



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ORGANİZE SANAYİ BÖLGELERİ ATIKSU ARITMA TESİSİ ÇIKIŞ
SULARININ GERİ KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

KERİME SEDA ARIK

Yrd. Doç.Dr. Taner YONAR
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2012
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Kerime Seda ARIK tarafından hazırlanan “ORGANİZE SANAYİ BÖLGELERİ ATIKSU ARITMA TESİSİ ÇIKIŞ SULARININ GERİ KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Taner YONAR

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Taner YONAR
UÜ Müh-Mim Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Prof. Dr. Kadir KESTİOĞLU
UÜ Müh-Mim Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Yrd. Doç. Dr. Berna KIRIL MERT
SAÜ. Müh-Mim Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Kadri ARSLAN
Enstitü Müdürü
../../2012

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ORGANİZE SANAYİ BÖLGELERİ ATIKSU ARITMA TESİSİ ÇIKIŞ SULARININ GERİ KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

Kerime Seda ARIK

Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Taner YONAR

Organize Sanayi Bölgeleri (OSB), ekonomik açıdan bölgelerin dengeli kalkınmasını sağlayan, aynı zamanda sanayi kaynaklı oluşan çevresel problemlerinin azaltılmasını ve ortadan kaldırılmasına yardımcı olan bir uygulamadır. Bu çalışmada Bursa ilinde kurulu bulunan bir OSB'den kaynaklanan atıksuların, mevcut arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra yeniden kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu kapsamda atıksu ozonlama, basınçlı kumfiltresi, ultrafiltrasyon, ters osmoz (TO) ve iyon değişimi proseslerine tabi tutulmuştur. Bu proseslerin çeşitli kombinasyonlarının uygulanmasıyla, renkli atıksuyun ileri derecede arıtılarak başta tarımsal kullanım olmak üzere çeşitli amaçlarla kullanımı araştırılmıştır. İlk arıtma basamağı olan ozonlama prosesinde % 80 renk, %30 Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), %10 Askıda Katı Madde (AKM) giderim verimi gözlenmiştir. Basınçlı kum filtresi-ultrafiltrasyon proseslerinde % 10 renk, %80 KOİ ve % 95 AKM giderimi gözlenmiş fakat bu prosesler sonunda Toplam Çözünmüş Madde (TÇM) ve iletkenlik parametrelerinde istenen giderim verimleri elde edilememiştir. Son olarak uygulanan TO prosesi sonrasında iletkenlikte %97, TÇM ve renk gideriminde sırasıyla %95 ve %90 giderim verimleri sağlanırken, aynı zamanda Na^+ parametresinde de % 99 giderim verimi elde edilmiştir. Katyonik ve anyonik kolonların kullanıldığı İyon değiştirme prosesinde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Çalışma neticesinde, atıksuyun kalitesinin II. Sınıf TASS kalitesine ulaştığı ve tekrar kullanılabilirliğinin mümkün olduğu görülmüştür. TO'dan elde edilen filtrat suyunun endüstrilerde kullanılabilir özellikte olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: ters osmoz, ultrafiltrasyon, filtrat, iletkenlik, renk.

2012, vii + 79s.

ABSTRACT

MSc Thesis

EVALUATION OF THE RECYCLING OF ORGANISED INDUSTRIAL ESTATE WASTEWATER TREATMENT PLANT EFFLUENT

Kerime Seda ARIK

Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environment Engineer

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Taner YONAR

Organised Industrial Estate (OIE), provides the regular development of industries as well as purpose to minimize and to solve environmental problems that originated from industries. This research was carried out to determine recycling opportunities of wastewater, originated from an Organized Industrial Estate in Bursa city on exiting treatment plant effluent. At this context ozonation, pressured sand filter, ultrafiltration, reverse osmosis (RO), ion exchange processes was applied to physically and biologically treated wastewater. Combinations of all these advanced treatment processes applied to treat the coloured wastewater and investigated the use of it in various places especially for agricultural irrigation purposes. About 80% color, 30% Chemical Oxygen Demand (COD), 10% Suspended Solids (SS) removal was achieved with ozonation process which was the first treatment stage in the current work. While 10% color, 80% COD and 95% SS removal efficiencies were determined at microfiltration-ultrafiltrasyon processes. On the other hand, Total Dissolved Solids (TDS) and conductivity were not be able to be removed. Avarage removal efficiency for conductivity, TDS and color was obtained as 97%, 90% and 95%, respectively. Additionally, 99% Na⁺ removal was achieved with same system. Similar consequences were obtained with ion exchange process which used the cationic and anionic resins. As a result of study it was determined that the wastewater was reached to Class II agricultural irrigation purposes quality and filtrate of RO process was also possible to use in industries.

Key words: reverse osmosis, ultrafiltration, agricultural irrigation purposes, conductivity, color.

2012, vii + 79p.

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Mühendisliği Programında hazırlanan bu Yüksek Lisans Tezi çalışmasında, “Organize Sanayi Bölgeleri Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Sularının Geri Kullanımının Araştırılması” konusu ele alınmıştır.

Yüksek lisans eğitimim boyunca ve tez çalışmam sırasında bana yol gösteren, her türlü tecrübesiyle aydınlatan, maddi ve manevi yardım ve desteği esirgemeyen danışman hocam Sayın, Yrd. Doç. Dr. Taner YONAR’ a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın başından itibaren her konuda görüş ve önerileriyle yardım ve desteğini aldığım Bölüm Başkanım Sayın Prof. Dr. Kadir KESTİOĞLU’na ve çalışmam sırasında bana destek olan Çevre Mühendisi Erdem KESTİOĞLU’ na yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Tez çalışmasının belirlenmesi ve analiz çalışmalarının yürütülmesi için her türlü katkılarından dolayı İnegöl Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Müdürlüğüne, ayrıca gösterdikleri ilgi ve destek için Çevre Mühendisliği Bölümündeki değerli hocalarıma, çalışma arkadaşlarıma ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Kerime Seda ARIK

Şubat, 2012

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.	i
ABSTRACT.	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.	iii
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ.	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.	vii
1.GİRİŞ.	1
2.KAYNAK ARAŞTIRMASI.	3
2.1. Organize Sanayi Bölgesi Tanımı ve Kavramı.	8
2.2. Organize Sanayi Bölgelerinin Tarihsel Gelişimi.	10
2.3. Organize Sanayi Bölgeleri Uygulamasının Amaçları ve Çevre Üzerindeki Önemi	11
2.4. Organize Sanayi Bölgelerinden Kaynaklanan Atıksular.	12
2.5. Dünya’ da ve Türkiye’deki Mevcut Su Potansiyeli.	14
2.6. Arıtılmış Atıksuların Geri Kazanımı ve Yeniden Kullanımı.	15
2.7. Atıksuların Yeniden Kullanım Alanları ve Faydaları.	17
2.7.1. Tarımsal sulama amaçlı yeniden kullanım.	19
2.7.2. Endüstrilerde kullanım.	21
2.8. Atıksuların Yeniden Kullanımında İhtiyaç Duyulan Arıtma İşlemleri.	25
3. MATERYAL VE YÖNTEM.	28
3.1. Çalışmada Seçilen Organize Sanayi Bölgesinin Özellikleri.	28
3.2. Seçilen Organize Sanayi Bölgesi Atıksuları.	29
3.3. Seçilen OSB Atıksu Arıtma Tesisinde Yer Alan Üniteler.	32
3.3.1. Fiziksel arıtma üniteleri.	32
3.3.2. Biyolojik arıtma üniteleri.	33
3.3.3. Çamur işleme üniteleri.	34
3.3.4. Çamur kurutma ve kojenerasyon tesisi üniteleri.	34
3.4. Seçilen OSB AAT Deşarj Standartları ve Çıkış Suyu Karakterizasyonu.	36
3.5. Pilot Ölçekli Arıtma Tesis.	41
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.	49
4.1. Mevcut Arıtma Tesis Performans Değerlendirilmesi ve Sorunların Tanıtılması	49
4.2. Pilot Tesisin Çalıştırılması.	53
4.3. Arıtma Tesis. Boyutlandırma Çalışmaları.	58
4.3.1. Terfi tankı tasarımı.	58
4.3.2. Ozonlama ünitesi tasarımı.	58
4.3.3. Basınçlı kum filtreleri tasarımı.	59
4.3.4. Ultrafiltrasyon ünitesi tasarımı.	60
4.3.5. Ters osmoz ünitesi tasarımı.	60
4.3.6. İyon değiştirici tasarımı.	61
4.4. Maliyet Hesapları.	62
4.5. Konsantrat Geri Kazanımı.	65
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.	70
KAYNAKLAR.	74
ÖZGEÇMİŞ.	79

SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
Na ⁺	Sodyum iyonu
Mg ⁺²	Magnezyum iyonu
K ⁺	Potasyum iyonu
Ca ⁺²	Kalsiyum iyonu
HCl	Hidrojen-klorür
H ₂ SO ₄	Sülfürik asit
HNO ₃	Nitrik asit
NaOH	Sodyum-hidroksit (Kostik)
Cl ⁻	Klorür iyonu
CO ₃ ⁼	Karbonat iyonu
HCO ₃ ⁼	Bikarbonat iyonu
ZSF	Balık biyodeneyi
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
SO ₄ ⁻²	Sülfat iyonu
Pt-Co	Platin-Kobalt
Q	Debi
V _f	Filtre hızı
€	Euro
USD (\$)	Amerikan Doları

Kısaltmalar	Açıklama
OSB	Organize Sanayi Bölgesi
AAT	Atıksu Arıtma Tesisi
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu
SKKY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TO	Ters Osmoz
UF	Ultrafiltrasyon
TASS	Tarımsal amaçlı sulama suyu
TÇM	Toplam Çözünmüş Madde
SAR	Sodyum Adsorbsiyon Oranı
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
BOİ ₅ (BOİ)	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
AKM	Askıda Katı Madde
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
EPA	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
SWT	Siemens Water Technologies

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. OSB'deki tesislerin sektörel dağılım yüzdeleri	28
Şekil 3.2. OSB AAT genel akım şeması.....	31
Şekil 3.3. Seçilen OSB AAT genel yerleşim planı uydu görüntüsü	31
Şekil 3.4. SWT tarafından geliştirilen proses akım şeması	36
Şekil 3.5. Pilot ölçekli arıtma tesisi genel görünümü	47
Şekil 3.6. Pilot ölçekli atıksu arıtma tesisi fotoğrafı	48
Şekil 4.1. Pilot tesisin şematik gösterimi.	70

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Organize sanayi bölgelerinde oluşan atıksu miktarları	14
Çizelge 2.2. 2003 yılı sektörel su kullanımları ve 2030 yılı tahminleri	15
Çizelge 2.3. Soğutma suyu özellikleri	22
Çizelge 2.4. Bazı endüstriler için gerekli proses suyu özellikleri	24
Çizelge 2.5. Atıksu geri kazanımı için uygulanan arıtma teknolojileri ve giderdikleri kirleticiler	26
Çizelge 2.6. Atıksu geri kazanım maksadı ve uygulanabilecek arıtma sistemleri	27
Çizelge 3.1. SKKY Tablo 19: karışık endüstriyel atık suların alıcı ortama deşarj standartları küçük ve büyük organize sanayi bölgeleri ve sektör belirlemesi yapılmayan diğer sanayiler.	37
Çizelge 3.2. SKKY Teknik Usuller Tebliği Tablo 4'te yer alan sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalitesi ilgili parametreler... ..	38
Çizelge 3.3. Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği Tablo E7.2'de sulama suyunun kimyasal kalitesinin değerlendirilmesi için geliştirilmiş tablo' da verilen değerler.....	39
Çizelge 3.4. SKKY' ya eklenen renk parametresi ve standardı.	40
Çizelge 3.5. SKKY Tablo:19 deşarj standartları ve seçilen OSB arıtma tesisi çıkış suyunun karşılıklı değerleri.....	41
Çizelge 3.6. Ters osmoz ünitesinde kullanılan KOCH marka TFC-SW membran teknik özellikleri.	44
Çizelge 3.7. Kuvvetli katyon değiştirici reçine Lewatit TP-207' in fiziksel, kimyasal ve işletme özellikleri.	45
Çizelge 3.8. Kuvvetli anyon değiştirici reçine Lewatit A-365' in fiziksel, kimyasal ve işletme özellikleri.	46
Çizelge 4.1. AAT giriş-çıkış değerleri, giderim verimleri.	50
Çizelge 4.2. SKKY II. sınıf sulama suyu kriterleri ve OSB atıksu arıtma tesisi çıkış suyu karşılaştırması.....	52
Çizelge 4.3. Ozonlama işlemi sonucunda elde edilen sonuçlar	54
Çizelge 4.4. Filtrasyon -ultrafiltrasyon prosesi çıkışında elde edilen sonuçlar.	55
Çizelge 4.5. Ters osmoz prosesi sonucunda elde edilen sonuçlar.	56
Çizelge 4.6. Birinci akım şeması ünite boyutları ve yaklaşık ilk yatırım maliyeti.....	64
Çizelge 4.7. İkinci akım şeması ünite boyutları ve yaklaşık ilk yatırım maliyeti.	64

1.GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde Organize Sanayi Bölgeleri (OSB), kamu yönetimlerince öncelikli olarak sanayii geliştirmek, düzenli kentleşmeyi sağlamak, daha az maliyetle ekonomik refaha ulaşmak, bölgelerarası sosyo-ekonomik gelişmişlik farklılıklarını ortadan kaldırmak gibi amaçlarla tasarlanarak kurulmuşlardır. OSB' lerin kuruluş amaçlarına zamanla, dünyada gelişen çevre duyarlılığının da bir yansıması olarak çevresel sorumluluklar eklenmiş, böylece bu bölgelerin kurulmasında çevreyi korumak ve çevre kirlenmesini önlemek gibi hedefler yer almaya başlamıştır. Günümüzde organize sanayi bölgeleri farkındalıkların artmasıyla, sanayideki gelişmeyle birlikte ortaya çıkan çevre sorunlarının çözümüne yönelik bir araç olarak planlanmakta ve uygulamaya sokulmaktadır. Bununla birlikte artan dünya nüfusu, şehirleşme ve sanayileşme, beraberinde meydana getirdiği kirlenmelerle orantılı olarak yeryüzünde kullanılabilir su kaynaklarının hızla tükenmesine neden olmakta, özellikle OSB' lerin hızla gelişimi artan su kullanım miktarlarıyla bağlantılı olarak atıksu miktarlarında da artışa neden olmaktadır. Sanayinin ve nüfusun yoğun olduğu yerlerde su sıkıntısının olması, su temininde karşılaşılan güçlükler, su ve atıksu ücretlerindeki hızlı artışlar, deşarj edilen atıksular için verilen deşarj standartlarının ve arıtma seviyelerinin giderek yükselmesi atıksuların yeniden kullanılabilecek düzeyde arıtılması ve böylece çevre kirliliğinin kontrol altında tutulması konularının gündeme gelmesini dikkate değer kılmaktadır.

Bu çalışmada, Bursa ili sınırları içerisinde seçilen OSB' de mevcut bulunan atıksu arıtma tesisi çıkışı atıksuyunda bulunan, endüstrilerde proses suyu olarak tekrar kullanımını önleyen renk parametresi ve tarımsal amaçlı sulama suyu olarak yeniden kullanımını engelleyen parametrelerinin (Na^+ , toplam çözünmüş madde, iletkenlik vb) giderilmesi incelenmiştir. Bu kapsamda, seçilen OSB' nin genel tanımı yapılmış, mevcut atıksu arıtma tesisi hakkında genel bilgi verilerek, tesis ünite detayları belirtilmiştir. Mevcut atıksu arıtma tesisi giderim verimi ve çıkış suyu karakterizasyonuna bağlı olarak, ozonlama, filtrasyon, ultrafiltrasyon, ters osmoz ünitelerinden oluşan $5\text{m}^3/\text{sa}$ kapasiteli pilot tesis kurulmuş, çalıştırılmış ve elde edilen

veriler sunulmuştur. Ayrıca ileri arıtma yöntemleri uygulanarak OSB çıkış suları, II. sınıf sulama suyu kalitesine indirilirken oluşacak konsantratin nasıl bertaraf edileceği de araştırılmış, elde edilen arıtılmış suyun ise işletmelerde proses suyu olarak tekrar kullanılıp kullanılamayacağı değerlendirilmiştir. Son olarak terfi tankı, ozonlama ünitesi, basınçlı kum filtrasyon, ultrafiltrasyon, ters osmoz iyon değiştirme ileri arıtma ünitelerinden oluşan arıtma tesisi boyutlandırılmış olup arıtma yönteminin mali profili oluşturularak değerlendirmeler yapılmıştır. Böylece sektöre bir ışık tutulmaya çalışılmış ve arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı çalışmalarına katkıda bulunulmuştur.

2.KAYNAK ARAŞTIRMASI

Atıksu arıtma tesisi çıkış sularının arıtılabilirliği üzerine literatürde yapılan bazı çalışmalarda uygulanan çeşitli prosesler ve atıksuların geri kazanımı ve yeniden kullanımına uygunluğu kısaca özetlenmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, hem fiziko-kimyasal, hemde ileri arıtma yöntemleriyle atıksu arıtma tesisi çıkış sularında belirli bir arıtmanın elde edilebileceği ortaya konmuştur.

Kavaklı ve Civan (1997) TUBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji ve Çevre Araştırma Enstitüsü'nde, endüstriyel proje kapsamında yaptıkları Tusaş Evsel Atıksu Arıtma Sistemi Deşarj Suyunun Sulama Amaçlı Kullanılabilirliğinin Saptanması projesini örnek çalışma olarak sunmaktadırlar. Çalışmada Tusaş'a ait evsel atıksu arıtma sistemi deşarj suyu örneğinde ölçüm ve analizleri yapılan fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerin değerlendirilmesinde, 7 Ocak 1991 tarih, 20748 Sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği kriterleri esas alınmıştır. Çalışma sonucunda Tusaş Mürted Tesislerine ait evsel atıksu arıtma sistemi deşarj suyunun sınıfı III. sınıf olarak belirlenmiştir. Buna göre antma sistemi deşarj suyu çevre sulama amaçlı (çim, ağaç) kullanılabilir özellikte olduğu görülmüştür.

Li ve ark. (2004) Ters osmoz (TO) ve Ultrafiltrasyon (UF) sistemlerini kullanarak oksitetrasiklin (OTC) atıksuyunun arıtımını araştırmışlardır. TO sonrasında süzöntüdeki KOİ 10 000 mg/L'den 200 mg/L'ye düşürülmüştür. Aynı zamanda OTC konsantrasyonu 1000 mg/L'den 80 mg/L'nin altına indirilmiştir. Konsantredeki OTC konsantrasyonu 3000-4000 mg/L değerine ulaşmıştır. Yüksek konsantrasyonlu büyük biyopolimerlerin OTC konsantrasyonunun molekülleri ile etkileşiminden dolayı OTC, TO' un konsantresinden konvansiyonel kristalizasyon işlemleriyle başarılı şekilde geri kazanılamamıştır. UF membranlarıyla yapılan ek arıtma işlemlerinden sonra OTC kristalizasyonu ve TO' un konsantresinden geri kazanımı % 60'dan daha yüksek oranda gerçekleşmiştir. Yapılan çalışmalar, OTC atıksuyundaki büyük moleküllü biyopolimerlerin polisakkaritler olduğunu göstermiştir. Polisakkaritler, OTC kristallerinin büyümesini engellemekte ya da OTC molekülleri ile birlikte çökmektedir.

Büyük biyopolimerlerin UF ile ayrılmasıyla OTC kristalizasyonu için gerekli şartların iyileştirilmesi sağlanmıştır. Bu sebeple TO-UF membran kombinasyonu, antibiyotik atıksularının arıtılması ve antibiyotiklerin geri kazanımı için alternatif olduğunu belirtmişlerdir.

Gönder (2004) yürüttüğü tez çalışmasında Avcılar' da bulunan bir tekstil boyama işletmesine ait biyolojik arıtma tesisi çıkışından alınan arıtılmış atıksuyun içerdiği başta renk olmak üzere tekrar kullanımını önleyen parametrelerin giderilmesini incelemiştir. Bu esnada özellikle renkli atıksuların Hidroksil Radikalleriyle renklerinin ve organik madde içeriklerinin giderilmesinde giderek artan ölçüde denenmeye başlanan Fenton Prosesi ilk arıtım kademesi olarak uygulanmıştır. Ele geçen arıtılmış atıksu özellikleri göz önüne alınarak daha sonra kimyasal çöktürme ve bunu takip eden adsorbsiyon polimeri ile adsorbsiyon ve son olarak da iyon değişimi prosesi gerçekleştirilmiştir. Bu proseslerin arka arkaya uygulanması sayesinde renkli atıksuyun ileri derecede arıtılarak başta tarımsal olmak üzere çeşitli amaçlarla kullanımı araştırılmıştır. Söz konusu tekstil işletmesinin biyolojik atıksu arıtma tesisi çıkış suyunun rengi ilk arıtma basamağı olan Fenton prosesinde, EN ISO 7887 Avrupa Normunda verilen sınır değerlere kadar indirilmiştir. Diğer parametreler de literatüre uygun değerlere düşürülmüştür. Kimyasal çöktürme sırasında renk giderimi daha da iyileşmiştir. Toplam sertlik, Askıda Katı Madde, Demir değerlerinde de önemli giderimler elde edilmiştir. Fakat KOİ hemen hemen hiç giderilememiştir. Buna karşılık eklenen kimyasal maddelerden dolayı iletkenlik değerinde bir miktar artış görülmüştür. Adsorbsiyon basamağında organik madde miktarında % 45 civarında bir giderim gerçekleştirilmiştir. İletkenlik değerinde ise % 16,5 oranında bir giderimle karşılaşmıştır. İleri arıtım işlemlerinin bu noktaya kadar literatür verileriyle uyumlu yürüdüğü söylenebilir. Fakat katyonik ve anyonik iyon değiştiricilerden sonra elde edilen arıtılmış atıksu özellikleri istenilen düzeyi gerçekleştirilememiştir. Elde edilen arıtılmış atıksu özellikleri, söz konusu tekstil fabrikası arıtma tesisi çıkış suyunun, uygulanan arıtma prosesleri ile tarımsal amaçlı sulama suyuna dönüştürülemeyeceğini göstermektedir. Özellikle adsorbsiyon polimeri kolonu çıkışında KOİ parametresi altında gösterilen organik maddelerin arıtılmış suyun demineralize sistemde ileri arıtımını engellediği düşünülmektedir.

