**T.C.**
**HARRAN ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

# GAZİANTEP İLİ KATI ATIK SIZINTI SUYUNUN TERS OSMOZ SİSTEM İLE ARITIMININ İNCELENMESİ

**Aysun Derya TOPAL**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ŞANLIURFA**
**2021**

**T.C.**
**HARRAN ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

# GAZİANTEP İLİ KATI ATIK SIZINTI SUYUNUN TERS OSMOZ SİSTEM İLE ARITIMININ İNCELENMESİ

**Aysun Derya TOPAL**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ŞANLIURFA**
**2021**

# İÇİNDEKİLER

**Sayfa No**


ÖZET ..... i
ABSTRACT ..... ii
TEŞEKKÜR ..... iii
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... iv
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ ..... 1
1. GİRİŞ ..... 1
1.1. Düzenli depolama alanları ..... 2
1.2. Düzenli depolama sahası özellikleri ..... 4
1.2.1. Düzenli depolama katı atık tesislerinde alınması gereken önlemler ..... 6
1.2.2. Düzenli depolama alanlarında gaz oluşumu ..... 9
1.3. Sızıntı suyu nedir ..... 9
1.4. Ters osmoz sistemi ..... 14
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR ..... 16
3. MATERYAL ve YÖNTEM ..... 22
3.1. Materyal ..... 22
3.1.1. Gaziantep depolama sahası ..... 22
3.1.2. Gaziantep ili sızıntı suyu ters osmoz arıtma tesisi ..... 22
3.1.3. Ters osmoz sisteminde kullanılan kimyasallar ..... 26
3.1.3.1. Sülfürik asit ($H_2SO_4$) ..... 26
3.1.3.2. Antiskalant ..... 27
3.1.3.3. Sodyum hidroksit (NaOH) ..... 27
3.1.3.4. Alkali yıkama kimyasalı ..... 27
3.1.3.5. Asidik yıkama kimyasalı ..... 28
3.2. Yöntem ..... 28
3.2.1. Sızıntı suyu kirletici parametrelerinin incelenmesi ..... 28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA ..... 32
4.1. Gaziantep katı atık depolama sahası faaliyeti ..... 32
4.2. Gaziantep katı atık sızıntı suyu arıtma tesisi faaliyeti ..... 36
4.2.1. Elektrokoagülasyon ( EK ) ..... 36
4.2.2. Katmanlı kum filtreleri ..... 38
4.2.3. Kartuş filtreler ..... 41
4.3. Ters osmos ünitesi ..... 42
4.3.1. Ters osmoz sisteminde kullanılan mekanik aksamlar ..... 47
4.3.2. İşletme kontrol paneli ( Scada) ..... 49
4.4. Tesis bakım onarım ve proses takip faaliyetleri ..... 51
4.4.1. Membran bakımı ve membran yıkanması ..... 60
4.5. Sızıntı sularının deşarj kriterleri ve kontrol mekanizması ..... 61
4.5.1. Ters osmoz sisteminde KOİ giderimi ..... 63
4.5.2. Ters osmoz sisteminde AKM giderimi ..... 64
4.5.3. Ters osmoz sisteminde yağ gress giderimi ..... 65
4.5.4. Ters osmoz sisteminde ağır metal giderimi ..... 66
4.5.5. pH'ın ters osmoza etkisi ..... 67
4.6. Sızıntı suyu mevsimsel değikliklere göre incelenmesi ..... 68
4.7. Yıllar içerisinde sistem veriminin analizi ..... 70
4.7.1. Membranlar üzerinde yapılan şok yıkama ..... 74
4.8. Konsantre ( atık ) ..... 77
4.8.1. Geri devrin dezavantajları ..... 77
4.9. Çıkış suyu (permaite) ..... 78
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER ..... 80
KAYNAKLAR ..... 81

# ÖZET


**Yüksek Lisans Tezi**

**GAZİANTEP İLİ KATI ATIK SIZINTI SUYUNUN TERS OSMOZ SİSTEM İLE ARITIMININ İNCELENMESİ**

**Aysun Derya TOPAL**

**Harran Üniversitesi**
**Fen Bilimleri Enstitüsü**
**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. A. Dilek ATASOY**
**Yıl: 2021, Sayfa: 83**

Düzensiz ve plansız şehirleşme, göçe bağlı hızla artan nüfus kişi başına düşen atık miktarını arttırdığı gibi sızıntı suyu miktarını da arttırmaktadır. Sızıntı suları organik ve inorganik maddeler içerdiği gibi, yüksek konsantrasyonlardaki ağır metal konsantrasyonlarından dolayı çok tehlikeli atık sular sınıfında yer almaktadır. Çöpten kaynaklı sızıntı suları evsel nitelikli atıksulara kıyasla daha yüksek konsantrasyonlarda kirlilik muhtevası içerir. Sızıntı suları kirletici konsantrasyonları nedeni ile insan ve doğa yaşamını olumsuz etkilemektedir. Ayrıca yeraltı sularına karışması durumunda kullanılabilir suyu toksik hale getirmektedir. Kirletici konsantrasyonlarının komplike olması ve yeraltı sularının doğa ve insan yaşamı üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı deşarjı, Su Kalite Kontrol Yönetmeliği'nce kontrol altına alınmıştır. Bu limitler doğa ve insan yaşamının kalitesi ve devamlılığı açısından önemlidir. Kompleks yapıda olan sızıntı sularının arıtılması için, fiziksel, kimyasal, biyolojik ya da bu arıtma metodlarının kombinasyonu ile ileri arıtma metodları geliştirilmiştir. Deşarj edilebilmesi için kirletici parametreler çeşitli arıtma metodları kullanılarak, deşarj edilecek sınırlara getirilmektedir. Bu çalışmada sızıntı suyunun arıtımının yapılabilmesi için kullanılan ters osmoz sistemi incelenecektir. Çalışmanın yapıldığı yer Gaziantep katı atık sahası içerisinde bulunan sızıntı suyu arıtma tesisidir. Yapılan çalışma neticesinde ters osmoz sisteminin; kurulumunun kolay olması, taşınabilir olması, sürekli ve devamlı çalışabilir olması, bekleme süresi olmadan yeterli reaktörlerle yüksek debilerdeki sızıntı sularının arıtılabilmesi gibi avantajlar tespit edilmiştir. Sızıntı suyu için uygun bir arıtma yöntemi olsa bile, ters osmoz sistemi, öncesinde uygun ön arıtma sisteminin olmaması, konsantre atığının saha üzerine geri devir ettirilmesi ve gelen debinin belirli bir kısmının arıtılması, çıkış suyunda tat ve koku problemlerinin giderilememesi, mali açıdan işletme giderlerinin kullanılan kimyasallar sonucunda artması, kullanılan membranların belirli bir ömrü olması ve zamanla gözeneklerinin tıkanması gibi dezavantajlar yapılan bu çalışma neticesinde tespit edilmiştir. Ters osmoz sistemi tek başına çöpten kaynaklı sızıntı suyu için yeterli olmasada kimyasal, fiziksel ve biyolojik arıtma kombinasyonlarıyla kullanılabilir olduğu görülmüştür.



**ANAHTAR KELİMELER:** Ters osmoz, sızıntı suyu, deşarj, düzenli depo, katı atık

# ABSTRACT

**Msc Thesis**

**INVESTIGATION of GAZIANTEP LANDFILL LEACHATE TREATMENT BY REVERSE OSMOSIS SYSTEM**

**Aysun Derya TOPAL**

**HarranUniversity**
**Graduate School of Natural and Applied Sciences**
**Department of Environmental Engineering**

**Advisor: Assoc. Prof. Dr. A. Dilek ATASOY**
**Year: 2021, Pages: 83**

Irregular and unplanned urbanization, rapidly increasing population due to migration increases the amount of waste per capita as well as the amount of leachate. Leachate is classified as very dangerous wastewater because it contains organic and inorganic substances and high concentrations of heavy metals. The landfill leachate contains higher concentrations of impurities than leachate negatively affect human and nature life due to pollutant concentrations. Also, in case of mixing with underground water it makes usable water toxic. Dicharge is controlled by the water quality control regulation due to the complexity of pollutant concentrations and the negative effects of underground water on nature and human life. These limits are important for the quality and continuity of nature and human life. Advanced treatment methods have been developed with physical, chemical, biological or a combination of these treatment methods for the treatment of complex leachate. Pollutant parameters are brought to the limits to be discharged by using various treatment methods for to be discharged. In this study, reverse osmosis system used for treatment of leachate will be examined. This study was conducted in leachate treatment plant located in the Gaziantep municipal solid waste facility. As a result of this study; advantages of reverse osmosis system such as being easy to install, being portable, being able to work continuously and continuously, being able to treat leachate at high flow rates with sufficient reactors without waiting time have been identified. Even if there is a suitable treatment method for leachate, The lack of a suitable pre-treatment system before the reverse osmosis system, the recycling of concentrated waste to the field and the purification of a certain part of the incoming flow, the inability to eliminate taste and odor problems in the effluent, the increase in financial operating costs as a result of the chemicals used, the membranes used have a certain life and over time It has been seen that from garbage although it is not sufficient for leachate alone, such as clogging of its pores, it can be used with combinations of chemical, physical and biological treatment.

**KEY WORDS:** Reverse osmosis, leachate, dicharge, regular water tank, solid waste

# TEŞEKKÜR

Yüksek öğrenim hayatımda her türlü destek ve imkanı sağlayan Mühendislik Fakültesi Dekanımız Sayın Prof. Dr. Hüsamettin BULUT'a ve Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Başkanı Dr. Öğr. Üyesi Hakkı GÜLŞEN'ne, tez çalışmam süresince yardım ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübesi ile her daim yanımda olduğunu hissettiren saygı değer danışmanım Doç. Dr. Ayşe Dilek ATASOY'a, tez çalışmam süresince yardım ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübesi ile her daim yanımda olduğunu hissettiren saygı değer danışmanım Doç. Dr. Ayşe Dilek ATASOY'a sonsuz şükranlarımı ve teşekkürlerimi arz ederim. Lisans dönemim boyunca tüm bilgi ve tecrübesini paylaşmaktan kaçınmayan, yüksek lisans dönemim boyunca daima desteğini hissettiren Sayın Yrd. Doç. Dr. Deniz UÇAR'a, lisans öğrenimim ve yüksek lisans öğrenimim süresince her daim bilgi ve tecrübeleri ile yol gösteren sayın Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR'a, arıtma tesisi işletimini henüz lisans yıllarında sevdiren, lisans dönemi boyunca hazırladığım her arıtma tesisi projesi için değerli Doç. Dr. Özlem DEMİR'e yüksek lisans öğrenimim süresince yardımları ile hep yanımda olan değerli eşim Hasan TOPAL'a, sadece yüksek lisans döneminde değil hayatımın her anlamında yanımda olan, bu çalışma için yüreklendiren annem Aynur KURTOĞLU'ya, her daim beni destekleyen kardeşlerim Mesut KURTOĞLU ve Elif Özlem KURTOĞLU'ya, ağabeyim Ethem ÖZCAN'a, annesinin tezi yazması için kardeşi Mehmet Akif TOPAL'a bakan, benim hep destekçim oğlum Mustafa Kemal TOPAL'a, Harran Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümünün bana kattığı en büyük anlam olan değerli dostum Yük. Müh. Pınar KAYA'ya, okul, kariyer ve aile hayatımda her zaman yanımda olan Sayın Dilek ve Mustafa YILMAZ'a, sonsuz teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

# ŞEKİLLER DİZİNİ

**Sayfa No**


Şekil 1.1. Türkiye katı atık bertaraf dağılımı son verileri .....5
Şekil 1.2. Düzenli depolama alanı ile ilgili birimler .....5
Şekil 1.3. Katı atık düzenli depolama sahası yüzey kesiti.....6
Şekil 1.4. Katı atık düzenli depolama sahasının girdi ve çıktıları .....6
Şekil 1.5. Düzenli depolama tesislerinin kurulmasında izlenecek yasal süreç.....7
Şekil 1.6. Osmoz ve RO Sistemi .....15
Şekil 3.1. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi iş akım şeması.....23
Şekil 3.2. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi genel vaziyet planı.....24
Şekil 3.3. Sızıntı suyu arıtma tesisi üniteleri vaziyet planı.....25
Şekil 3.4. Lagünlerin görünümü.....26
Şekil 4.1. Gaziantep ili katı atık depolama alanı elektrik üretimi yapan bölüm.....33
Şekil 4.2. Gaziantep ili katı atık depolama alanı elektrik üretimi .....33
Şekil 4.3. Gaziantep İli katı atık tesisi iş akım şeması .....35
Şekil 4.4. EK ünitesi.....37
Şekil 4.5. Tesisin iç görünüşü .....37
Şekil 4.6. EK ünitesi.....38
Şekil 4.7. Katmanlı kum filtreleri.....39
Şekil 4.8. Miadı dolmuş kum filtreleri media değişimi.....40
Şekil 4.9. T-103 tankı.....41
Şekil 4.10. Kartuş filtre modülleri.....41
Şekil 4.11. Ters osmoz sistemi membran dizaynı .....43
Şekil 4.12. Modül bağlantıları.....43
Şekil 4.13. Disk mebran görünümü ve ekipmanları .....44
Şekil 4.14. Disk membran besleme akışı .....45
Şekil 4.15. Modül içerisinde gerçekleşen akış .....45
Şekil 4.16. Membran içerisinde gerçekleşen akış.....46
Şekil 4.17. Membran yastıklı hidrolik disk .....46
Şekil 4.18. Membran yastığı kesiti.....47
Şekil 4.19. Açılmış modül kesiti .....47
Şekil 4.20. Disk membran görünümü.....47
Şekil 4.21. Kontrol panosu pompa ve tankların takibi ekranı .....50
Şekil 4.22. Ters osmoz 1. kısım kontrol panosu.....50
Şekil 4.23. Ters osmoz 2. kısım kontrol panosu.....51
Şekil 4.24. Tanklardan su iletimini sağlayan pompaların bakımından görüntüler .....58
Şekil 4.25. Membran kontrolleri .....58
Şekil 4.26. Modüllerin dizilimi .....58
Şekil 4.27. Yıllar içerisinde yüksek basınç ve iletkenliğe maruz kalan memranlarda gerçekleşen yırtılma .....71
Şekil 4.28. Yıllar içerisinde membranların miadı tamamlaması .....72
Şekil 4.29. Kirlilik yükünden dolayı yıkama kimyasalının üst membranlara ulaşmamış hali.....72
Şekil 4.30. Yüksek basınç ve iletkenlik ile hidrolik diskin görmüş olduğu zarar .....73
Şekil 4.31. Hidrolik disk yuvasının yüksek basınç ve iletkenlikle görmüş olduğu tahribat.....73
Şekil 4.32. Hidrolik disk kenarlarında meydana gelen çatlama .....74
Şekil 4.33. Şok yıkamadan önce yapılan sistem yıkamasının etki göstermemesi .....76
Şekil 4.34. Şok yıkamadan önce yırtılan membranlar.....76
Şekil 4.35. Gaziantep sızıntı suyu çıkış suyu tankları ve çıkış suyu balık beslemesi.....78
Şekil 4.36. Giriş ve çıkış suyuna ait görüntüler.....79
Şekil 4.37. Arıtılmış suyun alıcı ortama deşarjı .....79

# ÇİZELGELER DİZİNİ

**Sayfa No**

Çizelge 1.1. Sızıntı suları ve evsel atıksu kirletici konsantrasyonları kıyaslaması ..... 11
Çizelge 1.2. Sızıntı sularının sınıflandırılması ..... 11
Çizelge 4.1. 2018 yılı Gaziantep İli merkez ve İlçe atık miktarları ..... 34
Çizelge 4.2. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi sistem çalışma aralıkları ..... 52
Çizelge 4.3. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi takip föyü ..... 52
Çizelge 4.4. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi örnek takip föyü ..... 53
Çizelge 4.4. (Devam) Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi örnek takip föyü ..... 54
Çizelge 4.5. Gaziantep Sızıntı Suyu Tesisi Örnek Takip Föyü ..... 56
Çizelge 4.6. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi genel bakım planı ..... 57
Çizelge 4.7. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi yıllık detaylı bakım planı ..... 59
Çizelge 4.8. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi kullanılan kimyasallar ..... 60
Çizelge 4.9. Sızıntı suyu kirletici konsantrasyon derişim aralığı ..... 61
Çizelge 4.10. Gaziantep ili ters osmoz sistemi giriş-çıkış suyu parametreleri ortalama değerleri ..... 62
Çizelge 4.11. Su kalite kontrol yönetmeliği çizelge 20.6. deşarj kriterleri ..... 63
Çizelge 4.12. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi KOİ değerleri ..... 64
Çizelge 4.13. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi AKM analiz sonuçları ..... 65
Çizelge 4.14. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi yağ ve gress analiz sonuçları ..... 65
Çizelge 4.15. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi yıllara göre ağır metal derişimi ..... 67
Çizelge 4.16. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi pH analiz sonuçları ..... 68
Çizelge 4.17. Sızıntı sularının 4 yıllık yaz ve kış aylarına göre giriş çıkış kirletici parametrelerinin değerlendirilmesi ..... 69
Çizelge 4.18. Gaziantep sızıntı suyu tesisi dizayn verileri ..... 70
Çizelge 4.19. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi debi ve verim çizelgesi ..... 70

# SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|---|---|
| AKM | Askıda Katı Madde |
| As | Arsenik |
| BOI | Biyolojik Oksijen İhtiyacı |
| cm | Santimetre |
| Co | Kobalt |
| Cr | Krom |
| Cu | Bakır |
| EK | Elektrokoagülasyon |
| Fe | Demir |
| ha | Hektar |
| HDPE | Yüksek yoğunluğu polietilen malzeme |
| Hg | Civa |
| HMBC | Ağır metal bağlama kapasitesi |
| K | Potasyum |
| KOİ | Kimyasal Oksijen İhtiyacı |
| L | Litre |
| LNG | Sıvılaştırılmış doğalgaz |
| $m^3$ | Hacim birimi (metre küp) |
| mg | Miligram |
| mm | Milimetre |
| Mn | Manganez |
| MW | Megawatt |
| PE | Polietilen |
| Pt | Platin |
| TKN | Toplam kjeldahl azotu |
| TO | Ters Osmoz |
| Zn | Çinko |
| ZSF | Balık deneyi |
| µM | Milimetrenin binde biri (mikron) |

# 1. GİRİŞ

Ekolojik düzeni oluşturan, canlıların yaşamsal faaliyetlerinin devamlılığı açısından vazgeçilmez olan su, insanlar tarafından içme suyu temin etme, tarımsal faaliyetler amaçlı sulamada kullanma ve çeşitli sınai amaçlarla tüketilmektedir.

Tarih boyunca, nüfusun artması, kentleşme ve sanayileşme ile su tüketim miktarının artırması, atık suların doğaya ve çevreye karışımı gibi nedenlerle çevre kirliliği, altyapınınmevcut duruma yetersiz oluşu ve tarımsal anlamda bilinçsiz sulama yapılması gibi yanlış uygulamaların neticesinde "küresel su krizi" sorunu karşımıza çıkarmıştır.

Dünyada su kaynaklarının %97.5'ini okyanus ve denizler, %2.5'ini ise tatlı su kaynakları oluşturmaktadır. Tatlı su kaynaklarının ise %31.4'ünü yeraltı suları, %68.3'ünü ise buzullar ve buz dağları oluşturmaktadır (Sekin, 1996). Türkiye'de kullanım suyu olarak kullanılabilecek su kaynaklarının potansiyeli 110 milyar $m^3$'tür. Bu kaynakların % 16'sı içme suyu ve kullanım suyu olarak, % 72'si tarımsal alanların sulanmasında, %12'si endüstride kullanılmaktadır. Ülkemizde, kişi başına kullanılabilecek ortalama 1.430 $m^3$/yıl su rezervi ile su fakiri bir ülkedir (Akbaş, 2018).

2030 yılında su rezervlerimizin %100 randıman ile kullanılacağını yapılan çalışmalar neticesinde tahmin edilmektedir. 2030'da nüfusun 80 milyona ulaşması beklenen ülkemiz için, 1100 $m^3$/kişi kullanım suyu ile, su fakiri bir ülke konumuna düşmesi beklenmektedir (Akbaş, 2018). En doğru su politası mevcut durumdaki su rezervinin korunması gerektiğidir. Su kaynaklarının korunmasını sadece tasarruf ile gerçekleştirmek mümkün değildir. Su kaynaklarının korunması, çevre sağlığının sürdürülebilir olması için kaynakların kirleticilere maruz bırakılmaması gerekmektedir.

Türkiye'nin hali hazırdaki bütün su kaynakları 112 milyar m³'tür. Mevcut durumdaki suyun %41'i kullanılabilmektedir (Akbaş, 2018). Bu veriler doğrultusunda su kaynaklarının korunması yaşamsal faaliyetlerin devamlılığı açısından önem arz etmektedir.

## 1.1. Düzenli depolama alanları

Ülkemizde kişi başına çıkan günlük ortalama atık payı 1.16 kg şeklinde hesaplanmaktadır (Özden, 2019). Büyükşehirlerde artan bu oran katı atık sorununu ortaya çıkarmaktadır. Sadece katı atığın bertaraf edilmesi ile çözülmeyen bu sorun sızıntı suyu gibi oldukça kompleks bir sorunuda beraberinde taşımaktadır. İçerisinde ağır metal derişimleri, organik ve inorganik yapılar bulunduran sızıntı suyunun herhangi bir arıtma işlemine tabii tutulmadan deşarj edilmesi toprağı kullanılamaz duruma getirmektedir.

Çevre ve insan sağlığının korunmasındaki kritik rolü nedeniyle evsel katı atıkların etkili ve verimli bir şekilde yönetimi, gelişmekte olan ülkelerdeki şehirler için öncelikli olmalıdır (Akar 2019). Ülkemizde çevre sorunlarının başında katı atıkların bertarafı gelmektedir. İnsanlar uzun yıllar içerisinde katı atığını rastgele arazilere dökmekte idi. Bu yöntem vahşi depolama olarak adlandırılmaktadır. Vahşi depolama birçok sorunu beraberinde getirmiştir. Bu sorunlardan bazıları; sızıntı suyunun toprağa karışması, organik ve inorganik maddelerin uğradıkları fiziksel-kimyasal ve biyolojik reaksiyonlarla metan gazının açığa çıkması ve patlamalara sebep olması, arazinin kullanılamayacak hale gelmesidir. Vahşi depolama bir bertaraf yöntemi değildir. Bertaraf işlemleri için yakma, kompostlama, düzenli depolama gibi yöntemler kullanılmaktadır. Evsel katı atık bertaraf yöntemlerinde, Batı Avrupa ülkelerinin depolamadan tamamen vazgeçerek geri kazanım, yakma ve kompost sistemlerine geçtiği, orta ve doğu Avrupa ülkelerinde ise depolama usulünün ağır bastığı görülmektedir (Cucchiella, 2017). En büyük evsel atık üreticisi Çin'de, 2014 yılı itibari ile evsel atıkların % 65.5'i depolanarak, % 32.5'i yakılarak bertaraf edilmiştir (Honga, 2017).

Arazi sıkıntısı olmayan birçok ülkede evsel katı atıkların bertarafı, düzenli depolama usulü ile yapılmaktadır (Dede, 2017). Ülkemizde ise sıklıkla kullanılan bertaraf yöntemi düzenli depolamadır. Katı atıklardan kaynaklanan atık sorunu çöplerin geçirimsiz lagünler içerisinde sıkıştırılıp, gömme metodudur. Düzenli depolama yöntemini özetleyecek olursak; çevre ve insan sağlığını tehdit etmeyecek şekilde, kontrollü bir şekilde gömme yöntemidir (Demirci, 2017).

Çöp depolama alanlarında düzenli depolama yapılması durumunda öncelikle taban sızdırmazlığı sağlanmalıdır. Taban sızdırmazlığı kil, jeomembran gibi geçirimsiz malzeme ile tabanın kaplanmasıyla sağlanır. Taban sızdırmazlığının sağlanmasıyla deponi alanına atıklar kontrollü bir şekilde alınır ve katı atıklardan meydana gelen sızıntı suları yine kontrollü bir şekilde depolama alanından uzaklaştırılır. Deponi alanına yağmur suyunun geçişine izin vermemek amacıyla üst yüzeyinde geçirimsizliği sağlanır. Saha yüzeyine yapılan drenaj kanalları ile yağmur suyunun deponi alanına girişi önlenir. Alınan bu önlem ile oluşan çöp sızıntı suyu debisinin artış göstermesi engellenmiş olur. Bu sahalarda, kimyasal reaksiyonlar neticesinde meydana gelen gazın kontrolünü sağlamak amacıyla gaz drenaj yapılmaktadır. Gaz dreneajı ile patlama gibi felaketler engellenmiş olunur. Ayrıca metan gazından enerji eldesi gaz drenajlarının uygun tesise iletimi ile sağlanır. Saha proje yaşını doldurmasıyla son örtü olarak bilinen geçirimsiz tabaka ile kaplanarak kapatılır. Kapatılan sahalar daha sonraları sosyal amaçlar için de kullanılabilir. Düzenli depolama uygun araziler olması durumda maliyeti düşük ve tercih edilen bir yöntemdir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014).

Belediyelerin TUİK'na sunmuş olduğu atık verileri 2016 senesi sonuçlarına göre, toplam 1397 belediyeden 1390'ı atık toplama hizmeti sağlarken, 2018 senesinde toplam 1399 belediyeden 1395'inin atık toplama hizmeti sağladığı TUİK verileriyle tespit edilmiştir. Belediyelerde 2016 senesinde 31.6 milyon ton, 2018 senesinde ise 32.2 milyon ton evsel nitelikli atık toplanmıştır. Evsel nitelikli toplanan atıklar 2016 senesinde %61.2'sinin düzenli depolama sahalarına, %28.8'inin belediyenin çöplüklerine, %9.3'ünün başka geri kazanım sağlayan tesislere, %0.5'inin kompost tesislerine gönderimi sağlanmışken, %0.2'sinin ise diğer bertaraf yöntemleri ile

bertaraf edilmiştir. 2018 senesinde ise toplanan çöpün %67.2'sinin düzenli depolama sahalarına, %20.2'si belediyenin çöplüklerine ve %0.4'ünün kompost tesislerine iletilirken, %0.2'sinin başka bertaraf metodları ile bertaraf edilmiştir (Özden, 2019).

## 1.2. Düzenli depolama sahası özellikleri

Düzenli depolama alanın özellikleri şu şekilde sıralanabilinir;

1) Geçirimsiz sıkıştırılmış zemin kalınlığı minimum 60 cm olacak kil ve geomembran malzeme ile kaplanır. Geçirimsizlik sağlayan malzemelerin geçirimlilik katsayısının (permaibilite) $1.10^{-9}$ m/sn'den büyük olmaması gerekmektedir. Yarıklarının daha seyrek olduğu kaya zeminlerde ise bu sayı $1.10^{-7}$ m/sn olarak alınmaktadır (Borat, 2003).

2) Depolama alanının alt yüzeyinin, doğal kaynaklı yeraltı suyunun en üst seviyesinden minimum bir metre yükseklikte olması gerekmektedir (Borat, 2003).

3) Depo tabanının, minimum 60 cm kalınlığında naturel kil veya benzer $1.10^{-8}$ m/sn permaibilitesini sağlayacak bir materyal ile kaplanmasının sonucunda, depo tabanı yeniden geçirimsiz bir malzeme ile kaplanmaz. Sonuç olarak permaibiltenin deponi alanının bütün noktalarında $1.10^{-8}$ m/sn olması gerekmektedir (Borat, 2003).

4) Düzenli depolama alanları içme ve kullanım su bölgelerinin, uzun mesafeli koruma alanında projelendirilmeli ve konumlandırılmalıdır. Bahsedilen düzenli depolama alanı alt yüzeyinde preslenmiş olacak şekilde kalınlığı 60 cm olan geçirimsiz kil katından sonra üzerine, kalınlığı 2 mm olacak şekilde yüksek yoğunluğa sahip HDPE ile kaplanır. Kaplanan HDPE malzemenin yoğunluğu 941-965 kg/m³ aralığında bir değer sağlamalıdır (Borat, 2003).

