kent Yönetimi, İnsan ve Çevre Sorunları'08 Sempozyumu, İstanbul, 02-06 Kasım 2008.
- [6] Koyuncu, İ., Arıkan, A., Wiesner, M., Rice, C., "Removal of Hormones and Antibiotics by Nanofiltration Membranes", Journal of Membrane Science, 309, 94-101, 2008.
- [7] Tüylüoğlu, B. S., "Evsel Katı Atık Sızıntı Sularının Havasız Çamur Yataklı Reaktörle Arıtımı", İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2001.
- [8] Yıldız, Ş., Balahorli, V., "Çöp Sızıntı Sularının Membranbiyoreaktör (MBR)+Nanofiltrasyon Sistemi ile Nihai Arıtımı", Kent Yönetimi, İnsan ve Çevre Sorunları'08 Sempozyumu, 2008.

- [9] International Finance Corporation Multilateral Investment Guarantee Agency the Office of the Compliance Advisor Ombudsman
http://www.cao-ombudsman.org/pdfs/Annex_E.pdf
- [10] FAO-Food and Agriculture Organization; Dünya Gıda ve Tarım Teşkilatı;
<http://www.fao.org/docrep/t0551e/t0551e04.htm#2.4%20water%20quality%20guidelines%20for%20maximum%20crop%20production>