Çapar ve ark. (2004) bir halı fabrikasına ait baskı boyama ve asit boyama atıksularının arıtımı ve geri kazanımına yönelik yaptıkları çalışmada uygun membran proses süreçlerini araştırmışlardır. Baskı boyama (BB) atıksuları, ilk etapta; ön arıtmaya tabi tutulmuş, alüminyum ile kimyasal çöktürme işlemi uygulanmıştır. Optimum doz olarak belirlenen 150 mg/l' de, % 91 oranında renk ve bulanıklık giderimi sağlanmıştır. Daha sonra; bu atıksu için, nanofiltrasyon (NF) ve moleküler ağırlık ayırma sınırı 1000-50 000 Da arasında değişen bir dizi ultrafiltrasyon (UF) membranı denenmiştir. Renk ve bulanıklıkta bütün membranlarla % 90' nın üzerinde giderim sağlanabilirken, benzer yüksek giderimler KOİ' de sağlanamamıştır. NF membranı ile, 490 kPa' lık basınç farkı altında % 99,5 oranında KOİ giderimi sağlanırken, UF membranları ile en çok % 25 giderime ulaşılabilmektedir. Akı azalmaları ise NF prosesinde % 23 iken, UF' te % 11-35 arasında değişmiştir. Diğer yandan, asit boyama (AB) atıksuları için en uygun ön-arıtma işleminin mikrofiltrasyon (MF) olduğu belirlenmiştir. Düz akış düzeninde gerçekleştirilen bu işlemde, %82 renk ve % 77 bulanıklık giderimi sağlanmıştır. Daha sonra uygulanan NF prosesinde ise BB atıksuyu ile elde edilen yüksek giderimlere ulaşamamıştır. Renk ve bulanıklık için sırasıyla, % 100 ve % 78 giderim sağlanmakla birlikte; KOİ giderimi % 59' da kalmıştır. Akı azalması ise % 19 olarak gözlenmiştir. Elde edilen süzöntü suyunun geri kazanım kriterlerini sağlamaması nedeniyle, ikinci ve üçüncü kademe NF işlemleri uygulanmış ve % 94 KOİ giderimi sağlanmıştır. Uygulama açısından daha pratik bir çözüm arayışı ile, AB boyama atıksularında pH ayarlamasına gidilmiş ve 4.73 olan atıksu pH' sı nötralize edildiğinde tek aşamalı NF prosesi ile %97 KOİ giderimine ulaşılmıştır. Her iki atıksu için de nötr pH' da yüksek giderimlerin elde edilmesi, pH' nın NF için önemli bir proses parametresi olduğunu göstermiştir.

Birgül (2006) tez çalışmasında, Bursa ilinde kurulu bulunan iki farklı tekstil endüstrisi atıksu arıtma tesisi çıkış sularına ileri oksidasyon teknikleri uygulanarak arıtılabilirlik çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, koagülasyon, Fenton, Fenton-benzeri ve ozonlama proseslerinden oluşan ileri oksidasyon teknikleri iki farklı tekstil endüstrisi atıksuyu üzerinde uygulanmış ve her bir sistem özellikle KOİ ve renk giderimi açısından ayrı ayrı incelenmiştir. Koagülasyon deneylerinde Atıksu 1 için koagülant

olarak FeSO_4 kullanıldığında 250 mg/l dozunda %48 KOİ ve %97 renk giderimi elde edilmiş olup, koagülant olarak FeCl_3 kullanıldığında 250 mg/l dozunda KOİ' de %56, renkte %88' lik bir giderim verimi elde edilmektedir. Atıksu 2 için optimum koagülant dozları 150 mg/l FeSO_4 ve 150 mg/l FeCl_3 ' dür. Bu dozlarda elde edilen giderim verimleri sırasıyla KOİ için %71, renk için %94 ve %89' dur. Atıksu 1 ile gerçekleştirilen Fenton prosesi için optimum şartlar pH=3, FeSO_4 =200 mg/l ve H_2O_2 =200 mg/l olarak bulunmuştur. Bu dozlarda elde edilen KOİ ve renk giderim verimleri sırasıyla %58 ve %97' dir. Benzer şekilde FeCl_3 kullanılarak gerçekleştirilen Fenton-benzeri deneylerinde optimum şartlar pH=3, 200 mg/l FeCl_3 , 100 mg/l H_2O_2 olarak belirlenmiştir. KOİ ve renkte elde edilen giderim verimlersırasıyla %54 ve %92' dir. Atıksu 2 ile gerçekleştirilen Fenton deneylerinde optimum işletme parametreleri enton prosesi için pH=3, 150 mg/l FeSO_4 ve 150 mg/l H_2O_2 , Fenton-benzeri prosesi için 200 mg/l FeCl_3 ve 200 mg/l H_2O_2 olarak bulunmuştur. Optimum şartlarda KOİ ve renk parametrelerinde elde edilen giderim verimleri Fenton ve Fenton benzeri prosesleri için sırasıyla %49 ile %94, %45 ile %94' tür. Atıksu 1 ile gerçekleştirilen ozonlama çalışmalarında elde edilen optimum değerler pH=9 ve C_{O_3} =23 mg/l dak ve temas süresi 15 dak' dır. Optimum şartlarda elde edilen giderim verimleri Atıksu 1 için KOİ' de %34, renk'te %90 olup Atıksu 2 ile yapılan deneylerde elde edilen KOİ ve renk giderim verimleri sırasıyla %44 ile %90' dır. Uygulanan arıtma alternatifleri birbirleriyle karşılaştırıldığında elde edilen giderim verimleri bakımından Fenton prosesinin diğer ileri oksidasyon tekniklerine nazaran tekstil atıksularından KOİ ve rengin giderilmesinde daha uygun bir yöntem olacağı kanaatine varılmıştır.

Üstün ve Solmaz (2007) Bursa ilinde seçtikleri bir OSB'den kaynaklanan atıksuların mevcut arıtma tesisinde (kimyasal arıtma ve uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi) arıtıldıktan sonra tarımsal amaçlı sulama suyu (TASS) olarak tekrar kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Çalışmada OSB'de mevcut olan atıksu arıtma tesisinden çıkan arıtılmış atıksu, kimyasal çöktürme ve iyon değişimi yöntemlerine tabi tutularak TASS kullanımı standartlarını aşan kirletici parametreler üzerinde giderim verimleri tespit edilmiştir. Kimyasal çöktürme işleminde optimum giderim verimi pH=11' de sağlanmış olup

AKM ve KOİ parametrelerinde sırasıyla %96, %31, renk parametresinde 436, 525 ve 620 nm dalga boylarında %75, %88 ve %90 giderim verimleri elde edilmiştir. İyon değişimi yöntemi ile 20 ml H-Tipi reçine/ 20 ml OH-Tipi reçine oranında; %71 SO_4^{-2} , %96 Cl^- , %95 iletkenlik ve renk parametresinde 436,525 ve 620 nm dalga boylarında ortalama %90 giderim verimleri elde edilmiştir. Çalışma neticesinde, atıksuyun kalitesinin 1. sınıf TASS kalitesine ulaştığı ve tekrar kullanılabilirliğinin mümkün olduğu tespit edilmiştir.

Alaton ve ark. (2007) tarafından atıksuların yeniden kullanımına yönelik yapılan bir çalışmada, 1350 m³/gün atıksuyun aktif çamur sistemiyle arıtıldığı Silivri Evsel Atıksu Arıtma Tesisi, 100 000 m³/gün atıksuyun ileri biyolojik arıtma sistemi olan A₂O (anaerobik anoksik-oksik) sistemiyle arıtıldığı Paşaköy Evsel Atıksu Arıtma Tesisi, 110 000 m³/gün kapasiteli Kayseri ve 227 000 m³/gün kapasiteli Adana evsel atıksu arıtma tesisleri incelenmiştir. Yapılan çalışmada bazı arıtma tesislerinin son aşamasında dezenfeksiyon ünitesinin olmadığı, olanlarda ise yüksek enerji tüketimi ve dezenfektan kimyasal ihtiyaçları nedeniyle yeterli olmadığı gözlenmiş olup, bu sebeplerden dolayı seçilen 4 tesisin çıkış sularının özellikle önemli bir su kalite parametresi olan fekal koliform açısından tarımsal amaçlı sulama suyu olarak kullanımının uygun olmadığı görülmüştür.

Ünlü (2008) yüksek lisans tez çalışmasında, denim üreten bir tekstil fabrikasına ait indigo boyama yıkama atıksularının tekstil endüstrisinde yeniden kullanılabilirliği araştırmıştır. Membranın tıkanmasını kontrol etmek ve NF tekniğini etkili bir şekilde kullanmak amacıyla koagülasyon, mikrofiltrasyon (MF) ve ardışık ultrafiltrasyon (UF) ön arıtım proses alternatifleri test edilmiştir. Tüm ön arıtım alternatifleri, nanofiltrasyon (NF) testlerine verilecek atıksudaki kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve renk yüklerini azaltmak için optimize edilmiştir. Koagülasyon prosesi alüminyum sülfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) ve demir klorür ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) koagülantları kullanılarak, bir dizi jar test çalışılmıştır. Sonuçlar yüksek dozlarda koagülant gereksinimi nedeniyle koagülasyon prosesinin etkili ve verimli bir ön arıtım sağlamadığını göstermiştir. 0,45, 2,5 ve 8 µm gözenek çaplı membranlar kullanılarak çalışılan MF testleri, süzüntü

suyunda 2493 Pt-Co ve 892 mg/l KOİ ile sonuçlanmış ve % 64 renk giderimi ve % 29 KOİ giderimi sağlayan 0,45 µm gözenek çaplı membranın en iyi proses olduğunu göstermiştir. Ardışık MF+UF uygulaması, tek aşamalı MF'e göre giderimler ve süzöntü suyu akı değerleri bakımından önemli bir yarar sağlamıştır. MF'ten sonra uygulanan ultrafiltrasyon (UF), 960 Pt-Co ve 856 mg/l KOİ ile sonuçlanan, MF'e ilave olarak % 62 renk ve % 4 KOİ giderimleri elde edilmiştir. Tek aşamalı MF ve ardışık uygulamalı MF+UF ile ön arıtılmış atıksular üzerinde denenen NF testleri tek aşamalı MF uygulamasının NF için en iyi ön arıtım olduğunu göstermiş ve bu arıtım şekli % 99 renk, % 97 KOİ ve % 83 iletkenlik giderimi sağlayarak geri kullanım kriterlerini sağlamıştır.

Kav (2010) Adana Organize Sanayi Bölgesi atıksu arıtma tesisi çıkış sularının Afşin-Elbistan uçucu külü ve perlit adsorpsiyon sistemi (fiziko-kimyasal arıtma) ile tekstil sanayisinde proses suyu olarak geri kazanılabilirliği araştırmıştır. Çalışma boyunca Adana OSB'de atıksu arıtma tesisi çıkışından değişik zamanlarda atıksu numuneleri alınmış, standart metodlara göre analizlenmiş ve atıksuların fiziko-kimyasal arıtma sonucu elde edilen çıkış suyu özellikleri tekstil endüstrisi proses suyu özellikleri ile karşılaştırılmıştır. Arıtma tesisi çıkış sularının Uçucu kül + Perlit ve Perlit + Uçucu kül sistemlerinden oluşan fiziko-kimyasal arıtma verimleri incelenmiş ve Uçucu kül + Perlit sisteminden daha yüksek verim elde edilmiştir. Uçucu kül + Perlit sistemi ile bulunan değerler; % 86 KOİ, % 98 AKM ve %98 yağ-gres, %53 sülfat, %50 fosfat, %68 nitrat, %71 nitrit, giderimi elde edilmiş olup tekstil endüstrisi için istenen proses suyu değerlerine yakın değerler olduğu tespit edilmiştir.

2.1.Organize Sanayi Bölgesi Tanımı ve Kavramı

OSB'ler üzerine Çezik ve Eraydın tarafından (1982) yapılan ve 1961-1981 yılları arasında Türkiye'deki OSB'lerin incelendiği DPT yayınında. sanayileşme hareketinin,

belirli bir çerçevede, plan ve programlara bağılı olarak yürütölmesi için, OSB uygulaması, düzenli şehirleşmeyi sağlamada ve sanayi üretim faaliyetlerini aynı alanda toplamada kullanılan bir araç olarak ortaya çıkmıştır.

Aynı zamanda OSB, sanayinin çevreye olan etkilerinin kontrol edilmesi amaçlarıyla bir makro politika aracı olarak kullanılmaktadır. OSB' nin dengeli kalkınma ve düzenli şehirleşmeyi sağlayarak ve çevre kirliliğine yol açmadan maksimum verimlilikle çalışabilmeleri için, doğru tanımlanmaları ve bu tanımlamaya göre uygulamaya konulmaları zorunludur (Anonim 1991a).

OSB' ler için çeşitli tanımlar yapılmaktadır. Buna göre Birleşmiş Milletler Örgütü'nce ve uluslararası alanda çok kabul görmüş bir tanıma göre OSB, "birbiri ile uyumlu üretim yapan, küçük, orta ölçekli sanayi kuruluşlarının, planlı bir alanda ve ortak alt yapı hizmetlerinden yararlanacak şekilde standart fabrika binaları içinde toplanmalarıdır." (Çezik ve Eraydın 1982) şeklinde tanımlanmaktadır.

UNİDO (Birleşmiş Milletler Sanayi Kalkınma Örgütü) tarafından geliştirilen bir diğer tanıma göre Bir diğer tanıma göre, "Organize sanayi bölgesi, ekonomik bir ölçek içinde gruplanmış fabrika yerleşim birimlerinin, ulaşım, su, elektrik, kanalizasyon, kantin, banka, ilk yardım gibi genel gereksinimlerini giderebilecek biçimde donatılmış, teknik ve ortak hizmetlerin de sağlandığı uygun bir alan üzerinde yer almalarıdır (Anonim 1978).

Ülkemizde OSB kavramı, 22.08.2009 tarihli Resmi Gazetede; 'Sanayinin uygun görölen alanlarda yapılanmasını sağlamak, çarpık sanayileşme ve çevre sorunlarını önlemek, kentleşmeyi yönlendirmek, kaynakları rasyonel kullanmak, bilgi ve bilişim teknolojilerinden yararlanmak, sanayi türlerinin belirli bir plan dahilinde yerleştirilmesi ve geliştirilmesi amacıyla; sınırları tasdik edilmiş arazi parçalarının imar planlarındaki oranlar dahilinde gerekli idari, sosyal ve teknik altyapı alanları ile küçük imalat ve tamirat, ticaret, eğitim ve sağlık alanları, teknoloji geliştirme bölgeleri ile donatılıp planlı bir şekilde ve belirli sistemler dahilinde sanayi için tahsis edilmesiyle oluşturulan

ve 4562 sayılı Kanun hükümlerine göre işletilen mal ve hizmet üretim bölgelerini ifade eder' (Anonim 2009a) olarak tanımlanmaktadır.

2.2. Organize Sanayi Bölgelerinin Tarihsel Gelişimi

Dünyada OSB'ler ilk kez ABD'de ortaya çıkmış olup burada, tekstil imalathaneleri fiziksel yerleşmelerle bir araya toplanmıştır. ABD'de 1885 yılında hazırlanan bir raporda, Endüstri Bölgeleri'nin oluşturulmasının sanayinin geliştirilmesi için önemli bir araç olacağına belirtilmektedir. OSB'ler ile ilgili ilk bilinçli uygulama ise; 1896 yılında İngiltere'nin Manchester kenti yakınlarında kurulan "Trafford Park" uygulamasıyla gerçekleştirilmiştir. OSB fikrinin ilk olarak ortaya çıktığı ABD'de ise, ancak 1899 yılında uygulamaya geçilebilmiştir. 1905 ve 1909 yıllarında, özel girişimciler Chicago kentinde "Central Manufacturing" ve "Clearing" ismini verdikleri iki Endüstri Bölgesi kurmuşlardır. Bunlar aynı zamanda, modern anlamda Endüstri Bölgeleri'nin ilk örnekleridir (Eyüboğlu 2005).

OSB'lerin ilk uygulamaları özel sektör tarafından kar elde etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Ancak İkinci Dünya Savaşından sonra organize sanayi bölgeleri bir devlet yatırımı olarak uygulanmaya başlanmış ve az gelişmiş ülkelerde küçük ve orta ölçekli işletmelerin geliştirilmesi amacına hizmet eder bir biçimde düzenlenmiştir (Eyüboğlu 2005).

Ülkemizde Kurtuluş Savaşı'ndan sonra yeniden yapılanma çalışmalarına başlanmış ve Türk sanayisi geliştirilmeye çalışılmıştır. Türkiye'de ise OSB'lerin kuruluşu, 1960'lı yıllar ile başlar. Bu dönemde sanayinin "lokomotif" sektör olduğu kabul edilmiş, ekonomik dengenin kurulması, sosyal ve ekonomik kalkınmanın birlikte sağlanması, belli bir hızda büyümenin gerçekleştirilmesi ve sanayileşmeye önem verilmesi gibi uzun vadeli hedefler ortaya konmuştur. Bu hedefler doğrultusunda; ilk olarak 1962 yılında Bursa ilinde OSB'nin kurulmasıyla birlikte ülkede sanayinin geliştirilmesi amacıyla uygulamaya konulan pek çok teşvik tedbirlerinden biri olan OSB uygulamalarına başlanmıştır (Çetin ve ark 2008).

2.3. Organize Sanayi Bölgeleri Uygulamasının Amaçları ve Çevre Üzerindeki Önemi

Dinler ve ark. (2005) OSB uygulamasının amaçları şöyle sıralamaktadırlar:

- Girişimcilere uygun ortamların sağlanması,
- Sağlanan altyapı desteğinin yanında sağladığı dışsal yararlarla işletmelerin hem rekabet güçlerini hem de karlılıklarını arttırılması,
- Hızlı bir sanayileşmenin gerçekleşmesi ve sanayileşmenin yurt düzeyinde yayılmasının sağlanması,
- Kontrolsüz kentleşmenin önüne geçilmesi için mekan düzenleme aracı olarak kullanılması,
- Ekonomik gelişmenin yurt düzeyine dengeli dağılmasını sağlayarak bölgesel gelişmeyi dengeli hale getirmesi,
- Büyük kentlere olan göçün hızını azaltması,
- Standardizasyonun sağlanması,
- OSB'lerin devlet gözetiminde kendi organlarınca yönetilmesinin sağlanması, özetle, organize sanayi bölgeleri uygulamasıyla planlı sanayileşme, bölgesel gelişmişliğin dengeli hale gelmesi ve düzenli bir kentleşme sağlanması amaçlanmaktadır (Aslan 2007).

Sanayideki gelişmeyle birlikte, ülkemizde etkilediği ve tahrip ettiği alan, canlı, doğal kaynak sayısı giderek artan bazı çevre sorunlarının ortaya çıktığı ve son yıllarda bazı yörelerde bu sorunların yarattığı çevre tahribi ve kirlenmelerin doğal ve insan yaşamının taşımayacağı tehlikeli boyutlara ulaştığı da gözlenmektedir (Anonim 1979).

Sanayi üretim sürecinde, üretimde bulunan sektöre ve üretim cinsine bağlı olarak kirletici parametreler ve kirlilik özellikleri farklıdır. Örneğin bir petrol rafinerisi ile bir un fabrikası aynı kirletici özelliklere sahip değildir (Şengül 1994).

Sanayi işletmelerinin dağınık ve birbirinden kopuk olması şehir planlaması açısından bir çok sorun yaratmaktadır. OSB'ler, sanayi işletmelerinin çevresel etkilerinin etkin bir biçimde kontrol edilebilmesi ve çevreye verilebilecek kirliliği önleme açısından önem taşımaktadır (Erdoğan ve Özdemir 1990).

OSB'ler için sanayiciler, iyi nitelikli tarım alanlarının kaybına yol açmadan, daha düşük nitelikteki arazilere yönlendirilmelidir. Böylece, tarımsal verimli arazilerin korunması sağlanmış olacaktır. OSB'lerin çevredeki yerleşme birimleri ve tarımsal üretim alanlarını olumsuz yönde etkileyip etkilemeyeceği, yer seçimi aşamasında gözden geçirilmelidir (Anonim 1994).