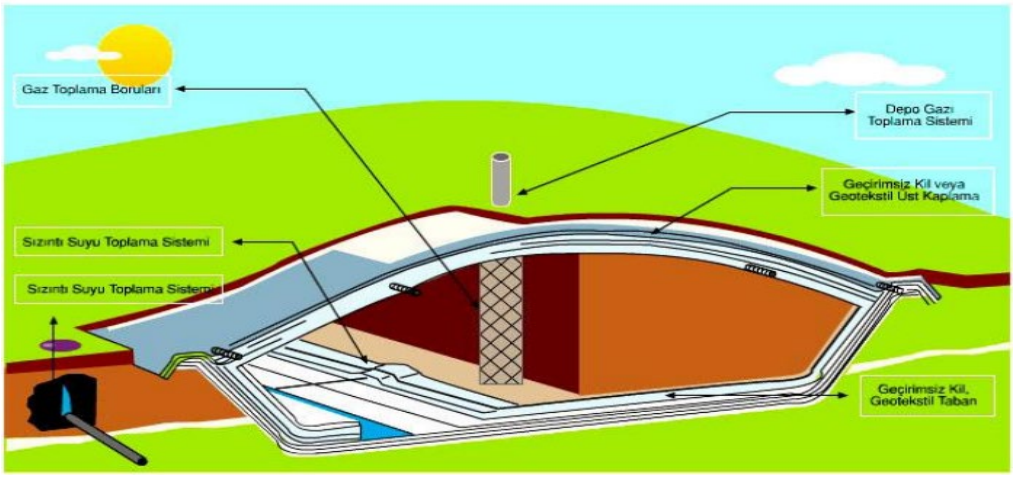
5) Geçirimsizliği sağlanmış olan alt yüzeye dren boruları konumlandırılarak, çöp sızıntı sularının bir noktada depolanması sağlanır. Statik ve hidrolik şekilde değerlendirilmesinin yapılması gereken diren borularının çapı en az 100 mm ve eğimi en az % 1 olur. Dren boruları, ayrı borular olacak şekilde, düşeyde ve yatayda herhangi

bir eğrilme olmadan doğrusal olarak depo alanı dışına çıkmaktadır. Dren boruları etrafına kum, çakıl malzemelerden oluşan filtre ile konumlandırılmaktadır. Filtrenin borunun üst yüzeyinden başayarak yüksekliği en az 30 cm olması gerekmektedir. Depolama alanı çıkışında kontrol bacaları bulunur (Borat, 2003).

6) Toplanan çöp sızıntı sularının arıtılması gerekmektedir.

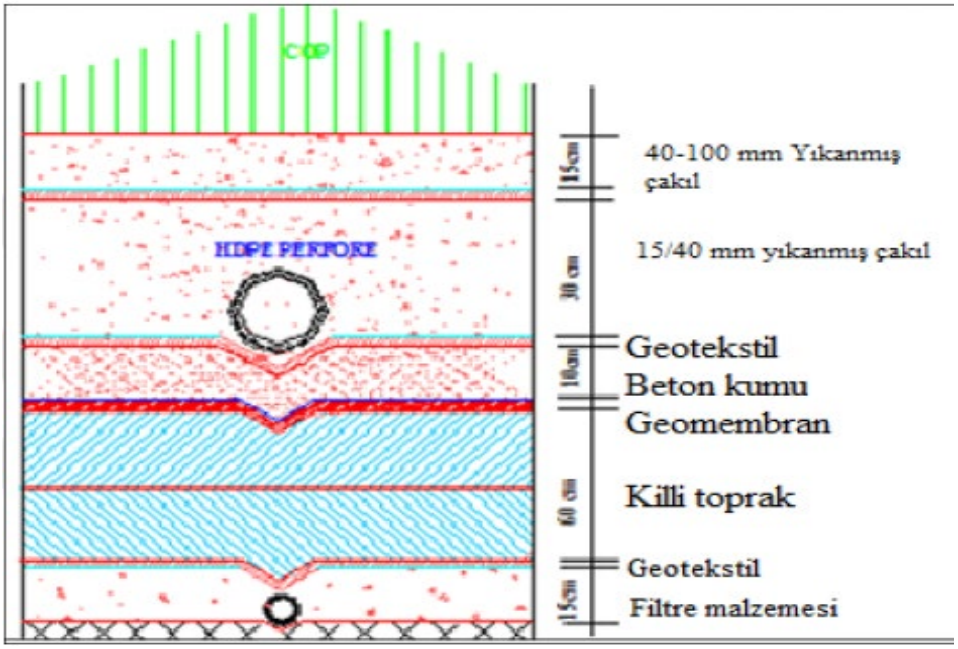



Şekil 1.1. Türkiye katı atık bertaraf dağılımı son verileri (TUİK, 2018)

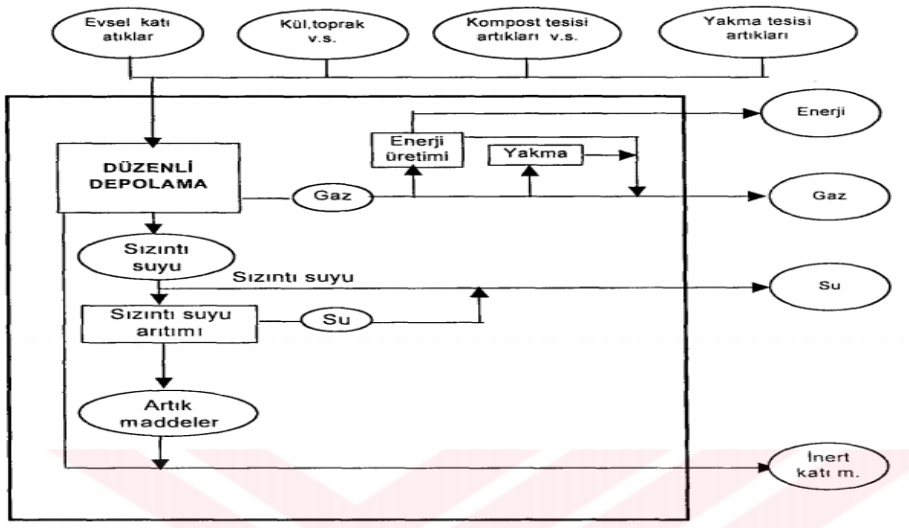



Şekil 1.2. Düzenli depolama alanı ile ilgili birimler ( Demirci, 2017)

Evsel katı atık depolama alanları, zemin kesit resmi Şekil 1.3.'de görüldüğü üzere tamamen sızdırmaz bir yapıda inşa edilmektedir. Taban sızdırmazlığı sağlanan sahalarda, çöp sızıntı suyu bünyesindeki kirliliğin toprak ve yeraltı sularına ulaşması engellenmektedir.




Şekil 1.3.Katı atık düzenli depolama sahası yüzey kesiti ( Dede, 2017)



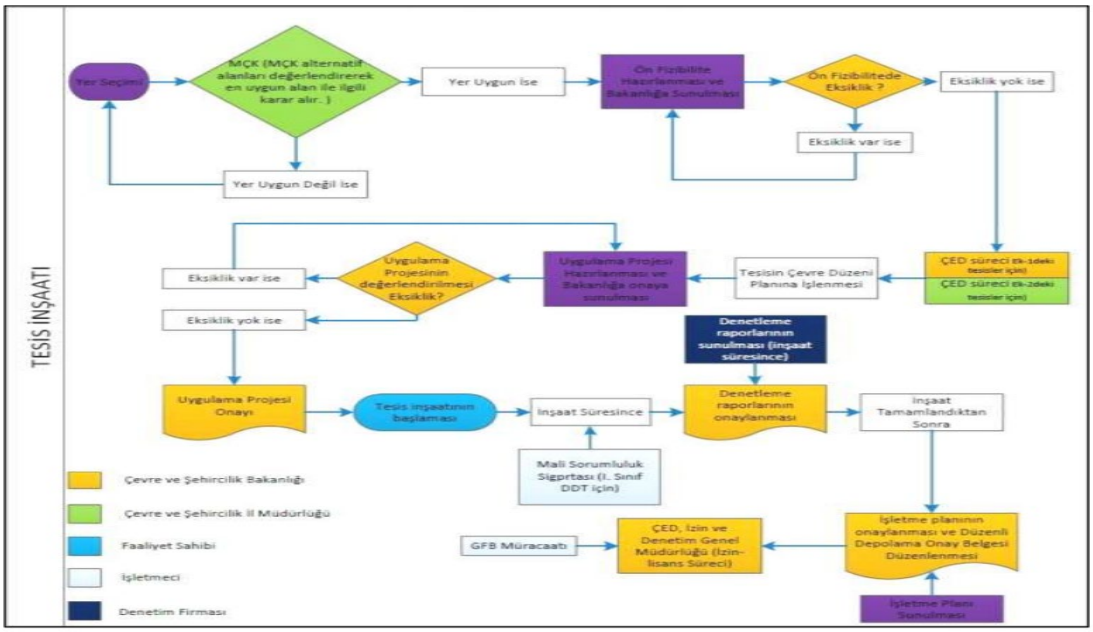

Şekil 1.4 Katı atık düzenli depolama sahasının girdi ve çıktıları ( Tüylüoğlu, 2001)

### 1.2.1. Düzenli depolama katı atık tesislerinde alınması gereken önlemler

Deponi alanlarından meydana gelecek olumsuz sonuçları minimal seviyeye indirgemek için sahalarda; koku ve toz tanelerinin etrafa yayılmasını, rüzgarların tesir ettiği kağıt, poşet ve ince plastik metaryeller benzeri atıkların uçmasını, trafik ve gürültü yoğunluğunu, haşereler ve hayvanların sahada çoğalmasını ve sahadaki

hastalığa neden olan bakterilerin çevreye taşınmasını, atmosferde depo gazının neden olduğu tabakalaşma ve aerosollerin meydana gelmesini, yangın ihtimalini minimal seviyede tutacak ve tesisin çevresine etkilerilerini engelleyecek sistemlerin yapılması gerekmektedir. İşletme safhasında depolama alanına alınan atıklar, sahanın yapısal anlamda bütünlüğünü etkilemeyecek, şevlerde kayma ve yıkılmaların önüne geçecek biçimde güvenli olarak depolanması gerekmektedir (Çevre Yönetim Genel Müdürlüğü, 2014).

Tabanın geçirimsiz katmanına zarar verecek her türlü atık ve işlem önlenmelidir. Çöplerin depolama işlemleri sırasında kullanılan araçların rahat hareket kabiliyetini sağlamak için lot şev eğimleri ve döküm alanlarının eğimi en az 1/3 olmalıdır. Çöpü geitren araçların sahada bulunan drenaj sistemlerine zarar vermesi önlenmelidir. Depolama alanında izinsiz girişleri engellemek amacıyla saha etrafının çevrilmesi ve güvenlik sağlanmalıdır. Sahaya izin alınmadan gerçekleştirilen atık boşaltımlarının önüne geçilmeli ve engellenmelidir (Çevre Yönetim Genel Müdürlüğü, 2014).




Şekil 1.5. Düzenli depolama tesislerinin kurulmasında izlenecek yasal süreç (Çevre Yönetim Müdürlüğü, 2014)

Atıkların düzenli depolanması için yayımlanan yönetmelikçe; katı atık düzenli depolama alanının yerleşim alanına mesafesi I. sınıf katı atık düzenli depolama alanları için minimum mesafe 1 km, II. ve III. sınıf katı atık düzenli depolama alanları için minimum mesafe 250 metre olması gerekmektedir. Düzenli depolama alanlarının yer seçiminin belirlenmesinde; düzenli depolama alanının hava yolu ulaşım güvenliğine etkisi, orman alanları, ağaçlandırılan alanlar, yaban hayvan yaşamı ve bitki örtüsünün korunması şeklinde özel hedeflerle koruma kapsamında olan yerlere mesafesi, bölgede varolan su kaynaklarının ve koruma bölgelerinin hali, su kaynaklarının seviye ve yönleri, depolama alanının yeraltı sularına etkisi, deponi alanın zemin ve toprak yapısı, jeomorfolojik, zeminin davranışarı ve taşmalar, toprak kaymaları, çığ, toprağın aşınma durumu ve yüksek deprem ihtimali, bölgenin yağış durumu, rüzgâr yönü ve kültürel miraslara etkisi göz önünde bulundurulur. Depolama alanında yakıt, gaz hatları ve yaşamsal faaliyetler kullanım suyu iletiminde kullanılan boru kanalları, yüksek gerilim hatları olmamalıdır ( Resmi Gazete, 2010).

Deponi alanının yer seçiminde ( Çevre Yönetim Müdürlüğü, 2014);

- Depolama amacı olmayan diğer arazilere mesafesi, şev hesabı ve uygunluk yönünden yeniden gruplandırma vb. birçok çeşit konumu açısından inceleme ve araştırma yapılması gerekmektedir.

- Yer seçiminin karara bağlandığı dönemde hangi parametrelerin göz önünde tutulacağı veya dışarıda tutulacağı; ya da toplanan verilerin alınacak kararı ne şekilde etkileyeceği belirlenmelidir.

- Diğer seçenek olan sahalar incelenirken çevresel ve sosyal veriler göz önünde tutulmalı, teknik, mali ve çevresel yönleriyle en sürdürülebilir ve bulunan tüm taraflarca onaylanması gereken saha tercih edilmelidir. Teknik açıdan uygun olan sahaların, çevreye negatif etkileri bakımından değerlendirmek oldukça güçtür. Fakat depolama alanları için kriterler belirlenir ve bu kriterler doğrultusunda değerlendirilir.

### 1.2.2. Düzenli depolama alanlarında gaz oluşumu

Düzenli katı atık depo alanlarına gaz toplama kuyuları yerleştirirek oluşturulan basit bir toplama yöntemiyle bu alanlardan temiz bir enerji kaynağı olarak yararlanılmaktadır. Depo gazının yaklaşık %55'i metan, %45 i karbobdioksittir. Bu gaz elektrik ve buhar elde etmek amacıyla kullanılacağı gibi doğalgaz kalitesine getirilebilir veya araçlar için sıvılaştırılmış doğalgaz (LNG) üretmek üzere kullanılabilir (Bukni, 2003).

Depo gazı aynı zamanda enerji demek olduğu için bir kazanç kaynağıdır. Dünyada giderek artan metan gazı, kazanç getirecek şekilde geri kazanılmaktadır. Bu da yıllar içerisinde depo alanının temiz ve karlı bir enerji kaynağı olmasını sağlamaktadır (Bukni,2003).

Depo gazının geri kazanılması, sahada patlama ve yangın riskini azaltmaktadır. Ayrıca depo alanında koku ve sis oluşumunu minimize ederek sera gazı oluşumunu engellemektedir. Bu durum iklim değişikliklerini önemli ölçüde iyileştirmektedir.

Metan bir sera gazıdır ve atmosferde bozulmadan 11 yıl, karbondioksit ise bozulmadan 120 yıl kalır, metan gazının atmosferik konsantrasyonu yılda yaklaşık %6 oranında artmaktadır. Metan doğal gazın birinci bileşenidir (Bukni, 2003).

İyi işletilen bir sahada daha fazla metan üretilir. Bu durum daha fazla enerji ve kazanç demektir.

### 1.3. Sızıntı suyu nedir

Sızıntı suları; organik bozunma sonucu oluşan sulardır. Düzenli depolama katı atık sahalarında organik ve inorganik atıklar fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak reaksiyona uğrarlar. Bu reaksiyon sonucunda inert maddeler oluşur. Bu inert maddeler; depo gazı ve sızıntı suyunu meydana getirir. Sızıntı suyunun niteliği; katı atığın içeriği, deponun yaşı, sahanın yeraltı ve yerüstü sulara etkisi, depolama alanında

meydana gelen kimyasal, fiziksel ve biyolojik faaliyetler, katı atığın su muhtevası, sıcaklık, pH, oksidasyon potansiyeli, çöp yüksekliği, stabilizasyon seviyesi, depolama alanının işletilebilmesi ve iklim koşullarına göre farklılık gösterir (Tüylüoğlu, 2001).

Bu sular yağış ve yüzeysel sularla etki ederek kirliliği çevreye taşımaları sonucunda yüzey toplama sistemlerini, yeraltı toplama sistemlerini ve toprak anatomisini bozduğu ve yüksek oranda kirlettikleri gözlemlenmiştir (Bakış, 1999).

Çöpten kaynaklı sızıntı suları yüksek oranda organik içerikli ve azot içerikli maddeler, klorlu organikler, ağır metaller ve inorganik maddeler içerirler. Dolayısıyla, deponi alanlarında oluşan sızıntı suyu; yer altı suyu kirliliğine ve toprak kirliliğine neden olmaktadır (Bayhan ve Özbek, 2015). Bütün depolama sahalarında meydana gelen çöp sızıntı sularının kansere neden olan kimyasallar ve zehirli maddeler barındırdığı, yapılan araştırmalar ile tespit edilmiştir. Söz konusu tehlikeli atıkların düzenli veya düzensiz depolama sonucu fiziksel, kimyasal ve biyolojik aktiviteler neticesinde oluştuğu görülmüştür (Bayhan ve Özbek, 2015). Katı atıkların reaksiyonları neticesinde oluşan sızıntı suları yüksek seviyelerde ksenobiyotik (toksit etkiye sahip maddeler ) organik maddeleri içermektedir (Bayhan ve Özbek, 2015). Bu maddelerinin çoğunun maksimum toksiteye hatta kanserojen etkileri olup, yüzeysel ve içme suyunun temin edildiği yer altı su kaynaklarına bulaştığında ciddi oranda bitki, hayvan ve insan sağlığını olumsuz etkilediği tespit edilmiştir (Bayhan ve Özbek, 2015). Sızıntı suları yüzeysel ve yeraltı sularına bulaşmaları durumunda, bu suların tarımda ve endüstride kullanımlarını kısıtlamakta ve suyun estetik yapısını deforme etmektedir (Öztürk, 1995).

Ward, 2005'te yapmış olduğu bir çalışmada sızıntı suyunun ağır metal bağlama kapasitelerini incelemiştir. Ağır metal bağlama kapasiteleri incelenirken, Cu, Zn, Hg elementlerinin kullanmıştır. HMBC sonuçlarına göre; bakır 3-115, çinko 3-115, civa ise 4-101 bulunmuştur. Mukavemeti yüksek çöp sızıntı suyu yüksek bağlama kabiliyeti gösterdiği görülmüştür (Bayhan ve Öztürk, 2015). Bu sınırlarda sızıntı sularının su kaynaklarına bulaşması sonucunda tehlikenin şeklini göstermektedir. Sızıntı suyu yüksek oranda seyrelmelere maruz kalsa bile yüzeysel ve yeraltı su

kaynaklarına karışması durumunda, bu kaynak suları arıtma tesislerinde arıtılmasına rağmen tat ve koku sorunları ile gündeme gelmektedir (Bayhan ve Özbek, 2015).

Son yüzey örtüsü yağmur suyunun saha içerisine sızmasını minimum seviyeye düşürmek ve bu sızıntı sularını deponi alanından bertaraf etmek amacıyla mutlaka yapılmalıdır. Gerekli şartları sağlamayan bir katı atık depolama sahasında yeraltı suyuna toksik etkilerinin önüne geçmek için alınan önlemlerin genellikle bir etkiye sahip olmaması ve bu gerekçe ile depolama alanının yer belirlenmesinde dikkatli olunmasının önemli olduğu ifade edilmiştir (Bayhan ve Özbek, 2015).

Sızıntı suları kirletici derişimleri açısından tehlikeli atıksu sınıfında yer almaktadır. Çizelge 1.1'de evsel atıksu ve sızıntı suyu kirletici parametre kıyaslaması yapılmaktadır. Çizelge'de görüldüğü gibi çöp sızıntı suları, evsel atık sulara göre oldukça kirletici parametre derişimlerinin yüksek olduğu çok tehlikeli atık sulardır (Çevre Yönetim Merkezi, 2016).

Çizelge 1.1 Sızıntı suları ve evsel atıksu kirletici konsantrasyonları kıyaslaması

| Parametre | Birim | Çöp sızıntı suyu | Evsel atık su | Kirlilik katsayı |
|---|---|---|---|---|
| pH | - | 7.56 | 7.2 | - |
| KOİ | mg/L | 24 900 | 600 | 41.5 |
| $BOI_5$ | mg/L | 20 000 | 300 | 66.7 |
| Toplam katı mad. | mg/L | 1 380 | 500 | 2.76 |
| Yağ ve gress | mg/L | 79 | 50 | 1.58 |
| Toplam azot | mg/L | 1065 | 40 | 26.6 |

Çizelge 1.2. Sızıntı sularının sınıflandırılması (Öztürk, 2010)

| | Genç | Orta | Yaşlı |
|---|---|---|---|
| Yıl | <5 | 5-10 | >10 |
| pH | 6.5 | 6.5-7.5 | >7.5 |
| KOİ(mg/L) | >10 000 | 4 000-10 000 | <4 000 |
| BOİ/KOİ | >0.3 | 0.1-0.3 | <0.1 |
| Organik bileşikler | %80 UOA | %5-30 UOA+hümik asit | Hümik asitler |
| Ağır metaller | Düşük-orta | - | Düşük |
| Ayrışabilirliği | Önemli | Orta | Düşük |

Sızıntı Suyu oluşum evreleri; Sızıntı suları çöplerin biyolojik fiziksel ve kimyasal bozulmaları ile meydana gelir. Çöplerin içinden süzülerek oluşan sızıntı suyu, sahaya gelen katı atığın muhtevasına bağlı olarak içerisinde birçok element ve bileşik barındırır. Sızıntı suyunun meydana gelişi katı atıkların içeriği, depolama sahasının işetme koşulları, iklim koşulları, sahanın su kaynaklarına konumu ve durumu, deponi alanındaki reaksiyonlar, nem durumu, sıcaklık, pH ve sahanın yaşı gibi parametrelere göre değişiklik göstermektedir. Sahanın, yağışlardan ne şekilde etkileneceği sahanın işletme koşullarına bağlıdır. Uzun yıllar kullanılmış bir sahanın yüzey örtüsünün toprakla kaplanmış bölgeleri olacağı gibi yeşillendirilmiş kısımlarıda olacaktır. Ayrıca, idari kısımdaki yol ve alanlar, aktif olarak kullanılan saha, üzeri örtülmüş sahalar ele alınarak bir deponi alanında oluşacak sızıntı suyu miktarı hesaplanabilmektedir (Cuci ve Duran, 2016).

Amprik işlemlerde depolama alanı inşaa durumunda katı atık yığınları Ssu muhtevası yönünden doygunluğa ulaşmamış arazi için açık bölümlerine düşen yağmur suyunun %25'nin çöp sızıntı suyuna karıştığı kabul edilmektedir. Doygunluğa ulaşmış sahalarda bu rakam %50-60'lara ulaştığı görülmüştür. Yaygın olarak, arazi hesaplamalarına göre bu rakamın %4 ile %22 aralığında seyrettiği görülmüştür. Bu durumdan yola çıkarak; birim alan için günlük çöp sızıntı suyu debisi q=0.8-8.6 $m^3$ /ha.gün ortalama değeri bulunur. Yaygın olarak yapılan tüm hesaplamalarda ortalama; 5 $m^3$ /ha.gün olarak alınmaktadır. Yağışın günlük olarak 4 mm'den düşük olması halinde bu değerin altında kalan günler için çöp sızıntı suyu miktarı göz önünde bulundurulmayabilir. Depolama alanının yüzeyi yeşillendirilmiş olsa dahi, bu bitkilerden suyu çıkışının meydana geleceği ve bu su çıkışının %35-40 değerleri arasında olduğu kabul görmektedir. Yeşil alanın suyu muhafaza etmekte ve yüzeysel akışın olmasının önüne geçmektedir. Bu nedenle sızan su miktarı artış göstermektedir. Depolama alanı inşa durumunda iken açık kısma düşen yağışın % 24'ü çöp sızıntı suyunu meydana getirmiştir. Saha çalışmalarında yapılan birçok ölçümler neticesinde bu rakam %3.3 ile 21.6 arasındadır. Bu çalışma neticesinde; qs = 0.7-5.9 $m^3$/ha.gün'e takabül etmektedir. Yönetmeliklerde qs=0.9-8.6 $m^3$/ha.gün şeklinde verilmiştir.Hesaplamalar amacıyla yaklaşık; qs=5 $m^3$ /ha.gün alınmaktadır (Bayhan ve Özbek, 2015).

Taiwan'da sızıntı suyu karakterizasyonunu araştırmak için çalışmalar yapılmıştır. Kapalı depolama alanı A, katı atıkların yakılması sonucunda meydana gelen külleri ve evsel nitelikli katı atıkları alan saha B ve sadece evsel nitelşk taşıyan katı atıkların alındığı alan C olarak sınıflandırılmıştır. Yapılan bu araştırmada sızıntı suyundaki; Deponi sahasının faaliyette olduğu süre, kimyasal oksijen ihtiyacı, biyolojik oksijen ihtiyacı, pH, metaller, hümik maddeler, mevsimler, toplam katı madde miktarı, DS, VS, toksit yapısı ve aromatiklik gibi parametreler araştırılmıştır. Yapılan çalışma neticesinde, aktif olan depoların önemli ve ciddi derişimlerde iletkenlik, VSS, toplam katı madde, toplam organik karbon, kimyasal oksijen ihtiyacı, ve renk standartı değerlerine sahip oldukları belirlenmiştir. B deposu C deposuna göre daha fazla düzeyde DS, toplam katı madde, sodyum, kalsiyum, magnezyum ve iletkenlik muhtevası saptanmıştır. C deposunun bu depolar içinde en fazla oranda demir, krom, nikel derişimine sahip olduğu ve deponun yüksek düzeyde toksisite içerdiği saptanmıştır (Bayhan ve Özbek, 2015).

Çöp sızıntı suyu karekterizasyonunun zamanla değişimi hakkında yapılan çalışmalar neticesinde, sızıntı suyunun kimyasal ve fiziksel özellikleri tespit edilmiştir. Sızıntı suyu özellikleri çöp depolama alanındaki stabilizasyonun kademesi ile doğru orantılıdır. Depolama alanında stabilizasyonun tayin edebilmek için bazı parametrelerden yararlanılır. Bu parametreler ışığında stabilizasyon derecesi tespit edilir ve sızıntı suyunun karekterizasyonu belirlenebilir.

En elverişli arıtma kademelerinin tercihinde ve tesisin dizaynında aşağıdaki unsurlar göz önünde bulundurulmalıdır (Çakmakçı, 2013);

- Katı atık sızıntı suyunun kimyasal ve fiziksel karekterizasyonu (KOİ, $BOİ_5$, $NH_4$, gibi)
- Deşarjın şekli ve arıtılabilirlik durumu
- İlk proje yatırım ve prosesin devamlılığı için gereken maliyet

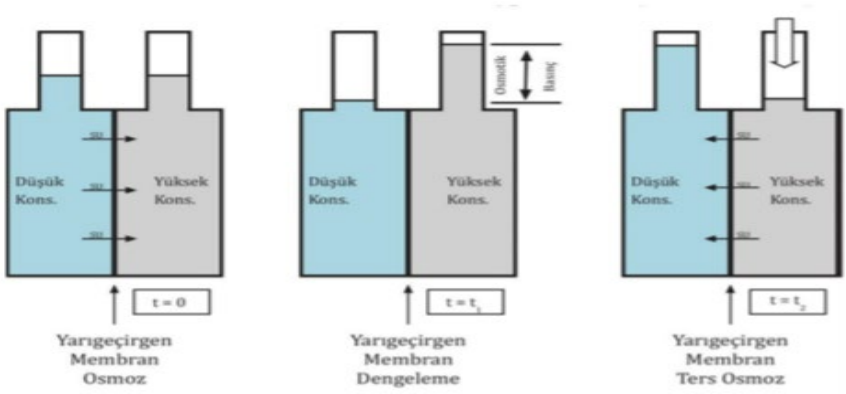
## 1.4. Ters osmoz sistemi

Ters osmoz sistemi, aralarında yarı geçirgen, tek suyun geçmesine izin veren, diğer maddelerin geçişine izin vermeyen arada membran barındıran farklı derişimlerde ki iki akışkandan, birinden diğerine su geçmesiyle oluşur ve bu süreç iki tarafta denge sağlananadek sürmektedir. Ters osmoz sistemi esasında yüksek seviyelerde osmotik basınç sağlanıp, ürün suyu meydana getirilirken, konsantrant oluşmaktadır (Yaşa, 2015).

1748 tarihinde osmoz işlemi Abbe Nolet keşfetmiştir. Osmoz işlemini tanımlarken aralarında seçici bariyer bulunan iki fazın birbirinden ayrışmasını sağlayan filtreleme işlemi olarak tanımlanır. RO işleminde mikroskobik partiküllerin, kolloidlerin, çözünebilen maddelerin, iyonların ayrışabilmesini sağlar. Membran filtreleme işleminde besleme debisi, sistemin basıncı ve sıcaklığı, konsatre farklılıkları gibi etkenlerle membrandan geçişi esnasında ürün ve konsantre olacak şekilde iki faza ayrılır (Ünal, 2015).

Son zamanlarda arıtma teknolojilerinin gelişmesiyle atıksuların arıtılmasında oldukça popüler hale gelmiştir. Ters osmoz sisteminin kullanım alanları içerisinde, buhar kazanları besi suyu imal etmek, kaplama endüstrisinde kullanımı, eczacılık faaliyetinde kullanımı, gıda sanayisinde kullanımı, içme suyunun elde edilmesinde kullanılmaktadır. Son zamanlarda atıksu arıtımında arsenik bertarafında ters osmoz sisteminin kullanımı yaygınlaşmıştır. Doğal olarak osmoz olayı arasında seçici ve geçirgen bir zar ile sadece suyun geçişine izin veren, su dışındaki maddelerin tutulumuyla gerçekleşir. Bu olay gerçekleşirken iki farklı faz vardır. Bu fazlardan az yoğun olan ortamdan çok yoğun ortama suyun geçmesiyle oluşur ve bu işlem iki fazın dengeye ulaşması sonucunda son bulur. RO prosesinde ise basınç uygulayarak, kirlilik derişimi yoğun kısımdan, yarı geçirgen bir membran vasıtasıyla az yoğun olan kısmına geçişini sağlayarak, kirlilik konsantrasyonunu minimuma indirgeme işlemidir. Ters osmoz işlemi ile katyon ve anyonları, buna benzer özellik taşıyan iyonları uzaklaştırmak içinde kullanılmaktadır. Ters osmoz işleminde kullanılacak membranlar için gözenek çapı genellikle 0.1 nm ila 1.5 nm değerlerinde değişiklik göstermektedir. Ters osmoz yöntemi sayesinde, yüksek molekül içeren organik kirleticileri, özellikli

pestisitlerin çoğunu ve deterjanları bertaraf etmek amacıylada kullanılır. Ters osmoz yöntemlerindeki yarı geçirgen membran vasıtasıyla suda çözünür şekilde bulunan maddelerde uzaklaştırılabilmektedir. Ters osmoz işlemini açıklamadan başta osmozun ne olduğunu anlamak gerekmektedir. Suda değişik düzeyde çözünmüş maddeler barındıran iki değişik derişimlerde ki çözelti yarı geçirgen olan bir membranla ayrıştığı zaman osmoz işlemi meydana gelmektedir. Bazı maddeler membran içerisinden geçerken bazıları membrandan geçmemektedir. Suda çözünmüş şekilde bulunan maddeler osmotik basınç ile, seyreltik kısımdan konsantre kısma suyu geçirir ve suyun seyrelmesi gerçekleşir ve bu durum membranın iki kısmında da çözeltilerin derişimleri eşitleninceyedek sürer (Başaran, 2015).




Şekil 1.6. Osmoz ve RO Sistemi ( Bozkurt ve Koyuncu, 2018)

RO olayında ise konsantre kısma basınç işlemine tabii tutarak osmoz işlemi aksi yöne çevrilir. Gerekli olan basınç değeri altında; konsantre ve su birbirinden ayrılmaktadır. Seçici ve geçirgen olan membran yönteminde geçen su, çözünebilen maddelerden ve kolloidal maddelerden temizlenmiş deşarj suyu olarak prosesten alınmaktadır. Fakat arıtım prosedürü sonrası üretilen su ile birlikte, sistem verimliliğine (%40-60) ve besleme suyunun karekterizasyonuna bağlı olarak membran, geçişine müsaade edilmeyen maddeleri içeren derişimleri yüksek atıksu oluşturmaktadır. Oluşan konsantre depolama alanına geri devir yaptırılmasından dolayı konsantrenin olumsuz çevre şartlarına neden olmaması için, planlı bir geri devir oldukça önemlidir (Başaran, 2015).

# 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

(Genç, 2019); Yapılan bu çalışmada MBR prosesinden sonra membran metodları ile sızıntı suyunun arıtımı yapılmasıyla meydana gelen konsantrenin bertarafı için, çevreye etkisi, mali ve sosyal açıdan değerlendirilmesi gibi faktörler ele alınarak analitik hiyerarşi prosesi geliştirilerek, değerlendirilmesi yapılmıştır. Buharlaşma yöntemi, depolama sahasına geri devir yapma yöntemi, yakma yöntemi, katılaştırma yöntemi ileri arıtım seçenekleri bertaraf yöntemleri seçenekleri belirlenmiştir. En verimli metodun belirlenmesinde en önemli ölçüt olarak, konsantre sızıntı suyunun miktarı, suyun muhtevası, arıtım işleminin maliyeti, halkın izni ve uygulanması planlanan metodun esnekliği ölçütleri gibi kriterler belirlenmiştir. Analitik hiyerarşi prosesi, Expert Choice 11 ismi verilen bir programla yapılmıştır. Analiz sonucunda diğer metodlar arasından tercih sıralaması; depolama sahasına geri devir yapma, %31.8 katılaştırma yöntemi, %23.8 ileri arıtma yöntemi, %21.5 yakma yöntemi, %16.3 buharlaşma yöntemi, %6.6 diğer yöntemler olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sıralama ölçütünün meydana getirilmesinde; arıtımanın maliyeti %49.2, konsantre atık suyunun muhtevası %27.0, konsantre atık suyunun miktarı %13.5, arıtıma metodunun esneklik durumu %6.5, halk izni %3.7 olarak saptanmıştır.

(Aksu,2019); Membran filtrelerin kullanıldığı tesislerde işletme handikablarını tespit ederek, bu sorunlardan membran filtre gözeneklerinin tıkanmasını ele almıştır. Membran filtrelerin tercih edildiği tesislerin işletilmesinde rastlanan en büyük sorunlardan bazıları filtrelerin kirlenmesi, tıkanması ve temizlenmesindeki zorluklar olarak sıralanmıştır. Filtrelerin kirlenmesi ve tıkanmasına neden olan kirletici parametrelerin belirtilmesi ve bu süreçten sonra kurulacak olan ön arıtma proseslerin de bu duruma mani olmak amacıyla gerekli reaksiyonların görülmesi tesisin verimli ve sürdürülebilir bir şekilde işletilmesi için önem arz ettiği değerlendirilmiştir. Membran filtre gözeneklerinin tıkanması ve kirlenmesi ile süzüntü akışın %10-15 düşmesi, membran filtrelere ilerleyici kuvvet için kullanılan trans membran basıncının %15-20 değerinde artması ve süzüntü akışında çözünmüş madde derişiminde %10-15 değerinde artması halinde filtrelere fiziksel temizleme yöntemi uygulanması gerektiği

görülmüştür. Gerçekleştirilen bu temizlik ile amaçlanan performansın sağlanamaması durumunda, filtrelere kimyasal temizleme yöntemi ile müdahale edilmesi gerektiği yapılan çalışmalar neticesinde saptanmıştır. Bu durum neticesinde, membran filtrelerin temizleme faliyetine direnç gösterme kabiliyetine göre kimyasallarının tespit edilmesi ve filtrelerin dayanabilecekleri pH ve sıcaklık belirli aralıklarda temizleme işleminin yapılması filtrelerin kullanım ömrünü uzatabileceği neticesine varılmıştır. Bu durumda, membran filtrelerin ömrünü doldurup beklenen arıtmayı sağlayamadığı durumda, membran otopsisi diye adlandırılan fiziksel ve kimyasal analizler yapılmaktadır. Gerçekleştirilen membran otopsisi neticesinde analiz sonuçları incelenip değerlendirildiğinde; membran filtrelerin kirlilik durumu ve kirleticilerin üzerinde katman oluşturmasını önlemek amacı ile ilave edilen antiskalantların amacına uygun olmayan şekilde kullanılması veya proses içerisinde hiç kullanılmaması membran yüzeyindeki aktif katmanın yüzeyinin oksitlenmesi, yeterli ve uygun ön arıtma yapılamamasından dolayı mikrobiyolojik tıkanma bu sorunu meydana getiren durumlarının başında geldiği neticesine varmıştır.

Demirci (2017), Yapılan çalışmada düzenli depolama alanları ve sızıntı suyu oluşumları ele alınmıştır. Sızıntı suyu miktarları ve bunlara etki eden parametreler ele alınmıştır. Sızıntı suyu karekterizasyonu incelenirken, bu yapıyı etkileyen faktörlerin tespiti yapılmıştır. Depo sahasının sızıntı suyunu nasıl etkilediği incelenmiş ve depo yaşının sızıntı suyu parametrelerini doğrudan etkilediği görülmüştür. Yapılan çalışmada DBB bağlı deponi alanında çalışma yapılmıştır. Demirci'nin yapmış olduğu araştırmalar neticesinde; düzenli depolama tesislerinin genel şekli ve bu alanlarda ortaya çıkan olaylar ele alınmıştır. Sızıntı suyu ölçütünün belirlenmesi ve bu miktarı etkileyen kriterler üzerinde durulmuştur. Sızıntı suyu muhtevasını saptamaya çalışılırken, sızıntı suyu yapısını etkileyen parametreler tespit edilip, araştırılılmıştır. Depolama alanının sızıntı suyunun yapısının yaşıyla değişimi üzerinde durulmaya çalışılmış, kullanılabilir sızıntı suyu arıtma proseslerinden bahsedilmiştir.

Sızıntı suyu arıtımı, kentsel nitelikli atıksulara nispeten daha zor ve kompleks bir prosesdir. Sızıntı suyu miktar olarak az olsa bile kirletici yükü bakımından değerlendirildiğinde çok fazla organik kirlilik yükü içeren bir atıksu çeşitidir. Bundan

dolayı, dozaj olarak az olsa bile çevreye etkilerinin epeyce tehlikeli olması açısından, sızıntı suyunun meydana gelişini kontrol altında tutarak azami seviyelere düşürülmesi, en elverişli arıtma metodlarıyla arıtılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Yalnız son 10 senede sayısı süratle artan mevcut durum da ve inşaa şeklinde ki düzenli depolama tesislerinde sızıntı suyu yönetiminden kaynaklı meydana gelen sorunlar ve kazanılan tecrübeleri, dünyadaki emsal uygulama pratiklerini de göz önüne alarak değerlendirmek, değerlendirme neticesinde sonraki dizayn ve uygulamalara ışık tutmak hedefi ile ÇOB bir komisyon çalışması yapılmasına gereksinim duymuştur. Bu çerçevede, ÇOB 12.11.2009 tarihinde bir komisyon kurulmuş ve komisyon üyeleri tarafından bir rapor oluşturulmuştur. Komisyon üyeleri arasında Türkiye'nin seçkin üniversitelerinden akademisyenler, İBB atık yönetim uzmanları ve personelleri bulunmaktadır. Çöp sızıntı sularının sürdürülebilir stratejik bir yönetim ve denetim metodlarını geniş bir bakış açısıyla inceleyip araştırarak Türkiye için en uygulanabilir alternatifleri oluşturmak amacıyla kurulmuştur. Oluşturulan ihtisas komisyonu raporunun içeriğinde belirtilen hususlar çerçevesinde elde ettiği başlıca neticeler ile çözüm amaçlı ulaştıkları neticeler aşağıda özetlenmiştir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2010):

Sızıntı suyunun hacimsel olarak düşürülmesi; Deponi alanlarında olası yönetim taktikleri ilerleterek sızıntı suyu oluşumunu minimum seviyeye indirmek amacıyla yapılmış çalışmalardır.

- Deponi alanları işletilmesi oldukça küçük hücrelere ayrılması ile işletilmesinin daha kolay olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

- Henüz depolaması gerçekleşmeyen boş lotlardan kaynaklı yağmur suları ayrı bir sistem ile toplanıp bertaraf edilmeli ve sahadan kaynaklanan sızıntı suyu ile karışması engellenmelidir.

- Kapasitesini tamamlamış lotların üst yüzeyleri hemen eğimli yüzey örtüsü ile kaplanması gerçekleştirilir.
- Atık miktarının düşüşü, yüksek hacimli ikili toplamayı temel ilke olarak belirlenen entegre katı atık ilkesi ile tüm koşullarda minimum sızıntı suyu oluşumu gözlenmiştir.

Bu gerekçe ile mutfaktan kaynaklanan atıklara aerobik /anaerobik arıtma yöntemi uygulanarak meydana gelen kompost ve biyometan geri kazanılıp, oluşan sızıntı suyu minimum seviyede tutulabileceği ön görülmüştür.

- Su içeriği yüksek olan atıklar başka yerlerde toplanarak, çamur çürütücülerde işlenerek biyometanın geri kazanılabilirliği öneri olarak sunulmuştur. Bu şekilde mevcut atığın su muhtevasında gidişata göre 5-10 birim düşüş oluşturularak sızıntı suyunun meydana gelmesi nispeten azaltılabilir.

- Türkiye'nin kurak yerlerinde meydana gelen çöp miktarındaki sızıntı sularının kapalı lotlara geri devrini temel alan biyoreaktör modeli depolama tesisi dizaynı yapılarak yalnız sızıntı suyu çıkışı en düşük seviyeye indirgenip, biyogaz oluşumu ve stabilizasyon hızının arttırılabileceği komisyonun sunmuş olduğu öneriler arasında yer almaktadır. Fakat biyoreaktör tipi, modeli depolama tesislerinin dizayn ve işletilmesinde sızıntı suyunun toplandığı ve depolandığı düzeneğin kapasitesinin arttırılması gerekmekte olduğu ve bu gerekliliğin yüksek amonyak muhtevası içermesi sonucunda olası inhibisyon sorunu meydana gelmemesi için gerekli tedbirlerin alınması gerekliliği olarak belirtilmiştir.

Sızıntı suyunun denetimi ve arıtımı, biriktirme ve toplama sistemleri: Sızıntı suyunu toplayan drenaj sisteminin hidrolik kapasitesi, 25 sene süre gelen 24 saat zamanlı en fazla yağış aldığı dönemde ulaştığı yükseklik göz önünde bulundurarak tayin edilmekte ve sızıntı suyu toplama havuzunun minimum seviyesi için 100 sene süre gelen 24 saatlik en fazla yağış miktarı esas alınmaktadır. Biyoreaktör şeklinde dizayn edilen ve işletilen tesislerde yukarıda vurgulanan %100'e ulaşacak şekilde arttırılmalıdır.

Harici arıtım yöntemi: Türkiye'nin Avrupa Birliği uyum süresince oluşturulan entegre atık yönetimi planı ile ÇOB atık yönetimi planı kapsamında oluşan sızıntı sularının, sızıntı suyu arıtma tesisi dışında ulaşımı en kolay evsel atıksu arıtma tesislerinde arıtımının belirli şartlar ve uygun debilerde arıtılabileceği ön görülmüştür. Öncelikde %2'lik sınır değeri aşılmadan en yakın evsel atıksu arıtma tesisinde, muhakkak proses

ve debi şartlarını sağlayarak direk evsel atıksularla beraber arıtılabileceği ön görülmüştür. Ön arıtma işlemi yapılmadan evsel atıksu arıtma tesislerine iletilmesinde ki amaç yeni bir tesis kurulumunun maliyetinin önüne geçmektir. Sızıntı sularının evsel atıksu arıtma tesislerine verilmesinde, sızıntı sularının verileceği evsel atıksu arıtma tesisleri havalandırma havuz kapasitesinin arttırılması ve daha iyi ve en uygun işletme şartlarını sağlamak için olası ek yatırım ihtiyacının olacağı belirtilmiştir. Harici arıtım şeklinde uygulamaların yolunu açmak için, SKKY'de düzenlemelerin olması gerektiği de belirtilmiştir. Sızıntı sularının herhangi bir ön arıtma yapılmadan evsel atıksu arıtma tesislerinde evsel atıksularla beraber arıtımının teknik ve mali olarak yapılabilmesi şeklinde ihtiyaç olan harici arıtma uygulanmalıdır. Başta genç atık sahası, orta atık sahası ve yaşlı atık sahalarından kaynaklı sızıntı sularının Su Kalite Kontrol Yönetmeliğince, merkezi kanalizasyon kanalına deşarjı sağlanabilenecek seviyede arıtımı için ;

- Dengeleme ile lagün modeli AKR sistemi kombinasyonu
- Dengeleme ile iki kademeli havuz sistemi
- Dengeleme ile biyolojik olarak azot giderimli membran biyoreaktör sistemi
- Dengeleme ile ters osmoz sistemi veya bu sistemlere benzeyen prosesler uygulanabilir. Bu sistemlerde azot parametresi, kjeldahl azotu baz alınarak takip edilmeli, kısmi denitrifikasyondan kaynaklı azot ve nitrat parametrelerine bir kısıtlama yapılmamalıdır.

Sızıntı sularının direk olarak alıcı ortama verilecek seviyede ise harici arıtımı için;

- Dengeleme, membran biyoreaktör, nanofiltrasyon ve ters osmoz kombinasyonu
- Dengeleme, iki kademeli ters osmoz, nanofiltrasyon kombinasyonu
- Dengeleme, biyolojik arıtma prosesleri, ultrafiltrasyon, mikrofiltrasyon, nanofiltrasyon kombinasyonu
- Dengeleme, AKR lagün modeli, stabilizasyon havuzu ve sulak alan yöntemi ile arıtımı yöntemi kombinasyonu veya benzeri sistemlerin kullanılabileceği önerilmiştir.

Daha önce gerçekleşmiş bu çalışmalarda geri devirin optimum seviyede kullanılması için, ne şekilde hangi yöntemlerle yapılacağı üzerinde de durulmuştur.

Düzenli depolama sahaları üzerine konsantrenin geri devri: Sızıntı suyunun arıtımı amacıyla direk TO uygulanan projelerde toplam giriş gücünün %20-40'lık oranı

konsantre atığının ilk aktif lotun etkin olmasından itibaren depolama sahası üzerinde geri devir yapılmasına müsaade edilmemeli, bahsi geçen uygulama, sistemli olacak şekilde ve en az bir hücrenin kapatılmasını izleyerek TO konsantresinin, birinci hücrenin etkin olduğu devre de, buharlaştırma, katılaştırma vb. metodlarıyla bertarafı yapılmalıdır.

Ters osmoz konsantresi ile biyoreaktör gibi depolama tesislerinin devamlılığı için gerek olan sızıntı suyunun kapalı lotlar yüzeyine yapılan geri devir işlemlerinde sızıntı suyu muhtevasında yüksek inorganik maddeler, toplam çözünmüş madde, iletkenlik ve amonyağın olması ve bu nedenle inhibisyon neticesinde biyometan üretiminin düşeceği, sızıntı suyu toplama sisteminin hesaplanan süreden çok daha erken tıkanıp, kullanılamayacak duruma gelebilirliği, membranların işletilmesinde ve bakımının yapılmasında ekstra ekonomik külfet oluşturacağı ve sızıntı suyu miktarının geri devir yapılan alan üzerinde oluşturacağı yük nedeni ile taban izolasyonunun zarar görebileceği ve sızıntı suyunun toprağa geçme ihtimallerinin üzerinde durularak, önlemler alınması gerektiği vurgulanmıştır.

Şev stabilitesinde meydana gelen sorunlar: Debisel anlamda yüksek düzeyde sızıntı suyu ve ters osmoz konsantresi geri devir yapılmasında, sızıntı suyunun depolama sahası içerisinde atık yığınının şev etrafından sızma ve şev stabilitesini düşürme riskini engellemek amacıyla önlemler alınması gerektiği önerilmiştir.

Ar-Ge desteğine ihtiyaç duyulması: Türkiye'nin mevcut durumunda biyoreaktör modeli depolamaların hayata geçirilmesinde gereken tasarım ve işletme şartları Ar-Ge destekli olacak şekilde tasarlanarak, yönetmelik ve teknik şartnamelerde yer verilmesi durumunda optimizasyonu sağlayacağı önerilmiştir.

# 3. MATERYAL ve YÖNTEM

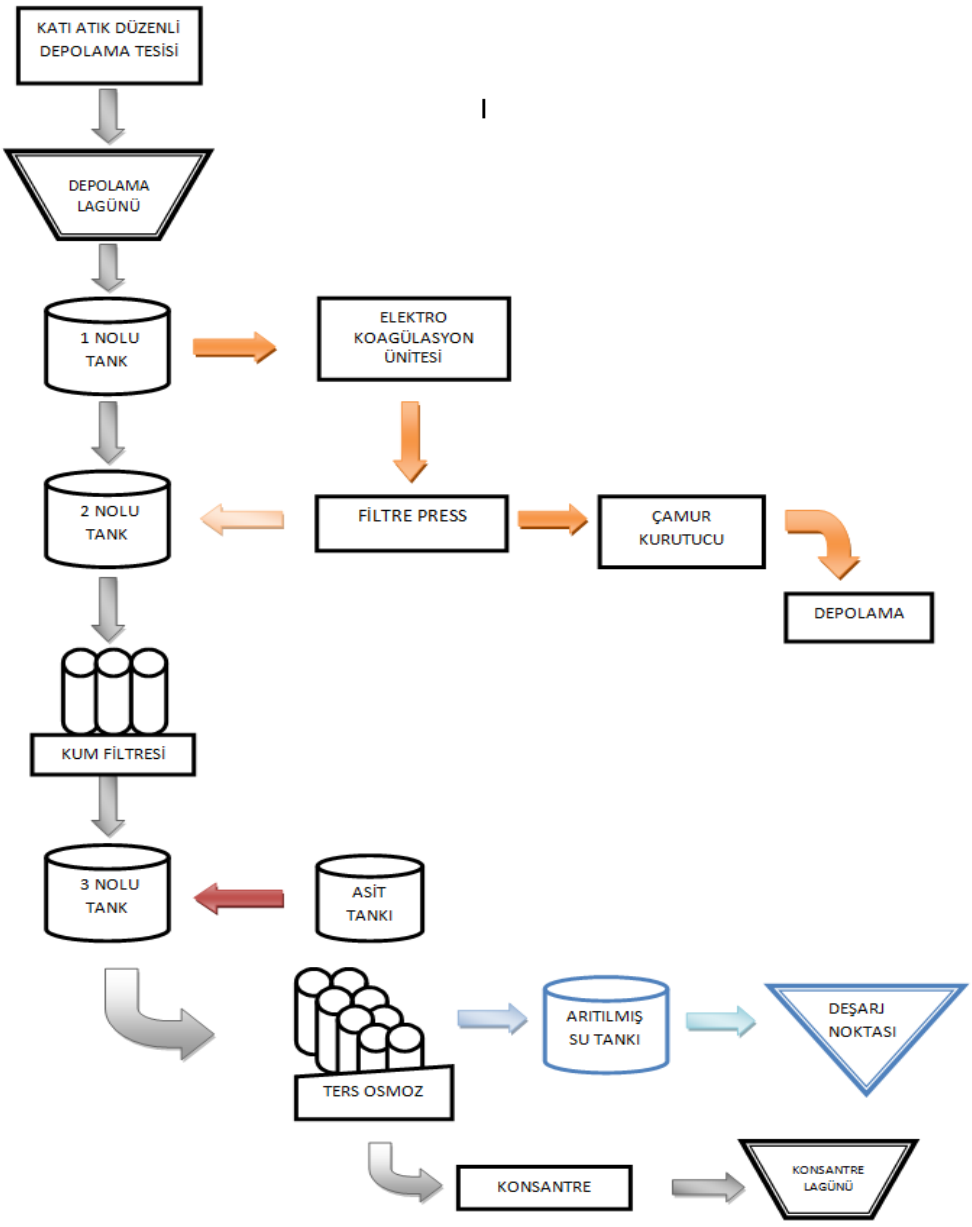
## 3.1. Materyal

### 3.1.1. Gaziantep depolama sahası

Gaziantep İli merkezden toplanan çöplerin, şehrin merkezinden 11 km uzaklıktaki Mazmahor Uzundere konumunda düzenli depolama sahasında bertarafı sağlanmaktadır. 1992 senesinde projesi yapılan ve 1993 Nisan ayında projenin faliyete geçmesiyle inşaat aşamasına geçen GBB tarafına ait olan tesis, 1996 senesi Haziran ayında faaliyet göstermeye başlamıştır. Yapılan düzenli depolama sahası Gaziantep iline 50 sene bir fiil faaliyet gösterecek şekilde tasarlanmış ve 30 000 000 $m^3$ kapasite hacmi vardır. Alanın faaliyette olan kısmının yüzölçümü 1 500 000 $m^2$ olmakta ve düzenli depolama alanı olarak kullanılması namına 5 000 000 $m^2$ alan ayrılmıştır. Deponi alanının zemin sızdırmazlığı sağlanmış ve deponi alanında herhangi bir ayrıştırma faaliyeti gerçekleşmemektedir. Sahanın yapılması sırasında drenaj sistemi yapılmış, gün bazında katı atığın preslenmesi neticesinde meydana gellen sızıntı suları havuzlara iletilmekte ve toplanan atık sular depolama sahası içerisinde mevcut olan sızıntı suyu arıtma tesisinde arıtımı sağlanmaktadır. Şehir merkez ilçelerinde meydana gelen günlük kentsel özellikli çöp miktarı yaklaşık 1462 tondur. 2018 senesinde saha içerisine depolanan çöp miktarı 533.562 ton/yıl'dır.

### 3.1.2. Gaziantep ili sızıntı suyu ters osmoz arıtma tesisi

Gaziantep katı atık sızıntı suyu arıtma tesisi paket arıtma tesisi olarak 2013 yılında kurulmuştur. Ters osmoz sistemi kullanılarak tasarlanan tesis de dikey modülleme sistemi ve disk membranlar kullanılmıştır. Üretici firma Almanya'da faaliyet gösteren PALL firmasıdır.

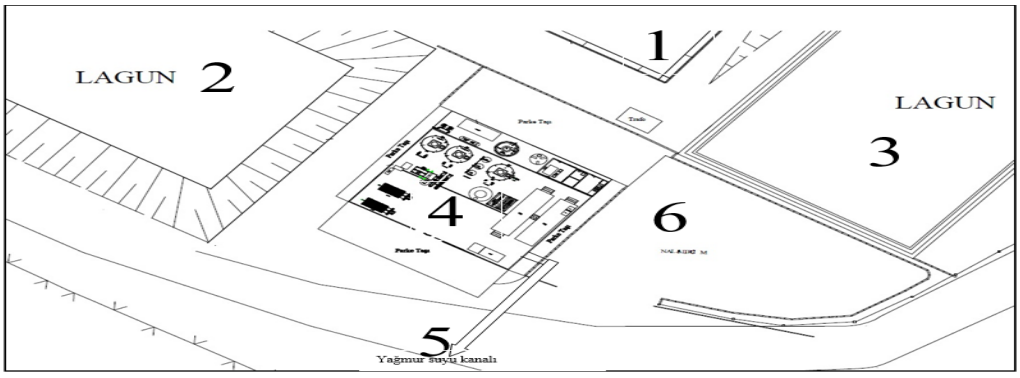



Şekil 3.1. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi iş akım şeması

Deponi alanında oluşan sızıntı suları cazibesi ile toplama havuzunda toplanır. Düzenli katı atık depolama sahasından gelen sızıntı suyu, başta sızıntı suyu muhtevasında bulunan çökebilen ve kaba askıda katı maddelerin çökelebilmesi amacıyla dizayn edilen dengeleme havuzlarına iletilir. Dengeleme lagününde sızıntı suyunun hidrolik bekleme süresi takribi olarak 30 gündür.