2.4. Organize Sanayi Bölgelerinden Kaynaklanan Atıksular

OSB'lerde atıksu kirliliği fabrikalarda çalışan personelin kullanımıyla (banyo, tuvalet, mutfak) ortaya çıkan ve fazla miktarda organik madde (C, N, P) içeren evsel atıksular ile fabrikalardaki prosese bağlı olarak (tekstil, gıda, metal vb.) değişik miktar ve özellikteki (ağır metaller, yağ-gres, evsel atıksulara göre yüksek KOİ) endüstriyel atıksulardan oluşmaktadır. Pek çok değişik sektörü barındıran organize sanayi bölgelerinden çıkan atıksular verildikleri dere, nehir vb. gibi alıcı ortamları kısa sürede kirletmekte ve bu suların geçtiği yerlerdeki tarım alanlarının zarar görmesine neden olmaktadır. Bu nedenle organize sanayi bölgelerinde yapılacak araştırmanın ardından sektör türüne göre ön arıtma ve nihai ortak arıtma ile bu zararların önlenmesi mümkündür. Ancak her bir tesisin uygulayacağı tesisi içi önlemler ve ön arıtma gibi tekil çözümler ve ortak arıtma için bulunacak çözümler ekonomik olmalıdır (Kav 2011).

Türkiye'de kurulan ve kurulacak olan Organize Sanayi bölgelerinin atıksularını Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY) Tablo19' da belirtilen parametreler ve konsantrasyonlarına göre arıtması zorunluluğu vardır. Organize sanayi bölgelerinde ortak arıtma veya nihai arıtma tesisi fiziksel kimyasal ön arıtma ve bunu takip eden biyolojik aktif çamur proseslerinden oluşmaktadır. Bu konfigürasyonda bir ortak arıtma

tesisinde arıtılabilecek atıksu özelliklerinin sağlanabilmesi için gerekli görülen sektörlerin ön arıtma yapımlarının sağlanması ve kontrol edilmesi gerekmektedir. Buna rağmen OSB ortak arıtma tesisinde biyolojik aktif çamur ünitesinin yükünü azaltmak için aynı zamanda zor parçalanabilir ve toksik olabilecek bazı bileşenlerin giderimi için koagülasyon-flokülasyon işlemi yaygın bir ön arıtma metodu olarak uygulanmaktadır. Organize sanayi bölgeleri atıksularının arıtılmasında aktif çamur prosesinin sınırlarının dar olmasından dolayı ön arıtma son derece kritik bir öneme sahiptir. Çok farklı sektörlerin birleşiminden oluşturulan bu bölgelerdeki sanayilerden kaynaklanan her türlü atıksuyu aktif çamur metodu ile arıtılabilir düzeye getirebilecek tek bir ön arıtma metodu yoktur. Organize sanayi bölgeleri için sektörel dağılımların dolayısı ile atıksu özelliklerinin dikkate alınarak çeşitli ön arıtma metotlarının araştırılmasında büyük fayda vardır (Akyatan 2010).

OSB'lerden kaynaklanan atıksular (evsel+ endüstriyel) genellikle fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerle veya bu proseslerin kombinasyonlarıyla arıtılmaktadır. Bunun yanında OSB'ler atıksularını geri kazanmak için ileri arıtma teknolojilerinin uygulanması yönünde girişimlerde de bulunmaktadırlar ağırlıklı olarak biyolojik arıtma sistemlerinden oluşan ortak arıtma tesislerinde arıtılmaktadır.

Ülkemizde 4562 sayılı OSB Kanununa göre kurularak hükmü şahsiyet kazanmış 242 adet OSB mevcuttur. 107 OSB faaliyete geçmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu kaynaklarına göre doluluk oranı ortalama % 67 olan 65 adet Organize Sanayi Bölgesinin 31 i arıtma tesisine sahip 6 tanesi inşaat ve ihale aşmasında ve 28 OSB nin atıksu arıtma tesisi bulunmamaktadır (Akyatan 2010).

2004 yılında belirlenen TÜİK kaynaklarına göre OSB'lerden yıllık 97 287 000 m³ atıksu oluşmakta olup (Çizelge 2.1) bu atıksuların yaklaşık %75'i arıtılmaktadır. Arıtılan atık suyun %56,8'i denize, %1,3'ü göl ve gölete, %33'ü akarsulara, %0,6'sı araziye, %3,9'u baraja ve %4,4'ü ise diğer alıcı ortamlara deşarj edilmiştir. Kontrolsüz yapılan bu deşarjlar sonunda yüzey sularımız kirlenmekte ve geri dönüşümü çok zor olan problemler ortaya çıkmaktadır (Yurtseven 2010).

Çizelge 2.1. Organize sanayi bölgelerinde oluşan atıksu miktarları

Toplam OSB	65	Adet
Oluşan Toplam Atıksu Miktarı	97 287 000	m ³ /yıl
Arıtılan Atıksu Miktarı	72 967 000	m ³ /yıl

2.5. Dünya’ da ve Türkiye’deki Mevcut Su Potansiyeli

Dünyadaki toplam su miktarı 1 milyar 400 milyon km³’le (1 km³= 1 milyar m³) yer kürenin yaklaşık $\frac{3}{4}$ ünü kaplamakta olup bu miktarın tamamına ulaşılabilmesi ve kullanılabilmesi teknik ve ekonomik yönden mümkün değildir. Çünkü bu suların %97,5’ i okyanus ve denizlerde tuzlu su olarak bulunmakta, geriye kalan ve 35,2 milyon km³ eden %küçük bir kısmı (%0,6) içme suyu kaynağı olarak kullanıma uygundur. Dünya içme sularının %25-40’lık bölümünü yer altı suları sağlamaktadır (Büyükkamacı 2009).

Hochstrat ve Wintgens’ a (2003) göre günümüze kadar, tükenmeyen bir kaynak olarak kabul edilen su, su kalitesinde ve miktarında azalma ile ortaya çıkan artan su kısıtı durumu ile, son yıllarda büyük sorun haline gelmeye başlamıştır. Avrupa’da ki ülkelerin yarısını kapsayan tüm Avrupa nüfusunun %70’ ine tekabül eden alan bugün su stresi ile karşı karşıyadır (Yurtseven 2010).

Ülkemizde yıllık ortalama yağış Devlet Su İşleri verilerine göre 643 mm/m² olup bu değer yılda 501 milyar m³ suya tekabül etmektedir. Kullanılabilir yüzeysularının miktarı 98 milyar m³ ve toplam çekilebilir yeraltı suyu miktarı ise 14 milyar m³ olmak üzere toplam kullanılabilir su miktarı 112 milyar m³’ tür. Nüfusumuzu 70 milyon kabul edersek kişi başına 1 600 m³/yıl su düşmektedir (Anonim 2008a).

Genel kabullere göre, yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 10 000 m³’ten fazla olan ülkeler su zengini sayılmaktadır. Bir ülkede yılda kişi başına düşen tatlı su

miktarı 1 700 m³'ten düşükse, o ülkenin su baskısı ile, anılan miktar 1 000 m³ altına inmiş ise su açığı ile karşı karşıya kabul edilmektedir. Ülkemizde kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1 500 m³ civarında olup, ülkemiz su kısıdı bulunan ülkeler arasında yer almaktadır. 2 030 yılında nüfusu 80 milyona ulaşacak olan Türkiye, kişi başına düşen 1 100 m³ kullanılabilir su miktarıyla, su sıkıntısı çeken bir ülke durumuna gelecektir (Anonim 2005).

Ülkemizde tahsis edilen su miktarının % 16'sı içme suyu, % 12'si sanayi ve geri kalan % 72'i ise tarımsal amaçlı kullanılmaktadır. Çizelge 2.2' de verilen 2003 yılı sektörel su kullanımları 2030 yılına ait tahmini değerlerde görüldüğü üzere 2030 yılında su gereksinimi bugünkünden yaklaşık üç kat daha fazla olacaktır (Anonim 2006).

Çizelge 2.2. 2003 yılı sektörel su kullanımları ve 2030 yılı tahminleri

Sektör (milyar m3)	2003	2030
Sulama	29.6	72
İçme suyu	6.2	18
Sanayi	4.0	22
Toplam	39.8	112

2.6. Artılmış Atıksuların Geri Kazanımı ve Yeniden Kullanımı

Nüfus artışı, hızlı endüstrileşme, su tüketim alışkanlıklarının değişmesiyle aşırı tüketim gibi nedenlerle tatlı su kaynakları tüm dünyada hızla tükenmektedir. Gerek ülkemiz gerekse diğer ülkeler henüz yeterli ve sağlıklı içme ve kullanma suyuna sahip değildir. Tatlı su kaynaklarına yönelik artan talebe karşılık bu kaynakları yenileyip arttırmak hem teknik hem de ekonomik açıdan sınırlayıcı olduğundan sürdürülebilir kalkınmayı

sağlayabilecek yeni yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bakımdan arıtılmış atıksuların geri kazanımı ve değişik amaçlar için geri kullanımına yönelik geliştirilen “temiz su kaynaklarını korumanın ilk yolu atıksuları geri kazanma ile başlar” düşüncesine yönelik çalışmalar ve uygulamalar artırılmıştır. Böylece hem tatlı su kaynaklarının tüketimi azaltılıp hem de deşarj edilen arıtılmış atıksuların çevresel etkileri en aza indirilebilmektedir (Yiğit 2007).

Suyun geri kazanımı; Karajeh ve ark. 'nın 2004 makalelerinde yaptıkları tanıma göre, suyun iyileştirilmesi ya da yeniden kullanılması anlamına gelen bir kelime olup arıtma, depolama, dağıtma, atıksuyu kullanma gibi prosesleri içeren bu kelimelerin tümünü aynı çatı altında birleştirir (Başkan 2006).

Atıksuların, kullanım amacına yönelik arıtılması isteniyorsa içinde bulunan ve yeniden kullanımını engelleyen ya da yeniden kullanımında herhangi bir şekilde zararlı olabilecek bütün maddelerin giderilmesi gereklidir. Atıksular çoğunlukla, doğal temiz sular ile (nehir suyu gibi yüzeysel sular ile) seyreltilerek tekrar kullanılabilirliği düşünülse de, bu durumda seyreltme oranı 100 kat gibi büyük miktarlara ulaşacağından, atıksu ve seyreltme suyundan oluşan bu karışık su halini alacağından artık atıksuların tekrar kullanımından söz edilemez. Atıksu arıtımı sırasında bu maddelerin konsantrasyonlarının indirilmesi gereken değerler için belirlenen ölçü; arıtılmış atıksuların ve yüzeysel suların düşük seyreltme oranlarında karıştırıldıklarında atıksu karakterinin tamamen kaybolması gerekliliğidir. Ancak bu durum ülkemizde tamamen yasa dışıdır. Atıksular, ileri arıtma ile hiçbir seyreltmeye ihtiyaç duyulmadan kullanılacak duruma getirmek için arıtılabilir (Gönder 2004).

Bursa Çevre Merkezi Aylık Bülteni kaynaklarında yer alan, Türkiye’de altyapısını tamamlamış 70 OSB’de yapılan ankete göre OSB’lerden deşarj edilen atıksu miktarı 2000 yılında 75 315 milyon m³, deşarj edilen atıksuların arıtılma oranı ise % 66 olup, atıksuların geri kazanılabilme imkanları değerlendirilmeden farklı alıcı ortamlara deşarj edilmektedir (Üstün ve Solmaz 2007).

Ülkemizde 3 217 imalat sanayinden yaklaşık olarak yıllık 638 milyon m³ endüstri kaynaklı atıksu oluşmaktadır. Bu atıksuların % 36'sı arıtılarak, % 64'ü ise arıtılmadan alıcı ortamlara deşarj edilmiştir. 410 m³ atıksu yeniden kullanılmaktadır (Aslan 2008).

R. Hochstrat ve arkadaşları tarafından yapılan, ülkelerin su mevcudiyeti, su ihtiyacı ve arıtılmış deşarj verileri temel alınarak hazırlanmış model çalışmasına göre Türkiye'nin atıksu geri kazanım potansiyeli gelecek 2025 yılı tahminine göre 234 Mm³/yıl ile Avrupa ülkeleri arasında 4'üncü sıradadır (Hochstrat ve ark 2005).

Atıksuların yeniden kullanımına yönelik yapılan araştırmalar ise çeşitli arıtma sistemlerine ilave yöntemlerle yeniden kullanıma uygun hale getirilebileceğini gösterirken, bu araştırmaların uygulamaya geçirilmediği görülmektedir (Yiğit 2007).

2.7. Atıksuların Yeniden Kullanım Alanları ve Faydaları

Arıtılmış atıksuların geri kullanım alanları ana hatlarıyla aşağıdaki gibi sıralanabilir (Kitis ve ark 2003):

A.Kentsel kullanım

- Parklar, rekreasyon alanları, spor tesisleri, otoyol kenarları
- Uydu kentlerde yeşil sahalar
- Ticari ve endüstriyel gelişme alanları
- Golf merkezleri
- Yangın söndürme
- Ticari ve endüstriyel alanlarda tuvalet pisuvarları
- İnşaat projelerinde toz kontrol ve beton üretim
- Araç yıkama tesisleri

B.Endüstriyel kullanım

- Soğutma suyu
- Proses suları
- Kazan besleme suyu
- Tesis yeşil alan sulaması
- Yangın söndürme suyu

C. Zirai sulama

D.Habitat, yüzeysel suların, rekreasyon alanların beslenmesi

E.Yeraltı suyu beslenmesi/enjeksiyonu

- Sahil bölgelerinde tuzlu suyun yeraltı tatlı su kaynaklarına girişiminin engellenmesi
- Toprak-yeraltı suyu sisteminde daha ileri arıtım
- İçme suyu veya kullanma suyu kalitesindeki akiferlerin beslenmesi
- Geri kazanılmış atıksuyun depolanması
- Aşırı yeraltı suyu pompalanması sonucu oluşabilecek göçüklerin engellenmesi.

Arıtılmış atıksuların geri kazanımının sağlayacağı faydalar aşağıda sıralanabilir (Miller 2006);

- Sürdürülebilir seçenekli su kaynağı olarak kullanıma olanak sağlar, gerekli kontroller altında güvenilir bir su kaynağıdır.
- Daha az enerji tüketimine neden olur.
- Yeni su kaynaklarının daha az tüketilmesine neden olur.
- Yüzey sularının atıksu deşarjlarıyla kalitesinin bozulmasını azaltır.

2.7.1.Tarımsal sulama amaçlı yeniden kullanım

Sulama suyu ihtiyacı; toplam su tüketiminin oldukça yüksek bir oranını oluşturmakta olup bu oran ülkeden ülkeye %30 ile %92 arasında değişmektedir. Tarımsal sulama için ihtiyaç duyulan suyun bu kadar fazla olması arıtılmış atıksuların tarımsal amaçlı sulama suyu olarak kullanılmasını dikkate değer kılmakta olup, arıtılmış atık suyun geri kullanımının sağlanması ile önemli miktarda su korunumu sağlanacaktır. Bunun yanı sıra, bitki besin maddesi kaynağı olabilecek elementler içermesi ve kalite açısından ürünlere bağlı olarak nispeten uygun özellikler taşıması, tarımsal amaçlı geri kullanımda artış eğilimine neden olmaktadır. Ancak atıksuların arıtıldıktan sonra tarımda kullanılmasının olumsuz etkilerini azaltmak, insan sağlığını ve çevreyi korumak amacıyla dikkate alınması gereken pek çok konu bulunmaktadır. Bu da atıksuların tarımda kullanılabilmesi için bazı kalite parametrelerinin oluşturulmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu nedenle pek çok ülke çeşitli standartlar ve yol gösterici kaynaklar hazırlama yoluna gitmektedir (Başkan 2006).

Ülkemiz su kaynaklarının korunması ve kirliliğinin önlemesi amacıyla yapılan hukuki düzenlemelerin en önemlilerinden birisi; 2872 sayılı Çevre Kanununa dayanılarak çıkartılan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğidir. Su kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) Madde 28'e göre sulama suyunun kıt olduğu ve ekonomik değer taşıdığı yörelerde, SKKY Teknik Usuller Tebliği'nde verilen sulama suyu kalite kriterlerini sağlayacak derecede arıtılmış atıksuların, sulama suyu olarak kullanılması teşvik edilir (Anonim 2004).

Bir suyun sulama yönünden elverişliliğinin tayini için (Büyükkamacı 2009);

- Çözünebilir tuzların toplam konsantrasyonu,
- Sodyum ve diğer katyonların nisbi oranı (SAR),
- Bor ve buna benzer toksik elementlerin konsantrasyonu,
- Kalsiyum ve Magnezyum,
- Anyonlar (klor, sülfat, nitrat),
- Toplam katı madde, organik madde yükü, yağ ve gres gibi yüzen maddelerin miktarı,

- Patojen mikroorganizmaların miktarı, en önemli özellikler olarak kabul edilip SKKY, TS266 (içme suyu standardı), WHO gibi ulusal ve uluslararası yönetmeliklere, standartlara göre saptanır.

Arceivala'a (2007) göre atık suları sulamaya elverişli olan sektörler örnek olarak konserve, süt ürünleri, meşrubat, bira, gübre endüstrisi verilebilir. Yağ, petrol ürünleri, solvent, ağır metal ve toksik madde içeren atık su üreten endüstrilerin atık sularının ise tarımsal sulamada kullanılması önerilmemektedir (Kitis ve ark 2003).

Weber ve ark. 1996; Kızıloglu ve ark. 2008, çalışmalarında atıksuyu, bitki besin ve organik madde açısından, kurak alanlarda, gübreleme ve verimliliği korumak açısından değerli bir kaynak olarak göstermektedirler. Ancak, atıksu uygun biçimde arıtılmaz ve yönetilmezse, sulamada yeniden kullanımı çevresel problemleri de beraberinde getirebilir (Yurtseven 2010).

Standartlar çerçevesinde arıtılmamış atıksuyun, uygun tedbirler ve teknik önlemler alınmadan sulamada kullanılmasının olası riskleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Kendirli ve ark. 2003):

- Arıtılmamış atıksu ile uzun süre temas eden ve bu su ile sulanan sebzeleri tüketen kişilerin sağlığında ciddi bir risk yaratır.
- Yeraltı suyunda kirliliğe yol açar (nitrat birikimi, ağır metaller vs).
- Toprakta kimyasal kirleticilerin birikimini neden olur (nitrat birikimi, ağır metaller vs).
- Hastalıkların yerleşeceği bir ortam yaratır.
- Arıtılmış atıksu sulama sistemlerine zarar verebilir.
- Sulama ürün ihtiyacına bağlı olarak miktarı değişen ve mevsimsel bir uygulamadır, ancak atık su arıtımı yıl boyunca süreklilik gösterir bu nedenle sulama ihtiyacının olmadığı dönemlerde ikinci bir deşarj imkânının sağlanması ya da depolanması gerekmektedir.
- Atık suyu taşıyan kanallarda ötrofikasyona neden olur.

2.7.2.Endüstrilerde kullanım

Su kıtlılığının ve nüfusun artması ile endüstriyel amaçlı yeniden kullanım çok önemli su temini yöntemlerinden biri olmuştur. Endüstriyel yeniden kullanım genellikle kazanlar, su kuleleri radyoaktif atıkların seyreltilmesi, petrol rafinerileri, kimya fabrikaları ve metal fabrikaları proseslerinde kullanılmaktadır (Başkan 2006).

Geri kazanılmış atıksuyun endüstride kullanımı yaygın bir uygulama olup, atık suyun geri kazanılması, endüstriyel atık suyun arıtılıp çoğunlukla prosesin bir parçası olarak tesis içinde geri çevrimi ile veya evsel atık su arıtma tesislerinde arıtılan suyun endüstrilerde kullanılması şeklinde olabilmektedir. İçme suyu niteliğindeki suya ihtiyaç duymayan birçok endüstri için, geri kazanılmış su idealdir. Türkiye’de sanayide atıksuların tekrar kullanımı ise daha çok atıksuların geri kazanılarak tesis içinde devrettirilmesi şeklinde olmaktadır. Arıtılmış suların endüstrilerde soğutma suyu olarak arıtılmış atık suların kullanılması durumunda korozyon, çökelek oluşması, mikrobiyal büyüme gibi konulara dikkat edilmesi gereklidir. Buna göre geri devirli sistemlerde kullanılacak tamamlama suyu olarak önerilen soğutma suyu kalite kriterleri Çizelge 2.3’ te verilmektedir (Güneş 2002).

Çizelge 2.3. Soğutma suyu özellikleri

Parametre	Limit Değer
Klorür, mg/L	500
Toplam Çözülmüş Madde, mg/L	500
Sertlik, mg/L	650
Alkalinite, mg/L	350
pH	6.9 – 9.0
Kimyasa Oksijen İhtiyacı, mg/L	75
Toplam Askıda Katı Madde, mg/L	100
Biyolojik Oksijen İhtiyacı, mg/L	25
Amonyum Azotu, mg/L	1.0
Fosfat, mg/L	4
Silisyum dioksit, mg/L	50
Alüminyum, mg/L	0.1
Demir, mg/L	0.5
Mangan, mg/L	0.5
Kalsiyum, mg/L	50
Magnezyum, mg/L	0.5
Bikarbonat, mg/L	24
Sülfat, mg/L	200

Arıtılmış atık suların kazan besleme suyu olarak kullanımı durumunda, kazanın çalışma basıncı önem kazanmaktadır. Yüksek basınçla çalışan kazanlar daha iyi kalitede suya ihtiyaç duyarlar. Çok yüksek basınçta çalışan kazanlar çok iyi kalitede su ile çalışırlar. Genel olarak, ister içme suyu ile ister arıtılmış su ile çalışsınlar, tüm kazanlarda sertliğin sıfıra yakın olması istenir. Kazanlarda çökelek oluşumuna neden oldukları için kalsiyum, magnezyum, silisyum ve alüminyumun arıtılması istenir. Arıtılmış suyun özelliklerine bağlı olarak filtrasyon, karbon adsorpsiyonu ve azot giderimi işlemleri tarafından takip edilen flokülasyon, çökeltim ve rekarbonasyon işlemlerini içeren kireçle arıtım uygulanır. Yüksek basınçla çalışan kazanlar için istenen çok iyi kalitede suyu elde etmek için ters osmoz ve iyon değiştirme işlemleri kullanılabilir. Arıtılmış suların proses suyu olarak kullanımı durumunda her bir endüstri için ayrı inceleme yapmak gereklidir. Bazı endüstriler çok iyi kalitede suya ihtiyaç duyarken, bazı endüstriler daha az kaliteli suyla da üretim yapabilmektedir. Örneğin elektronik sanayi neredeyse destile su kalitesinde suya ihtiyaç duyarken deri sanayi daha düşük kaliteli suyla da çalışabilmektedir. Tekstil, kağıt ve metal sanayi ise, orta kalitede suya ihtiyaç duymaktadır. Çizelge 2.4'te EPA kaynaklarına göre bazı endüstriler için gerekli proses suyu özellikleri verilmektedir (Büyükkamacı 2009). Çelik, bira, elektronik sanayi gibi pek çok endüstri, atıksularını arıtıp sistemlerine geri çevirmektedirler. Geri kazanılmış su; soğutma suyu, kazan besleme suyu ve proses suyu olarak endüstrilerde kullanılmaktadır (Asano 1991).