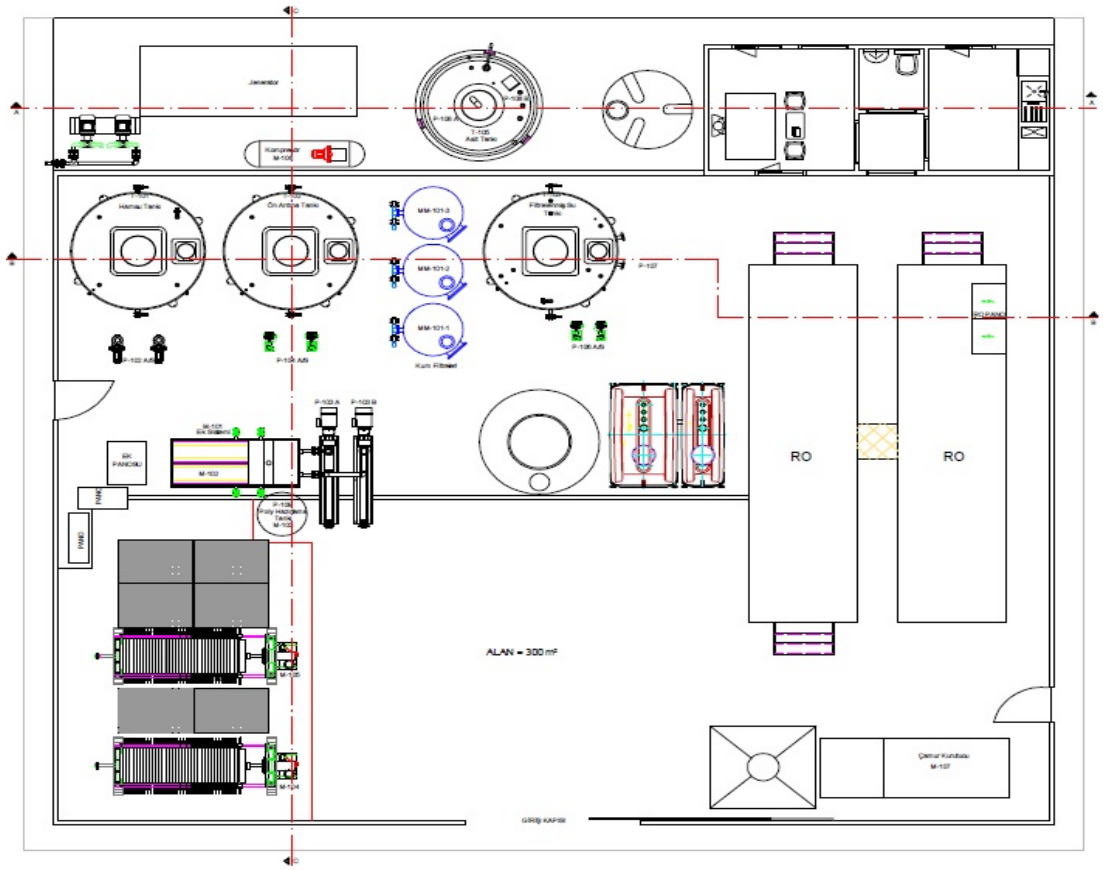
Lagün boyutları ve inşaası bu bekleme süresine göre yapılmaktadır. Bahsi geçen lagünlerde kimyasal ve fiziksel hiçbir müdahale yapılmamaktadır. Sızıntı suyu muhtevasında mevcut olan çökebilen ve AKM yerçekimi vasıtasıyla çökmesi sağlanarak sızıntı suyundan bertaraf edilir. Dengeleme havuzu tabanında çökelen katı maddeler, yani çamur, sene de bir temizlenir. Çamur depolama alanı üzerine basamak basamak geri verilir. Dengeleme lagünü çıkışında sızıntı suyu takribi pH 8 olduğu görülmüştür. Dengeleme lagününde ki duru safhada ki sızıntı suyu, dalgıç pompa vasıtasıyla ile sızıntı suyu tankına iletilir. Pompalarla iletimi işlemi sırasında dipteki çamur ve balçığın karışmamasına özen gösterilmelidir. Bahsi geçen duruma dikkat edilmez ise, askıda katı maddeler duru faza dahil olabilir. Sızıntı suyu tankında, sızıntı suyu giriş pH sının değeri ile bağlantılı olarak otomatik asit dozlaması yapılır. Sızıntı suyunun pH'ı takribi olarak 6,5 civarına getirilir.

Tesis vaziyet planı Şekil 3.2'de verilmiştir. Tesise sızıntı suyun girişi pompalar vasıtasıyla T-101 tankına iletilir. Günlük 312 m³/gün sızıntı suyu debisi tesise alınmaktadır. Tesis verimi zaman içerisinde değişiklik göstermiştir. Fakat tesis kurulum aşamasında tesis verimini %65 arıtılmış sızıntı suyu, %35 konsantre olarak hesaplanmıştır.




Şekil 3.2. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi genel vaziyet planı(1: 1 Nolu Lagün (Çöp Suyu),2: 2 Nolu Lagün (Çöp Suyu), 3: 3 Nolu Lagün (Konsantre Çöp Suyu), 4: Ters Osmoz (Sızıntı Suyu Arıtma Tesis), 5: Deşarj Noktası, 6: Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi Bahçesi)

Atıksuyun 2 nolu lagünden emilmesi için 2 adet pompa kullanılmaktadır. Bu amaçla özel yüzme emme sistemi geliştirilmektedir. Sistemi yüzücü maddelerden korumak için perdeleme, iri partüküllerin emiş hattını tıkamaması için kafesleme ve lagündeki su seviyesini kontrol altında tutabilmek için yüzer olacak şekilde yapılmıştır. Atık sudaki 2 mm (milimetre) çapından büyük partiküllerin de tutulması için de elek konulmuştur. 2 nolu lagünde toplanan atıksular fiziksel ön arıtmaya tabi tutularak arıtma tesisinde arıtılmak üzere atıksu besleme tankında toplanmaktadır.




Şekil 3.3. Sızıntı suyu arıtma tesisi üniteleri vaziyet planı



Şekil 3.4. Lagünlerin görünümü

### 3.1.3. Ters osmoz sisteminde kullanılan kimyasallar

Çalışmada günlük 312 m³ debi ile faaliyet gösteren Gaziantep İli Ters Osmoz Sızıntı Suyu incelenmiştir. Ters osmoz sisteminin AKM, KOİ, pH, bakır, demir, krom, krom $^{+6}$, siyanür, yağ ve gress, kadmiyum, toplam kjedehal azotu, toplam fosfor, çinko gibi parametrelerin yapılan analizler neticesinde giriş ve çıkış değerleri aşağıda başıklar ile ele alınıp incelenecektir.

#### 3.1.3.1. Sülfürik asit ($H_2SO_4$)

Sülfürik asit rengi olmayan, yağ kıvamında bir sıvıdır. Sülfürik asit ters osmoz sisteminde pH ayarlaması için kullanılmaktadır. Kullanılan sülfürik asit % 98 saflıktadır. Sülfürik asitin sızıntı suyu ile temas ettiği tank da oldukça yoğun $H_2S$(Hidrojen sülfür) meydana gelmektedir. Meydana gelen hidrojen sülfür oldukça tehlikeli bir gazdır. Tesis içerisinde ekipmanları korozyona uğratırken, çalışan operatörlerin sağlığını olumsuz etkilemektedir. Tesis içerisinde yer alan panoların, elektrik aksamlarının olumsuz etkilmenmesine neden olmaktadır. Bu önemli sorun tesisin sık sık arıza vermesine ve tesisin uzun süre duruşlarına neden olmaktadır. Tesis içerisinde ki havalandırma oldukça önemlidir.

### 3.1.3.2. Antiskalant

Antiskalant, ters ozmoz sistemlerinde membranlarda tıkanmaya neden olabilecek magnezyum, kalsiyum, bikarbonat gibi bileşen maddelerin, bu yüzeylerde birikmemesi için dozajlanan kimyasallara denir. Antiskalantın kelime anlamına bakacak olursak, İngilizcedeki 'anti' ve 'scale' kelimelerinin birleşmesiyle oluşmuş ve 'tartar/taş önleyici' kavramına yakın bir anlam taşımaktadır. Antiskalantlar, kireç ve kirlilik çözme kapasitesi sayesinde kristal tuzların ($CaCO_3$, $SrSO_4$, $CaSO_4$, $BrSO_4$ gibi) önleyicisidir. Bu sayede ters ozmoz sistemlerindeki membranların temiz kalmasını ve uzun ömürlü kullanımlarını sağlamaktadır. Farklı membran yüzeyler için su ve ters ozmoz sisteminin değişkenlerine bağlı olarak farklı antiskalant formülleri kullanılmaktadır. Membran yüzeyleri silika, magnezyum, kalsiyum sülfat, baryum sülfat, kalsiyum karbonat gibi kristallerin çökelmesi ile kirlenirler. Bu membran yüzeylerin temizlenmesinde kullanılmaktadır.

### 3.1.3.3. Sodyum hidroksit (NaOH)

Sodyum hidroksite aynı zamanda kostik de denilmektedir. 13.5 pH değeri ile bazik karekterizasyona sahiptir. Suda hemen çözünebilir ve yumuşak kaygan ve sabun hissiyatı hissettiren bir çözelti oluşturmaktadır. İnsan dokusunda kaşındırıcı bir tesiri vardır. Ters osmoz sisteminde arıtılan su permeate tankında toplanır. Toplanan arıtılmış su, su kalite kontrol yönetmeliği alıcı ortama deşarj limitlerini sağlamak zorundadır. Bu deşarj limitleri gereğince belirlenmiş olan bir pH aralığı vardır. Bu pH aralığı 6-9 değerini sağlamalıdır. Ters osmozdan üretilen arıtılmış suyun pH aralığı 4-5 arasında değiklik göstermektedir. Bu nedenle deşarj limitlerinden pH parametresini sağlamak amacıyla sodyum hidroksit (NaOH) kullanılmaktadır.

### 3.1.3.4. Alkali yıkama kimyasalı

Organik maddelerin, çökelebiilmeleri neticesinde meydana gelen çamur su tabakanın ve diğer moleküllerin polisülfon, fluorakarbon ve tüm poliamid TFC Ters Ozmoz membranlarından bertarafını sağlamak amacıyla tasarlanan yüksek pH

değerinde ve sıvı şekilde bulunan membran yıkama kimyasalıdır. Alkali yıkama kimyasalı membranın yüzeyini temizlemektedir.

#### 3.1.3.5. Asidik yıkama kimyasalı

Başta metal hidroksitleri ve kalsiyum karbonat gibi dönem içerisinde membran formunda birikmelere ve tıkanmalara sebep olan bileşiklerin membran yüzeylerinden bertarafını sağlayan düşük pH değerine sahip, sıvı şekilde bulunan membran yıkama kimyasalıdır. Temizlik kimyasallarının genel amaçları; membran proseslerinin daha uzun ömürlü ve daha verimli işletilmelerini sağlamaktır. Asidik yıkama kimyasalı membranın gözeneklerini temizlenerek, verimin arttırılması hedeflenmiştir.

Sistem yıkama yaparken belirlenmiş olan standartlara göre yapılmaktadır. Öncelikle alkali yıkama yapılır. Alkali yıkama sırasında 125 L alkali yıkama kimyasalı kullanılır. Yaklaşık olarak 4 saat sürmektedir. Sistem yıkamaya çekildiğinde üretim yapılmamaktadır. Alkali yıkamayı asidik yıkama takip etmektedir. Asidik yıkama sırasında 75 L asidik yıkama kimyasalı kullanılır. Bu yıkama işlemi de yaklaşık olarak 4 saat sürmektedir. Asidik yıkamayı, tekrar alkali yıkama takip etmektedir. Buradaki amaç asidik yıkama neticesinde meydana gelen kirleticilerin membrandan uzaklaştırarak membran yüzeyini temizlemektir.

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Sızıntı suyu kirletici parametrelerinin incelenmesi

Lagünlerden alınan sızıntı suyu tesis girişinde bulunan burket marka debi metre ile sürekli olarak ölçülmüştür. Tesis girişinde iletkenlik ve pH değerinin takibi LTH marka iletkenlik ölçer ile yapılmıştır. Ayrıca özel geliştiren similasyon programları sayesinde sistem üzerinde bulunan GF+ marka problar sayesinde skada sisteminde anlık takip edilmişir. 45 günde bir iç izleme yapılarak tesis giriş ve çıkışlarından numuneler alınmıştır.

Yağ ve gress: Sızıntı suyu içerisinde bulunan yağ ve gres membranlar üzerinde bir biyofilm tabakasına benzer yapıda bir tabaka oluşturarak su geçirgenliğini azaltmaktadır. Genellikle yağ ve gres membranlara ulaştırılmadan kum filtresi ve kartuş filtrede giderimi sağlanmaktadır( Eren, 2004). Yağ ve gres SM 5520 D analiz metodu kullanılarak ölçülmüştür.

Siyanür: Siyanür toksit bir madde olduğundan çevre ve insan sağlığına zarar vermektedir. Toplam siyanür SM 4500 CN C E analiz metodu kullanılarak ölçülmüştür.

Toplam kjeldahl azotu: Azot ve azot içeren bileşikler doğaya ve çevreye verdiği zararlar önem arz etmektedir. Kullanım ve içme suları ile yüzey sularının ve kirlilik bulaşmış suların bünyesinde barındırdığı bazı inorganik ve organik azot içeren bileşikler atanarak, suyun niteliği hakkında bilgi vermektedir. Örnek vermek gerekirse; sudaki amonyak kısa zaman önce oluşmuş ise bir fekal kirlenmeden söz edilebilir. Sularda ve atıksuların içerdiği bazı azot bileşikleri düşen oksidasyon basamağı baz alınarak, nitrat, nitrit, amonyak azotları ve organik içerikli azot şeklinde sıralanabilir. Azot çevriminde yer alan çeşitler, biyokimyasal reaksiyonlar neticesinde birbirlerine dönüşebilmektedir (Samsunlu, 2013). Toplam kjeldahl azotu SM 4500 Norg B analiz metodu kullanılarak ölçülmüştür.

Toplam fosfor: Fosfor canlıların yaşamlarını devam ettirebilmeleri için düşük miktarlarda bulunması gereken bir parametredir. Fakat ani fosfor yükselişleri özellikle göller de alg patlamalarına sebep olmaktadır. Toplam fosfor SM 4500 P B E analiz metodu kullanılarak ölçülmüştür.

KOİ: KOİ, atıksularda yükseltgenebilir olan maddelerin ihtiyaç duyduğu oksijen miktarı olarak tanımlanmaktadır. KOİ sulardaki karbon içeren maddelerin karbondiokside dönüşümü tamamlanıncaya dek ilave edilmesi gereken oksijeni ifade etmektedir. KOİ SM 5220 B analiz metodu kullanılarak ölçülmüştür.

Krom: Ağır metal grubundan olan krom insan sağlığına ve çevre sağlığına ciddi zararlar vermektedir. Mide ve bağırsaklara zarar vermektedir (Kayar, 2000). Krom SM 3500 Cr B analiz metodu kullanılarak ölçülmüştür.

AKM: Atık sularda partikül maddeyi ifade eden askıda katı madde. Atık sularda ki bulanıklık ve partikül madde varlığı su kalitesini olumsuz etkilediğinden atık su karekterizasyonu için önemli bir parametredir(Taşdemir, 2010). AKM SM 2540 D analiz metodu kullanılarak ölçülmüştür.

Florür: Nötr şekilde bulunan flor atomunun, 1 elektron almasıyla iyon forma ulaştığındaki adıdır. İnsan sağlığına zarar vermektedir ( Samsunlu, 2013). Florür SM 4500 F B D analiz metodu kullanılarak ölçülmüştür.

Bakır: Bakırın bitkiler ve canlılara tesiri, kimyasal özelliğine ve canlının büyüklüğü gibi parametreler bağlı olarak değişkenlik gösterir. Küçük ve basit yapısal özelliklere sahip canlılar açısından toksit etki ederken, büyük canlılar açısından ana yapı bileşenidir. Bundan dolayı bakır bileşikleri biosit, ve böcek zehiri, fungusit şeklinde tarımsal anlamda zararlılık gösteren canlılar için ve yumuşakçalara pestisit olarak kullanılmaktadır (Kartal, 2004). Bir pestisit amacıyla kullanılan bakır, sızıntı suyunun içerdiği konsantrasyonu amacı ile toprakta varolan canlıları, mikro organizmaları ve toprağın yapısını negatif yönde etkilemektedir. Bakır EPA 200.7 analiz metodu kullanılarak ölçülmüştür.

Çinko: Yüksek konsantrasyonlarda çinkonun bulunması kansorojen etkisi yapmaktadır. Toksit etkiye sahip ağır metal hem insan hem de çevre sağlığı açısından oldukça tehlikelidir(Kartal, 2004). Çinko EPA 200.7 analiz metodu kullanılarak ölçülmüştür.

Demir: Sızıntı sularında demir, mangan ve $H_2S$'ün oksitlenmesi ile atık sular da koku problemini ortaya çıkarmaktadır. Demir EPA 200.7 analiz metodu kullanılarak ölçülmüştür.

Kadmiyum: Endüstriyel atıksularda kadmiyum iyonu ($Cd^{+2}$) çokça görülmektedir. Pekçok endüstri vasıtasıyla kadmiyum sucul alanlardaki organizmalar için oldukça zehirlidir. Başta kadmiyumun canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileri oldukça ciddi olduğu görülmüştür (Nowier 2000, Alanso 2006). Kadmiyum EPA 200.7 analiz metodu kullanılarak ölçülmüştür.

Kurşun: Toksit etkiye sahip, kurşun elementi bulunan atık sularda herhangi bir giderim yapılmadan deşarjı sağlanır ise çevre ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyeceği saptanmıştır( Dinç 2013, Yılmaz 2013). Kurşun EPA 200.7 analiz metodu ile ölçülmüştür.

Balık biyodeneyi: Atıksuyun içerisine balıklar bırakılarak yapılan bir deney yöntemidir. Balık biyodeneyinde atıksular belirli aralıklarla seyreltilir ve bu seyreltme işlemi sonucunda balığın 48 saatlik zaman içinde canlı kalabildiği veya kalamadığının izlenmesi ile yapılır. Balık biyodeneyi TS 5676 1988 analiz metodu kullanılarak ölçülmüştür.

# 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

## 4.1. Gaziantep katı atık depolama sahası faaliyeti

Gaziantep İli merkeze bağlı ilçelerdeki evsel, ticari kurumlar ile resmi kurumlardan alınan çöpler toplanmakta ve biriktirilmekte, presli özelliğe sahip çöp toplama kamyonları ile katı atık düzenli depolama sahasında bertarafı gerçekleşmektedir. Taşıma ve toplama işleri, katı atıklarla ilgili çalışmanın en maliyetli kısmını oluşturmakta olup ilçe belediyeleri aracılığıyla sağlanmaktadır. GBB 2008 senesi Nisan ayı dönemine kadar olan sürede il merkezinden toplanan katı atığın belirli kısmını yüksek hacimlere sahip semitreyler vasıtasıyla düzenli depolama sahasına ulaştırmıştır. Transfer istasyonlarının il merkezinde olması ve çoğalan şikâyetler sebebiyle ilçe belediyelerinin de fikirleri alınarak transfer istasyonları 2008 senesi Nisan ayında iptal edilmiştir. Bu şekilde ilçe belediyeleri kompaksiyon özellikli araçlarla il merkezlerinden toplanan katı atıklar direk deponi alanına taşınmaktadırlar. Merkez deponi alanının yanında Nizip İlçe'sinde de bir depolama alanı mevcut olup, ilgili tesise Karkamış İlçe'sinin çöpleri gelmektedir. Gaziantep İli, Nurdağı-İslahiye ilçe'leri civarında 1 adet, Araban-Yavuzeli ilçe'leri civarında 1 adet olmakla beraber toplamda 2 adet katı atık transfer istasyonu vardır. Kentsel nitelikli atıklar günlük olacak şekilde merkezi depolama alanına taşınmaktadır (Gaziantep Büyükşehir Belediyesi, 2018).

Katı atıklar depolanırken, oluşan metan gazından elektrik üretilmektedir. Tesisin kurulu güç kapasitesi 3.3 MW'tır. Bu proje ile takribi olarak senelik 130.000 ton karbon emisyonu düşürülmesi hedeflenmiştir. Metan gazından elektrik eldesi şu şekilde gerçekleşmektedir;

Öncelikle saha içerisinde 8 m – 41 m arasında değişen derinliklerde 800 mm çapında sondaj kuyuları açılarak, kuyunun içerisine gözenekli 200-250 mm gözenek çapına sahip HDPE borular konumlandırılmış ve gaz toplama bacaları yapılmıştır. Dikey gaz toplama bacalarından oluşan gazların merkez hatlara transferleri amacıyla

110 mm çap özelliğine sahip HDPE borularla borulama işlemi yapılmış ve üzeri geçirimsiz toprak tabakası ile kaplanmıştır. 3 farklı hattan meydana gelen gaz toplama prosesinde ki gaz toplama boruları bahsi geçen merkezlere bağlantılandırılmış ve elektrik üretim prosesine kadar olacak ana hat gerekçesiyle 633 m kanal açılmış, HDPE borularla merkeze transferi sağlanmıştır. Gaz motorlarına iletilen metanın yakılmasıyla elektrik üretimi sağlanmaktadır. Oluşan elektrik TEDAŞ kurumuna satılmakta, yaklaşık olarak 10 bin hanenin elektrik ihtiyacı karşılanmaktadır.



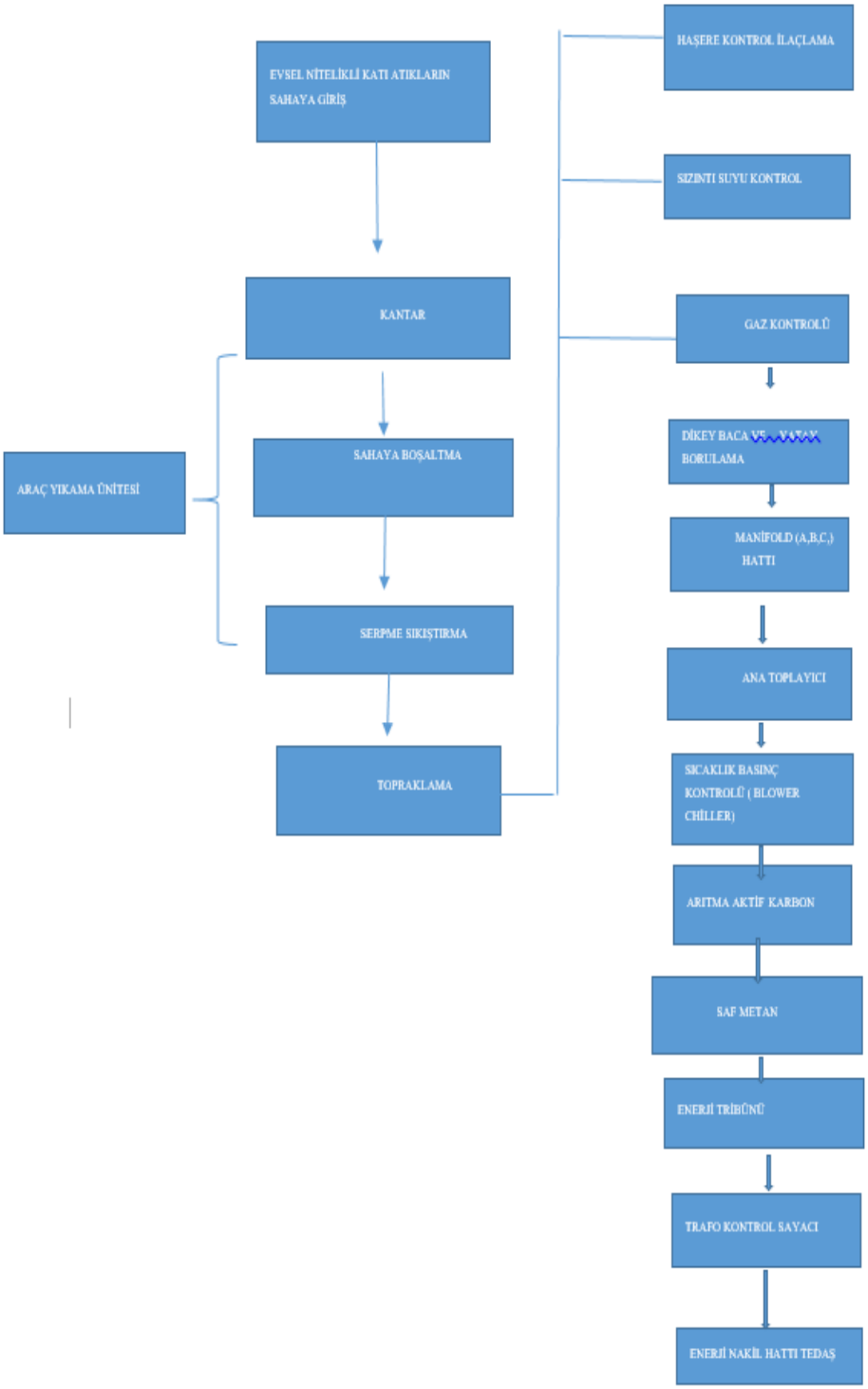
Şekil 4.1.Gaziantep ili katı atık depolama alanı elektrik üretimi yapan bölüm



Şekil 4.2. Gaziantep ili katı atık depolama alanı elektrik üretimi

Çizelge 4.1. 2018 yılı Gaziantep İli merkez ve İlçe atık miktarları (GBB, 2018)

| Belediyenin Adı | Nüfus | | Toplanan Ortalama Çöp Miktarı (ton/gün) | | Kişi Başına Üretilen Ortalama Çöp (kg/gün) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Yaz | Kış | Yaz | Kış | Yaz | Kış |
| Gaziantep Büyükşehir Belediyesi | 2028.563 | 2028.563 | 1653 | 1562 | 8.15 | 7.70 |
| Şehitkamil Belediyesi | 774.179 | 774.179 | 731 | 741 | 0.94 | 0.96 |
| Islahiye Belediyesi | 67.794 | 67.794 | 70 | 70 | 1 | 1 |
| Nizip Belediyesi | 141.000 | 141.000 | 199 | 194 | 1.41 | 1.38 |
| Karkamış Belediyesi | 15.300 | 10.000 | 12 | 8 | 0.8 | 0.7 |
| Şahinbey Belediyesi | 906.043 | 906.043 | 866 | 829 | 1 | 0.9 |
| Nurdağı Belediyesi | 42.000 | 40.000 | 50 | 60 | 1.19 | 1.5 |
| Oğuzeli Belediyesi | 32.653 | 32.653 | 45 | 35 | 1.3 | 1 |
| Araban Belediyesi | 33.846 | 33.846 | 30 | 30 | 0.91 | 0.91 |




Şekil 4.3. Gaziantep İli katı atık tesisi iş akım şeması

Gaziantep Büyükşehir Belediyesi yetki ve sorumluluğunda olan tesis; yerleşim, turizm ve sanayi alanından toplanan katı atıkları, tekniğine uygun olarak depolamaktadır. Faaliyet amacı herhangi bir üretim değil, doğal çürüme yolu ile katı atık bertarafı yapılmaktadır. Doğal çürüme neticesinde oluşan sızıntı suları tekniğine uygun olarak lagünlerde toplanmaktadır. Doğal çürüme yolu ile oluşan biyogaz elektrik enerjisi olarak kullanılmaktadır. Yap, işlet, devret modeli ile tasarlanan tesis, 2008 yılından itibaren Güney Kore'li CEV Enerji firması tarafından işletilmektedir.

Belediye tarafından verilen bilgilere göre yıllık ortalama 66.000 m³ sızıntı suyu ve 1.500.000 m³ biyogaz oluşmaktadır. 5.65 MGW/h enerji üretimi hedeflenmiştir.

## 4.2. Gaziantep katı atık sızıntı suyu arıtma tesisi faaliyeti

Dengeleme lagününden alınan ham sızıntı suyu dalgıç pompalar vasıtasıyla tesiste bulunan tanka iletilir. Atıksu toplama tankında bulunan atıksu besleme pompaları ile EK ünitesine beslenmektedir.

### 4.2.1. Elektrokoagülasyon ( EK )

Membran teknolojilerinin verimliliği ve ekonomik işletmecilik için ön arıtma önemlidir. Bu amaç için sistemde Elektrokoagülasyon (EK) yöntemi ile çalışan bir ön arıtma sistemi kullanılması planlanmıştır.

EK girişinde atıksuyun debisi, pH'sı, iletkenliği ve sıcaklığı sürekli izlenmekte olup, gerekli durumlarda asit/kostik dozajı ile nötralizasyon yapılması planlanmıştır. Daha sonra uygun akım ve voltaj kontrolü ile Elektrokoagülasyon'a tabi tutulması tasarlanmıştır.

Atıksu; EK sonrası arıtılmış su ve çamur olarak ayrıştırılmaktadır. Arıtılmış su katmanlı kum filtrelerinden geçirilerek membran filtrasyon sistemine (Ters Osmoz) verilmektedir. Sistemde oluşan elektrokimyasal çamurlar da kurutma sisteminde kurutularak uzaklaştırılmaktadır.

Proje tasarımında EK amacına uygun dizayn edilmiş ve tesise konumlandırılmıştır. Fakat filtre press işlemi oldukça uzun sürmüş ve tesis debisini karşılayamamıştır. Bu nedenle EK, tesis kurulduğundan itibaren hiç kullanılmamıştır.



Şekil 4.4. EK ünitesi



Şekil 4.5. Tesisin iç görünüşü



Şekil 4.6. EK ünitesi

### 4.2.2. Katmanlı kum filtreleri

Katmanlı kum filtreleri; Sızıntı suyu otomatik şekilde kum filtrelerden geçişi ile sızıntı suyu muhtevasında bulunan iri maddeler kum filtreler tarafından tutulur. Kum filtre giriş basıncı takribi 4 bar civarındadır. Kum filtre giriş ve çıkış basınçları otomatik olacak şekilde denetlenmektedir. Giriş basıncı ve çıkış basınçları arasındaki fark yükselince kum filtre otomatik olacak şekilde arıtılmış sızıntı suyu ile kum filtre modülleri temizlenir ve temizleme suyu sızıntı suyu lagüne gönderilir. Kum filtrenin yıkanması manuel olacak şekilde de tasarımı yapılmıştır ve manuel olarak da yıkama yapılabilmektedir. Geri yıkama zamanı basınç değişikliği ile birlikte belirli bir çalışma süresi gereğince de müdahale edilebilmektedir.

Katmanlı kum filtreleri 3 modül olarak tasarlanmış içerisinde çakıl, quartz kum ve antrasit olarak tasarlanmıştır. 3 modül birbirinden bağımsız olarak tasarlanmıştır. 2 modül sistem aktif iken bir modül ise ters yıkama veya blower yıkamaya çekilerek temizliği ve sistemin bakımı sağlanabilir veya 3 modül de aktif olarak kullanılabilinir. Ters osmoz debisini karşılayabilmesi amacıyla kum filtre debisi Q=13 $m^3$/sa'tir. Filtrasyon hızı 10$m^3/m^2$'dir. Burada yapılan ters yıkama ise sistemin ürün suyu ile yapılmakadır. Tasarım kriterlerine göre;

V=10 $m^3/m^2$ kabul edilerek filtre alanı

A=Q/V hesabıyla tasarlanmaktadır.

A=13/10 = 1.3 $m^2$ filtre alanına ihtiyaç vardır.

Kum filtrelerin 2 modülü aktif iken sistem debisinde ki düşüşü önlemek amacıyla da 3 modül olarak tasarlanmıştır. Buna göre;

A(F) = 1.3/2 =0.65 $m^2$

D=70 mm seçilmiştir.

Kullanılacak filtrelerin çapı 36”(920mm), yüksekliği 72”( structure ) filtre gövdesi seçilmiştir.

Buna göre; sistem beslemesi olan 13$m^3$/sa debi için;

3 filtre devre de iken filtrasyon hızı = 6.6$m^3/m^2$/sa

2 filtre devre de iken filtrasyon hızı = 9.8 $m^3/m^2$.sa hesaplanmıştır. Bu amaçla 15 $m^3$/h, 2.0 bar kapasiteli filtrasyon pompası kullanılmıştır.



Şekil 4.7. Katmanlı kum filtreleri



Şekil 4.8. Miadı dolmuş kum filtreleri media değişimi

Kum filtrelerinde filtrelenen sızıntı suyu T-103 tankında toplanmıştır. T-103 tankın da pH dengelemesi sağlanmaktadır. pH dengelemesi, membranlar için oldukça önem arz etmektedir. Ph dengelemesinin sağlanması için, tesis dışına konumlandırılmış bir tanktan (T-104) %98 saflıkta sülfirik asit ($H_2SO_4$) dozlaması yapılmaktadır. Burada asit dozajı T-104 tankının tepesine konumlandırılan bir asit dozaj pompası ile yapılmaktadır. Dozaj pompası, kum filtrelerinden iletilen sızıntı suyun pH'ına göre dozaj yapmaktadır. Genellikle bazik özellik gösteren sızıntı suyu ortalama pH değeri 8-11 arasında ölçülmüştür. Ters osmoz öncesi pH 6.14 olmalıdır. Ters osmoz sistemi tasarım kriterlerin de, sızıntı suyu pH ayarı 6.14 olarak tasarlanmıştır.




Şekil 4.9. T-103 tankı

### 4.2.3. Kartuş filtreler

T-104 tankında pH ayarlaması yapılan sızıntı suları 3 modül olarak tasarlanan kartuş filtrelere iletilmektedir. Her modül de 7 adet kartuş filtre bulunmaktadır. Toplam 21 adet kartuş filtre, membranlardan önce son filtreleme işlemini gerçekleştirmektedir. Kartuş filtreler 10 µm(mikron) gözeneklere sahip filtrelerdir.



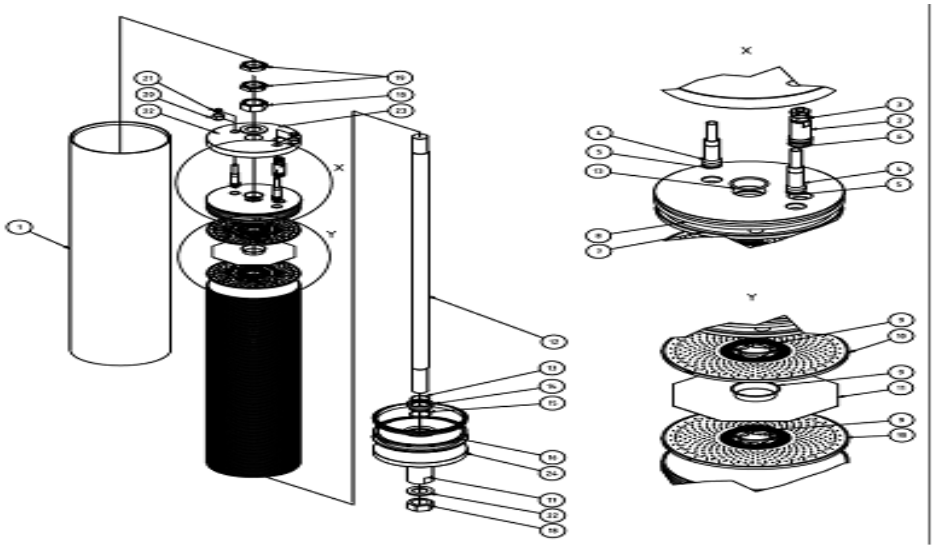
Şekil 4.10. Kartuş filtre modülleri

Kartuş Filtre itibari ile sisteme antiskalant dozajlaması yapılmaktadır. Antiskalant dozlajmasının amacı; sistem içerisinde, boru ve ekipmanlar da silika ve tortu oluşumunu engellemektedir.

### 4.3. Ters osmos ünitesi

İnce filtreleme yönteminin akabinde atıksu birinci arıtım safhası olan sızıntı suyu arıtma evresine geçilir. Bu evrede iki tane yüksek basınç pompası ve DT modüllerden meydana gelmektedir. Yüksek basınç pompası aracılığyla basınç kazandırılan sızıntı suyu modüllere iletilmektedir. Sızıntı suyunun modüllere yeterli basınç ve uygun debi de iletilmesi için ise ikinci bir booster pompası aracılığıyla yapılmaktadır. Sızıntı suyu yüksek basınç pompası ile sızıntı suyu istenilen seviyeye kadar, basınçlandırılarak membranlardan geçirilir.

Gaziantep Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi'nde ters osmoz sistemi ortalama 75 bar işletme basıncına uygun 2 kademeli sistemdir. Gaziantep Çöp Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi dizayn kriterleri dikkate alınarak disk membran teknolojisi tercih edilmiştir. Membran gözenek çapları 0.1 nm (nano mikron) tercih edilmiştir. 2 kademeli olarak tasarlanan tesis, 1. Kısımda 100 modül, 21.500 disk membran, 2. Kısımda 18 modül 3.870 disk membran kullanılmıştır. 2. Kısım olan ünite 2, birinci kısmın konsantresini arıtmak için tasarlanmıştır. Ünite 2'den çıkan arıtılmış su permaite tankına iletilirken, (atık) konsantre kısmı ise, konsantre havuzu olarak adlandırılan lagüne iletilir.



Şekil 4.11. Ters osmoz sistemi membran dizaynı

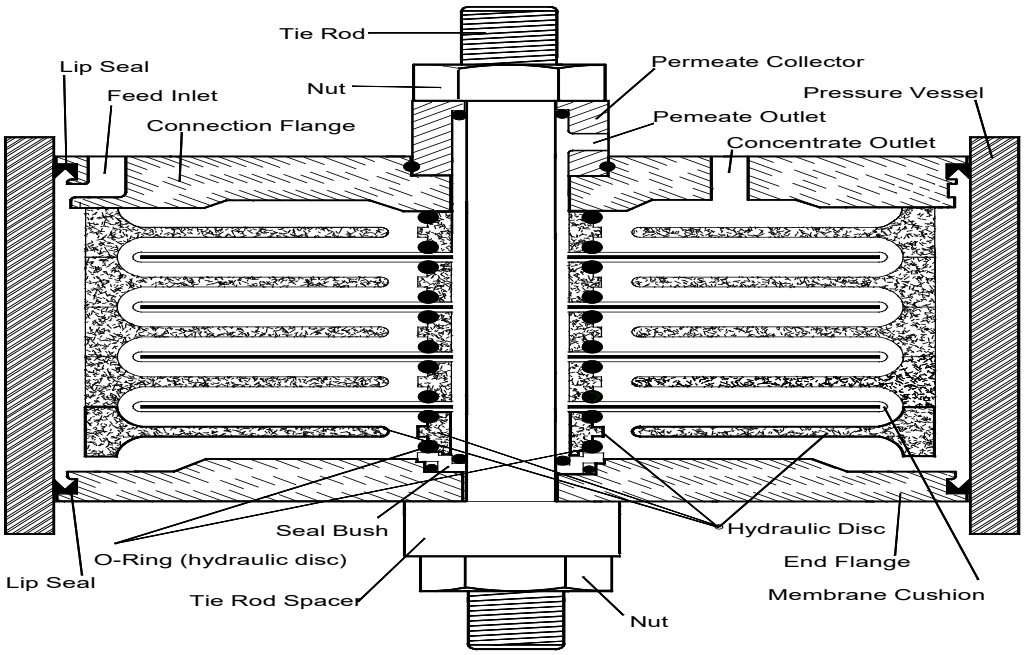


Şekil 4.12. Modül bağlantıları

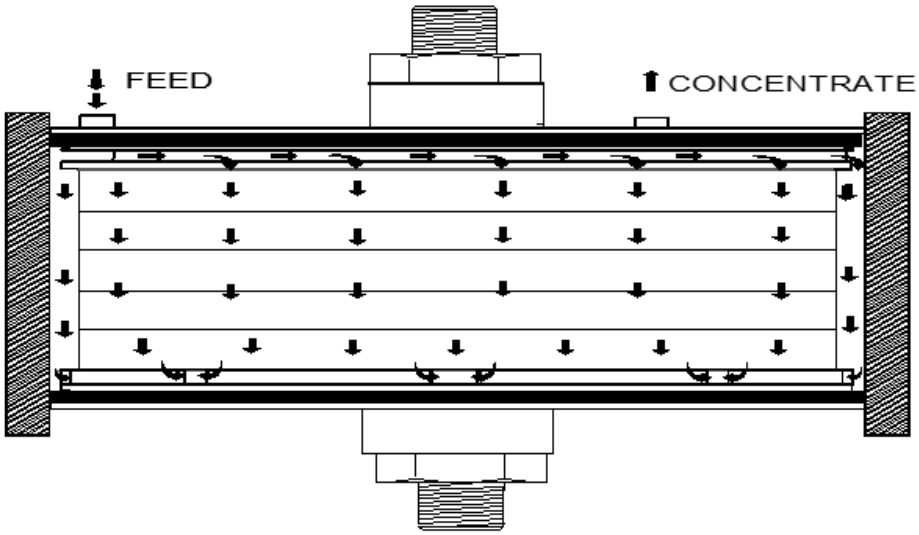
Ters osmoz disk membran çalışma prensibi şu şekilde gerçekleşir; Filtrelenmiş sızıntı suyu, giriş portu vasıtasıyla basınçlı kaba dağıtılmaktadır. Disk istifi ve basınçlı kap arasındaki bir geçitten aşağı akmaktadır. Sonunda flanş suyu 8 kanaldan geçerek alt diskin altında ki hazneye girmesi sağlanmaktadır. Bu bölmeden su, alt diskteki deliklerden/yarıklardan geçer ve daha sonra membran yastıkları üzerinden akış bir sonra ki diske ve bir sonra ki disk girişine yönlendirilmektedir. Bağlantı flanşına ve uç flanşına takılan 2 dudaklı conta ile besleme suyunun basınçlı kaptan kaçması önlenmektedir.

Besleme, membran yastıklarının üzerinden akarken, ‘saf su’ membrandan geçer permeat toplayıcıya taşınmaktadır. Hidrolik disklere takılan O-ringler ile beslemenin nüfuz alanına girmesi engellenmektedir.

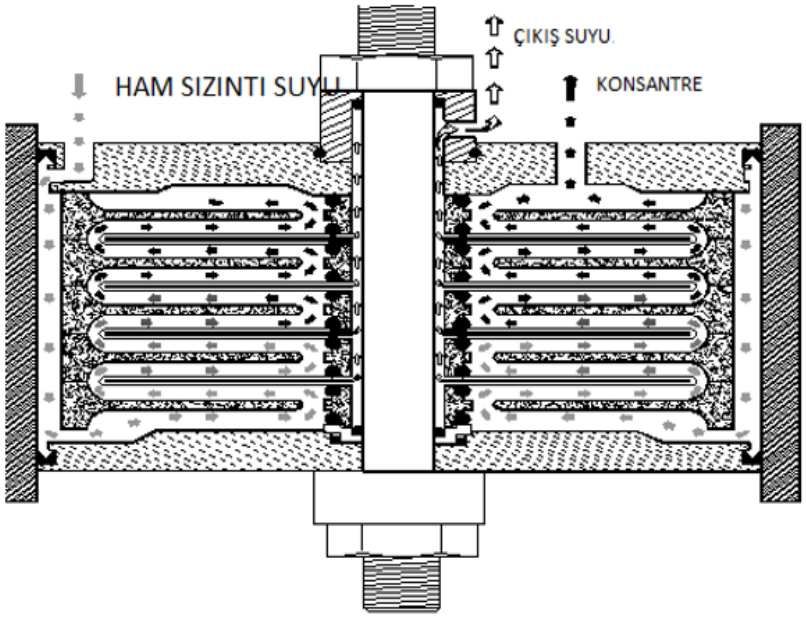
Saf su, atıktan çıkarken, atık askıda ve çözünmüş katılarda daha konsantre hale gelir.



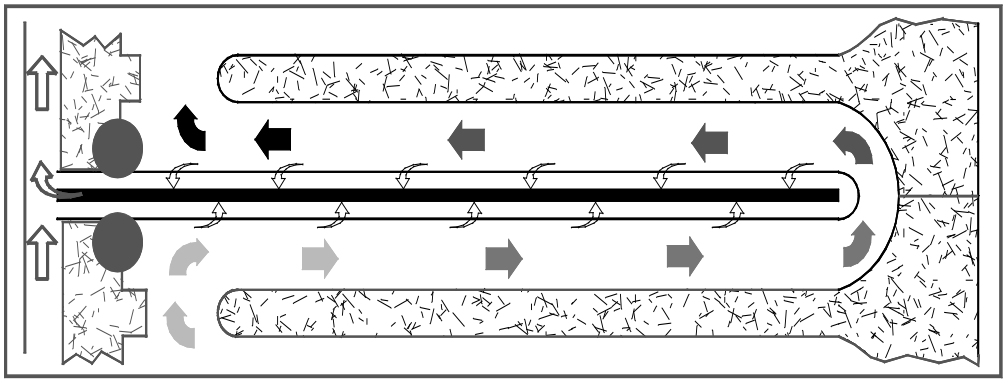

Şekil 4.13. Disk mebran görünümü ve ekipmanları




Şekil 4.14. Disk membran besleme akışı

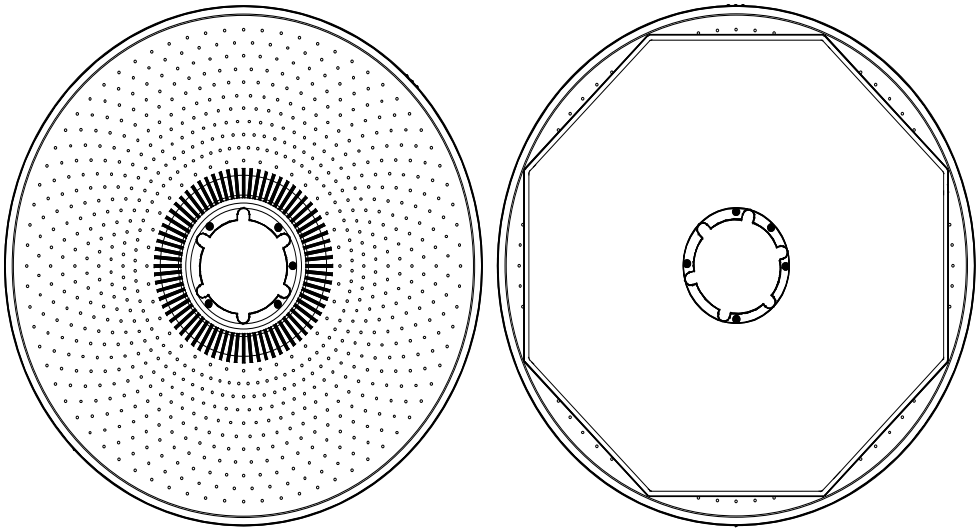



Şekil 4.15. Modül içerisinde gerçekleşen akış

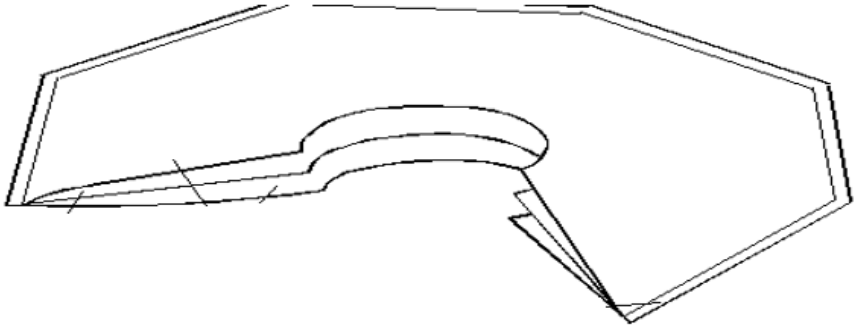


Şekil 4.16. Membran içerisinde gerçekleşen akış

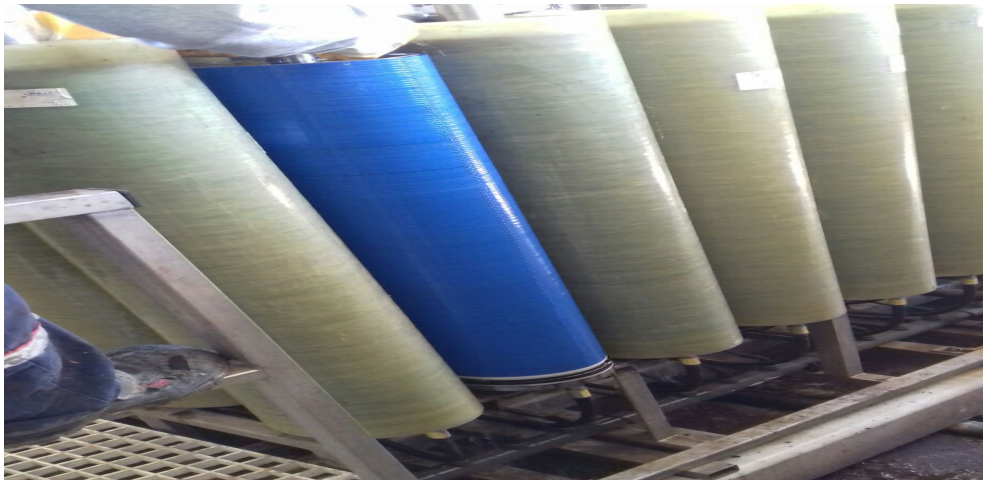
Şekil 4.15.'de, membran yastığı üzerinden akan beslemeyi göstermektedir, saf su membran yastığından geçmekte ve membran yastığı içindeki yünlü tabaka tarafından permeat kanallarına taşınmaktadır. Hidrolik diskler üzerindeki O-ringler, atığın permeat kanallarına girmesini engellemektedir.



Şekil 4.17. Membran yastıklı hidrolik disk



Şekil 4.18. Membran yastığı kesiti



Şekil 4.19. Açılmış modül kesiti




Şekil 4.20. Disk membran görünümü

### 4.3.1. Ters osmoz sisteminde kullanılan mekanik aksamlar

Atıksu Transfer Pompası;

Görevi: Lagünden toplanan atıksuyu Atıksu Besleme Tankı'na transfer eder.

Özellik: SS 304 paslanmaz, Kendinden emişli

Kapasite: Ortalama 15 $m^3$/h

Miktar: 2 adet (biri asıl, biri yedek)

Atıksu Besleme Tankı

Görevi: Arıtma tesisine beslenecek suyu depolar.

Özellik: PE (Standart su deposu üreticilerine güçlendirilmiş formda özel üretilmiştir)

Kapasite: 15000 L

Miktar: 1 adet

Ön Arıtma ve Çamur Kurutma Sistemi; Membran teknolojilerinin verimliliği ve ekonomik işletmecilik için ön arıtma önemlidir. Bu amaç için sistemde Elektrokoagülasyon (EK) yöntemi ile çalışan bir ön arıtma sistemi kullanılması planlanmıştır.

Atıksu Toplama Tankında bulunan atıksu besleme pompaları ile EK ünitesine beslenmektedir. Daha sonra uygun akım ve voltaj kontrolü ile Elektrokoagülasyon'a tabi tutulur.

Atıksu; EK sonrası arıtılmış su ve çamur olarak ayrıştırılmaktadır. Arıtılmış su Katmanlı Kum Filtrelerinden geçirilerek kartuş filtrelere daha sonra Membran Filtrasyon sistemine (Ters Osmoz) verilmektedir. Sistemde oluşan elektrokimyasal çamurlar da kurutma sisteminde kurutularak uzaklaştırılmaktadır.

Atıksu Besleme Pompası;

Görevi: Atıksu Besleme Tankında toplanan atıksuyu EK ünitesini beslemektedir.

Özellik: SS 304 paslanmaz

Kapasite: Ortalama 13 m3/h

Miktar: 2 adet ( biri asıl, biri yedek)

Elektro Koagülasyon Reaktörü;

Görevi: Arıtılmış suyun Elektro Kimyasal Ön Arıtımı için EK'nın oluşmasını sağlamaktadır.

Özellik: PP, Paslanmaz malzemeden özel imalat

Miktar: 1 adet kompakt sistem

Filtre Emiş Tankı;

Görevi: Kum filtresine beslenecek suyu depolamaktadır.

Özellik: PE

Kapasite: 15000 L

Miktar **:** 1 adet

Filtre Besleme Pompası

Görevi: Filtre Emiş Tankındaki suyu kum filtresine beslemektedir.

Özellik: SS 304 paslanmaz

Kapasite: Ortalama 13 $m^3$/h

Miktar: 2 adet ( biri asıl, biri yedek)

Katmanlı Kum Filtresi

Görevi: Membran Filtrasyon sistemini korumak amaçlı su filtrasyonu sağlamaktadır.

Özellik: Fiberglas ile güçlendirilmiş PE özel filter.

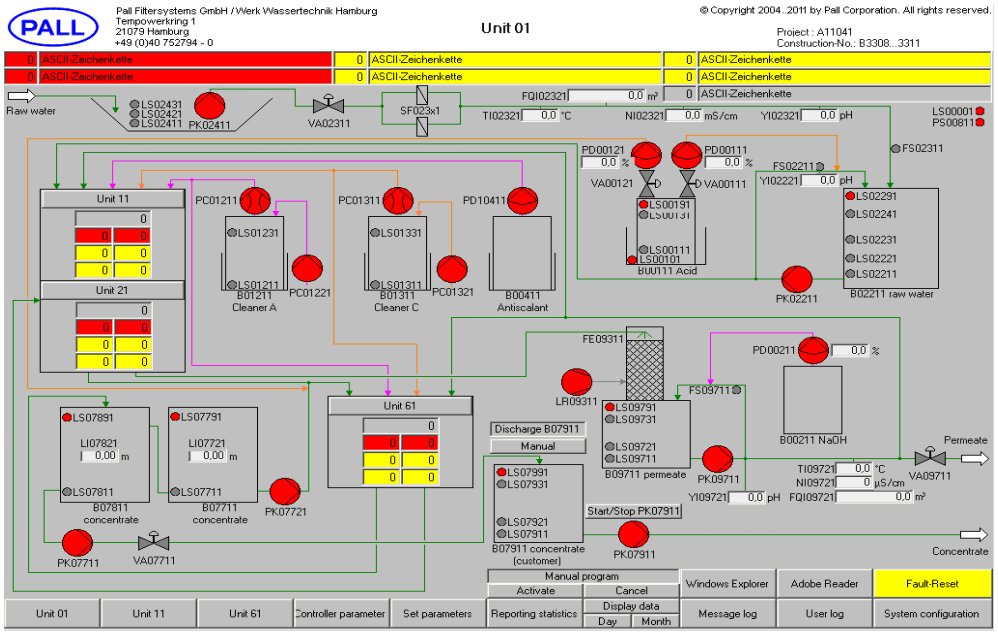
Kapasite: Ortalama 13 $m^3$/h

Miktar**:** 2 adet

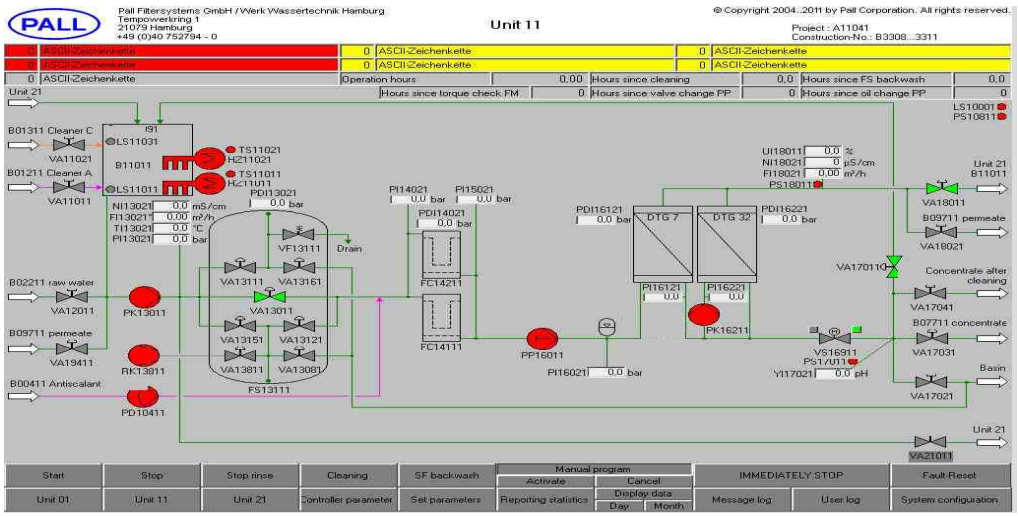
### 4.3.2. İşletme kontrol paneli ( Scada)

Ters osmoz sisteminin temel prensibi olan basınç, membranlar için de oldukça önemlidir. Herhangi bir basınç sapması sistemde ki ekipmanlara zarar vereceği gibi membranlarda bu durumdan etkilenmektedir. Bu kontrolü sağlamak amacıyla belirli kısıtlamalarda çalışan bir kontrol sistemi kullanılmaktadır. Kontrol sisteminde iletkenlik, sıcaklık, pH, valflerin kontrolleri, basınç, tankların doluluk oranları, pompaların çalışmaları, elektriksel kontroller, motor sürücüleri, membranların bakım zamanı, debi kontrolleri, sistemin çalışma zamanları ve verdiği arızalar yer almaktadır.