Çizelge 2.4. Bazı endüstriler için gerekli proses suyu özellikleri

Parametre*	Kağıt&Karton			Kimyasal	Petrokimya & Maden	Tekstil		Çimento
	Mekanik Borulama	Kimyasal, Ağartılmamış	Kağıt&Karton Ağartma			Haşılama	Pişirme Kasar , Boya	
Bakır	-	-	-	-	0.05	0.01	-	-
Demir	0.3	1.0	0.1	0.1	1.0	0.3	0.1	2.5
Mangan	0.1	0.5	0.05	0.1	-	0.05	0.01	0.5
Kalsiyum	-	20	20	68	75	-	-	-
Magnezyum	-	12	12	19	30	-	-	-
Klorür	1000	200	200	500	300	-	-	250
Bikarbonat	-	-	-	128	-	-	-	-
Nitrat	-	-	-	5	-	-	-	-
Sülfat	-	-	-	100	-	-	-	250
Silisyum dioksit	-	50	50	50	-	-	-	35
Sertlik	-	100	100	250	350	25	25	-
Alkalinite	-	-	-	125	-	-	-	400
TÇM	-	-	-	1000	1000	100	100	600
TAKM	-	10	10	5	10	5	5	500
Renk	30	30	10	20	-	5	5	-
pH	6-10	6-10	6-10	6.2-8.3	6-9	-	-	6.5-8.5

*Renk ve pH dışında tüm parametreler mg/l cinsindendir.

2.8. Atıksuların Yeniden Kullanımında İhtiyaç Duyulan Arıtma İşlemleri

Atıksuların geri kazanımındaki teknoloji gereksinimi, geri kazanılacak suyun kullanım maksatları ile ilişkilidir. Kentsel atıksular tarımsal veya yeşil alan sulamasında kullanılacak ise iyi bir şekilde dezenfekte edilmiş biyolojik arıtma çıkışı gerekir. Doğrudan veya dolaylı geri kazanım söz konusu ise membran teknolojileri, aktif karbon ve ileri oksidasyon gibi daha ileri arıtma alternatifleri gerekir. Atıksu geri kazanımı için seçilecek teknoloji tipini etkileyen faktörler; atıksuyun nerede geri kullanılacağı, atıksu karakteristikleri, geri kazanılacak atıksuyun kalitesi, eser elementlerin miktarı, mevcut duruma uyumu, prosesin esnekliği, işletme, bakım, enerji, kimyasal ve personel ihtiyacıdır (Anonim 2010a).

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği' nde verilen atıksu geri kazanımı için uygulanan arıtma teknolojileri ve giderdikleri kirleticilerin gösterimi Çizelge 2.5'te, atıksu geri kazanım amacı ve uygulanabilecek teknolojiler ise Çizelge 2.6' da verilmiştir (Anonim 2010a).

Çizelge 2.5. Atıksu geri kazanımı için uygulanan arıtma teknolojileri ve giderdikleri kirlleticiler

Arıtma birimleri	Askıda katı madde	Kolloidal maddeler	Partiküler organik madde	Çözünmüş organik madde	Azot	Fosfor	Eser maddeler	Toplam çözünmüş madde	Bakteri	Protozoa	Virüs
İkincil arıtma	X			X							
Nütrient giderimi				X	X	X					
Filtrasyon	X								X	X	
Yüzey filtrasyonu	X		X						X	X	
Mikrofiltrasyon	X	X	X						X	X	
Ultrafiltrasyon	X	X	X						X	X	X
Flotasyon	X	X	X							X	X
Nanofiltrasyon			X	X			X	X	X	X	X
Ters osmoz				X	X	X	X	X	X	X	X
Elektrodiyaliz		X						X			
Karbon adsorpsiyonu				X			X				
İyon değiştirme					X		X	X			
İleri oksidasyon			X	X			X		X	X	X
Dezenfeksiyon				X					X	X	X

Çizelge 2.6. Atıksu geri kazanım maksadı ve uygulanabilecek arıtma sistemleri

Atıksu geri kazanım maksadı	Arıtma sistemleri
Tarımsal sulama	Klasik aktif çamur + filtrasyon + klorlama
Golf sahaları sulama	Nitrifikasyon içeren aktif çamur sistemi + kimyasal fosfor giderimi + (filtrasyon) + klorlama
Yeşil alan sulama	Azot gideren aktif çamur sistemi + mikrofiltrasyon + Ultraviyole (UV)
Dinlenme maksatlı kullanılan sulakalanları besleme	Azot ve fosfor giderimini içeren MBR + UV
Dolaylı kullanım suyu (Yeraltı suyuna veya yüzeysel sulara deşarj)	Nitrifikasyon içeren aktif çamur sistemi + mikrofiltrasyon + ters osmoz + UV/H ₂ O ₂
Endüstriyel soğutma suyu	Azot gideren aktif çamur sistemi + mikrofiltrasyon + UV
Endüstriyel proses suyu	Azot gideren aktif çamur sistemi + filtrasyon + nanofiltrasyon + iyon değiştirme + UV

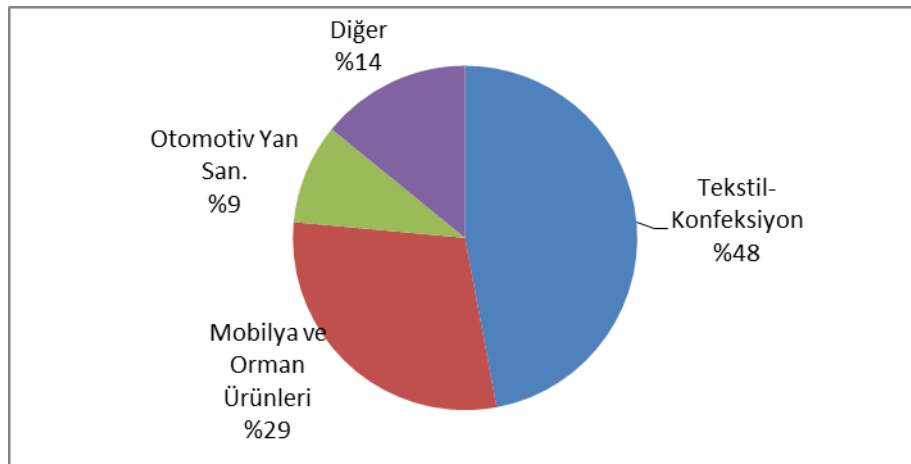
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışmada Seçilen Organize Sanayi Bölgesinin Özellikleri

Seçilen Organize Sanayi Bölgesi, Bursa İli' nde 1976 yılında Bursa-Eskişehir Karayolunun 43. km'si üzerinde kurulmuş olup, Mudanya Limanına 76 km, Gemlik Limanına 75 km mesafededir. Ayrıca Türkiye'nin ilk organize sanayi bölgeleri arasında yer almasının yanında önemli sanayi merkezlerinden birisi olma özelliğine sahiptir (Anonim 2010b).

Organize Sanayi Bölgesi, 3 000 000 m²' lik bir alan üzerine kurulmuş olup 90 parselde bulunan 85 tesisten 80'i faaliyet halindedir ve Türkiye'nin ihracatında önemli katkıları bulunan büyük kuruluşlar bulunmaktadır. OSB 15 bin civarında istihdam sağlamaktadır. Ayrıca bünyesinde Çevre Yönetim Birimi mevcut olup, bu birim 10 personel istihdam etmektedir. Burada görev alan personellerin meslek gruplar; makine mühendisi, çevre mühendisi ve laboratuvar teknisyenidir (Anonim 2010b).

Seçilen Organize Sanayi Bölgesi içerisinde çeşitli sektörler yer almaktadır. OSB'de yer alan tesislerin sektörel dağılım yüzdeleri Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1: OSB'deki tesislerin sektörel dağılım yüzdeleri

Seçilen OSB’ de en fazla bulunan sektörlerin başında % 48’lik yüzdelik pay ile dağılımın neredeyse yarısını teşkil eden tekstil sektörü gelmektedir. Tekstilden sonraki en yaygın sektör ise % 29’luk yüzdelik dilimle mobilya ve orman ürünleri sektörü olup otomotiv yan sanayi ve diğer sanayi kolları toplamda %23’lk dilimi kapsamaktadır. OSB’de sektör kısıtlaması uygulaması sonucunda deri sanayi tesisleri, kimyasal madde sanayi tesisleri ile patlayıcı ve parlayıcı ile çalışan sanayi tesislerine izin verilmemiştir.

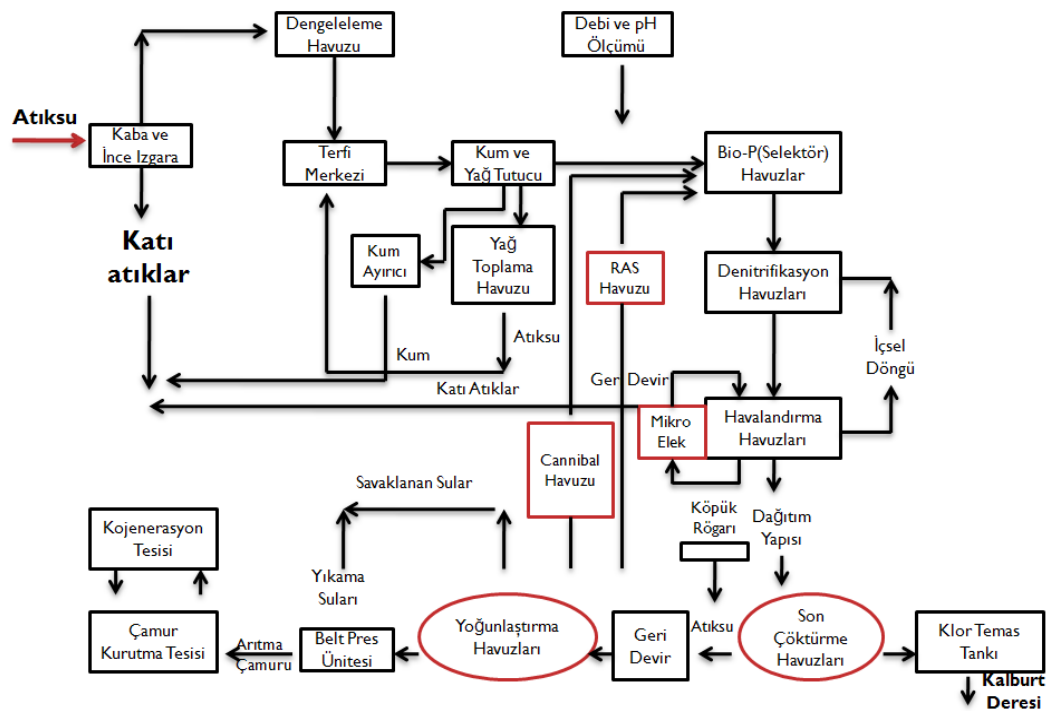
3.2. Seçilen Organize Sanayi Bölgesi Atıksuları

Seçilen Organize Sanayi Bölgesi 2000 yılında, Bursa il sınırlarındaki OSB’ler içinde Bursa Ticaret ve Sanayi Odası OSB’den (Pilot OSB) sonra atıksu arıtma tesisini devreye alan ilk organize sanayi bölgesidir. Organize sanayi bölgesinde 110 000 m² alanda 1997 yılında inşaatına başlanan atıksu arıtma tesisi yaklaşık 10 milyon dolara mal olmuş ve 2001 yılında faaliyete geçmiştir. Tesis 55 000 m³/gün’e göre tasarlanmıştır. OSB AAT, 2007 yılında kapasite artışı modernizasyonunu yaptırmak üzere Siemens Water Technologies (SWT) ile protokol imzalamıştır. 2007 yılının Eylül ayında sözleşmesi imzalanan proje 2009 yılının Mayıs ayında tamamlanmıştır. Mevcut durumda 55 000 m³/gün’e göre tasarlanmış tesis, tesisteki mevcut teknolojiler üzerinde bazı değişiklikler yaparak neredeyse hiçbir ünite ilavesi yapılmadan tasarlanarak kapasitesi 130 000 m³/gün’e çıkartılmıştır.

OSB yaklaşık olarak 30 000 m³/gün debisine sahip olup, yukarıda da bahsedildiği üzere %48’i Tekstil sanayi, %29’u Orman rnleri işleme sanayi, %9’u Otomotiv yan sanayi, %14’i ise diğer sanayilerden oluşması göz önünde bulundurulduğunda bu atıksuyun 14 000 m³/gün’ tekstil sanayi’nden, kalan 16 000 m³/gün ise diğer sanayilerden kaynaklandığı söylenebilir. OSB’ de mevcut olan Atıksu Arıtma Tesisi projelendirilirken hem evsel atıksuların arıtımı hem de sanayi atıksularının arıtımı dikkate alınmıştır. Tesise gelen atıksuyun 55 000 m³/gün ‘lük büyük bir kısmı şehir atıksularından gelirken, 30 000 m³/gün’ lük diğer kısmı OSB’de faaliyet gösteren işletmelerden kaynaklanmaktadır. Diğer OSB arıtma tesislerinden farklı olarak bu tesiste kimyasal arıtma tesisi mevcut olmayıp bütün atıksular sadece fiziksel ve

biyolojik yöntemlerle arıtılmaktadır. Mevcut tesiste AKM, BOİ, ve KOİ giderimi yapılmakta olup, tesis deşarj belgesine sahiptir. Ayrıca ilçenin yağmur suları ayrı projelendirilmediğinden, evsel sular yağmur suları ile birlikte atıksu arıtma tesisine verilmektedir. Yağışlı zamanlarda ise arıtma sistemi by-pass edilerek çalıştırılmaktadır.

Bütün bu atıksu girdileri değerlendirildiğinde OSB ‘nin atıksu arıtma tesis kapasitesi yağışsız zamanlarda 85 000 m³/gün seviyelerine çıkmakta olup arıtılan su, Kalburt Çayı’na yönlendirilerek Devlet Su İşleri’nin Boğazköy Baraj’ının toplanma alanında toplanmaktadır. Arıtma tesisinin akım şeması Şekil 3.2’ de genel yerleşim planı ise Şekil 3.3’de gösterilmektedir (Anonim 2010b).



3.3. Seçilen OSB Atıksu Arıtma Tesisinde Yer Alan Üniteler

Şekil 3.2’de genel akım şeması verilen tesis kompleks bir tesis olup, arıtma prosesinde yer alan üniteler ve işleyişi aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

3.3.1. Fiziksel arıtma üniteleri

Mevcut atıksu arıtma tesisine atıksu taşıyan 1 200 mm’lik büz, 1 400 mm olacak şekilde revize edilmiştir. Gelen hat üzerine bir kum kapanı yapılarak ham atıksu daki kumun bir kısmının tutulması sağlanmıştır. Bu şekilde dengeleme havuzunun efektif hacminin korunması da sağlanmıştır (Anonim 2010b).

Mevcut terfi istasyonu ve öncesindeki ızgara grubu 130.000 m³/gün’lük yeni kapasiteyi taşıyamayacağı için yeni bir ön arıtma binası tasarlanarak mevcut 3’er adet 1 m genişliğindeki kaba ve ince ızgaraya ilave olarak 4’er adet 1,3 m genişliğinde kaba ve ince ızgara konulması öngörülmüştür. Izgaraların tamamı otomatik temizlemeli seçilmiştir. Bu ızgaralara ilave olarak 1 adet de 1,3 m genişliğinde manuel temizlemeli kaba ve ince ızgara konulmuştur (Anonim 2010b).

Mevcut durumunda öngörülen maksimum saatlik atıksu debisinin ızgara sisteminden geçtikten sonra tesis ünitelerine aktarılması durumunda hidrolik anlamda büyük yüklemeler oluşacaktır. Ayrıca atıksu karakterizasyonundaki saatlik değişimler özellikle biyolojik arıtma sistemindeki oksijen ihtiyacı değerlerinde ani değişimler yaratacaktır. Bu bakımdan hidrolik ve atıksu karakterizasyonu bakımından homojenizasyonun tam olarak sağlanabilmesi amacıyla dengeleme havuzunun hacmi arttırılmıştır. Bu havuza yeni yapılacak ızgara binasından geçerek gelen tüm atıksu cazibe ile alınmaktadır. Böylece dengeleme havuzu içinde tüm atıksuyun hidrolik ve kirletici konsantrasyon bakımından bir ortalamaya getirilmesi, belirli bir pH değerine kadar kendinden nötrale

edilmesi sağlanmıştır. Bu havuz içine yerleştirilen mevcut ve yeni konulacak terfi pompaları ile mevcut havalandırmalı kum ve yağ tutucuya 24 saat boyunca ortalama debide atıksu terfi etmektedir. Dengeleme havuzundaki karışım dört adet dalgıç mikserle sağlanmaktadır (Anonim 2010b).

Ham atıksuyun zaman içinde değişen pH değeri dengeleme havuzu içinde bir ortalama geldikten sonra biyolojik arıtma için hedeflenen pH değerine ulaşması için zayıf asit olan karbonik asit oluşumunu sağlayan karbondioksit dozlanmaktadır. Karbondioksit dozlaması temin edilen sıvı karbondioksitin gaz fazına buharlaştırılması ve gaz fazında dozlanması ile yapılmaktadır (Anonim 2010b).

3.3.2.Biyolojik arıtma üniteleri

Mevcut tesisin biyolojik arıtma prosesi uzun havalandırmalı aktif çamur prosesi olarak tasarlanmış ve inşa edilmiştir. Bu prosesin özelliği gereği, organik madde giderimi ve çamur çürütülmesi aynı havuzda yapılmaktadır. Azot ve fosfor giderimi ise atıksuyun ve arıtımı sağlayan biyokütlenin anaerobik, anoksik ve oksik bölgelerde sirkülasyonu ile sağlanmaktadır. Artan atıksu debisi ve kirlilik nedeniyle mevcut havalandırma havuzu, havalandırma sistemindeki iyileştirmelere rağmen sadece artan biyolojik yükün getirdiği organik maddenin ve nütrientlerin giderilmesi için kullanılabilmektedir. Bu sebeple çamur stabilizasyonu ve çamur azaltılması ayrı bir havuzda (Cannibal Havuzu) gerçekleştirilmeye başlanmıştır (Anonim 2010b).

Son çöktürme havuzlarında özellikle maksimum atıksu geldiği saatlerde yüzeysel yükleme değerlerinin sağlanmasında problem yaşanacağı öngörülerek dengeleme havuzunun kapasitesi arttırılmıştır. Dengeleme havuzunun yapılması sistemi ortalama saatlik debide çalıştırdığı için son çöktürme havuzlarında bir yükleme sorunu yaşanmamaktadır. Artan katı madde yüküne karşı sistemde problem yaşanmaması için mevcut çöktürme havuzlarının sıyrıcı sistemleri ve giriş dağıtım yapılarında değişiklikler yapılmıştır. Böylece yeni son çöktürme havuzlarının yapılmasına gerek kalmamıştır (Anonim 2010b).

Mevcut son çöktürme havuzlarının kullanılabilmesi için artacak atıksu debisini dağıtım yapısına ve çöktürme havuzlarına taşıyan boruların çapları arttırılmıştır. Havalandırma havuzundan 2 200 x 2 200 mm kesitinde bir beton kutu kesit ile taşınan atıksu, dağıtım yapısı öncesinde çamur toplama havuzuna alınmaktadır. Buradan da dağıtım yapısına 2 200 mm çapında bir boru ile aktarılmaktadır. Dağıtım yapısından son çöktürme havuzlarını besleyecek olan mevcut 700 mm çapındaki borular değiştirilerek, çaplar 1 200 mm'ye arttırılmıştır (Anonim 2010b).

Bunun yapılmasıyla artan debinin çöktürme havuzlarına beslenmesi sırasında oluşan flokların kırılmadan korunması sağlanmıştır. Aynı zamanda çöktürme havuzları tabanından geri devir terfi merkezine çamur aktaran borular da yenilenerek, çapları 800 mm'ye arttırılmıştır (Anonim 2010b).