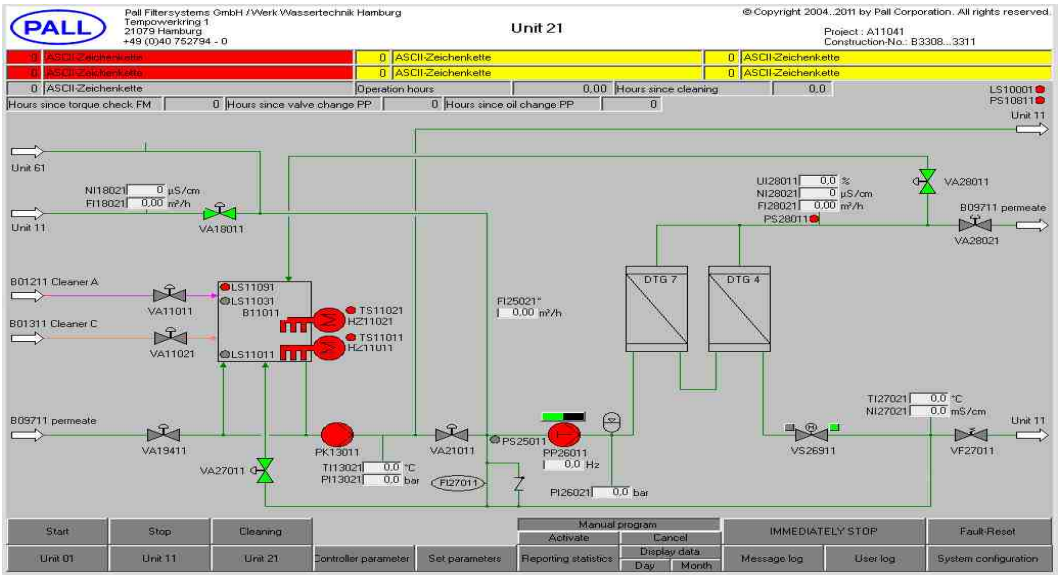
Sistem tamamen bu scada üzerinden ilerlemekte ve sistemin nasıl işlediği buradan kontrol edilmektedir.




Şekil 4.21. Kontrol panosu pompa ve tankların takibi ekranı




Şekil 4.22. Ters osmoz 1. kısım kontrol panosu




Şekil 4.23. Ters osmoz 2. kısım kontrol panosu

## 4.4. Tesis bakım onarım ve proses takip faaliyetleri

Her prosesin sürdürülebilir olması ve en iyi işletme koşullarının sağlanması için bakım onarımların düzenli ve sistemli yapılması gerekmektedir. Tesis koşullarının iyileştirilmesi ve maksimum verim sağlanması için sistemin düzenli bir şekilde takip edilmesi gerekmektedir.

Çizelge 4.3.'de sistemin günlük olarak sabah ve akşam değerleri alınır. Basınç ve iletkenlik takibi ters osmoz sistemi için oldukça önemlidir. Sistem üzerinde herhangi bir sorun olup olmadığını bu değerler göstermektedir. Debi ise lagün seviyeleri, sistemin verim kontrolünü sağlamak için yapılır. Giren ham su ile çıkış suyu karşılaştırılır ve sistemde ki verimin doğrulunun sağlaması yapılır. 24 saat hiç durmadan çalışan bir sistem için kimyasalların stok durumu oldukça önemlidir. Stok kontrolleri operatör tarafından aynı saatte günlük takip edilir.

Çizelge 4.2. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi sistem çalışma aralıkları

| Parameter | Cihaz | Değerler |
|---|---|---|
| Besleme basıncı | 1.kısım (min. basınç)<br>2. kısım (min. basınç) | 0.5 bar |
| Modül girişinde ki basınç | PI16021 (maks. basınç) | 75 bar |
| Boşaltılan konsantrenin basıncı | PS17011 (maks. basınç) | 6 bar |
| Çıkış suyu permeate basıncı | PI18021 (max. basınç)<br>PI28021 (max. basınç) | 3/5 bar |
| Geçirgenlik akış hızı | Akış verici FI18021 (akış hızı), kapanma gecikmeli | FI18021-8 600 l/h |
| Permaete iletkenlik | İletkenlik sensörü/metre NI18021/NI28021 (maks. değer) | 2 000 μS/cm /2 000 μS/cm |
| Elektrik motorunun amperajları | Motor devre kesiciler | Elektrik projelerine bakılması gerekmetedir. |

Çizelge 4.3. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi takip föyü

| İsim : | (Çevre Müh) | Tarih |
|---|---|---|
| Ay/Hafta (Month/Week): | | |
| Gün | Day | …./…./…. |
| Saat | Time | |
| Giren sızıntı suyu miktarı | ($m^3$) | |
| Çıkan arıtılmış su miktarı | ($m^3$) | |
| İşletme süresi | Opr. hours RO1 (h) | |
| Temizleme geçen süre | Since clea. RO1 (h) | |
| Giriş suyu iletkenliği | NI 13021 (mS/c) | |
| Giriş suyu sıcaklığı | TI 13021(°C) | |
| Giriş suyu debisi | FI 13021 ($m^3$/h) | |
| Giriş suyu pH'ı | YI 02221 (pH) | |
| Giriş Suyu Sayaç | $m^3$ | |
| Kartuş filtre giriş basıncı | PI14021 (bar) | |
| Kartuş filtre çıkış basıncı | PI15021 (bar) | |
| YBP çıkış basıncı | PI16021 (bar) | |
| Membran giriş basıncı | PI16121 (bar) | |

Çizelge 4.4.( Devamı)

| | | |
|---|---|---|
| | | |
| Konsantrat pH'ı | YI 17021 (pH) | |
| Çıkış suyu basıncı | PI16421 (bar) | |
| Çıkış suyu iletkenliği | NI18021 (µS/cm) | |
| Çıkış suyu debisi | FI18021 (m³/h) | |
| Çıkış suyu sıcaklığı | TI18021 (°C) | |
| İşletme süresi | Opr. hours RO2 (h) | |
| Temizleme geçen süre | Since clea. RO2 (h) | |
| Giriş suyu basıncı | PI26021 (bar) | |
| Çıkış suyu iletkenliği | NI28021 µS/cm) | |
| Çıkış suyu debisi | FI28021 (m³/h) | |
| Çıkış Suyu Sayaç | m³ | |
| Konsantrat iletkenliği | NI27021 (mS/cm) | |
| Konsantrat sıcaklığı | TI27021 (°C) | |
| Permeat pH'ı | YI 09721 (pH) | |
| Permeat sıcaklığı | TI 09721 (°C) | |
| Kostik NaOH | (L) | |
| Temizleme Çözeltisi A | (L) | |
| Temizleme Çözeltisi C | (L) | |
| Antiskalant | (L) | |
| KOİ | (mg/L) | |
| Toplam P | (mg/L) | |
| Toplam N | (mg/L) | |

Çizelge 4.5. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi örnek takip föyü

| Gün | Day | 17.8.2017 | 18.8.2017 | 19.8.2017 | 20.8.2017 | 21.8.2017 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Saat | Time | | | | | |
| Giren sızıntı suyu miktarı | (m³) | | | | | |
| Çıkan arıtılmış su miktarı | (m³) | | | | | |
| İşletme süresi | Opr. hours RO1 (h) | 1.7 | 1.7 | 2.15 | 14.23 | 25.19 |
| Temizleme geçen süre | Since clea. RO1 (h) | 0.5 | 0.5 | 1.1 | 9.23 | 17.1 |
| Giriş suyu iletkenliği | NI 13021 (mS/cm) | 36.5 | 34.3 | 34.1 | 36.2 | 35.4 |
| Giriş suyu sıcaklığı | TI 13021 (°C) | 22.4 | 25.4 | 22.1 | 26.8 | 30.1 |
| Giriş suyu debisi | FI 13021 (m³/h) | 13.00 | 13.00 | 13.00 | 13.00 | 13.00 |
| Giriş suyu pH'ı | YI 02221 (pH) | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.4 |
| Giriş Suyu Sayaç | m³ | | | | | |
| Kartuş filtre giriş basıncı | PI14021 (bar) | 3.0 | 3.0 | 2.9 | 2.9 | 2.9 |

Çizelge 4.6. (Devamı)

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kartuş filtre çıkış basıncı | PI15021 (bar) | 2.9 | 2.9 | 2.7 | 2.7 | 2.7 |
| YBP çıkış basıncı | PI16021 (bar) | 52.4 | 53.6 | 52.6 | 51.9 | 51.0 |
| Membran giriş basıncı | PI16121 (bar) | 43.1 | 43.1 | 44.2 | 43.8 | 43.4 |
| Konsantrat pH'ı | YI 17021 (pH) | 7.1 | 7.2 | 7.1 | 7.1 | 7.2 |
| Çıkış suyu basıncı | PI16421 (bar) | 51.0 | 51.6 | 50.9 | 52.1 | 51.6 |
| Çıkış suyu iletkenliği | NI18021 (µS/cm) | 6218 | 6112 | 4585 | 4628 | 4913 |
| Çıkış suyu debisi | FI18021 (m³/h) | 4.86 | 4.59 | 4.61 | 4.72 | 4.55 |
| Çıkış suyu sıcaklığı | TI18021 (°C) | 33.8 | 36.2 | 33.4 | 36.2 | 33.8 |
| İşletme süresi | Opr. hours RO2 (h) | 0.5 | 0.5 | 1.3 | 11.31 | 19.2 |
| Temizleme geçen süre | Since clea. RO2 (h) | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 8.1 | 15.3 |
| Giriş suyu basıncı | PI26021 (bar) | 33.2 | 34.1 | 32.6 | 33.4 | 35.8 |
| Çıkış suyu iletkenliği | NI28021 µS/cm) | 2413 | 2511 | 2316 | 2412 | 1382 |
| Çıkış suyu debisi | FI28021 (m³/h) | 4.72 | 4.68 | 5.25 | 5.15 | 4.28 |
| Çıkış Suyu Sayaç | m³ | | | | | |
| Konsantrat iletkenliği | NI27021 (mS/cm) | 1.8 | 1.7 | 1.8 | 1.7 | 1.6 |
| | | | | | | |
| Konsantre sıcaklığı | TI27021 (°C) | 28.3 | 20.1 | 33.9 | 32.8 | 32.7 |
| Permeat pH'ı | YI 09721 (pH) | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.4 |
| Permeat sıcaklığı | TI 09721 (°C) | 28.8 | 27.6 | 30.1 | 32.2 | 33.1 |
| | | | | | | |
| Kostik NaOH | (L) | | | | | |
| Temizleme Çözeltisi A | (L) | | | | | |
| Temizleme Çözeltisi C | (L) | | | | | |
| Antiskalant | (L) | | | | | |
| KOİ | (mg/L) | | | | | |
| Toplam P | (mg/L) | | | | | |
| Toplam N | (mg/L) | | | | | |

Çizelge 4.4.'ü açıklayacak olursak;

- Giriş ve çıkış suyu debilerinin ölçülmesi sistem üzerinde olan debi metrelerin kontrolü ve verimin hesaplanması amacıyla takip edilir. Bu takip neticesinde oluşan konsatre miktarı hesaplanır ve geri devirde bu veriler kullanılır.

- İşletme süresi üretilen su miktarı ve yükleniciye ödenecek hakediş için önem arz etmektedir. Tesisi işletmekte olan yüklenici üretilen su miktarı üzerinden değil, sistemin çalışma saati üzerinden belediyeden ödenek almaktadır. Çalışma saati ayrıca; üretilen su miktarı, tüketilen kimyasal miktarını hesaplamak açısından takip edilmektedir.
- Temizleme geçen süre; en son yapılan yıkama üzerinden ne kadar bir zaman dilimi geçtiğini belirtmektedir. Bu zaman diliminde yıkamadan sonra sistem üzerinde iletkenlik ve basınç kıyası için önemlidir. Ters osmoz sistemi yıkama yapıldıktan sonra iletkenlik ve basınç değerlerinde herhangi bir düşüş olup, olmadığı gözlemlenmektedir.
- Giriş suyu iletkenliği; ters osmoz sistemine alınan suyun iletkenliğini ifade eder. Ham su da toplam çözünmüş madde miktarı arttıkça iletkenlik de artar.
- Kimyasalların stok durumu ise günlük takip edilmetedir. Bu durumda kullanılan kimyasallar hesaplanabilir sistemin doğru çalışıp çalışmadığı da kontrol edilmektedir. 24 saat çalışması için stok durumunu güncel tutmak gerekmektedir.
- Permaete pH kontrolü deşarj kriteri için önem arz ederken, mevcut pH metrelerin kontrolü yapılmasını sağlamaktadır.
- Konsatre iletkenliği, sıcaklığı sahaya iletilen arıtılamamış kısım hakkında bilgi vermektedir.
- Analizler; iç izleme ve Su Kalite Kontrol Yönetmeliği Çizelge 20.6 dışında haftalık olarak giriş ve çıkış sularının tesis laboratuvarında yapılan analizlerdir.

Yapılması planlanan bakımlar sene bazında hazırlanıp, Büyükşehir Belediyesi kontrol mühendislerine sunulmaktadır. Yapılan her bakımın kayıt altına alınması ve yapılmadan önce belediyeden izin alınması zorunludur. Tesis de yüksek ppm $H_2S$ ölçümleri yapılmış ve bunlar raporlanmıştır. Tesis içerisinde ki korozyonun sebebi olarak saptanmıştır. Korozyon tesis de mekanik ve elektriksel tüm aksamları yüksek düzeylerde etkilemektedir. Korozyana karşı havalandırma iyileştirmeleri yapılsa da yetersiz gelmekte ve tüm ekipmanların bakımı onarımı tesisin çalıştırılması açısından önem arz etmektedir. Tesisin bakım onarım maliyeti oldukça yüksektir. Tesis dizaynın da kullanılan pompaların yetkili servisin tek olması, pompaların muadillerinin

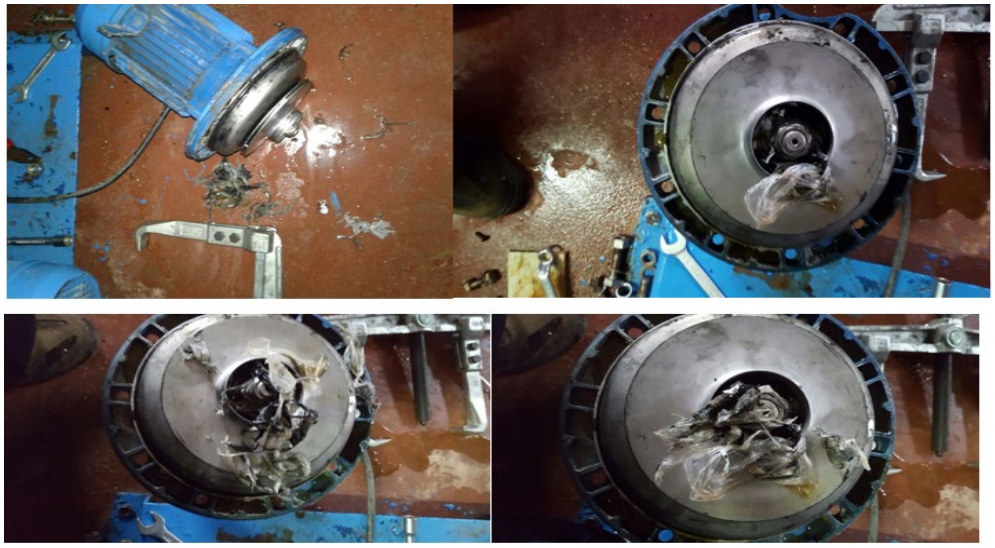
olmaması, zamanında bakımının yapılmaması halinde pompaların kullanılamayacak duruma geldikleri tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. Gaziantep Sızıntı Suyu Tesisi Örnek Takip Föyü

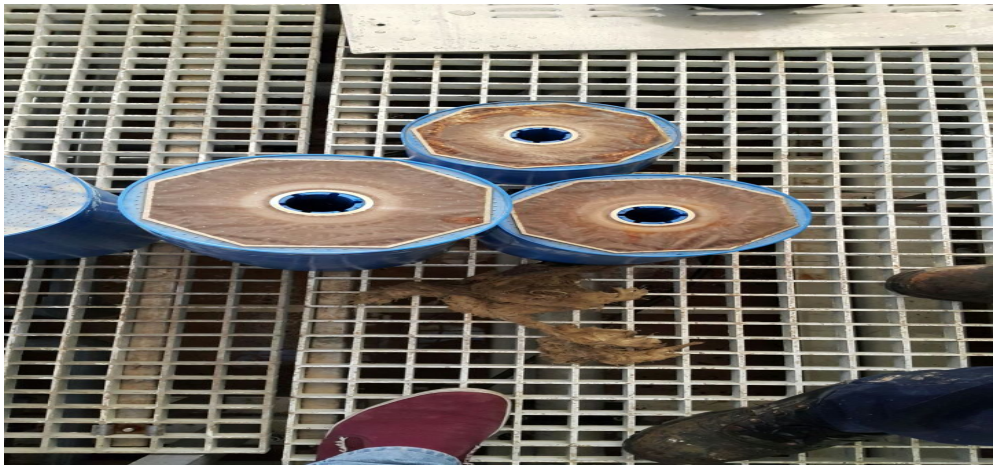
| | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs |
|---|---|---|---|---|
| Giren SS ($m^3$) | 317200 | 721650 | 714100 | 678400 |
| Çıkan Arıtılmış Su ($m^3$) | 206180 | 469070 | 327100 | 302100 |
| Kullanılan NaOH (L) | 1511.64 | 3202.68 | 3421.08 | 2790.00 |
| Kullanılan Asit (L) | 18139.68 | 38432.16 | 41052.96 | 33472.00 |
| Kullanılan temizleme A (L) | 375 | 875 | 875 | 750 |
| Kullanılan temizleme C (L) | 225 | 525 | 525 | 450 |
| En düşük SS iletkenliği | 24.2 | 27.2 | 22.8 | 19.00 |
| En yüksek SS iletkenliği | 28.3 | 33.1 | 27.2 | 32.7 |
| En düşük SS Sıcaklığı | 10.1 | 10.5 | 15.0 | 16.00 |
| En yüksek SS Sıcaklığı | 11.2 | 16.2 | 19.5 | 28.0 |
| Çizelge 20.6 analizi | | 2 | | 2 |
| Sızıntı Suyu iç izleme analizleri | 2 | | 2 | |
| Permeat iç izleme analizleri | | | | |
| Geri Devir Miktarı ($m^3$) | | | | |
| Giren Su Miktarı | 3172.00 | 7216.50 | 7141.00 | 6784.00 |
| Arıtılmış Toplam Su Miktarı | 2061.80 | 4690.70 | 3271.00 | 3021.00 |
| İMZA | | | | |

Çizelge 4.8. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi genel bakım planı

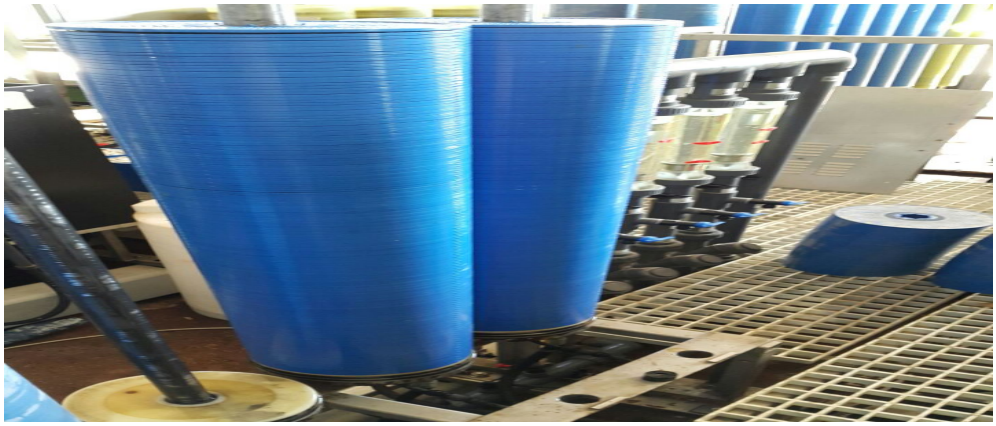
| |
|---|
| GÜNLÜK |
| 1. Tüm ünitelerde sızıntı olup olmadığının kontrolü |
| 2. Motor ya da pompalarda anormal ses kontrolü |
| 3. Yağ seviyelerinin kontrolü |
| 4. Kum filtre, kartuş filtre ve membranlardaki basınç kaybının kontrolü (110 Tork Anahtarı ile) |
| 5. Kimyasal madde tanklarının seviyelerinin kontrolü |
| 6. İşletme raporunun doldurulması |
| 7. Genel Temizlik (Lagünler Dahil) |
| HAFTALIK |
| 1. İletkenlik ve pH ölçerlerin kontrolü |
| 2. Haftalık harcanan kimyasal maddelerin hesaplanması |
| 3. Takım çantasının ve aletlerin temizlik ve bakımı |
| 4. Kalan kimyasal maddelerin miktarlarının belirlenmesi |
| AYLIK |
| 1. Basınçölçerler ile akış ölçerlerin, bilgisayardaki ile görünenler arasındaki farklarının olup olmadığının kontrolü |
| 2. Havalandırma fanlarının kontrolü |
| 3. Giriş ve çıkış su tanklarının temizliği |
| 4. Portatif ölçüm cihazları kullanılarak iletkenlik ve pH ölçümlerinin doğruluğunun kontrolü |
| 5. Kimyasal madde siparişi |
| 6. pH ölçerlerin kalibrasyonu |
| 7. Kompresörün yağ ve basınç kontrolü |
| 8. Yüksek basınç pompalarının yağ seviye kontrolü |
| 9. Modüllerin basınç kontrolü |
| 10. Kayışların kontrolü |
| 11. Ham sızıntı suyu iç izleme analizleri |
| 12. Arıtılmış permeat iç izleme analizleri |
| 13. Yer altı suyu iç izleme analizleri |
| 3 AYLIK |
| 1. Yüksek basınç pompaların yağ değişimi |
| 2. Yüksek basınç pompalarının kayışlarının değişimi |
| 6 AYLIK |
| 1. Elektrik kablolarının gözle kontrolü |
| 2. Düşen veya gevşeyen vidaların kontrolü |
| 3. İnline pompanın bakım ve kontrolleri |



Şekil 4.24. Tanklardan su iletimini sağlayan pompaların bakımından görüntüler

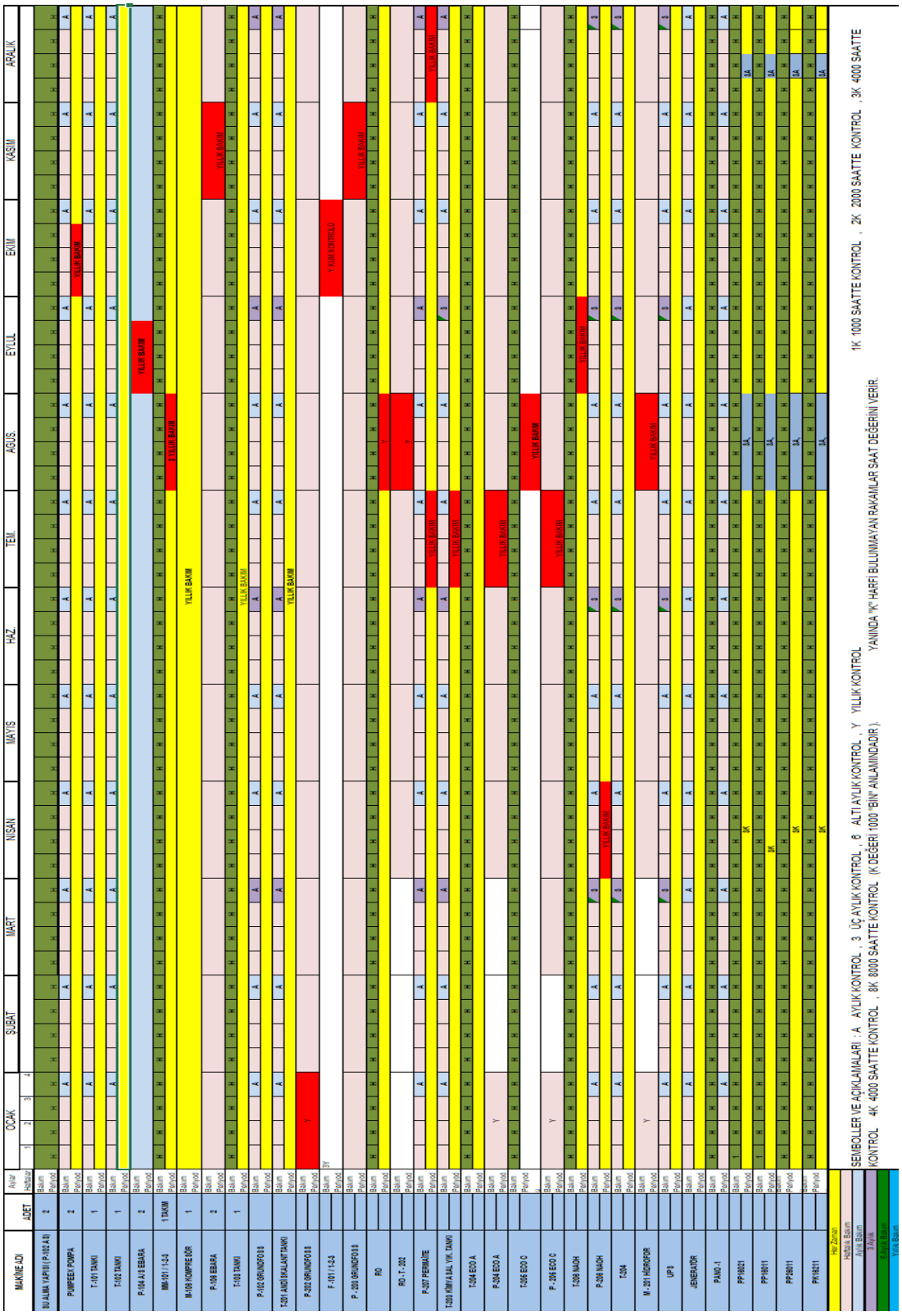


Şekil 4.25. Membran kontrolleri



Şekil 4.26. Modüllerin dizilimi

Çizelge 4.9. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi yıllık detaylı bakım planı



### 4.4.1. Membran bakımı ve membran yıkanması

Membranların tıkanmasına neden olan kabuk bağlanması özellikle kalsiyum sülfat, silikat ve kalsiyum karbonat olması durumunda önemlidir. Tıkanma sonucunda membrandan geçen akım azalır ve bekleme süresi kısalır. Bu durum kimyasal veya mekanik temizleme ile (asidik ve alkali yıkama) giderilmelidir. Membran proseslerin de tıkanmaları önlemek için sızıntı suyunun pH'sını $Ca(OH)_2$ kullanarak 12'ye daha sonra kalan koloidal maddeleri ve $CaSO_4$'ı gidermek için $H_2SO_4$ ile pH 3-6'ya kadar düşürülmesi gerekir.

Membran temizliğini sağlamak amacıyla sistem 120 satte bir yıkamaya geçmektedir. Membra yıkaması; yıkama kimyasalı olan tankların manuel elle dolumundan sonra kontrol sistemi ile aktifleştirilir ve takip edilir. Alkali ve asidik yıkamalar yapılmaktadır. Her membran üreticisi aynı zamanda o membrana uygun bir yıkama kimyasalı üretmektedir. Membran kullanım ömrünü maksimum seviyeye çıkarmak, membranlarda verimin devamlılığı açısından yıkama kimyasalların, membran üretcisinin önerdiği şekilde kullanılması gerekmektedir. Alkali ve asidik kimyasalların amaçları; alkali yıkama kimyasalı belirli bir sıcaklığa getirilerek membranın yüzeyini temizlemektedir. Asidik yıkama ise tıkanmış olan gözenekleri açmak ve temizlemek için kullanılır. Bu şekilde membran ömrü uzatılmış ve verim arttırılmış olur. Membran bakımında yıkamalar çok önemli yer tutmaktadır.

Çizelge 4.10. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi kullanılan kimyasallar

| | |
|---|---|
| Sülfürik Asit Tüketimi | 312*6 = 1872 kg/gün |
| Antiskalant Tüketimi | 312*0.01 = 3.12 L/gün |
| Kostik Tüketimi | 312* 0.5 = 156 L/gün |
| Alkali Yıkama Kimyasalı Tüketimi | 125 L / Yıkama |
| Asidik Yıkama Kimyasalı Tüketimi | 75 L / Yıkama |
| Kartuş Filtre Tüketimi | 21 Adet / Değişim |

## 4.5. Sızıntı sularının deşarj kriterleri ve kontrol mekanizması

Sızıntı suları arıtıldıktan sonra alıcı ortama deşarj kriterleri Su Kalite Kontrol Yönetmeliği Çizelge 20.6 gereğince kontrol altına alınmıştır. SKKY'nde standartlar belirlenmiştir ve bu kriterlere uygun deşarj edilmesi gerekmektedir. Bu gerekçe ile her 45 günde bir sızıntı suyu; ham ve ürün olarak akredite bir laboratuvar tarafından analizleri yapılmaktadır. Ayrıca Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü her üç ayda bir anlaşmış olduğu akredite laboratuvarda iç izlemenin doğruluğunu kontrol etmektedir. Bu kontrollerin yanı sıra haftalık olarak işletme müdürü tarafından sahadan gelen sızıntı suyunun KOİ'si, çıkış suyu KOİ, bekleme havuzunda ki sızıntı suyunun KOİ'si için analizler yapılmaktadır. Ürün olan permeate (arıtılmış su) ağaç sulaması amacıyla kullanılmaktadır.

Çizelge 4.11. Sızıntı suyu kirletici konsantrasyon derişim aralığı

| Parametre | Derişim Aralığı( mg/L) |
|---|---|
| Kimyasal Oksijen İhtiyacı | 3000-60000 |
| pH | 4.5-8.5 |
| Biyolojik Oksijen İhtiyacı | 2 000-4 0000 |
| Toplam Organik Karbon | 1 500-2 000 0 |
| Alkalinite | 1000-1 000 0 |
| Amonyak Azotu | 10-2 040 |
| TKN | 100-1 000 |
| Sülfat | 50-1 000 |
| Fosfat | 5-100 |
| Klorür | 200-3 000 |
| Demir | 50-1 200 |
| Kadmiyum | 0.5-140 |
| Kurşun | 8-1 020 |
| Bakır | 4-1 400 |
| Toplam Krom | 30-1 600 |
| Nikel | 0.1-140 |
| Çinko | 0.1-1.5 |

Çizelge 4.12. Gaziantep ili ters osmoz sistemi giriş-çıkış suyu parametreleri ortalama değerleri

| TARİH | 2015 | | | 2016 | | | 2017 | | | 2018 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | GİRİŞ | ÇIKIŞ | VERİM | GİRİŞ | ÇIKIŞ | VERİM | GİRİŞ | ÇIKIŞ | VERİM | GİRİŞ | ÇIKIŞ | VERİM |
| PARAMETRE | | | | | | | | | | | | |
| PH | 8,23 | 6.83 | | 9.02 | 6.80 | | 8.50 | 6.20 | | 8,07 | 7.15 | |
| AKM | 113 | 5 | % 95 | 75.58 | <6 | % 92 | 54,8 | <6 | % 91 | 110,2 | <6 | % 95 |
| KOİ | 6683 | 147.2 | % 97 | 5879 | 172.03 | % 97 | 3440 | 45.125 | % 99 | 1928,22 | 163.94 | % 92 |
| Toplam Kjehdal Azotu (mg/L) | 1458 | <5 | % 99 | 789.52 | 12.81 | % 95 | 1292,51 | 16.91 | % 99 | 1190,7 | 18.329 | % 61 |
| Toplam Fosfor (mg/L) | 3.40 | 1.20 | % 64 | 1.18 | 0.13 | % 89 | 3,5 | 0.400 | % 89 | 6,05 | 0.30 | % 95 |
| Bakır (mg/L) | 0.02 | 0.007 | % 65 | 0.06 | <0.01 | % 83 | 0,067 | <0.01 | % 85 | 0,07 | <0.01 | % 85 |
| Çinko (mg/L) | 1.119 | 0.15 | % 86 | 1.28 | <0.01 | % 99 | 1.25 | 0.060 | % 95 | 0,175 | 0.07 | % 60 |
| Demir (mg/L) | 1.432 | 1.1 | % 23 | 1.67 | 0.063 | % 99 | 2 | 0.13 | % 93 | 1,55 | 0.2 | % 88 |
| Florür (mg/L) | 1.9 | 1.120 | % 41 | 1.79 | <0.1 | % 94 | <0.1 | <0.01 | % 95 | 5,22 | 0.368 | % 93 |
| Kadmium Cd (mg/L) | 0.003 | <0.001 | % 95 | 0.02 | <0.01 | %50 | <0,1 | <0.01 | % 95 | <0,01 | <0.001 | % 95 |
| Krom + 6 Cr (mg/L) | 1,8 | 0.124 | % 93 | 1.9 | 0.1 | % 95 | 6.20 | 1.26 | % 80 | 0,502 | <0.02 | % 96 |
| Toplam Krom Cr (mg/L) | 0.504 | 0.3 | % 41 | 0.7 | <0.1 | % 95 | 6 | <0.6 | %90 | 0,4 | 0.04 | % 90 |
| Kurşun Pg (mg/L) | 0.020 | 0.016 | % 55 | 0.014 | <0.01 | % 40 | 45.125 | <0.1 | % 99 | 0,02 | <0.01 | % 60 |
| Toplam Siyanür Cn (mg/L) | <0.03 | <0.02 | % 33 | <0.02 | <0.01 | % 50 | 16.91 | 0.001 | %37 | 0,091 | <0.03 | % 67 |
| Yağ ve Gress (mg/L) | 167 | <10 | % 95 | 28.3 | <15 | % 50 | 22,2 | 0.400 | % 98 | 59 | 10.00 | % 83 |
| Balık Biyodeneyi (ZSF) | 5 | 8 | | 3 | 5 | | | | | 12 | 4 | % |

Çizelge 4.13. Su kalite kontrol yönetmeliği Çizelge 20.6. deşarj kriterleri( SKKY, 2016)

| PARAMETRE | BİRİM | KOMPOZİT NUMUNE ( 2 SAATLİK) | KOMPOZİT NUMUNE (24 SAATLİK) |
|---|---|---|---|
| KOİ | (mg/L) | 700 | 500 |
| TOPLAM KJELDAHL AZOTU | (mg/L) | 20 | 15 |
| AKM | (mg/L) | 200 | 100 |
| YAĞ ve GRES | (mg/L) | 20 | 10 |
| TOPLAM FOSOFOR | (mg/L) | 2 | 1 |
| TOPLAM KROM | (mg/L) | 2 | 1 |
| KROM ($Cr^{+6}$) | (mg/L) | 0,5 | 0,5 |
| KURŞUN(Pb) | (mg/L) | 2 | 1 |
| TOPLAM SİYANÜR ($CN^{-}$) | (mg/L) | 1 | 0,5 |
| KADMİYUM (Cd) | (mg/L) | 0,1 | - |
| DEMİR (Fe) | (mg/L) | 10 | - |
| FLORÜR ($F^{-}$) | (mg/L) | 15 | - |
| BAKIR (Cu) | (mg/L) | 3 | - |
| ÇİNKO (Zn) | (mg/L) | 5 | - |
| BALIK BİYODENEYİ (ZSF) | - | 10 | |
| pH | - | 6-9 | 6-9 |

### 4.5.1. Ters osmoz sisteminde KOİ giderimi

Depolama alanından gelen sızıntı suyu içeriğine göre KOİ değişkenlik göstermektedir. Bu değişklik sahaya kabul edilen her atık doğrudan etkilemektedir. Önceleri sahaya kabul edilen kül, arıtma çamurları sahadan gelen sızıntı suyun kalitesini bozduğundan dolayı sahaya kül ve arıtma çamurlarının alımı 2016 yılında durdurulmuştur. Arıtma çamurları için sızıntı suyunun etkilenmeyeceği bir alan belirlenerek, sızıdırmaz zemin üzerine jeomembran malzeme ile hazırlanan havuzlara alınmıştır.

Çizelge 4.14. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi KOİ değerleri

| TARİH | GİRİŞ KOİ | ÇIKIŞ KOİ | % VERİM |
|---|---|---|---|
| 29.01.2015 | 1589 | 97 | % 94 |
| 18.03.2015 | 6 683 | 420 | % 94 |
| 20.05.2015 | 2 050 | 130 | % 94 |
| 23.07.2015 | 700 | 45 | % 93 |
| 29.09.2015 | 527 | 44 | % 91 |
| 13.11.2015 | 1068 | 69 | % 94 |
| 21.01.2016 | 2048 | 129.6 | % 93 |
| 12.04.2016 | 9857 | 700 | % 92 |
| 12.05.2016 | 4012 | 229 | %94 |
| 15.06.2016 | 530 | 44.84 | % 91 |
| 28.07.2016 | 1258 | 79.11 | % 93 |
| 23.03.2017 | 4112.3 | 14.21 | % 99 |
| 12.05.2017 | 3440 | 57.53 | % 98 |
| 27.09.2017 | 7940.4 | 59.68 | % 99 |
| 07.08.2018 | 489.12 | 15.3 | % 96 |
| 30.04.2018 | 2016.6 | 18.2 | % 99 |

### 4.5.2. Ters osmoz sisteminde AKM giderimi

Lagünlerden gelen katı atıkları filtreleme işlemi lagünden tanka transfer pompasından başlamaktadır. Lagünden tanka filtreli pompa kullanılırken, tanktan tanka ise sepetli pompalar kullanarak katı atıklar buralarda filtrelenir. Sızıntı suyu AKM giderimi için kum filtreleri ve kartuş filtreler oldukça önem arz etmektedir. Kartuş filtrelerde 10 mikrona kadar tüm askıda katı maddeler tutulur. Ters osmoz sisteminde ise 0.1 nano mikron gözeneklere sahip membranlarda AKM giderimi devam eder. Çıkış suyunda AKM oldukça düşük olup, yapılan analizler neticesinde <5 -6 arasında gözlemlenmiştir. Çıkış suyunda ki AKM; çıkış suyu tankından kaynaklanmaktadır. Çıkış suyu tankının temizliği ve bakımı düzenli olarak yapılmaktadır.

Çizelge 4.15. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi AKM analiz sonuçları

| | mg/L | | |
|---|---|---|---|
| TARİH | GİRİŞ AKM | ÇIKIŞ AKM | % VERİM |
| 29.01.2015 | 150 | 20 | % 86 |
| 18.03.2015 | 113 | 13 | % 88 |
| 20.05.2015 | 145 | 18 | % 87 |
| 23.07.2015 | 130 | <4 | % 96 |
| 29.09.2015 | 145 | <4 | % 97 |
| 13.11.2015 | 58 | 7 | % 88 |
| 21.01.2016 | 122.5 | <6 | % 95 |
| 12.04.2016 | 140.6 | <6 | % 95 |
| 12.05.2016 | 187.5 | <6 | % 96 |
| 15.06.2016 | 98.7 | <6 | % 93 |
| 28.07.2016 | 65.3 | <6 | % 90 |
| 23.03.2017 | 78.9 | <6 | % 92 |
| 12.05.2017 | 52.1 | <6 | % 88 |
| 27.09.2017 | 59.8 | <6 | % 89 |
| 07.08.2018 | 55.6 | <6 | % 89 |
| 30.04.2018 | 45.3 | <6 | % 86 |

### 4.5.3. Ters osmoz sisteminde yağ gress giderimi

Organik madde olan yağ ve gress membran yüzeyinde tutulmaktadır. Ultra filtrasyon gözenek çapına sahp disk membranlar yağ ve gresi, membran yüzeyinde tutarak çıkış suyuna geçmesine izin vermez. Ham sızıntı sularında yüksek derişimlerde yağ ve gress gözlemlendiğinde bu durum membran gözeneklerini tıkar ve membran yüzeyine zarar verir. Membran kullanım ömrünü etkilediği gibi temizleme sıklığını arttırır ve bu durumda işletme maliyetini yükseltmiş olur.

Çizelge 4.16. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi yağ ve gress analiz sonuçları

| TARİH | GİRİŞ YAĞ ve GRESS (mg/L) | ÇIKIŞ YAĞ ve GRESS (mg/L) | % VERİM |
|---|---|---|---|
| 29.01.2015 | 158 | <10 | % 93 |
| 18.03.2015 | 167 | <10 | % 94 |
| 20.05.2015 | 123.42 | <10 | % 91 |
| 23.07.2015 | 25.9 | <10 | % 61 |
| 29.09.2015 | 157 | <10 | % 93 |
| 13.11.2015 | 127.2 | <10 | % 92 |
| 21.01.2016 | 110.4 | <10 | % 90 |
| 12.04.2016 | 131 | <10 | % 92 |
| 09.05.2016 | 98.9 | 19.2 | % 80 |
| 15.06.2016 | 115.3 | 18.4 | % 93 |
| 24.08.2016 | 104 | 17.6 | % 83 |
| 23.03.2017 | 135.9 | 19.6 | % 85 |
| 12.05.2017 | 22.2 | 12.4 | % 44 |
| 27.09.2017 | 122 | 10 | % 92 |
| 07.02.2018 | 43.0 | <10 | % 76 |
| 11.04.2018 | 75 | 18.2 | % 77 |

Yağ ve gress gideriminde ön arıtma kullanılması işletme maliyetinin düşürülmesi ve verimin artmasını sağlayacaktır. Tesiste kullanılan kum filtre modülleri iri malzemeleri tutarken, kartuş filtreler 10 µm kadar olan parçacıkları tutar. 10 µm'dan küçük partiküller ise ters osmoz sistemine girer ve membran yüzeyine tutunur. Su Kalite Kontrol Yönetmeliği deşarj standartı maximum 20 mg/L olan yağ ve gress derişimini herhangi bir aşım söz konusu değildir. Çizelge 4.15.'de görüldüğü üzere tesisin üretime başlamış olduğu yıllarda yağ ve gress derişimi oldukça düşüktür. 2016 yıllarının ortalarında başlayan yüksek derişimler ise membran üzerine fazla yük binmesidir. 2017 yılında yapılan şok yıkama neticesinde derişimler de tekrar düşüş gözlemse de bu durum 2018 yıllarının ortalarında tekrar membranın fazla yüke maruz kaldığını göstermektedir. 2019 yılında ise tesis, membranların miadını doldurduğundan sürekli arıza vermekte idi. Dönem dönem çalışıp arıza veren tesis, 2019 yılının sonlarında ihale süresinin bitmesi ile durdurulmuş ve membran değişimine karar verilmiştir.

### 4.5.4. Ters osmoz sisteminde ağır metal giderimi

Ağır metaller bilimsel olarak özkütleleri 5 g/cm3 'ten yüksek, A.N.'sı 22-92 aralığında olan elementler şeklinde tanımlanmaktadır ( Savrık, 2017).

Ağır metallerin insan ve çevre sağlığına toksit etkileri vardır. Ters osmoz sisteminde ağır metallerin giderimi belirli bir osmotik basınç uygulanarak büyük molekül veya iyonların tutulması ve sadece suyun geçişine izin verilmesi yoluyla gerçekleşir.

Çizelge 4.17. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi yıllara göre ağır metal derişimi

| TARİH | 2015 | | | 2016 | | | 2017 | | | 2018 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PARAMETRE | GİRİŞ | ÇIKIŞ | VERİM | GİRİŞ | ÇIKIŞ | VERİM | GİRİŞ | ÇIKIŞ | VERİM | GİRİŞ | ÇIKIŞ | VERİM |
| (mg/L) | | | | | | | | | | | | |
| Toplam Fosfor | 3.40 | 1.20 | % 64 | 1.18 | 0.13 | % 89 | 3,5 | 0.400 | % 89 | 6.05 | 0.30 | % 95 |
| Bakır | 0.02 | 0.007 | % 65 | 0.06 | <0.01 | % 83 | 0.067 | <0.01 | % 85 | 0.07 | <0.01 | % 85 |
| Çinko | 1.119 | 0.15 | % 86 | 1.28 | <0.01 | % 99 | 1.25 | 0.060 | % 95 | 0.175 | 0.07 | % 60 |
| Demir | 1.432 | 1.1 | % 23 | 1.67 | 0.063 | % 99 | 2 | 0.13 | % 93 | 1.55 | 0.2 | % 88 |
| Florür | 1.9 | 1.120 | % 41 | 1.79 | <0.1 | % 94 | <0.1 | <0.01 | % 95 | 5.22 | 0.368 | % 93 |
| Kadmium | 0.003 | <0.001 | % 95 | 0.02 | <0.01 | % 50 | <0,1 | <0.01 | % 95 | <0,01 | <0.001 | % 95 |
| Krom +6 | 1.8 | 0.124 | % 93 | 1.9 | 0.1 | % 95 | 6.20 | 1.26 | % 80 | 0.502 | <0.02 | % 96 |
| Toplam Krom | 0.504 | 0.3 | % 41 | 0.7 | <0.1 | % 95 | 6 | <0.6 | % 90 | 0,4 | 0.04 | % 90 |
| Kurşun | 0.020 | 0.016 | % 55 | 0.014 | <0.01 | % 40 | 45.125 | <0.1 | % 99 | 0.02 | <0.01 | % 60 |
| Toplam Siyanür | <0.03 | <0.02 | % 33 | <0.02 | <0.01 | % 50 | 16.91 | 0.001 | % 37 | 0.091 | <0.03 | % 67 |

### 4.5.5. pH'ın ters osmoza etkisi

pH ters osmoz sisteminin en önemli parametrelerinden biridir. Membran seçimini, ağır metallerin giderimini, sistemin sağlıklı çalışmasını doğrudan etkiler. Tercih edilen membranların çalışma pH değeri 6,4 olarak belirlenmiştir. Sahadan gelen sızıntı suyu genellikle bazik özellik göstermekte olup, sisteme alınmadan pH ayarlaması yapılmaktadır.

pH ve sıcaklığın etkisi gerçekleşen osmotik basıncı doğrudan etkiler. Su Kalite Kontrol Yönetmeliği gereğince deşarj edilecek arıtılmış suyun pH aralığı 6-9 arasında olması gerekmektedir. Deşarj edilecek olan arıtılmış sızıntı suyunun pH değeri permeaite tankına bağlı olan bir pH metre ile takip edilir. Çıkış suyu pH değerini sağlamak için çıkış suyuna kostik dozajı yapılmaktadır. Çıkış suyunun çizelge 4.17.'de

pH değerlerinin değişiklik göstermesi kostik dozaj pompası veya pH metre de sorun olduğunu göstermektedir. Mekanik aksamda herhangi bir sorun olmadığı tespit edilirse gelen kimyasalın MMS raporu incelenerek sisteme uygunluğu hesaplanır. Kostik ve sülfürikasit tedariği yıkama kimyasallarından farklı olarak ulaşımı ve tedariği kolay olması açısından Gaziantep İl'inden temin edilmektedir. Yaklaşık olarak haftalık kullanılan bu kimyasallar, tankların üzerinde bulunan seviye ölçerler ile sistemin aktif çalışması durumunda tüketilecek kimyasal hesaplanır ve biteceği tarihten önce kimyasal tedariği sağlanır. Sistemin 24 saat çalışması lagün seviyelerini korumak ve mali açıdan önem arz etmektedir.

Çizelge 4.18. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi pH analiz sonuçları

| TARİH | GİRİŞ pH | ÇIKIŞ pH |
|---|---|---|
| 29.01.2015 | 8.91 | 6.59 |
| 18.03.2015 | 8.23 | 6.48 |
| 20.05.2015 | 8.54 | 6.41 |
| 23.07.2015 | 8.69 | 6.88 |
| 29.09.2015 | 8.74 | 7.80 |
| 13.11.2015 | 8.62 | 6.30 |
| 21.01.2016 | 8.69 | 6.32 |
| 12.04.2016 | 8.02 | 6.50 |
| 09.05.2016 | 8.96 | 6.99 |
| 15.06.2016 | 8.55 | 6.38 |
| 24.08.2016 | 8.65 | 7.56 |
| 23.03.2017 | 8.37 | 6.20 |
| 12.05.2017 | 8.27 | 7.87 |
| 27.09.2017 | 8.37 | 6.40 |
| 07.02.2018 | 8.76 | 6.40 |
| 11.04.2018 | 8.82 | 6.58 |

## 4.6. Sızıntı suyu mevsimsel değikliklere göre incelenmesi

Sızıntı sularının miktarı ve konsantrasyonları mevsimsel olarak değişmektedir. Burada; yağışın olması, evsel atık çeşidinin mevsimsel olarak değişmesi, lagünlerde meydana gelen buharlaşmalar, sonbahar ve kış aylarında meydana gelen yağışlar gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Sonbahar ve kış aylarında yağışın olması ile sahada ve lagünlerde bulunan sızıntı suyu seyrelerek içeriğindeki kirletici parametrelerin derişimi düşmektedir. Bu durum tesis için verimin artmasını sağlamaktadır. Her ne kadar işletme, yağışın olmasıyla verimini arttırmış olsa da sonbahar ve kış aylarında lagün seviyeleri yükselmekte ve tahmin edilen kapasitenin üzerine çıkmaktadır. Lagün

seviyelerini bu dönemde korumak için tesisi maksimum verim ile çalıştırıp, konsantrasyon (atık) seviyesini düşürmek ve geri devri kontrollü ve planlı yapmak hedeflenmektedir. Tesiste sonbahar ve kış dönemi yaklaşırken lagün seviyeleri kontrol altına alınarak bu dönemin sorunsuz geçmesi işletme hedefleri arasında yer almaktadır. Yaz aylarında buharlaşmanın etkisi ile kirletici konsantrasyon derişimi artmakta, sahadan gelen sızıntı suyu miktarı da artış göstermektedir. Sahadan gelen sızıntı suyu miktarının artması ise insanların yaz aylarında sulu yiyecek ve içecek tüketmeleri ve bu tüketim ile sızıntı suyu miktarı doğru orantılıdır.

Çizelge 4.17'de yaz ve kış aylarında sızıntı sularının giriş suyu kirletici konsantrasyon derişimleri incelenmektedir. Çizelge incelendiğinde kış aylarında kirletici konsantrasyonları yağışın etkisiyle düşmektedir. Yaz aylarında ise kirletici konsantrasyonları buharlaşmanın etkisiyle artmaktadır. Sistemin genel olarak verimi değişmemekle, sistemin işletilmesinin kış aylarında daha stabildir. Yaz aylarında kirletici konsantrasyonları arttığından sistem üzerinde yük oluşturmakta ve sistemin iletkenlik ve basınç değerlerini arttırmaktadır. Sistem üzerinde meydana gelen bu yük sistemin işletilmesini zorlaştırmaktadır.

Çizelge 4.19. Sızıntı sularının 4 yıllık yaz ve kış aylarına göre giriş çıkış kirletici parametrelerinin değerlendirilmesi

| Parametre ( mg/L) | KIŞ | | | İLKBAHAR | | | YAZ | | | SONBAHAR | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Giriş | Çıkış | %Verim | Giriş | Çıkış | %Verim | Giriş | Çıkış | %Verim | Giriş | Çıkış | %Verim |
| pH | 8.8 | 6.20 | | 8.27 | 6.38 | | 8.19 | 6.25 | | 8.77 | 6.54 | |
| AKM | 55.6 | <6 | %89 | 54.8 | <6 | % 89 | 460.0 | <6 | % 99 | 436.0 | <6 | % 99 |
| KOİ | 489.3 | 14.21 | % 97 | 3440.0 | 229.72 | % 93 | 7775.2 | 358.85 | % 95 | 4540.4 | 252.01 | % 94 |
| Kjehdal Azotu | 374.0 | 11.82 | % 96 | 1292.5 | 16.9 | % 98 | 1292.8 | 18.25 | % 99 | 1234.2 | 17.57 | % 99 |
| Fosfor | 3.4 | 0.40 | % 88 | 3.500 | <0.01 | % 99 | 3.740 | <0.01 | % 99 | 4.120 | <0.01 | % 99 |
| Bakır | 0.02 | <0.01 | % 99 | 0.067 | <0.01 | % 85 | 0.04 | <0.01 | % 75 | 0.05 | <0.01 | % 80 |
| Çinko | 0.15 | <0.01 | % 99 | 0.12 | <0.01 | % 99 | 0.1 | <0.01 | % 99 | 0.4 | <0.01 | % 98 |
| Demir | 1.1 | <0.01 | %99 | 2 | 0.063 | % 97 | 3.3 | 0.054 | % 98 | 1.5 | 0.054 | % 96 |
| Florür | 1.120 | <0.01 | %99 | <0.1 | <0.001 | % 99 | <0.1 | <0.001 | % 99 | <0.1 | <0.001 | % 99 |
| Kadmium | <0.01 | <0.001 | % 99 | <0.01 | <0.001 | % 99 | <0.01 | <0.001 | %99 | <0.01 | <0.001 | % 99 |
| Krom$^{6+}$ | 0.12 | <0.02 | % 83 | 1.260 | 0.069 | % 95 | 1.568 | 0.072 | % 95 | 0.875 | 0.037 | % 96 |
| Krom | 0.3 | <0.001 | % 99 | 0.6 | <0.01 | % 98 | 1 | <0.01 | % 99 | <0.01 | <0.001 | % 99 |
| Kurşun | 0.02 | <0.01 | % 50 | <0.01 | <0.001 | % 99 | <0.01 | <0.001 | % 99 | <0.01 | <0.001 | % 99 |
| Toplam Siyanür | <0.03 | <0.01 | % 97 | 0.011 | <0.01 | % 99 | <0.03 | <0.01 | % 66 | <0.02 | <0.01 | % 50 |
| Yağ Gress | 43.0 | 19.6 | % 55 | 22.2 | 19.2 | % 14 | 148.0 | 29.25 | % 80 | 122.0 | 21.57 | % 82 |

## 4.7. Yıllar içerisinde sistem veriminin analizi

Ters osmoz sistemi bir filtreleme sistemi olmasından dolayı filtrelerin belirli bir ömrü vardır. Bu filtreler deniz suyu tuzluluk gideriminde ortama 3-8 yıl arasında kullanılırken, sızıntı sularında 2-5 yıl arasında kullanılması beklenilmektedir. İlk kurulum aşamasında sistem, Çizelge 4.19.'da dizayn verileri incelenirse %65 ürün suyu, %35 ise konsantrat olarak hedeflenmiştir. Yıllar içerisinde kirlilik yükü etkisi ile miadını dolduran membranlar kullanılamaz duruma gelmiştir.