3.3.3. Çamur işleme üniteleri

Biyolojik arıtma sonucu oluşacak fazla biyolojik çamur, çamur işleme havuzlarında (Cannibal) işlenmektedir. Bu havuzlara çamur toplanma noktasından (geri devir terfi merkezi) alınan fazla çamur, aerobik ve anoksik stabilizasyona tabii tutulduktan sonra havalandırma havuzuna geri verilmektedir. Çamur azaltma verimi ne kadar yüksek olursa olsun sistemden günlük olarak mutlaka bir miktar biyolojik fazla çamurun atılması gerekmektedir. Sistemden atılacak bu fazla çamur ise yeni inşa edilen aerobik çamur depolama ve çürütme sisteminde oksik ortamda bir süre daha stabilizasyona tabii tutulmaktadır. Böylece mevcut tesisin eski işletme koşullarında meydana getirdiği fazla çamur miktarından çok daha az çamur oluşmaktadır (Anonim 2010b).

3.3.4.Çamur kurutma ve kojenerasyon tesisi üniteleri

Atıksu arıtma tesisindeki belt-pres ünitesinden çıkan %20 kuru madde (KM) içerikli arıtma çamuru, termal çamur kurutma ünitesindeki giriş silolarına iletmektedir. Giriş silolarından kurutma ünitesine aktarılan yaş çamur, gaz motoru ve kazandan elde edilen

ısı enerjisiyle termal kurutucularda kurutulup, %90 KM içerecek hale getirilmektedir. Bu işlem, kurutucuya doğrudan veya dolaylı olarak verilen ısı ile çamurun atmosfere kapalı bir ortamda kurutulması ile yapılmaktadır. Kurutuculardaki çamurun kuru katı madde oranı, düşük sıcaklık ve basınç altında büyük oranda artırılmaktadır. Üniteden çıkan çamur dışarıya herhangi bir sızıntı olmaksızın, çıkış silolarına nakledilmekte ve depolanmaya hazır hale getirilmektedir. Giriş ve çıkış silolarında koku probleminin engellenmesi için bir koku giderme ünitesi bulunmaktadır (Anonim 2010b).

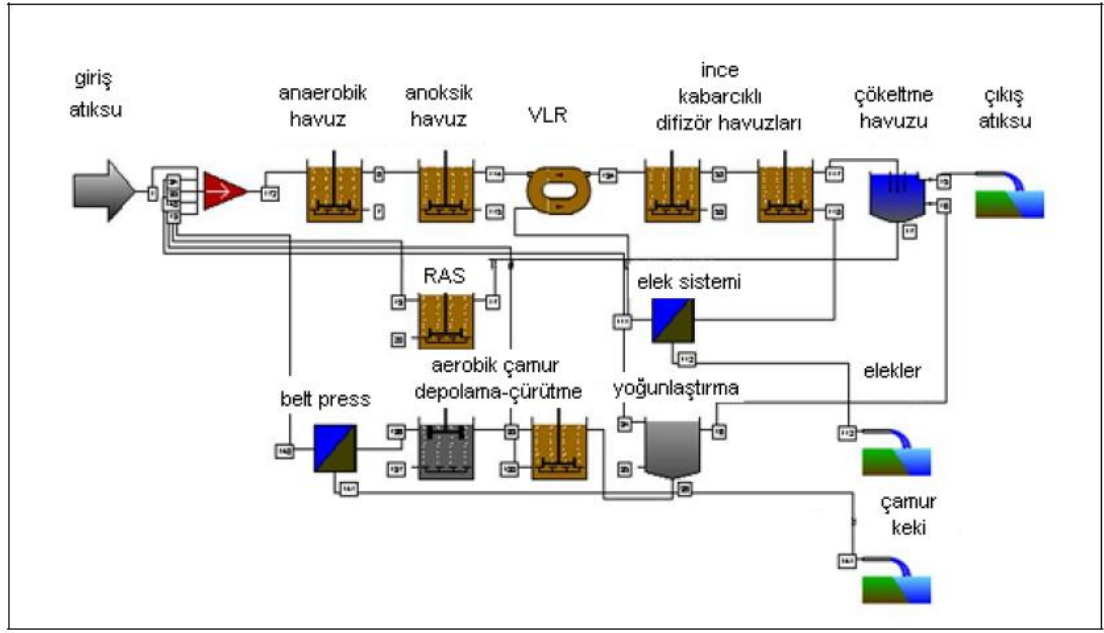
Termal Çamur Kurutma ünitesinin ihtiyacı olan ısı enerjisi, kazan ve gaz motoru ile karşılanmaktadır. Kazanda yakıt olarak doğal gaz kullanılmaktadır. 9,7 MW ısı gücünde kurulacak olan kojenerasyon tesisi ile 75 ton/gün kapasiteli ve içerisinde %15-20 katı madde bulunan arıtma çamurunu %90 kuru madde ihtiva edecek şekilde kurutabilmesini sağlayan ısı ihtiyacının %100'ü karşılanmaktadır (Anonim 2010b).

Kojenerasyon ünitesi; motor-jeneratör ünitesi ve yardımcı tesisleri ile birlikte atık çamur kurutma ünitesi için atık ısı kazanımı eşanjörleri, atık çamur kurutma ünitesi ile entegre otomasyon sistemi ve yardımcı tesislerini içermektedir.

Tesiste kapasite artışı ile azot ve fosfor giderimi (N, P) ve çamur azaltımına yönelik SWT tarafından geliştirilen aşağıda bahsedilen teknolojiler uygulanılmaya başlanmış olup prosesin akım şeması Şekil 3.4' de gösterilmektedir (Anonim 2010b).

- **VertiCel:** Karbonlu maddelerin (KOI, BOI), nütrientlerin (N, P) giderimi için askıda gelişen kültürlerin kullanıldığı biyolojik bir süreç olup, konvansiyonel biyolojik süreçlere göre harcanan enerjinin havalandırmalı anoksik reaktör kavramıyla %25-30 oranında azaltıldığı bir uygulamadır.
- **TowBro:** Klasik çöktürme tanklarının boyutlandırılmasında kullanılan yüzey yükleme ve katı madde yükleme parametrelerinde önemli artışlar sağlayan bir teknoloji olup, aynı verimliliği daha küçük tank çapında sağlayarak yatırım maliyetinde büyük avantaj sunmaktadır.

- **Cannibal:** Düşük enerji ihtiyacı, nispeten düşük yatırım gereksinimi olan ve kolay işletilen bir süreçtir. Fazla çamur miktarını konvansiyonel aktif çamur sistemlerine göre 4-5 kat azaltıyor. Mevcut arıtma tesisleri için çamur stabilizasyon, susuzlaştırma ve kurutma yatırımlarında büyük bir azalma anlamına gelmektedir.



Şekil 3.4: SWT tarafından geliştirilen proses akım şeması

3.4. Seçilen OSB AAT Deşarj Standartları ve Çıkış Suyu Karakterizasyonu

Türkiye’de mevcut bulunan ve kurulacak olan OSB atıksularının Çizelge 3.1’ de gösterilen, 31.12.2004 tarihli Resmi Gazete’ de yayınlanan SKKY: ‘Tablo 19: Karışık Endüstriyel Atık Suların Alıcı Ortama Deşarj Standartları Küçük ve Büyük Organize Sanayi Bölgeleri ve Sektör Belirlemesi Yapılmayan Diğer Sanayiler’ deşarj standartlarında belirtilen parametreler ve konsantrasyonlarına göre arıtması zorunluluğu vardır (Anonim 2004).

Çizelge 3.2.’ de ise 07.01.1991 tarihinde Resmi Gazete’ de yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği Tablo 4’te sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite parametreleri gösterilmiş olup

20.03.2010 tarihinde yayınlanan Resmi Gazete’de Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği’ nde yürürlükten kaldırılmış, aynı tebliğde Ek–7 kapsamında bulunan ‘Tablo E7.2 Sulama Suyunun Kimyasal Kalitesinin Değerlendirilmesi İçin Geliştirilmiş Tablo’ Çizelge 3.3.’ de verilmiştir (Anonim 1991b, Anonim 2010a).

Çizelge 3.1: SKKY Tablo 19: karışık endüstriyel atık suların alıcı ortama deşarj standartları küçük ve büyük organize sanayi bölgeleri ve sektör belirlemesi yapılmayan diğer sanayiler

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 Saatlik	Kompozit Numune 24 Saatlik
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	(mg/L)	400	300
Askıda Katı Madde	(mg/L)	200	100
Yağ Ve Gres	(mg/L)	20	10
Toplam Fosfor	(mg/L)	2	1
Toplam Krom	(mg/L)	2	1
Krom	(mg/L)	0.5	0.5
Kurşun	(mg/L)	2	1
Toplam Siyanür	(mg/L)	1	0.5
Kadmiyum	(mg/L)	0.1	-
Demir	(mg/L)	10	-
Florür	(mg/L)	15	-
Bakır	(mg/L)	3	-
Çinko	(mg/L)	5	-
Civa	(mg/L)	-	0.05
Sülfat	(mg/L)	1500	1500
TKN	(mg/L)	20	15
Balık Biyodeneyi	-	10	10
pH	-	6-9	6-9

Çizelge 3.2. SKKY Teknik Usuller Tebliği Tablo 4’te yer alan sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalitesi ilgili parametreler

	Sulama suyu sınıfı				
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
$EC_{25} \times 10^6$	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	> 3000
Değişebilir Sodyum Yüzdesi (% Na)	< 20	20-40	40-60	60-80	> 80
Sodyum Adsorbsiyon oranı (SAR)	< 10	0-18	18-26	> 26	
Sodyum karbonat kalıntısı , meq/L, mg/L	> 1.25 < 66	1.25-2.5 66-133	> 2.5 > 133		
Klorür (Cl ⁻), meq/L , mg/L	0-4 0-142	4-7 142-249	7-12 249-426	12-20 426-710	> 20 > 710
Sülfat (SO ₄ ²⁻), meq/L , mg/L	0-4 0-192	4-7 192-336	7-12 336-575	12-20 575-960	> 20 > 960
Toplam tuz konsantrasyonu (mg/l)	0-175	175-525	525-1400	1400-2100	> 2100
Bor konsantrasyonu (mg/l)	0-0.5	0.5-1.12	1.12-2.0	> 2.0	-
Nitrat veya Amonyum (mg/l)	0-5	5-10	10-30	30-50	> 50
Fekal Koliform ** 1/100 ml	0-2	2-20	20-100	100-1000	> 1000

Çizelge 3.3. Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği Tablo E7.2’de sulama suyunun kimyasal kalitesinin değerlendirilmesi için geliştirilmiş tablo’ da verilen değerler

Parametreler		Birimler	Kullanımında zarar derecesi		
			Yok	Az – orta	Tehlikeli
			(I. sınıf su)	(II. sınıf su)	(III.snf su)
Tuzluluk					
İletkenlik		µS/cm	< 700	700-3000	>3000
Toplam çözünmüş Madde		mg/L	< 500	500-2000	>2000
Geçirgenlik					
SAR _{Tad}	0-3	EC	≥ 0.7	0.7-0.2	< 0.2
	3-6		≥ 1.2	1.2-0.3	< 0.3
	6-12		≥ 1.9	1.9-0.5	< 0.5
	12-20		≥ 2.9	2.9-1.3	< 1.3
	20-40		≥ 5.0	5.0-2.9	< 2.9
Özgül iyon toksisitesi					
Sodyum (Na)					
Yüzey sulaması		mg/L	< 3	3-9	> 9
Damlatmalı sulama		mg/L	< 70	> 70	
Klorür (Cl)					
Yüzey sulaması		mg/L	< 140	140 –350	> 350
Damlatmalı sulama		mg/L	< 100	> 100	
Bor (B)		mg/L	< 0.7	0.7-3.0	> 3.0

Ayrıca 24.04.2011 tarihinde yayınlanan Resmi Gazete’ de Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik gereği SKKY’ nin ekinde yer alan Tablo 19’ a Çizelge 3.4’de gösterilen renk parametre ve standardı eklenmiştir (Anonim 2011).

Çizelge 3.4. SKKY' ya eklenen renk parametresi ve standardı

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 Saatlik	Kompozit Numune 24 Saatlik
Renk	(Pt-Co)	280	260

Organize Sanayi Bölgeleri atıksu arıtma tesisi çıkış sularının deşarjı SKKY Tablo 19'da verilen parametrelere göre yapılmaktadır. Bu çalışmada, Bursa ilinde seçilen Organize Sanayi Bölgesi arıtma tesisi çıkışı suları 2009-2010 tarihleri arasında 2 saatlik kompozit numune olarak alınmış, Standart Metodlar' da belirtilen yöntemlere göre analizlenmiştir. Çizelge 3.5'de ölçüm sonuçlarının ortalama değerleri ile uygulanacak arıtılmış su deşarj limitleri karşılaştırmalı olarak verilmiş olup, atıksu arıtma tesisinin deşarj kriterlerini sağladığı görülmektedir.

Çizelge 3.5. SKKY Tablo:19 deşarj standartları ve seçilen OSB arıtma tesisi çıkış suyunun karşılıklı değerleri

Parametre	SKKY Tablo 19 Değerleri	OSB AAT Çıkış Suyu Değerleri
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/L)	160	94
Askıda Katı Madde (mg/L)	200	60
Yağ ve Gres (mg/L)	20	8
Toplam Fosfor (mg/L)	2	0,99
Toplam Krom (mg/L)	2	-
Krom (mg/L)	0.5	-
Kurşun (mg/L)	2	-
Toplam Siyanür (mg/L)	1	-
Kadmiyum (mg/L)	0.1	-
Demir (mg/L)	10	-
Florür (mg/L)	-	0,71
Bakır (mg/L)	3	-
Çinko (mg/L)	5	-
Civa (mg/L)	-	-
Sülfat (mg/L)	1500	277
Toplam Kjeldahl Azotu (mg/L)	20	6
Balık Biyodeneyi (ZSF)	10	-
pH	6-9	7.2
Renk (Pt-Co)	280	80

3.5. Pilot Ölçekli Arıtma Tesisi

Pilot ölçekli arıtma tesisi seçilen Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Tesisi' nde tesis çıkış yapısının yanında kurulmuş olup , tesis çıkış suyu, arıtma tesisine dalgıç pompa aracılığıyla gönderilmiştir. Şekil 3.5' de genel görünümü verilen pilot ölçekli arıtma tesisinin fotoğrafı Şekil 3.6' da gösterilmiştir.

Pilot ölçekli arıtma tesisinde ilk etapta terfi tankında atıksuların dengelenmesi, daha sonra ozonlamaya tabii tutularak rengin giderilmesi sağlanmaktadır. Ardından sırasıyla filtrasyon ve ultrafiltrasyon ünitesine gönderilen atıksular kısmen arıtıldıktan sonra sunulan iki alternatiften biri olarak ters osmozdan geçirilmiştir. Diğer alternatif olarak ise anyonik ve katyonik iyon değıştircilerden geçirilmesi düşünülmüştür.

Şekil 3.5' e göre, dalgıç terfi pompası vasıtasıyla atıksu arıtma tesisinden homojen bir debi ile gelen atıksularının terfi tankına alınmasıyla proses akışı başlar. Terfi tankından gelen atıksular ilk etapta suda renge neden olan içeriğin giderilmesi amacıyla suya ozon tatbik edilmek suretiyle ozon temas tankına yönlendirilir.

Ozonlama işlemi moleküler yapıdaki çift bağları kırarak daha küçük organik moleküllere organik dönüşümü sağlamaktadır. Yan ürün olarak oksijen vermesi ve toksik bileşik oluşturmaması açısından oksitleyici olarak ozon tercih edilebilir (Külünk 2000). Ozonun yüksek reaktifliği, kimyasal olarak doymamış bağlara sahip olmalarından kaynaklanmakta olup ozonla kimyasal oksidasyon yöntemi tekstil endüstrisi atıksularındaki rengin etkin bir şekilde giderimini sağlamaktadır. Özellikle reaktif boyaların kullanımı halinde, ozonlama işlemi diğer arıtma yöntemlerine göre daha fazla avantaja sahiptir. Bunlar gaz formunda kullanımından ileri gelen atıksuyun hacmini arttırmaması, AOX (adsorblanabilen organik halojenler) oluşturmaması, arıtma çamuru veya konsantre atık problemine neden olmaması olarak sayılabilir. Ayrıca çalışma için diğer arıtma yöntemlerine bir alternatif olmaktan çok diğer arıtma yöntemlerini destekleyici işlem görmektedir.

Kullanılan ozon jeneratöründeki ozon kaynağı olarak %90-95 saflıkta oksijen içeren bir oksijen tüpü kullanılmaktadır. Ozon reaktör içerisine, reaktörün dibine yerleştirilen ve ozonun düzgün kabarcıkları halinde dağılmasını sağlayan bir difüzör vasıtasıyla verilmektedir. Soğutma işlemi, ozon jeneratörü içinde kapalı devre sağlanmaktadır. Ozon jeneratörü, PLC kontrollü olup, suda çözünmüş ozon gazı düzeyi ayarlanabilmekte ve otomatik olarak tanktaki minimum ve maksimum ozon seviyeleri kontrol edilebilmektedir. Jeneratör 10 g/sa kapasiteli olup, kademe ayarlıdır ve tüplü tip

ozon reaktörü içermektedir. Ozon jeneratörü beslemesi 230 V, 50 Hz' tir. Ozon üretimi Corona Discharge yöntemi ile gerçekleştirilmesi düşünülmektedir.

Renk giderimine tabi tutulan atıksular, hidrofor vasıtasıyla basınçlı kum filtresinden geçirilirler. Basınçlı kum filtresi 5m³/sa kapasiteli olup, antrasitten oluşmaktadır. Kum filtresi çıkış suları, ultrafiltrasyon ünitesine verilmeden önce, 10 mikron gözenek çapına sahip, 5m³/sa kapasiteli torba filtreden geçirilir. Torba filtrenin yerleştirildiği ünite, 120 cm uzunluğundadır. Bu ünite, ultrafiltrasyon öncesi ön arıtma olarak kullanılır. Daha sonra atıksular ultrafiltrasyon ünitesine gönderilerek, kirliliklerin giderimi sağlanır. Ultrafiltrasyon ünitesinde, Norit Aqua Flex'in hidrofilik , spiral-wound PVC membranları kullanılmıştır. Ünite, 8 inç iç çapında, 2 m uzunluğundadır. Torba filtrenin yerleştirildiği ünite ve ultrafiltrasyon ünitesi paslanmaz çelikten üretilmiştir.

Ultrafiltrasyon işleminin ardından su kalitesinin daha üst seviyeye çıkartılması için, ultrafiltrasyon çıkış suları ters osmoz ünitesine sevk edilir. Ters osmoz, suyun içindeki istenmeyen tüm mineralleri sudan ayıran, saf su ve içme suyu teminine yönelik olarak kullanılan membran filtrasyon sisteminin adıdır. Bu sistemler çapraz akışlı olarak çalışırlar. Membran üzerinde suyun geçişine izin veren gözenekler son derece ufaktır. Böyle ufak bir gözenekten sadece su molekülleri ve bazı çok ufak inorganik moleküller geçebilmektedir. Diğer moleküller ise konsantre su fazında sistemden dışarı atılır. Bu işlem sonucu rafine edilen su pH ayarı yapıldıktan sonra deşarj olarak çıkış yapmaktadır. Ters osmoz ünitesinde kullanılan membranlar, kompozit poliamid malzemeden yapılmış (KOCH marka TFC-SW membran) TFC spiral sarım deniz suyu membranlar olup teknik özellikleri Çizelge 3.6' da verilmektedir. Membranların iç çapı 8 inç, uzunlukları 40 inç' tir (Anonim 2008b).