Çizelge 4.20. Gaziantep sızıntı suyu tesisi dizayn verileri

| Parametre/ Su Cinsi | % | Max Yıllık Değer | | | Ortalama Yıllık Değer | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | l/sa | m³/gün | m³/yıl | l/sa | m³/gün | m³/yıl |
| Giriş Ham Su | 100 | 11.574 | 277.8 | 101389 | 10.417 | 250.0 | 91.250 |
| Konsantre Atıksu | 34.3 | 3.974 | 95.4 | 34812 | 3.577 | 85.8 | 31.330 |
| Permeate (Arıtılmış) Su | 65.7 | 7.600 | 182.4 | 66.577 | 6.840 | 164.2 | 59.920 |

- Ortalama sistem verimliliği = Çıkan Ürün Suyu / Giren Atıksu = %65
- Hedeflenen Ürün Suyu = Deşarj Edilecek Su Miktarı = 164.00 m³/gün
- Olası Konsantre Atık = 180/65*35 = 86.00 m³/gün
- Sisteme Beslenecek Atıksu = Ürün + Atık = 250.00 m³/gün

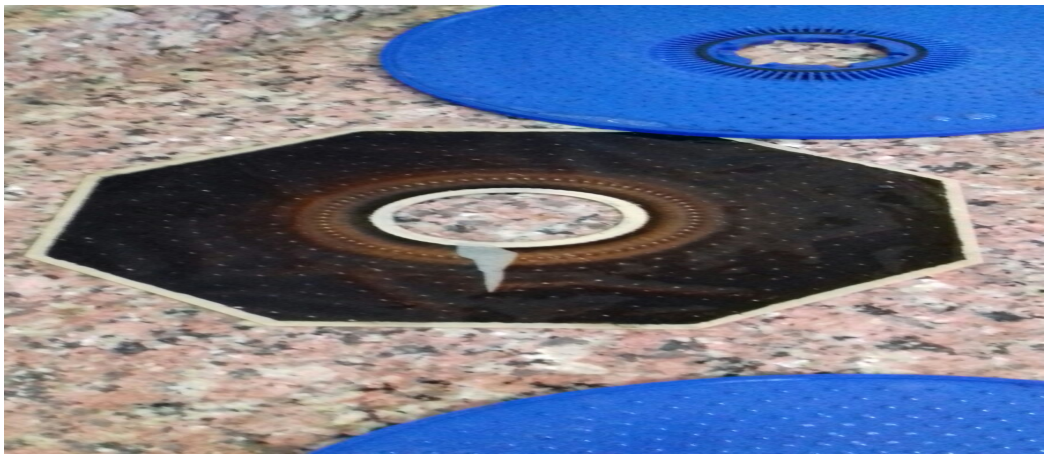
Çizelge 4.21. Gaziantep sızıntı suyu arıtma tesisi debi ve verim çizelgesi

| Yıllar | Giriş Debi m³/yıl | Çıkış Debi m³/yıl | Sistem Verimliliği % |
|---|---|---|---|
| 2014 | 41514.49 | 13307.224 | %65 |
| 2015 | 65795.27 | 27414.134 | %58 |
| 2016 | 67170.46 | 33023.306 | %50 |
| 2017 | 28951.00 | 11027.95 | %45 |
| 2018 | 29598.87 | 9439.548 | %40 |

Yıllar içerisinde membran yapılarının bozulmasıyla sistem veriminin düşmektedir. Sistem veriminin düşmesi, konsantrat atık miktarının artmasına neden olmaktadır. 2019 yılında sistem sık sık membranların yıpranması nedei ile basınç ve

iletkenlik hatası vermiş ve verim % 20 oranına kadar düşmüştür. Bu nedenle sistem çok az çalışmış ve 2019 yılı sonunda durdurulmuştur.

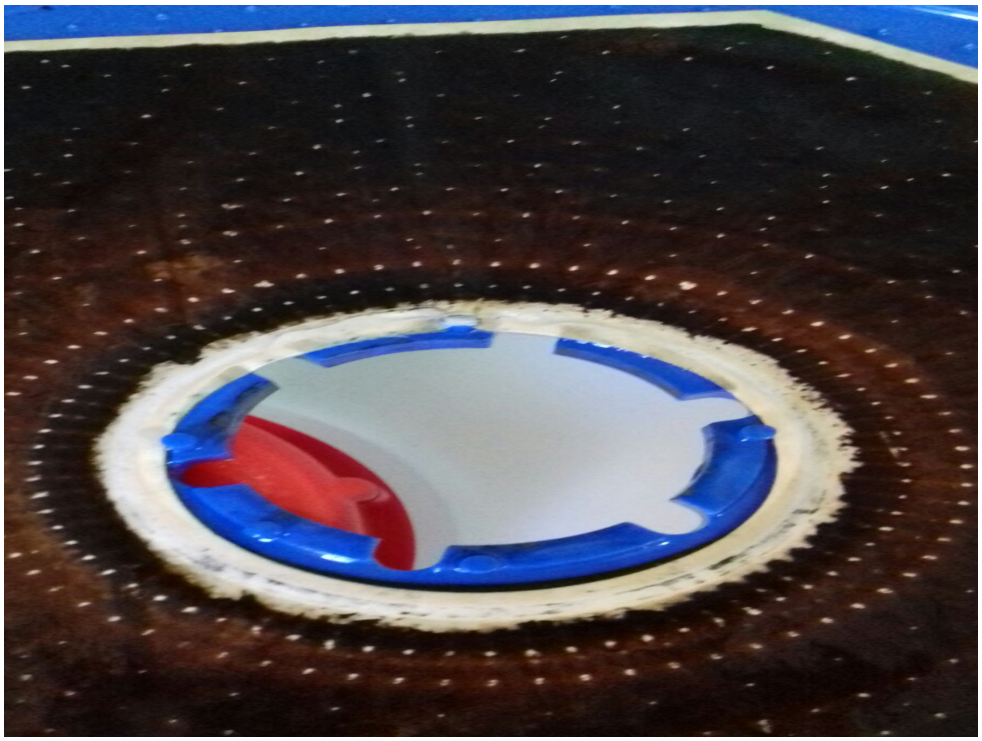
Membranların yıpranması ve zamanla özelliğini yitirmesi ise sistem üzerinden basınç ve iletkenlik kontrolü, yıkamadan sonra basınç ve iletkenlik değerleri ile tespit edilmektedir. Ayrıca yıkama yapılsa dahi membranların açılıp kontrol edilmesinde kirlilik yükü membranın ömrü ve yıkamaların artık yetersiz olması ile tespit edilir. Membranlar zaman içerisinde yapılan yıkama sıklığının artması da miadını tamamlamak üzere olduğunu gösterir. Bu durum ise sık sık iletkenlik ve yüksek basınç hataları ile sistemin kendini yıkamaya çekmesi, yıkama sonrasında ise bu değerlerin düşmemesi ile saptanır.



Şekil 4.27. Yıllar içerisinde yüksek basınç ve iletkenliğe maruz kalan memranlarda gerçekleşen yırtılma



Şekil 4.28. Yıllar içerisinde membranların miadı tamamlaması



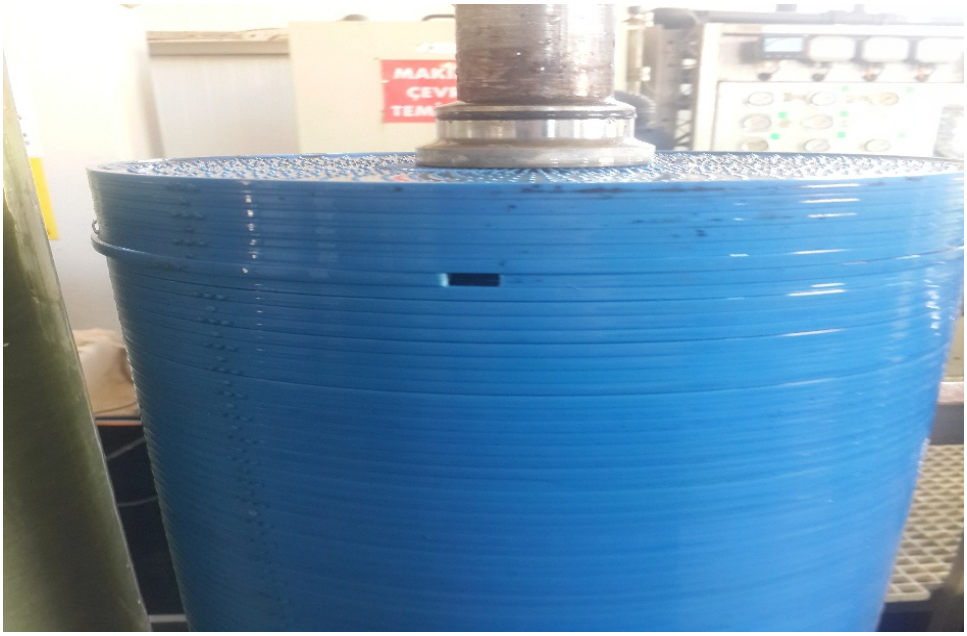
Şekil 4.29. Kirlilik yükünden dolayı yıkama kimyasalının üst membranlara ulaşmamış hali



Şekil 4.30. Yüksek basınç ve iletkenlik ile hidrolik diskin görmüş olduğu zarar




Şekil 4.31. Hidrolik disk yuvasının yüksek basınç ve iletkenlikle görmüş olduğu tahribat



Şekil 4.32. Hidrolik disk kenarlarında meydana gelen çatlama

Şekillerde görüldüğü gibi membranlar zaman içerisinde yıpranmış ve 2020 yılında kullanılamaz duruma gelmiştir. 2020 yılında membran ömrünü tamamlamış ve tesis çalıştırılmamıştır. 2015 yılından 2019 arasında ise aktif olarak faaliyet göstermiştir. Membranların tıkalı olması sadece sistem verimini değil aynı zamanda hidrolik disklere, oringlere, gözeneklerin tıkanmasından dolayı sistem basıncının yükselmesi ile bağlı olduğu mekanik akşamlara, pompalara da zarar vermektedir. Yıllar içerisinde parametrelerin değişimleri gözlenmektedir. 2017 yılında parametrelerde ki düşüş yapılan şok yıkamanın etkisidir.

### 4.7.1. Membranlar üzerinde yapılan şok yıkama

Membranlar iletkenlik ve basınç parametreleri takibi ile otomasyonda kendini otomatik olarak yıkamaya çekip alkali ve asidik yıkamalar ile temizlenmektedir. Fakat yapılan yıkamaların sıklığının artması, yıkama sonrası düşmesi beklenen iletkenlik ve basınç değerlerinde herhangi bir değişiklik olmaması, elle ve gözle kontrol de membran yüzeyinde herhangi bir kirlilik giderimi olmaması, membranın bağlı olduğu makanik akşamların zamanla zarar görmesi gibi durumlar tespit edilmiştir. Membran değişimi oldukça maliyetli bir işlemdir. Bu işlemden önce membran biyopsisi akabinde membranlara şok yıkama yapılmaktadır. Bu şok yıkama ise kimyasal

sarfiyatlarını ve sürelerini uzatarak yapılmıştır. Normal yıkamada kullanılan alkali kimyasal sarfiyatı 125 L iken şok yıkama da bu sarfiyat 250 L kullanılmıştır. Şok yıkamanın aşamaları aşağıda ki gibidir;

- Öncelikle sistemin tüm bağlantıları, membran torkları kontrol edilir.
- Kimyasal tankları, şok yıkama yapılacak olan kimyasallar ile doldurulur. Bu şok yıkama da alkali ve asidik kimyasallar değiştirilmemiş sadece miktarları arttırılmıştır.
- Standart yıkama süresi 4 sa iken bu süre 8 sa çıkarılmıştır. İlk yıkama alkali yıkamadır. Standart yıkama da sistem 125 L alkali yıkama kimyasalını çektikten sonra sistem içerisinde iletimini yapar ve sürekli aynı kimyasalı çevirir, 4 sa sonunda bu yıkama işlemi biter. Şok yıkama da ise her iletim yaptığı kimyasal sistemden uzaklaştırılarak yeni alkali kimyasalı çekilmiştir. Süre 4 sa iken bu süre 8 sa çıkarılmıştır.
- Alkali yıkamadan sonra ise asidik yıkama yaptırılmıştır. Asidik yıkama kimyasal sarfiyatı standart yıkama sarfiyatın iki katına çıkarılmıştır. Standart yıkamada kullanılan kimyasal sarfiyatı 75 L iken, şok yıkama da bu sarfiyat 150 L ye çıkarılmıştır. Standart yıkama süresi 4 sa iken 8 sa çıkarılmış ve her çalkalama sonrası kimyasal sistemden uzaklaştırılmıştır.
- Asidik yıkamayı takip eden alkali yıkama tekrarlanmıştır. Son alkali yıkamada aynı süreç tekrarlanmıştırSistemin aktif olarak çalışmasından 2017 yılına kadar membranlar üzerine oldukça yük binmiştir. 2017 yılında membran otopsisi yapılmış ve yapılan otopsi sonucunda şok yıkama yapılması uygun görülmüştür. 2017 yılında yapılan şok yıkama akabinde verim artmış ve arıtılan suyun KOİ giderimi yaklaşık olarak %65 verime ulaşmıştır. Yapılan şok yıkama membranların ömrünü 2019 yılına kadar devam ettirmiştir.




Şekil 4.33. Şok yıkamadan önce yapılan sistem yıkamasının etki göstermemesi




Şekil 4.34. Şok yıkamadan önce yırtılan membranlar

## 4.8. Konsantre ( atık )

Ters osmoz sisteminde arıtılamayan yüksek kirletici konsantrasyonlarına sahip atık kısmına konsantre denilmektedir. Sistemin atık kısmı, konsantre havuzu denilen bir lagün de toplanmaktadır. Bu lagünden ise pompalar vasıtasıyla depolama sahası üzerine geri devir yapılmaktadır. Sızıntı suyu havuzları yağış, mevsimsel değişiklikler, nüfusun artmasıyla depolama sahasından gelen sızıntı suyu miktarı artmaktadır. Bu artış havuz kapasitelerini olumsuz etkilemektedir. Tesisin arızalandığı veya bakım zamanları, havuz kapasitelerde ki artışı önlemek amacıyla geri devir oldukça önemlidir.

Geri devir; yüksek basınçlı, filtreli, kot farkından etkilenmeyecek bir pompa seçimi yapılmıştır. Hat saha üzerine ulaştığında 70 adet fıskiye ile saha üzerine konsantre dağıtılmaktadır. Yaz aylarında özellikle buharlaşmadan yararlanılırken geri devir aktif olarak kullanılmaktadır. Ters osmoz sisteminin en önemli handikaplarından olan konsantre sürekli bir döngü ile saha üzerinde tekrar seyrelerek tesise ulaşmaktadır.

### 4.8.1. Geri devrin dezavantajları

1. Depolama sahasında, geri devrin kontrolsüz ve sürekli çalışması metan çekilmesini zorlaştırmaktadır.
2. Depolama sahası ve tesis arasında kot farkı olduğundan dolayı kullanılacak pompanın gücü elektrik sarfiyatını arttırmaktadır.
3. Geri devir yapılacak sahada bir personelin sürekli olarak geri devri takip etmesi ve tesis içerisinde çalışan personelin saha da kullanılması iş gücü kaybına neden olmaktadır.
4. Lagün yüzeylerinde rüzgârın etkisiyle depolama sahasından uçuşan çöpler, lagün dibinde meydana gelen balçıklardan dolayı fıskiyelerin tıkanmasını gözlemlenmiştir.
5. Geri devir yapılacak saha sürekli olarak değişiklik gösterdiğinden yer değişikliğinin devamlı olması gerekmektedir.

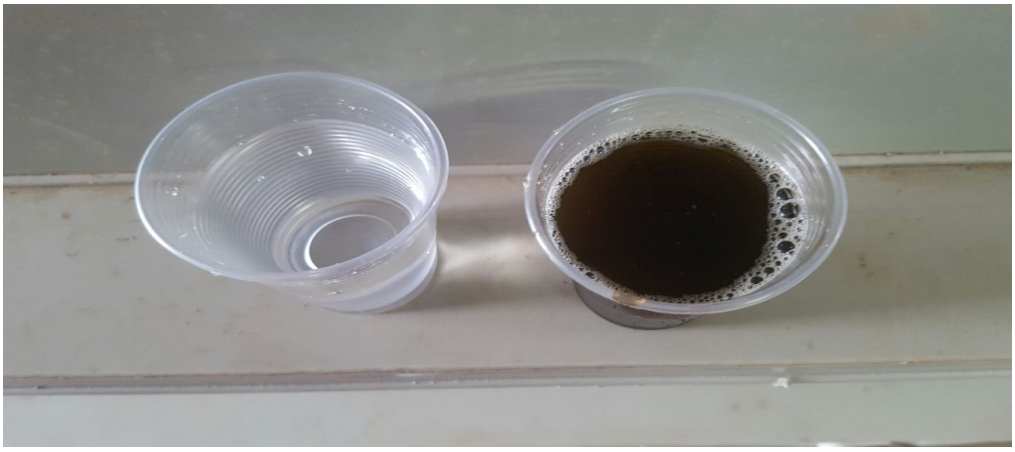
6. Yüksek konsantrasyonlarda kirlilik içeren konsantre atığın buharlaşmayla atmosfere salınmaktadır.
7. Geri devir geçici bir çözüm olup, konsantre atığa kalıcı bir çözüm sağlayamamaktadır.

## 4.9. Çıkış suyu (permaite)

Tesis çıkış suyu permaite tanklarında depolanır ve HDP borular ile maksimum seviyeye ulaştığında kendi cazibesi ile alıcı ortama deşarjı gerçekleşir. 2017 yılında çıkış suyu kalitesini kanıtlamak amacıyla akvaryum kurulmuştur. Kurulan akvaryumda yaşayan balıklar da herhangi bir sorun gözlemlenmemiştir. Çıkış suyu kalitesinin en büyük sorunu koku ve tat problemidir. Koku ve tat giderimi ters osmoz sisteminde gerçekleşmemektedir.



Şekil 4.35. Gaziantep sızıntı suyu çıkış suyu tankları ve çıkış suyu balık beslemesi



Şekil 4.36. Giriş ve çıkış suyuna ait görüntüler



Şekil 4.37. Arıtılmış suyun alıcı ortama deşarjı

# 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışma sonucunda Ters Osmoz sistemi ile sızıntı suyunun arıtımı incelenmiştir. Gaziantep İli için; Suriye'den almış olduğu göç göz önünde bulundurulursa kapasite açısından kurulan sistem yetersiz gelmektedir. Gaziantep Büyükşehir Belediyesi tarafından ihale ile yüklenici firmaya işletilmesi bırakılan tesisin yıkama kimyasalları ve antiskalantların muadilleri ile değiştirilmesi membranlara ciddi zararlar vermiştir. 2014 yılında kurulan tesis aktif olarak çalışmaya başlamasıyla 2019 yılında membranlar ömrünü tamamlamış ve kullanılamayacak durumda oldukları tespit edilerek sistem faaliyet göstermeyi durdurmuştur. Yeni membran alımı için Büyükşehir Belediyesi gerekli çalışmaları tamamlamış olup, mevcut tesisin kapasitesinin yetersiz gelmesi ön görülerek ek bir proses düşülmüş ve bunun için çalışmalar yapılmaktadır. Projede tasarlanan EK prosesinin çalışmaması tüm ön arıtma işleminin kartuş filtre ve katmanlı kum filtreler ile yapılması, ön arıtmayı sınırlandırmış ve muhakkak bir ön arıtma prosesi olması gerekmektedir. Ön arıtma işleminde kirletici parametre derişimlerinin düşürülmesi ters osmoz sisteminin daha verimli çalışacağı ön görülmektedir. Tesisin korozyon problemini çözmek için asit dozajlaması yapılan T-104 tankının dışarıya alınması ve havalandırmanın daha güçlü hale getirilmesi korozyonu çözmek açısından yapılan iyileştirmelerden biridir.

**Sistemin avantajı olarak da şu durumlar tespit edilmiştir;**

Oluşan konsantre sorunu, depolama sahası üzerine geri devrettirilerek uzaklaştırılır. Depo alanında geri devir sistemli sağlanabilinirse biyolojik aktiviteyi arttırması gibi olumlu etkisi olduğu belirtilmiştir. Sistemin genel olarak avantajları arasında; sürdürülebilir bir işletim prosesi olabilması, minimal yer kaplaması, modülerin tek tek kullanılabilmesi, çok yüksek kirletici konsantrasyonlarda kullanılabilmesi, taşımasının kolay olması, bir inşaat çalışmasına ihtiyaç duyulmaması ve prosesin ekonomik anlamda zaman içerisinde düşüş göstermesi sonucuna varılmıştır. Bekleme süresi olmadığından hızlı arıtma sağlar. Proje aşamasından sonrasında sadece membran değişimi ile uzun süreler kullanılabilinir.

## KAYNAKLAR


AKAR, A., 2019. İçme suyu kalitesi açısından kirlilik parametrelerinin irdelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 5s.

AKSU, H., 2019. Türkiye'de içmesuyu arıtımında membran uygulamaları ve uygulama aşamasında karşılaşan işletme problemleri, Tarım ve Orman Bakanlığı, Uzmanlık Tezi, 61s.

BAKIŞ, R., ve TOMBUL, M., ve BİLGİN, M., 1999. Çöp sızıntı sularının ağır metal içerikleri ve yeraltısuyundaki kirlilik yayılmalarının multi-flow programı ile simule edilmesi. Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu, Çevre Yönetimi ve Kontrolü, İstanbul Büyükşehir Belediyesi İstaş Genel Müdürlüğü 3: 433-44.

BAŞARAN, Y., 2015**.** Türkiye'de deniz suyundan içme suyu üretiminin maliyet değerlendirmesi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Uzmanlık Tezi, 35s.

BAYHAN, Y., 2015. Katı atık depolama sahalarında sızıntı sularının oluşumu, özellikleri ve yeraltı sularına etkilerin araştırılması, Kastamonu Ünviversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 1(2): 53-59.

BOZKURT, G., ve KOYUNCU, İ., 2018. Ters osmoz konsantre akımlarının deniz ortamındaki seyrelme ve dağılım modellemesi, Pamukkale Ünviversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 98s.

BROWN, K., and THOMAS, J.C., 1998. A comparison of the convective and diffusive organic contaminants through landfill liner systems. Waste Management and Research 16, 296-301s.

BUKNİ, R., 2003, Düzenli depolama tesislerindeki depo gazlarının ölçülmesi ve değerlendirilmesi. İstanbul Üniversitesi Kemerburgaz, 126s.

CHRİSTENSEN, B.J., and JENSEN, D.J., and CHRİSTENSEN, T.H., 1996. Effect of dissolved organic carbon on the mobilityof cadmium, nickel and zinc in leachate polluted grounwater. Water Research, 30: 3037-3049.

ÇEVRE ve ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI, Çevre Yönetim Genel Müdürlüğü, Sızıntı suyu yönetimi ihtisas komisyonu taslak çalışma raporu, 70-71s.

DEDE, Ş., 2017. Membran biyoreaktör sistemi ile çöp sızıntı suyu arıtımı ve nanofiltrasyon konsantresi için ileri arıtma yöntemlerinin geliştirilmesi. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Kocaeli, 110s.

DEMİRCİ, İ.E., 2017. Düzenli depolama sahaları sızıntı suları kontrol ve bertaraf yöntemleri ve bir uygulama. Pamukkale Ünviversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Tezsiz Yüksek Lisans Dönem Projesi, Pamukkale, 65s.

DİNÇ, H., ve YILMAZ, O., 2013. Ağır metallerin üreme sistemi üzerine etkileri, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi 24: 91-94.

DURAN, E., ve CUCİ, Y., 2016. Katı atık düzenli depolama sahası sızıntı suyunun Kimyasal ve Elektrokimyasal Arıtım Yöntemlerle Arıtılabilirliğinin araştırılması, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19 (2): 104-110.

GENÇ, N., ve DURNA, E., 2019. Sızıntı suyu membran konsantre akımının yönetiminde en uygun metodun analitik hiyerarşi prosesi ile belirlenmesi, Kocaeli Ünviversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 26(3), 488-495.

GÖNÜLLÜ, M.T., BAŞTÜRK, A., SAN, H.A., 2015. Sızıntı sularının uzaklaştırılma imkanları ve arıtılabilirliği. Çevre Sempozyumu, İzmir, 1(2): 53-59.

HOPKİNS, G.J., and POPALİSKY, J.R., 1970. Influence of industrial waste landfill operation on a public water supply. Journal WPCF 42s.

KAHVECİOĞLU Ö., Kartal G., Güven A., Timur S., 2003, metallerin çevresel etkileri-1, İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Metalurji Dergisi,136: 47-53.

KAYAR, Y., 2003. Gediz nehrindeki bazı kimyasal kirlilik parametrelerinin incelenmesi, Ekolojik Çevre Dergisi, 12: 47.

ÖZDEN, D., 2019. Gaziantep ili evsel katı atık yönetimininmodellemesi ve ekonomik analizi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Çevre Bilimleri ve Enerji Yönetimi, Yüksek Lisans Tezi, 23s.

ÖZTÜRK, İ., ve ÇALLI, B., ve MERTOĞLU, B., ve YILDIZ, Ş., 2010. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Sızıntı Suyu İhtisas Komisyonu Taslak Çalışma Raporu, 76s.

SAMSUNLU, A., 2013. Çevre mühendisliği kimyası kitabı. İstanbul Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü.,Birsen Yayınevi, 123 s.

TAŞDEMİR, T., 2010. Flokülasyon yöntemi ile atıksudan askıda tanelerin giderimi Eskişehir Ünviversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Dergisi, 23: 1.

TOPAL, M., ve KARAGÖZOĞLU, B., ve ÖBEK, E., 2011. Sızıntı sularının doğal arıtımı, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11: 1-16.

TÜYLÜOĞLU, B.S., 2001. Evsel katı atık sızıntı sularının havasız çamur yataklı reaktörle arıtımı, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsi, Doktora Tezi 2001, 99s.

ÜNAL, S., 2015. Nihai kullanım amacına göre uygulanan membran prosesler ve diğer su arıtma yöntemleri ile içme ve proses suyu üretiminin maliyet analizi, İstnabul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 101s.

WANG, Z., and ZHANG, Z., and LİN, Y., and DENG, N., and TAO, T., and ZHUO, K., 2002. Landfill leachate treatment by a coagulation-photooxidation process. Journal of Hazardous Materials 95 (1-2):153-159.

WARD, M.L., and BİTTON, G., and TOWNSEND, T., 2005. Heavy metal binding capasity (HMBC) of municipal solid waste landfill leachates. Chemosphere 60, 206-215s.

YAŞA, E., 2015. Ters osmoz su arıtma tekniği ve muhtelif kullanım alanları IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi seminer bildirisi, 971.

YILDIZ, S., 2000. Katı atık düzenli depolama sahalarında oluşan çöp sızıntı suları ve arıtılması, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü, Çevre Anabilimdalı, Yüksek Lisans Tezi, 17: 84s.