Çizelge 3.6. Ters osmoz ünitesinde kullanılan KOCH marka TFC-SW membran teknik özellikleri

Normal İşletme Basıncı	750 - 950 psi (5,175 - 6,555 kPa)
Maksimum İşletme Basıncı	1,200 psi (8,275 kPa)
Maksimum İşletme Sıcaklığı	113°F (45°C)
Maksimum Temizleme Sıcaklığı	113°F (45°C)
Maksimum Klor	<0.1 mg/l
Müsaade Edilebilir pH-Sürekli İşletme	4 - 11
Müsaade Edilebilir pH-Kısa Süreli Temizleme	2.5 - 11
Maksimum Değişebilir Basınç	10 psi (69 kPa)
Maksimum Değişebilir Basınç Birim Başına	60 psi (414 kPa)
Maksimum Besleme Bulanıklık	1 NTU

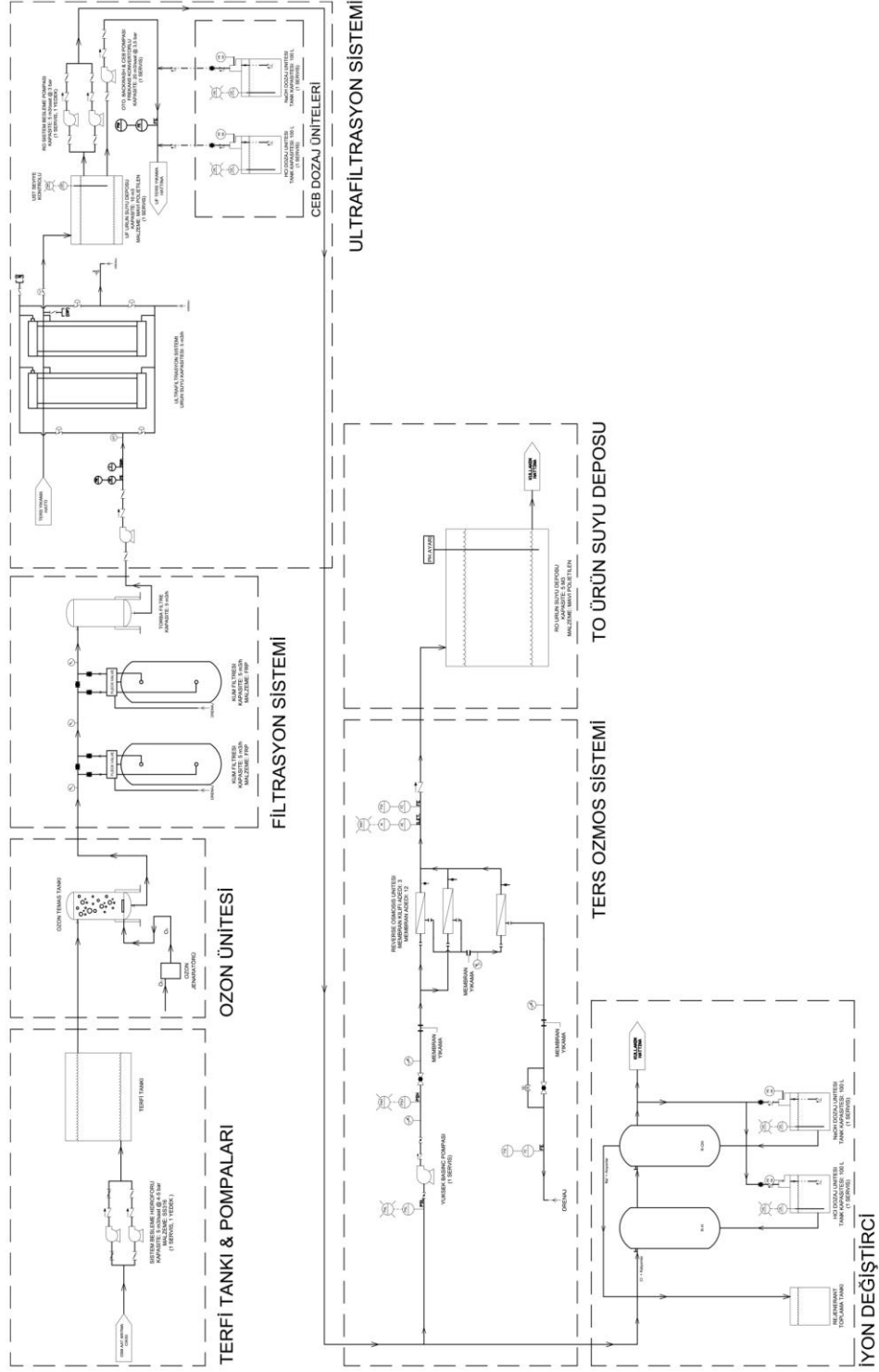
Ultrafiltrasyon çıkış sularına ters osmoz işlemine alternatif olarak, sırasıyla Çizelge 3.7 ve Çizelge 3.8’ de ilgili özellikleri verilen katyon değiştirici reçine (Lewatit TP-207) (Anonim 2009b), ve anyon değiştirici reçine (Lewatit A-365) seçilmiş ve kullanılması düşünülmüştür (Anonim 2009c).

Çizelge 3.7. Kuvvetli katyon değıştirici reçine Lewatit TP-207' in fiziksel, kimyasal ve işletme özellikleri

Satışa Sunulduğu Form		Na ⁺
Fonksiyonel Grubu		İminodiasetik Asit
Matrisi		Çapraz bağlı polistiren
Yapısı		Makroporöz
Fiziksel Görünümü		Bej, mat
Toplam Kapasite	H ⁺ Formu min.eq/lt	2.2
Uniform Katsayısı	Maks.	1.7
Tanecik Büyüklüğü Aralığı (>%90)	mm	0.4-1.25
Etkin Tanecik Büyüklüğü	mm	0.55 (+/- 0.05)
Kütle Yoğunluğu (+/- %5)	g/lt	720
Yoğunluk	yaklaşık mg/lt	1.17
Nem Oranı	%	53-58
Hacim Değişimi (Na ⁺ → H ⁺)	maks.hacim.%	-30
İşletme Sıcaklığı	maks. °C	80
pH-Çalışma Aralığı		1.5-9
Yatak Yüksekliği	Min mm	1000
Spesifik Basınç Kaybı (15 °C)	Yak kPa/m ²	1.1
Yatak Genişlemesi (20 °C m/h)	Yak. %	4
Hava Payı-Geri Yıkama	hacim %	80
Rejenerant		HCl H ₂ SO ₄ HNO ₃

Çizelge 3.8. Kuvvetli anyon değıştirici reçine Lewatit A-365’ in fiziksel, kimyasal ve işletme özellikleri

İyonik Form		Serbest baz
Fonksiyonel Grup		Poliamin
Matrisi		Akrilat/dvb
Yapısı		Jel
Fiziksel Görünümü		Sarı-beyaz,mat
Toplam Kapasite	H ⁺ Formu dk.eq/lt	3.4
Uniform Katsayısı	Maks.	1.8
Etkin Tanecik Büyüklüğü	mm	>0.4
Kütle Yoğunluğu +/- %5	g/lt	730
Yoğunluk	yaklaşık mg/lt	1.13
Nem Oranı	%	44-51
Hacim Değişimi FB-->Cl ⁻	Maks .hacim.%	16
İşletme Sıcaklığı	Maks. °C	60
pH-Çalışma Aralığı		1.5-9
Yatak Yüksekliği	Min mm	800
Basınç Kaybı	Max kPa	200
Lineer Akım Hızı- Yükleme	Max m/h	5-40
Hava Payı- Geri Yıkama	Hacim %	80-100
Rejenerant		NaOH
Rejenerant Miktarı	Yak. g/lt	80-160
Rejenerant Yüzdesi	%	3-5



Şekil 3.5: Pilot ölçekli arıtma tesisi genel görünümü



Şekil 3.6: Pilot ölçekli atıksu arıtma tesisi fotoğrafı

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Mevcut Arıtma Tesis Performans Değerlendirilmesi ve Sorunların Tanıtılması

Seçilen Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Tesis (AAT), Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) kapsamına göre tasarlanılarak yapılmış bir tesis olup SKKY Tablo 19 göre değerlendirilecek olursa deşarj kriterlerini sağladığı görülmektedir (bkz. Çizelge 3.5.).

Çizelge 4.1' de tesise giren atıksudan ve tesisten çıkan arıtılmış sudan alınan numunelerden çıkan sonuçlar, giderim verim değerleriyle birlikte verilmiştir. Analiz sonuçları incelendiği zaman aslında arıtma tesisinin yüksek performans sergilediği açıkça görülebilir. Özellikle %85-95 arasındaki organik madde giderim verimi tesisin istenilen verimliliği tutturduğunu açıkça göstermektedir. Diğer yandan katı madde giderim verimliliği de %90 dolayındadır. Azot giderim verimi de %60 seviyesinde olup bir fiziksel ve biyolojik arıtma tesisi için iyi sayılabilecek verimlilikleri ifade etmektedir. Ancak suda bulunan çözünmüş madde içeriğinde herhangi bir değişikliğin olmadığı görülmektedir. Esasen bu tip bir tesisin suyun çözünmüş iyon içeriğine tesir etmesi çok da beklenen bir durum değildir. Ancak buradaki sorun tam olarak çözünmüş iyon içeriği ile başlamaktadır.

İletkenlik, toplam çözünmüş katı madde (TÇM), sodyum (Na^+), sülfat (SO_4^-) parametrelerinin çıkış değerlerinin giriş değerlerine yakın olmasının, hatta bazı durumlarda yüksek olmasının sebebi biyolojik arıtma sırasında boyarmaddelerin ve yardımcı kimyasal maddelerin bir kısmının çözünmesi sonucunda farklı anyonların ve katyonların suya geçmesinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4.1. AAT giriş-çıkış değerleri, giderim verimleri

Parametre	Giriş	Çıkış	Giderim Verim (%)
Debi (m ³ /gün)	85,947	85.947	-
pH	8.13	7.2	-
Renk (Pt-Co)	1000	80	92
İletkenlik (µs/cm)	2569	2572	-
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/L)	559	94	83
Askıda Katı Madde (mg/L)	327	60	81.6
Yağ ve Gres (mg/L)	51	8	84.3
Toplam Fosfor (mg/L)	3.5	0.87	71.7
Florür (mg/L)	1.7	0.71	58.2
Sülfat (Mg/L)	208	277	-
Toplam Kjeldahl-Azotu (mg/L)	14.96	6	60
Bor (mg/L)	353	43	87.8
Toplam-N (mg/L)	31.73	14.06	55.6
Toplam Çözülmüş Madde (mg/L)	1610	1457	9.5
Kalsiyum (mg/L)	83.5	78.3	6.2
Sodyum (mg/L)	403	410	-
Magnezyum (mg/L)	27	26	3.7
Potasyum (mg/L)	26.8	23.6	11.9
Klorür (mg/L)	350	332	5.14
Sülfat (mg/L)	208	277	-
Bikarbonat Alkalinitesi (HCO ₃ ⁻) (mg CaCO ₃ /L)	440	310	30
Karbonat Alkalinitesi (CO ₃ ⁼) (mg CaCO ₃ /L)	60	80	-
Hidroksit Alkalinitesi (mg CaCO ₃ /L)	0	0	-

OSB' nin bulunduğu ilçe Bursa'nın doğusunda yer alan ve 1.sınıf tarım arazisine sahip bir ilçedir. İlçenin sulama suyu Kalburt Çayı'ndan ve Karasu Çayı'ndan sağlanmakta olup OSB AAT çıkış sularını Kalburt Çayı'na vermektedir. Devlet Su İşleri 1. Bölge Müdürlüğü Yenişehir Ovasını sulamak için Boğazköy Barajını inşa ettirmiştir. Boğazköy Barajı, Kocası Çayı ve Kalburt Çayı'ndan beslenecektir ve tüm yörede sulama suyu olarak kullanılacaktır. Bu açıdan değerlendirildiğinde OSB' nin AAT atıksu çıkış değerlerinin, tarımsal amaçlı yeniden kullanım alternatifi göz önünde bulundurulduğunda; sulama suyu kalitesinde olması gerekmektedir.

Çalışmamızın başladığı tarihte OSB AAT çıkış suyu parametreleri, 07.01.1991 tarihinde resmi gazetede yayınlanan SKKY Teknik Usuller Tebliği 'Tablo 4: Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Sulama Suyu Kalite Parametreleri ' ne göre değerlendirilmekteydi. Ancak çalışma devam ederken, 20.03.2010 tarihli Resmi Gazete' de 'Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği' yayınlanmış olup tesis atıksu çıkış değerlerinin tebliğ kapsamında verilen 'Tablo E7.2: Sulama Suyunun Kimyasal Kalitesinin Değerlendirilmesi İçin Geliştirilmiş Tablo' ya göre sulama suyu olarak kullanımına uygun olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.2.) .

Çizelge 4.2.' de SKKY II. Sınıf Sulama Suyu Kriterleri ve OSB Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyu Değerlerinin Karşılıklı değerlendirilmiştir. Buna göre, çıkış sularının II. Sınıf sulama suyu koşullarının neredeyse yakalandığı, en sorunlu parametre olan iletkenliğin de II. Sınıf sulama suyu sınırları içerisinde kaldığı gözükmemektedir. Fakat aynı deşarj standardında Sodyum parametresinin maksimum 9 mg/l olması öngörülmektedir. OSB atıksu arıtma tesisi çıkış sularında bulunan sodyum miktarı ise 400 mg/l'nin üzerindedir. Esasen iletkenliğin bu kadar yüksek tutulduğu bir standartta Sodyum parametresinin bu kadar düşük olması çok relatif olmasa da bu standardın normal fizikokimyasal ve biyolojik arıtma prosesleri ile sağlanması teknik olarak imkansızdır.

Çizelge 4.2. SKKY II. sınıf sulama suyu kriterleri ve OSB atıksu arıtma tesisi çıkış suyu karşılaştırması

Parametre	Kullanımda Zarar Derecesi II. Sınıf Su Değerleri	OSB AAT Çıkış Suyu Değerleri
Tuzluluk		
İletkenlik (µs/cm)	700-3000	2572
Toplam Çözünmüş Madde (mg/L)	500-2000	1457
Geçirgenlik		
SAR _{Tad} 0-3	EC 0.7-0.2	-
3-6	1.2-0.3	-
6-12	1.9-0.5	-
12-20	2.9-1.3	-
20-40	5.0-2.9	-
Özgül İyon Toksisitesi		
Sodyum (Na) (mg/L) Yüzey Sulaması	3-9	410
Klorür (Cl) (mg/L) Yüzey Sulaması	140-350	332
Bor (B) (mg/L)	0.7-3.0	43

Bu noktadan hareketle, seçilen OSB ATT'nin çıkış sularının öncelikli olarak sulama suyu değerlerini sağlayabilmesi ve istenilen özelliklere kavuşabilmesi için bu sorunların çözümü gereklidir.

Çözünmüş iyonların (metallerin) gideriminde kullanılan yöntemler kimyasal çöktürme, koagülasyon-flokülasyon, flotasyon, iyon değiştiriciler ve ters osmoz prosesleridir (Toze 2006).

Yukarıda da bahsedildiği üzere bu tesis yapısı ile istenilen özelliklerin sağlanamadığı açık ve kesindir. Bu özelliklerin sağlanabilmesi de ancak ileri arıtma proseslerinin tatbiki ile mümkün olabilecektir. Bu noktada yapılabilecek yaklaşım ise ileri arıtma sonrası işletme maliyetleri ve geri kullanım imkanları da göz önüne alınmak kaydı ile ileri arıtma proseslerinin irdelenmesi ve uygulanabilirliğinin araştırılması zorunludur. Bu durumun çözüme kavuşması için sahada pilot tesis kurularak çalışmalar yapılmış ve sonuçlar aşağıdaki bölümlerde irdelenmiştir.

4.2.Pilot Tesisin Çalıştırılması

Seçilen OSB AAT dezenfeksiyon ünitesi yanına kurulan pilot tesiste öncelikle atıksular bir dalgıç pompa vasıtasıyla ozon temas tankına alınmıştır. Burada renk giderimine yönelik yapılan ozonlama işlemi sonucunda atıksu numunesinde yapılan analizlerin sonucu, yaklaşık giderim verimleri Çizelge 4.3. 'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, % 80 oranında renk, % 30 seviyelerinde KOİ, %10 seviyelerinde AKM giderim verimi sağlanırken, suda bulunan iyon konsantrasyonlarında herhangi bir değişme olmamış dolayısıyla TÇM ve iletkenlik değerlerinde giderim gözlenmemiştir.

Çizelge 4.3. Ozonlama işlemi sonucunda elde edilen sonuçlar

Parametre	Birim	Giriş	Çıkış	Giderim Verimi (%)
pH	-	7.2	7.7	-
Renk	(Pt-Co)	80	16	80
İletkenlik	(μ s/cm)	2572	2010	-
TÇM	(mg/L)	1457	1420	-
Sodyum	(mg/L)	410	410	-
Klorür	(mg/L)	332	332	-
Kalsiyum	(mg/L)	78.3	78.3	-
Magnezyum	(mg/L)	26	26	-
Bor	(mg/L)	-	-	-
KOI	(mg/L)	94	61.8	30
AKM	(mg/L)	60	54	10

Ozonlama işlemine tabi tutulan atıksularda sırasıyla basınçlı kum filtrasyonu ve ultrafiltrasyon uygulanmış olup, ultrafiltrasyon işlemi çıkışında atıksu numunelerinde yapılan analizlerin sonucu, yaklaşık giderim verimleri Çizelge 4.4’ de verilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde %80 oranında KOI, %95 oranında ise AKM giderim verimleri gözlenmiştir. KOI ve AKM parametrelerinin bir sonraki aşamada kullanılacak ters osmoz sisteminde tıkanmalara yol açması ve dolayısıyla sisteme zarar vererek performansını düşürmesi durumu göz önünde bulundurulduğunda sistemde ön arıtma olarak filtrasyon-ultrafiltrasyon sistemlerinin kullanılması önem arz etmektedir.

Diğer yandan iletkenlik giderimi % 15 civarında gözlenmiş olup, TÇM ve iyon konsantrasyonlarında etkin giderim verimi gözlenmemiştir.

Çizelge 4.4. Filtrasyon-ultrafiltrasyon prosesi çıkışında elde edilen sonuçlar

Parametre	Birim	Giriş	Çıkış	Giderim Verimi (%)
pH	-	7,7	8.09	-
Renk	(Pt-Co)	16	14.4	10
İletkenlik	(μ s/cm)	2010	1768	15
TÇM	(mg/L)	1420	1420	-
Sodyum	(mg/L)	410	410	-
Klorür	(mg/L)	332	332	-
Kalsiyum	(mg/L)	78,3	78,3	-
Magnezyum	(mg/L)	26	26	-
Bor	(mg/L)	-	-	-
KOİ	(mg/L)	61.8	12.3	80
AKM	(mg/L)	54	2.7	95

UF çıkışında atıksular ters osmoz membranlarına yönlendirilmiştir. Ters osmoz işlemi çıkışında atıksu numunelerinde yapılan analizlerin sonucu, yaklaşık giderim verimleri Çizelge 4.5’ de verilmiştir. Buna göre iletkenlik çıkış değerleri %97 giderim verimiyle 100 μ s/cm’ nin altına düşerken, TÇM parametresinin de %95 giderim verimiyle 100 mg/l nin altına düştüğü gözlenmiştir. AKM ve KOİ giderimlerinde ise %100 giderim

verimi sağlanmıştır. Tesisin Sulama Suyu Kriterlerinde II. Sınıf sulama suyu değerlerini sağlayabilmesi açısından önem arz eden Na^+ giderim verimi % 99 olup bu giderim verimiyle istenen deşarj kriterine inildiği gözlenmiştir. Renk gideriminde % 90 verim elde edilmiş olup, Na^+ parametresi ve renk problemi tamamen giderilen suyun, sulama suyu olarak kullanımını uygun olduğu gibi, endüstrilerde tekrar kullanımının da mümkün olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.5. Ters osmoz prosesi sonucunda elde edilen sonuçlar

Parametre	Birim	Giriş	Çıkış	Giderim Verimi (%)
pH	-	8.09	7.7	-
Renk	(Pt-Co)	14.4	1.44	90
İletkenlik	($\mu\text{s}/\text{cm}$)	1768	53.04	97
TÇM	(mg/L)	1420	71	95
Sodyum	(mg/L)	410	4.1	99
Klorür	(mg/L)	332	9.96	97
Kalsiyum	(mg/L)	78.3	4	95
Magnezyum	(mg/L)	26	1.3	95
Bor	(mg/L)	-	-	-
KOİ	(mg/L)	12.3	0	100
AKM	(mg/L)	2.7	0	100

Son olarak çalıřmada UF çıkıřından alınan numunelere ters osmoz yerine alternatif olarak tasarlanan iyon deęiřtircilerden geçirilmesi dūřunūlmūřtır. Lin ve ark, 2000 ‘ a göre iletkenlięi dūřürmek, inorganik iyonları gidermek için en iyi çözüm iyon deęiřtirme metodudur.

Sırasıyla katyonik ve anyonik reçinelerden geçirilen atıksuların deiyonize su olacaęı dūřunūlmūřtır .

Alternatif teşkil etmesi adına iyon değiştirme sistemi hesaplanarak diğer proseslerle maliyet karşılaştırması yapılmıştır. Buna göre teknik özellikleri verilen katyonik (bkz. Çizelge 3.7) ve anyonik (bkz. Çizelge 3.8) reçinelere göre tahmini hesap yapılmış ve sonuçlar maliyet kısmında sunulmuştur.

4.3. Arıtma Tesisi Boyutlandırma Çalışmaları

4.3.1. Terfi tankı tasarımı

Gelen atıksular homojen bir debi ile tesisten çıktığından dengeleme tankı yerine biraz daha uzun bekleme süreli terfi tankı yapımı planlanmıştır. Buna göre terfi tankı tasarımı aşağıda verilmiştir.

Günlük Debi : 85 000 m³/gün

Ortalama Debi: 3 542 m³/sa

Gerekli Hacim: 3 542 m³/sa x 1sa = 3 542 m³

Yapılan terfi havuzunun boyutları;

Terfi Havuzu: 30 m x 30 m x h_{toplam} = 5,5 m

Terfi Havuzu: 30m x 30 m x h_{faydalı} = 4,8 m

Terfi Havuzu: 4 320 m³

Bekleme Süresi = 4 320 (m³) / 3 542 (m³/sa) = 1,2 sa

4.3.2. Ozonlama ünitesi tasarımı

Terfi hattından gelen atıksular ozonlama ünitesinde renk giderimine tabi tutulduktan sonra diğer ünitelere gönderilecektir. Bu amaçla suya ozon tatbik edilmek suretiyle suda renge neden olan içeriğin giderilmesi sağlanacaktır.

Yapılan ozon temas tankının boyutları;

Ozon Temas Tankı : 5 x 20 x h_{toplam} = 4 m 4 adet

Ozon Temas Tankı : 5 x 20 x h_{faydalı} = 3.6 m 4 adet

$$\begin{aligned}\text{Ozon Temas Tankı Hacmi} &= 5 \times 20 \times 3,6 \times 6 \text{ adet} \\ &= 2\,160 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Bekleme Süresi} &= 2\,160 \text{ (m}^3\text{)} / 3\,542 \text{ (m}^3\text{/sa)} \\ &= 0,6 \text{ sa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Gerekli Ozon Jeneratör Kapasitesi} &= 12 \text{ kg/sa} \\ &= 288 \text{ kg/gün}\end{aligned}$$

4.3.3.Basınçlı kum filtreleri tasarımı

Basınçlı kum filtreleri hem ultrafiltrasyon hem de ters osmoz grubunu koruma amaçlı kullanılmıştır.

$$\begin{aligned}V_f &= 15 \text{ m/sa} \\ A_f = Q/V_f &= 2\,300 \text{ (m}^3\text{/sa)} / 15 \text{ (m/sa)} \\ &= 153 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Birim Tank Çapı: 3,6 m

$$A_1: 10 \text{ m}^2$$

$$N_{\text{filtre}} = 153/10 \approx 20 \text{ adet}$$

Basınçlı kum filtresi boyutları;

Birim Filtre Çapı : 3,6 m

Birim Filtre Yüksekliği: 3,0 m

Filtre Sayısı : 30 adet (20 asil + 10 yedek)

4.3.4.Ultrafiltrasyon ünitesi tasarımı

Birim ultrafiltrasyon membran kapasitesi;

Norit xFlow 8’’ 17,3 m³/sa

%80 güvenli kısımda kalırsak;

$$n_{\text{membran}} = 2\,300 \text{ (m}^3\text{/sa)} / 17,3 \text{ (m}^3\text{/sa)}$$

$$= 132 \approx 150 \text{ adet}$$

UF ünitesi boyutları;

Birim Filtre Membran Alanı: 35 m²

Birim Membran Boyu : 1,537 m

Modül Çapı : 200 mm

Birim Kapasite : 17,3 m³/sa

4.3.5. Ters osmoz ünitesi tasarımı

Birim ters osmoz membran kapasitesi KOCH marka TFC-SW membran kullanılması durumunda ;

Birim Membran Temiz Su Kapasitesi = 27,2 m³/gün

$$n_{\text{membran}} = 55\,000 \text{ (m}^3\text{/gün)} / 27,2 \text{ (m}^3\text{/gün)}$$

$$\approx 2\,200 \text{ adet}$$

Ters osmoz ünitesi boyutları;

Birim Membran Alanı: 630 m²

Birim Membran Boyu: 1,524 m

Modül Çapı : 200 mm

Birim Kapasite : 27,2 m³/gün

4.3.6. İyon değiştirici tasarımı

Birim katyonik reçine kapasitesi LEWATİT marka TP- 207 iyon değiştirici kullanılması durumunda;

Katyonlar ➔ Na^+ : 410 mg/L = 17,8 meq/L
 Ca^{+2} : 78,3 mg/L = 3,92 meq/L
 Mg^{+2} : 26 mg/L = 2,16 meq/L
 K^+ : 23,6 mg/L = 0,6 meq/L

Birim anyonik reçine kapasitesi LEWATİT marka A- 365 iyon değiştirici kullanılması durumunda;

Anyonlar → Cl^- : 332 mg/L = 9,35 meq/L
 SO_4^{2-} : 277 mg/L = 5,77 meq/L
 CO_3^{2-} : 80 mg/L = 2,67 meq/L
 HCO_3^- : 310 mg/L = 5,08 meq/L

Σ katyon eşdeğeri : 24,48 meq/L
Σ anyon eşdeğeri : 22,87 meq/L
Dengede kabul edilebilir

Katyon değiştirici kolonlar;
R-H formunda 2,2 eq/L kapasiteli reçine

Gerekli Reçine Miktarı;

$$(24,48 \text{ meq/L}) \times 45\,000 \text{ m}^3/\text{gün} / 2,2 \text{ eq/L reçine} \times 3 \text{ ad. reç. eq/m}^3 = \text{meq/L}$$

8 saatlik rejenerasyon → =170 000 L/birim rej. döngüsü

%30 hacim artışıyla = 221 000 L hacim

Birim Filtre Çapı = 10 m, Birim Filtre Yüksekliği = 4 m → 6 filtre + 3 yedek

Anyon değiştirici kolonlar;

R-OH formunda 3,4 eq/L kapasiteli reçine

Gerekli Reçine Miktarı ;

$24,48 \text{ eq/m}^3 \times 45\,000 \text{ m}^3/\text{g}^n / 3,4 \text{ eq/L reçine} \times 3 \text{ ad. re.}$

$= 108\,000 \text{ L reçine/ rej. d^ng^s^}$

140 000 L tank hacmi

Birim Filtre apı = 3.6 m

Birim Filtre Y^ksekl^ęi = 4 m

$140/40 = 3,5 \approx 4 + 2 \text{ adet tank}$

4.4. Maliyet Hesapları

Maliyet hesaplamaları, verimli bir arıtma prosesinin ^zerinde karara varmak için en ^nemli konuların başında gelir. Gerçek proje maliyetlerini genelleştirmek pek m^mk^n değildir. Proje maliyetleri, yapılan projeye has olup her bir spesifik durum için değerlendirilirler. Sistemlerin ekonomik değerlendirilmesinde ilk yatırım ve işletme maliyetleri dikkate alınmaktadır.

Arıtma Tesisinin ilk yatırım maliyeti genellikle 4 aşamada hesaplanır: (1)İnşaat maliyeti, (2) mekanik maliyeti, (3)elektrik maliyeti, ve (4) diğer maliyetler. Genel olarak inşaat maliyeti; kazı çalışmalarını, betonarme, binalar, kazı ve vinç kiralama, elektrik ve işçi maliyetlerini içermektedir. Arsa maliyeti, sanayinin kendi arsası kullanıldığı için hesaplama dışında tutulmuştur. Mekanik ve elektrik maliyeti bir arıtma tesisi için bir diğer ^nemli yatırım maliyetleridir. Mekanik maliyeti, boru ve bağlantı parçaları, malzeme taşıma ve mekanik işçilik, mekanik ekipmanın satın alma maliyetlerinin toplanmasıyla belirlenmiştir. Elektrik maliyetleri; otomasyon, kablolama, sens^r (debi, pH, oksijen, oksijen red^ksiyon potansiyeli vb.) ve elektriksel

işçiliği içerir. Ayrıca, mühendislik tasarım ücreti, masraf ve vergiler ve kar yükü dahildir (Yonar 2010).

Tüm ekipman ve malzeme fiyatları, işçilik maliyetleri Türkiye'deki farklı arıtma tesisi ekipmanı tedarikçilerinden ve mühendislik bürolarından derlenerek yaklaşık olarak belirlenmiştir

İşletme ve bakım maliyetleri; güç ihtiyacı, kimyasallar, yedek parçalar, atıksu deşarj ücretleri ve tesis bakım ve işçilik maliyetlerini içermektedir. Ancak burada arıtılmış suyun endüstrilere satışından bir girdi elde edilmesi mümkün olabilecektir. Ayrıca tuzlu içeriğin (konsantrat ve rejenerant) kullanılıp kullanılmayacağının belli olmamasından dolayı buradan gelebilecek artı veya eksi maliyetin ne olacağı bilinmediğinden işletme maliyetleri kestirilememiştir. Diğer taraftan işçi maliyetleri işletme ve bakım maliyetlerinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. İşçi maliyetleri tesise özgüdür ve tesisin büyüklüğüne, konumuna ve tasarımına bağlıdır. Bu bakımdan işçilik maliyetleri önemli ölçüde değişebilir. İş gücü maliyetleri gibi elektrik ve kimyasal maliyetleri de tesise bağlı olarak değişebilir (Yonar 2010).

Tüm bu girdiler ele alınarak arıtma tesisi birim maliyet hesabı ters osmozun kullanıldığı birinci akım şeması ünite boyutlarına göre yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.6 ' de gösterilmiştir. Çizelge 4.7' de ise ikinci akım şemasında ters osmoza alternatif olarak düşünülen anyonik-katyonik kolonların kullanıldığı iyon değiştiriciler için hesaplanan maliyet sonucu gösterilmiştir. Elde edilen her iki maliyet analizinde elde edilen sonuçların birbirine yakın olduğu gözükmemektedir. Birim atıksu maliyeti (m^3) hesaplanırken, işletme masrafları (kimyasal madde ve elektrik sarfıyatı) dikkate alınarak bir maliyet profili çıkarılmaya çalışılmıştır. Maliyet profiline laboratuvar masrafları ve çamur bertaraf maliyeti dahil edilmemiştir.

Çizelge 4.6. Birinci akım şeması ünite boyutları ve yaklaşık ilk yatırım maliyeti

Ünite	Adet	Hacim (m ³)	Maliyet
Terfi Havuzu	1	4 320	
Ozonlama Ünitesi	6	2 160	1 000 000 €
Basınçlı Kum Filtresi	20 + 10	30.5	160 000 €
Ultrafiltrasyon Ünitesi	150	53.8	1 500 000 €
Ters Osmoz Ünitesi	2 200	960.12	4 000 000 €
İnşaat Maliyeti	-	-	2 000 000 €
Diğer Maliyetler	-	-	1 000 000 €
YAKLAŞIK TOPLAM	-	-	9 660 000 €

Çizelge 4.7. İkinci akım şeması ünite boyutları ve yaklaşık ilk yatırım maliyeti

Ünite	Adet	Hacim (m ³)	Maliyet
Terfi Havuzu	1	4 320	
Ozonlama Ünitesi	6	2 160	1 000 000 €
Basınçlı Kum Filtresi	20 + 10	30.5	160 000 €
Kasyon Değiştirici Kolon	6 + 3	2 826	1 200 000 €
Anyon Değiştirici Kolon	4 + 2	1 884	1 500 000 €
İnşaat Maliyeti	-	-	2 000 000 €
Diğer Maliyetler	-	-	1 000 000 €
YAKLAŞIK TOPLAM	-	-	6 860 000 €

TO sistemlerinde ön arıtmanın tesis ilk yatırım maliyetine etkisi oldukça yüksektir. Konvansiyonel ön arıtmanın membran prosesli ön arıtma sistemlerine göre maliyeti yaklaşık % 30 daha düşüktür. Ön arıtma olarak mikrofiltrasyon ve ultrafiltrasyon prosesleri kullanılabilmektedir. MF ve UF sistemleri, TO membranlarının kullanım sürelerini uzatarak, membran değişim maliyetini düşürmektedir (Arı ve ark. 2009).

Gelişen teknolojiyle beraber birim su üretim maliyetlerinde azalma görülmektedir. Membran sistemlerle içme suyu kalitesinde su üretiminde enerji ihtiyacının ve birim su maliyetlerinde azalmanın birçok nedeni vardır. Bunlar, membranların günümüzde daha yüksek akılarda çalışabilmesi, daha yüksek tuz giderim oranının sağlanması, düşük hidrostatik basınç gereksinimi ve düşük malzeme fiyatları olarak sıralanabilir. Günümüzde membran prosesli arıtma tesislerinin enerji ihtiyaçları, elektrik ve fosil yakıtlarından karşılanırken, gelecekte yenilenebilir enerji ve nükleer enerjiyle çalışan sistemler tasarlanarak birim su maliyetlerinin düşürülmesi hedeflenmektedir.

4.5.Konsantrat Geri Kazanımı

Seçilen OSB bünyesinde %48' lik yüzdellik dilimle tekstil sektörünün olması AAT' ne gelen atıksu karakterizasyonunun tekstil atıksuyu karakterizasyonu büyük ölçüde taşıdığı söylenebilir.

Tekstil endüstrisindeki üretim çeşitliliği nedeniyle ortaya çıkan atıksuların özellikleri ve miktarları farklılıklar göstermektedir. Bu atıksulardaki kirleticilerin birinci kaynağı liflerde mevcut olan doğal safsızlıklardır (Kestioğlu 1992). Uygulanan başlıca işlemler iplik üretimi, dokuma, boyama ve sonlandırma olup bu süreçlerde oldukça fazla türde boyar madde, yardımcı kimyasal kullanılmaktadır. Tekstil sektöründe kostik kullanımı yüksek olup özellikle sonlandırma işlemlerinden birisi olan mersevizasyon sırasında, pamuğa dayanıklılık kazandırmak amacıyla ürün konsantre kostik banyosunda bekletilmektedir. Tekstil atıksularının ortak özellik olarak yüksek hacimlerde üretildikleri, organik madde, renk, bulanıklık, toplam katı madde içeriklerinin yüksek olduğu söylenebilir (Çapar ve ark, 2009).

Ters osmoz teknolojisi, hızla gelişmekte ve tuzluluk (iletkenlik, TÇM) giderim konusunda geniş çapta kullanılmaktadır. Fakat bu prosesin en büyük dezavantajı besleme akışının %5-25 oranında olan, tuzun ve kirleticilerin akış içinde yüksek konsantrasyonda bulunduğu kirletici olarak görülen konsantrattır. Bu atık akış, deniz deşarjı bertaraf seçeneği olmayan iç bölgelerde prosesin uygulanması için sorun teşkil

etmektedir. Kıyısal bölgeler denize deşarj ile bertaraf yönteminden faydalanabilirken, iç kesimler kanalizasyona deşarj, buharlaştırma havuzları, derin kuyu enjeksiyonu, arazi uygulaması gibi alternatif bertaraf yöntemlerini seçmek zorundadırlar. Konsantratin faydalı geri kullanımına yönelik bertaraf edilebilmesi çevresel fayda sağlanması açısından en iyi yaklaşımdır. Bu alternatif bertaraf uygulamaları çevresel açıdan sürdürülebilir olmamakla birlikte mümkün kılmak gittikçe zorlaşmaktadır. Bu nedenle TO konsantratının doğru kullanımı ve bertarafı özellikle kıyısal olmayan topluluklar için kritik bir çevre sorunu olarak kabul edilmekte, alternatif seçenekler ise (a) Sıfır sıvı deşarj prosesleri olarak da tanımlanan kristalizatör kullanımının ardından bir konsantratör kullanılarak yapılan termal arıtma, (b)Membran distilasyonu ve buharlaştırma işlemleri gibi diğer tuzdan arındırma yöntemlerini kullanarak konsantratı arıtma (c) Geleneksel TO proseslerinin geri kazanımı geliştirmek için yüksek verimli TO (HERO™) gibi diğer fizikokimyasal prosesler kullanılarak modifikasyonu, içerir. Ancak tüm bu teknikler çözüme yönelik özel işlemler gerektiren katı tuzlar ve/veya sıvı atıklar üretir. Jeo-işlemciler tuzlu su arıtımı için ve faydalı tuzları geri kazanmak için bir yaklaşım ve teknoloji olarak geliştirilmiştir; Ancak bu proseslerin dokümantasyonu eksik ve ticari başarı kriterleri henüz tanımlanmamıştır. Bu nedenle günümüzdeki çalışmalarda minimum önarıtma gerektiren veya hiç gerektirmeyen yenilikçi TO konsantratı yönetim stratejileri üzerine odaklanılmıştır, ve bu çalışmalar çevresel olarak sürdürülebilir olma ve ekonomik fayda sağlama potansiyeline sahiptir (Badruzzaman ve ark, 2008).

Mohammad Badruzzaman ve ark (2008), konsantratı geri kazanımına yönelik yaptıkları çalışmada bir atıksu arıtma tesisinden entegre membran sistem kullanılarak oluşturulan TO konsantratı için yenilikçi iki yönlü faydalı geri kullanım stratejisi geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu teknolojiler, TO konsantratını asit ve baza dönüştürmek için kullanılan Bipolar Membran Elektro-Diyaliz (BMED) ve klorin üretimi için kullanılan Elektro-Klorinasyon (EC) sistemlerini içermektedir. BMED ile yürütülen laboratuvar ölçekli çalışmalar, göstermektedir ki; TO konsantratı 0,2 N gibi yüksek konsantrasyonlarda asit ve baz karışık akışları oluşturulurken tuzsuzlaştırılabilmektedir. Benzer şekilde EC prosesinden faydalanarak TO konsantratından %0.6 hipoklorit çözeltisi üretilebilmiştir.

Üretilen asit, baz ve hipoklorit TO prosesinin yanında yukarı akış önarıtma proseslerinde direkt olarak uygulanabilir. Bu iki yaklaşımın ekonomik açıdan değerlendirilmesi bu proseslerin TO konsantrasyonu üzerinde laboratuvar ölçekli performansına dayalı maliyet tahminleri yürütülerek yapılmıştır. Bu yenilikçi geri kullanım stratejilerinden faydalanan bütüncül membran sistemlerle, konvensiyonel bertaraf seçenekleri (buharlaştırma havuzları vb) ve termal arıtma prosesleri (tuz çözelti konsantratörü ve kristalizatör) karşılaştırılmıştır. Bu sistemlerin yatırım ve işletme&bakım maliyetleri bakımından karşılaştırılması arıtılan suyun $\$/m^3$ göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Buharlaştırma havuzları ve termal arıtma sistemleri için ihtiyaç duyulan fiyat, sırasıyla, $1.63 \$/m^3$ ve $0.49 \$/m^3$ iken, BMED sistemlerin maliyetleri sadece $0.43 \$/m^3$ tür. BMED sistemlerin yıllık işletme&bakım maliyetleri ($0.26 \$/m^3$) buharlaştırma havuzları ($0.41 \$/m^3$) ve termal arıtma ($0.81 \$/m^3$) ile karşılaştırıldığında daha düşük olduğu görülmektedir. Asit ve baz üretiminin ve geri kazanılan suyun ticari değeri düşünüldüğünde ek olarak BMED arıtma sistemi kullanıldığında $0.1 \$/m^3$ geri kazanılabilir. Bu karşılaştırma göstermektedir ki; geri kullanım yaklaşımları, çeşitli kıyasal olmayan bölgeler de TO membranlardan faydalanan ve konsantrat bertarafı için sınırlı seçeneklere sahip atıksu geri kullanım tesisleri için ekonomik olabilmektedir. BMED proseslerinin uygulamaları suyun geri kazanımını garanti altına alacak, aksi taktirde konsantrat konvensiyonel bir bertaraf metoduyla bertaraf edildiğinde kayıplar olacaktır.

Varol (2008) yaptığı çalışmada denim üretimi yapan bir tekstil fabrikasının merserizasyon atıksularından kostik soda geri kazanımını gerçekleştirmiş ve arıtım tasarımlarını geliştirmek amacıyla kapsamlı bir karakterizasyon çalışmasını yürütmüştür. Atıksuyun oldukça alkali ve sıcak olması, çalışmalarda Polyethersulfon bazlı membran kullanımını gerektirmiştir. Daha sonraki arıtlımlarda verimi artırmak amacıyla yürütülmüş mikrofiltrasyon, flokülasyon ve santrifüj ön arıtım uygulamaları başarısız bulunmuştur. Bu yüzden çalışılmış ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF) ve pilot sistem membran uygulamaları her hangi bir ön arıtım olmadan gerçekleştirilmiştir. UF ve NF çalışmaları transmembran basıncı ve yatay geçiş hızının etkileri bakımından incelenmiş ve en verimli çalışma koşulları belirlenmiştir. UF prosesi en iyi $20\pm 2^\circ C$ de

4,03 bar transmembran basıncı ve 0,79 m/s yatay geçiş hızında, %84 renk ve %94 KOİ giderimiyle birlikte başarılı bir kostik çözeltisi geri kazanımı sağlanmıştır. Permeat kalitesini artırmak amacıyla, yüksek arıtım kapasitesi yanında asit ve alkali geri kazanımı alanındaki avantajları da düşünülerek NF prosesinde çalışılmıştır. NF prosesi en iyi olarak $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ' de 4,03 bar transmembran basıncı ve 0,79 m/s yatay geçiş hızında başarılı kostik çözeltisi geri kazanımı sağlamış, %92 renk ve %98 KOİ giderimlerine olanak sağlamıştır. Bu çalışmalara ek olarak bu membran proseslerde sıcaklığın etkisi de çalışılmıştır. Gerçek çalışma koşulları değerlendirilip, $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ ' de arıtım çalışmaları tekrarlandığında; sıcaklığın akı üzerindeki olumlu etkisinin yanında, geri kazanım ve giderim oranlarında az miktarlarda kayıplara yol açtığı görülmüştür. Son olarak bir pilot sistem çalışması yürütülmüş ve yüksek inorganik içeriği ve sıcaklık kaynaklı işletim problemlerine rağmen oldukça başarılı olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, genel olarak, UF ve NF işlem kombinasyonu ile kostik bitirme işlemi atıksuyunun ortaya çıktığı ve bunun buharlaşma sonrası bitirme sürecine geri dönüştürülebilir bir atık kalitesinde olduğu görülmüştür. Membrandan saflaştırılmış kostik geçerken, çözünmüş ve askıda maddenin neredeyse tamamı korunmuş ve konsantre halde kalmıştır. Kostik konsantrasyonu değişmezken % 95' i ya da daha fazlası kurtarılmıştır.

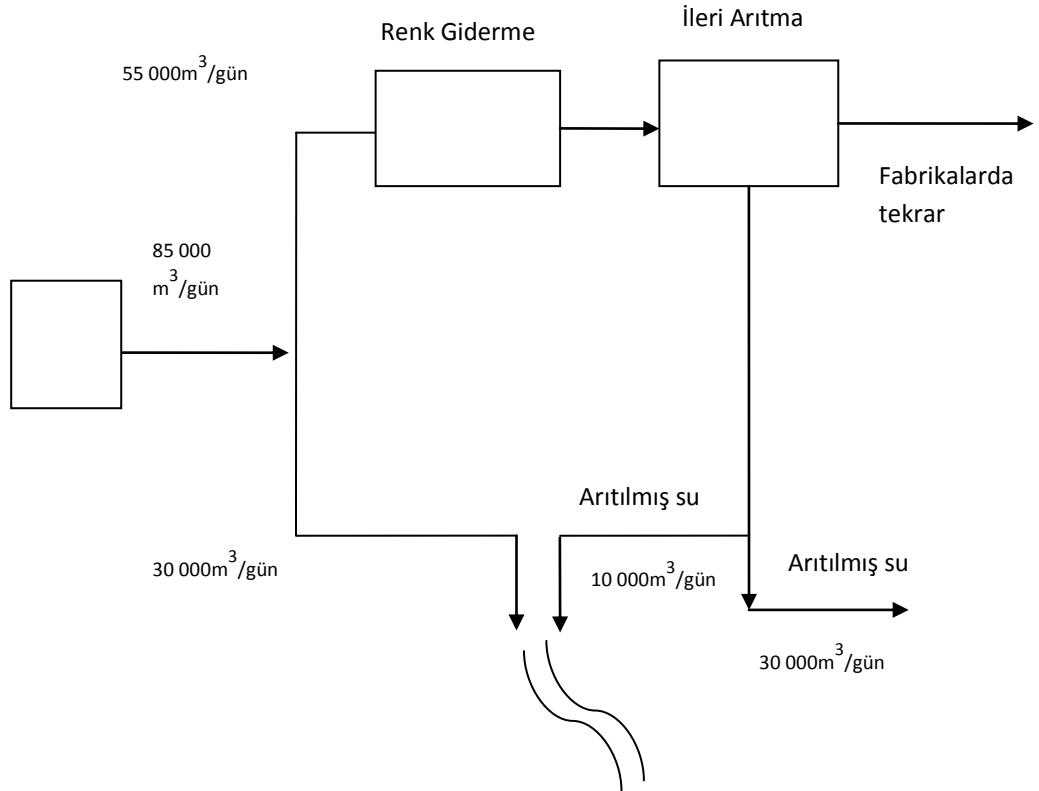
Elmas (1999) tarafından yapılan çalışmada kostik sodanın geri kazanımı için buharlaştırma sistemini incelenmiştir. Buharlaştırma sistemi ile NaOH içeren yıkama suyu, suyun buharlaştırılmasıyla yoğunlaştırılmış ve merseze sisteminde geri kullanılmak üzere dönüşümü sağlanmıştır. Konsantrasyon vakum veya atmosferik basınç düzeneği, bir veya çoklu basamakta (çifte-basamak) yer alabilmektedir. Konsantre yıkama suyu toplama tankından ilk buharlaşma basamağına taşınmış, buhar ile de buharlaşma işlemi için termal enerji eklenmiştir. İlk buharlaşma basamağından gelen buhar bir sonraki buharlaşma basamağının ısıtıcı buharı olmuştur. Son basamaktaki buharlar kondansatörde yoğunlaştırılmıştır. Yoğunlaşmış buharlar güvenle boşaltılabilmekte ve konsantre edilmiş kostik soda merseze işleminde tekrar kullanılabilmektedir. Bu sistemde kostik sodanın % 73' nün sıvı halde kalabilmesi için 62°C sıcaklığı ihtiyaç duyduğu görülmüştür. Eğer % 73' ten daha fazla olması

isteniyorsa gerekli olan sıcaklık çok yüksek olduğu gözlenmiştir. Sistemde kostik sodanın % 73 geri kazanılmıştır. Kostik sodanın geri kazanılması ile hem ekonomik kar hem de çevresel faydalar sağlanmıştır.

Tekstil endüstrisinde pamuklu karışımlarının merserizasyonunda kullanılan konsantre sodyum hidroksit çözeltisi membran teknolojileri ve buharlaştırma yöntemlerini uygulayarak, merserizasyon prosesi atıksularından kostik soda olarak % 98 oranında geri kazanılabilir. Ayrıca bu uygulama ile kimyasal madde harcamaları % 80' lere varan düzeylerde azaltılabilecektir. Şu an yasal olarak kostik sodanın alıcı ortama deşarj limiti bulunmamasından dolayı kostik sodayı kullanan çoğu endüstrilerde geri kazanım ile ilgili prosesler bulunmamaktadır. Ancak geri kazanım sonucunda endüstrilerin elde edeceği gelir miktarı, proseslere harcanan miktarın kat ve katı olduğu endüstrilere anlatılmalı ve bilinçlendirilmelidir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında Bursa ilinde seçilen Organize Sanayi Bölgesi 'nde bulunan, evsel ve endüstriyel atıksuların fiziksel ve biyolojik olarak arıtıldığı atıksu arıtma tesisi çıkış sularının TASS olarak tekrar kullanılabilirliği araştırılmış, bu amaçla II. Sınıf Sulama Suyu Kalitesi değerlerini sağlayabilmesi üzerinde durulmuştur. OSB mevcut atıksu arıtma tesisi çıkış sularında istenilen sulama suyu deşarj kriterlerinin sağlanamadığı görülmüş, özelliklerin sağlanabilmesi için ileri arıtma prosesleri tatbik edilmiştir.



Şekil 4.1. Pilot tesisin şematik gösterimi

Şekil 4.1' de gösterildiği gibi boyutlandırma yapılırken mevcut debisi 85 000 m³/gün atıksu arıtma tesisi çıkış sularının geri kazanıma tabi tutulması düşünülen 55 000 m³/gün' lük debi göz önünde bulundurulmuştur. Bu kapsamda, 5 m³/sa kapasiteli ileri

arıtma ünitelerini içeren pilot tesis (bkz şekil 2.6) kurulmuş ve arıtma tesisi boyutlandırılmıştır.

Kurulan pilot tesis çalışmasında atıksular öncelikle ozonlama işlemine tabi tutulmuş, daha sonra basınçlı kum filtresinden geçirilen atıksu ultrafiltrasyona verilmiştir. Bu aşamadan sonra ultrafiltrasyon çıkış sularında, iki farklı arıtma metodunun uygulanabilirliği araştırılmıştır. Birincisi ters osmoz prosesi olup, alternatif olarak katyonik ve anyonik reçinelerin kullanıldığı iyon değiştirici proses düşünülmüştür.

Arıtılabilirlik çalışmaları ve pilot tesisin çalıştırılıp çıkan sonuçların değerlendirilmesi 2010 yılı aralık ayından 2011 yılı haziran ayına kadar sürmüş olup aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- 1) Renk giderimine yönelik yapılan ozonlama çalışmalarında, temas süresi, pH ve ozon dozu sistemi etkileyen en önemli parametrelerdir. Buna göre pH = 8 ve $\text{Co}_3 = 10 \text{ g/l}$ sa ve temas süresi 15 dk' dır. Optimum şartlarda elde edilen giderim verimleri KOI için % 30, AKM için %10, renk için % 80 olup ters osmoz ve iyon değişimi prosesleri için problem teşkil edecek KOI ve AKM parametrelerinin giderimi için yeterli olmamaktadır. Sürenin uzaması elektrik maliyeti göz önünde bulundurulduğunda istenmeyen bir durumdur.
- 2) Ters osmoz ve iyon değiştiriciler için bir ön arıtma olarak kullanılan basınçlı kum filtresi arkasından uygulanan ultrafiltrasyon prosesleri sonucunda ise; %80 oranında KOI, %95 oranında ise AKM giderim verimleri belirlenmiştir. İletkenlik, TÇM ve Na^+ parametrelerinde etkin giderim verimi gözlenmemiştir.
- 3) Ters osmoz prosesinde % 97 iletkenlik, % 95 TÇM giderim verimleri gözlenmiş her iki parametrede 100 mg/l nin altına düşmüştür. Renk parametresinde % 90 giderim verimiyle 5 mg/l'nin altına inilmiştir. Bu değerlerle suyun endüstrilerde proses suyu olarak tekrar kullanılabilirliği mümkün kılınmıştır. Ayrıca Na^+

parametresinde %99 giderim verimi gözlenmiş olup, TASS kullanımında istenen II. sınıf deşarj standardı olan 9 mg/l nin altına indirilmiştir.

- 4) Çalışmamızda son olarak ters osmoz prosesine alternatif olarak katyonik ve anyonik reçinelerin kullanıldığı iyon değişimi prosesi sunulmuş ve boyutlandırması yapılmıştır.
- 5) Her iki akım şeması için oluşturulan maliyet hesapları birbirine yakın değerler teşkil etmektedir. İyon Değiştirici alternatifi için oluşturulan hesaplamalarda Ultrafiltrasyon sistemi kullanılmadığından maliyet düşmüştür.
- 6) Ters osmoz prosesinde dezavantaj olarak gözüken, besleme akışının %5-25 oranında olan, tuzun ve kirleticilerin akış içinde yüksek konsantrasyonda bulunduğu konsantrat oluşmaktadır. Konsantratın bertarafına yönelik literatürde yapılan çalışmalarda kıyısal bölgeler için deniz deşarjı mümkün olurken, kıyısal olmayan bölgeler için termal arıtma, membran distilasyonu ve buharlaştırma işlemleri, (HERO™) gibi yüksek verimli TO vb proseslerin kullanıldığı (Badruzzaman ve ark, 2008) sistemlerden söz edilebilir. Bu sistemlerin maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda TO sistemleri ile kostik gideriminin maliyeti, termal yöntemlere göre daha düşük olduğu söylenebilir. Seçilen OSB' nin Mudanya Limanına 76 km, Gemlik Limanına 75 km mesafede olduğu göz önünde bulundurulduğunda konsantratın denize deşarjı seçeneği maliyet açısından zorluk yaratabilecektir. Bunun yanında konsantratın içeriğinde yapılacak analiz sonuçlarına göre uygun bulunması halinde endüstrilerde tekrar kullanılması mümkün olabilecektir.

Sonuç olarak seçilen OSB mevcut atıksu arıtma tesisi çıkış sularının uygulanan prosesler sonucu TASS olarak kullanılabilmesi için sırasıyla 1457 mg/l ve 2572 µs/cm değerleriyle II. Sınıf Sulama Suyu Kalitesi deşarj standartlarında sınır değerlerde duran TÇM ve İletkenlik değerlerinin %95 ve %97 giderim verimleriyle 71mg/l ve 53.04 µs/cm değerlerine indirilmesi sağlanmış olup, 410 mg/l olan Na⁺ parametre değeri %99

giderim verimiyle 4,1 mg/l'ye düşürülerek istenen deşarj kriterlerine indirilmesi sağlanmıştır. Ayrıca %98 renk giderim verimiyle elde edilen süzüntü suyunun endüstrilerde tekrar kullanılması mümkündür. Konsantratin geri kazanımına yönelik uygulanabilecek en uygun yöntem ise ancak uygulama sonrasında belirlenebilecektir.

Bu çalışmayla hem de su kaynaklarının hızla tükenmesi ve kirlenmesi göz önüne alındığında tükettikleri yüksek su miktarı ve oluşturdıkları kirleticilerle, hızla tükenen su kaynakları üzerinde baskı oluşturan OSB bünyesinde yer alan sektörlerle yol gösterilmek istenmiş ve arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı çalışmalarına katkıda bulunulmuştur.

KAYNAKLAR

Anonim, 1978. Guideliens For The Establishment of Industrial Estates in Devolving Countries, UNIDO, New York, USA, pp:5-6.

Anonim, 1979. Dördüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı (1973-1979), Yayın No: 1664, Ankara.

Anonim, 1991a. DPT Sosyal Planlama Başkanlığı, Yer Seçimi ve Çevre Sorunları Çalışma Grubu Raporu, Çevre Müsteşarlığı Yayını, Ankara.

Anonim, 1991b. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği. 07.01.1991 tarih ve 20748 Sayılı Resmi Gazete, Devlet Bakanlığı, Ankara.

Anonim, 1994. Organize Sanayi Bölgelerinde Çevre Sorunları ve Çözüm Projeleri Tanıtım Toplantısı, TÜBİTAK, Ankara.
http://statik.iskur.gov.tr/tr/rapor_bulten/uzmanlik_tezleri/EMRULL~3.PDF - Erişim Tarihi: 13.10.2011).

Anonim, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. 31 Aralık 2004 tarih ve 25687 Sayılı Resmi Gazete, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.

Anonim, 2005. DSI Genel Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları.
<http://www2.dsi.gov.tr/topraksu.htm> - (Erişim tarihi: 2011).

Anonim, 2006. DPT Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013), Çevre Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Yayın No: 2737, Ankara.

Anonim, 2008a. Su tüketimi-arıtma-yeniden kullanım. DSİ I. Bölge Müdürlüğü 5. Dünya Su Forumu 2009 Sempozyumu, 3-5 Eylül 2008, İznik, Ankara.

Anonim, 2008b. KOCH Membrane TFC-SW 8''
<http://www.uswatermaker.com/component/literature/membranes/Koch%20Fluid%20Systems%20TFC%20-%20SW%208%20inch.pdf> – (Erişim tarihi: 08.10.2008).

Anonim, 2009a. 4562 Organize Sanayi Bölgeleri Kanunu, 22 Ağustos 2009 tarih ve 27327 sayılı Resmi Gazete, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Ankara.

Anonim 2009b, Lewatit TP-207 ion exchange resins.
<http://www.decker-vt.de/english/pdf/ion-exchange-resin/ion-exchange-resin-lewatit-tp-207-product-sheet.pdf> - (Erişim Tarihi: 19.11.2009).

Anonim 2009c, Lewatit A-365 ion exchange resins.
<http://www.industrialwaterequipment.co.uk/msds/56635274-ENG.pdf> – (Erişim Tarihi: 29.09.2009).

Anonim, 2010a. Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği. 20 Mart 2010 Tarih ve 27527 Sayılı Resmi Gazete, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.

Anonim, 2010b. İnegöl Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Tesis. www.inegolosb.org.tr-(Erişim Tarihi: 2010).

Anonim, 2011. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. 24.04.2011 Tarih ve 27914 sayılı Resmi Gazete, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.

Akyatan, G. 2010. Organize sanayi bölgesi atıksularının magnezyum flokülasyonu ile arıtılabilirliğinin incelenmesi ve klasik koagülantlarla karşılaştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.

Alaton, İ.A., Tanık, A., Ovez, S., İskender, G., Gürel, M., Orhon, D. 2007. Reuse potential of urban wastewater treatment plant effluents in Turkey: a case study on selected plants, *Deselination*, 215(1-3): 159-165.

Aslan, E. 2007. Türkiye’ de organize sanayi bölgeleri ve küçük sanayi sitelerinde ihtiyaç duyulan meslekler ile yeterince karşılanamayan meslekler ve bu konuda İşkur’un rolü. Çalışma ve sosyal Güvenlik Bakanlığı, Türkiye İş kurumu Genel Müdürlüğü, *Uzmanlık Tezi*, Ankara.

http://statik.iskur.gov.tr/tr/rapor_bulten/uzmanlik_tezleri/EMRULL~3.PDF-(Erişim Tarihi: 12.10.2011).

Arı, P.H., Özgün, H., Erşahin, M.E., Koyuncu, İ. 2009. Membran teknolojileri ve uygulamaları sempozyumu, 2-3 Kasım 2009, İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Asano, T. 1991. Planning and implementation of water reuse projects. *Water Science. & Technology*. 24(9):1–10.

Aslan, V. 2008. Atıksu Yönetimi, Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Su ve Toprak Yönetimi, Eğitim Notları, Ankara.

Badruzzaman, M., Oppenheimer, J., Adham, S., Kumar, M. 2008. Innovative beneficial reuse of reverse osmosis concentrate using bipolar membrane electrodialysis and electrochlorination processes. *Journal of Membran Science*, 326(2009): 392-399.

Başkan, T. 2006. Arıtılmış evsel atıksuların tarımda sulama amaçlı yeniden kullanılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Birgöl, A. 2006. Tekstil endüstrisi atıksu arıtımında ileri oksidasyon proseslerinin kullanımı. *Yüksek Lisans Tezi*, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

Büyükkamacı, N. 2009. Su yönetiminin etkin bileşeni: yeniden kullanım. TMMOB İzmir Kent Sempozyumu, 08-10 Ocak 2009, MMO Tepekule Kongre ve Sergi Merkezi, İzmir.

Çapar, G., Yetiş, Ü., Yılmaz, L. 2004. Halı boyama atıksularının membran prosesleri ile arıtımı. *Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi*, 14(2): 9-15

Çetin M., Kara M., 2008. Bir kalkınma aracı olarak ‘‘Organize Sanayi Bölgeleri’’ : Isparta Süleyman Demirel Organize Sanayi Bölgesi üzerine bir araştırma. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 31: 49-68.

Çezik A., Eraydın A. 1982. Türkiye’de Organize Sanayi Bölgeleri (1961-1981) DPT Yayınları No:1839, Ankara.

Elmas, E. T., 1999. Evaporation plant of recycling of caustic soda. *Yüksek Lisans Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.

Erdoğan, Ö., Özdemir, M., 1990. Organize Sanayi Bölgelerinin Durum Tespit Raporu, DPT Yayınları s.4, Ankara.

Eyüboğlu D. 2005. 2000’li Yıllarda Organize Sanayi Bölgelerimiz, *Verimlilik Dergisi*, 2005(3): 49-80.

Gönder, Z.B. 2004. Fenton prosesi ve iyon değişimi kombinasyonu ile renkli atıksuların arıtımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Güneş, S. 2002. Arıtılmış atıksuyun ve arıtma çamurlarının geri kazanımı, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası Yayınları. s. 183. Ankara.

Hochstrat, R., Witgens, T., Melin, T., Jeffrey, P., 2005. Wastewater reclamation and reuse in europe: a model-based potential estimation, *Water Science and Technology: Water Supply*, 15(1):67-75.

Karajeh, F., Mills, Richard A., BenJemaa, F., Prillwitz Marsha, 2004. Issue Confronting Water Recycling In California. California Department of Water Resources P. O. Box 942836, Sacramento, CA 94236-0001, USA.

Kav M.F., 2011. Adana Organize Sanayi Bölgesi atıksu arıtma tesisi çıkış sularının ileri arıtma yöntemleri (fizikokimyasal yöntemler: pıhtılaştırma- yumaklaştırma+ perlit filtrasyon) kullanılarak tekstil endüstrisinde proses suyu olarak geri kazanılabilirliğinin

araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.

Kavaklı, M., Civan, Z., 1997. Türkiye’de su kullanımı, atıksuları geri kazanma ve yeniden kullanma uygulamaları. Su ve Çevre Sempozyumu 97, 2-5 Haziran 1997, İstanbul.

Kendirli, B., Çakmak, B., Kesmez, G.D., 2003. Sulamada atıksu kullanımı, 2.Ulusal Sulama Kongresi, Kuşadası, Aydın.

Kestioğlu, K. 1992. Tekstil çıkış sularından adsorblama tekniği ile renk giderimi, İTÜ Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir.

Kitis, M., Köseoğlu, H., Gül, N., Ekinci, F.Y., 2003. Atıksu arıtımı ve geri kazanımında membran biyoreaktörleri, V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 01-04 Ekim 2003, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası Ankara Şubesi Yenisehir, Ankara.

Külünk, A., 2000. Tekstil endüstrisinde asit boyarmaddelerden kaynaklanan rengin fenton prosesi ile giderilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Li, S., Li, X., Wang, D., 2004. Membrane (RO-UF) filtration for antibiotic wastewater treatment and recovery of antibiotics. *Separation and Purification Technology*, 34:109-114.

Lin, S.H., Chan, H.Y., Leu, H.G. 2000. Treatment of wastewater effluent from an industrial park for agricultural irrigation. *Desalination*, 128: 257-267.

Miller, G.W. 2006. Integrated concepts in water reuse: managing global water needs. *Desalination*, 187:65-75.

Şengül, F. 1994. Organize Sanayi Bölgelerinde Çevre Sorunları ve Çözümleri Projesi Tanıtım Toplantısı, Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği Yayınları, 18 Kasım 1994, Ankara.

Toze, S. 2006. Reuse of effluent water-benefits and risks. *Agricultural Water Management*, 80:147- 159.

Üstün, G.E., Solmaz, S.K.A. 2007. Bir Organize Sanayi Bölgesi atıksu arıtma tesisinden çıkan atıksuların tarımsal amaçlı sulama suyu olarak yeniden kullanılabilirliğinin araştırılması, *Ekoloji Dergisi*, 15(62): 55-61.

Ünlü, M. 2008. İndigo boyama atıksularının membran filtrasyon ile arıtımı. *Yüksek Lisans Tezi*, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.

Varol, C. 2008. Yüksek alkali denim merserize atık sularından membran teknolojisi ile kostik geri kazanımı. *Yüksek lisans Tezi*, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.

Yiğit, N.Ö. 2007. Membran biyoreaktörü ile (MBR) evsel atıksu arıtımı. *Doktora Tezi*. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.

Yonar, T. 2010. Treatability studies on traditional hand-printed textile industry wastewaters using fenton and fenton-like proses: plant design and cost analysis. *Fresenius Environmental Bulletin*, 19(12):2758-2768.

Yurtseven, E., Çakmak, B., Kesmez, D., Polat, E. 2010. Tarımsal atıksuların sulamada yeniden kullanılması, Türkiye Ziraat Mühendisliği VII Teknik Kongresi, 11-15 Ocak 2010, Milli kütüphane Konferans Salonu, Ankara

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı
Doğum Yeri Tarihi
Yabancı Dili

:Kerime Seda ARIK
:İstanbul, 25.05.1985
:İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise
Lisans
Yüksek Lisans

:Cumhuriyet Lisesi
:Uludağ Üniversitesi
:Uludağ Üniversitesi

Çalıştığı Kurum ve Yıl

:Teknik Çözümler Mühendislik Müşavirlik
İnşaat Taahhüt Ticaret ve Sanayi Limited
Şirketi/2011

İletişim
Yayınları

:(536)457-76-43
:Yok

