



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ FEN

BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DOĞAL ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN
VERİMLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: BURSA İLİ ÖRNEĞİ**

Özcan YAVAŞ

Yard. Doç. Dr. Berrak Erol NALBUR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2017

TEZ ONAYI

Özcan YAVAŞ tarafından hazırlanan “Doğal Atıksu Arıtma Tesislerinin Verimliliğinin Değerlendirilmesi: Bursa İli Örneği” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yard. Doç. Dr. Berrak Erol NALBUR

Başkan : Yard. Doç. Dr. Berrak Erol
NALBUR
Uludağ Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Prof. Dr. Seval Kutlu
AKAL SOLMAZ
Uludağ Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Yard. Doç. Dr. Ahmet
AYGÜN
Bursa Teknik Üniversitesi
Doğa Bilimleri, Mimarlık ve
Mühendislik Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali BAYRAM

Enstitü Müdürü

../../....(Tarih)

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

15.06/2019

İmza

Özcan YAVAŞ

Yavaş

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DOĞAL ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN VERİMLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: BURSA İLİ ÖRNEĞİ

Özcan YAVAŞ

Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Bölümü

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Berrak Erol NALBUR

20. yüzyılın başlarından itibaren hızlı nüfus artışı ve sanayileşme, su kaynaklarının hızlı bir şekilde azalmasına yol açarak atıksu arıtma teknolojilerinin hızla gelişmesine yol açmıştır. Bu teknolojiler atıksuların geleneksel arıtma yöntemleri ve ileri arıtma yöntemleri ile atıksuların arıtılmasını sağlamakla birlikte yüksek kimyasal ve enerji maliyetlerine sahiptir. Bu sebeplerden dolayı enerji ve kimyasal gereksinimi olmayan minimum çalışma ve bakım şartlarında işletilebilen doğal arıtma sistemleri geliştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında Bursa ili sınırları içerisinde bulunan 10 adet doğal arıtma tesisi araştırılmış ve çalışma verimliliği incelenmiştir. Bir yıllık çalışma süresince seçilen doğal arıtma tesislerinin giriş ve çıkış suyu örnekleri alınarak Askıda Katı Madde (AKM), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Toplam Azot (Toplam-N) ve Toplam Fosfor (Toplam-P) değerleri açısından analiz edilmiştir ve tesislerin farklı mevsimlerdeki (kış, ilkbahar, yaz) performansları değerlendirilmiştir. Buna göre AKM, KOİ, Toplam-N ve Toplam-P yönünden en yüksek verim yaz mevsiminde elde edilmiştir (sırasıyla %96, %96, %98 ve %99). Arıtma tesislerinin parametreler açısından giderim verimlerinin birbiri ile ilişkisi ve mevsimsel açıdan giderim verimleri arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak belirlenmiştir. Çıkış suyu değerleri Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 21.5 Evsel Nitelikli Atıksular değerleri ile kıyaslanarak arıtma veriminin deşarj kriterlerine uygun olup olmadığı tespit edilmiş, yeterli verimle çalışmayan tesislerin iyileştirilmesi için yapılması gerekenler belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğal Arıtma Tesisleri, Arazide Arıtma, Organik Madde Giderimi, Mevsimsel İlişki

2017, vii + 146 sayfa.

ABSTRACT
MSc Thesis

PERFORMANCE EVALUATION OF NATURAL TREATMENT SYSTEMS: A
CASE STUDY FOR BURSA

Özcan YAVAŞ

Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Berrak Erol NALBUR

Since the beginning of 20th century, rapid population growth and industrialization have led to rapid pollution of water resources, so that the rapid development of wastewater technology. These technologies provide wastewater treatment through conventional and advanced treatment systems, however they have high chemical and energy costs. Wastewater treatment technologies makes to possible conventional treatment methods and advanced treatment systems to wastewater however, it's high cost of chemical and energy consumption. Due to these reasons natural treatment systems which can be operated under minimum operating and maintenance conditions without energy and chemical need, have been developed. Within the scope of this study, 10 natural treatment facilities located within boundaries of Bursa province were investigated and study efficiency was examined. The study was lasted for one year and throughout this period, grab samples were taken from influent and effluent of the selected natural treatment plants and the samples were analyzed in the means of total suspended solids (TSS), chemical oxygen demand (COD), total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP), thus the performances of the selected systems were evaluated throughout different seasons of the year. Accordingly, the highest yields were obtained in summer (%96, %96, %98 and %99, respectively) for TSS, COD, Total-N and Total-P. relations between removal efficiencies in terms of parameters of natural treatment plants and relationship between removal efficiencies in seasonal terms were statistically determined. Effluent parameter values were compared with the discharge criteria given by the Table 21.5 of Turkish Water Pollution Control Regulations and It was determined that systems provided the criteria.

Keywords: Natural Treatment, On-site Wastewater Treatment, Removal Organic Pollutants, Seasonal Correlations

2017, vii + 146 pages.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca her türlü desteğini benden esirgemeyen, tez çalışmam süresinde bana yol gösteren saygıdeğer danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Berrak Erol NALBUR'a,

Tez çalışmam sırasında tesislerin belirlenmesi ve tesisler hakkında gerekli bilgilerin temin edilmesinde bana destek olan ve yol gösteren BUSKİ personeli Sayın Murat EFE'ye, örnek alma çalışmalarında bana eşlik eden ve gerekli bilgileri toplamamda yardımcı olan Çevre Mühendisi Emre ÖĞ'ye, bu projenin önemini bilerek bu projenin ortaya çıkmasını sağlayan ve bize her türlü laboratuvar ve araç desteği sağlayan BUSKİ Doğu Atıksu Arıtma Tesisi Müdürü Çevre Mühendisi Sayın Nurcan AYDOĞDU'ya,

Çalışmanın literatür araştırmaları sırasında ve çalışma süreci boyunca her türlü desteğini esirgemeyen Çevre Müh. Ebru GARİP'e, istatistiksel metod çalışmalarında bilgisi ile bana destek olan Veteriner Hekim Özkan YAVAŞ'a,

Tez çalışmam boyunca ve tüm hayatım süresince maddi, manevi desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen ve tüm hayallerimi gerçekleştirmeme yardımcı olan aileme, arkadaşlarıma, en içten teşekkürlerimi sunarım.

Haziran ,2017

Özcan YAVAŞ

Çevre Mühendisi

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
1.GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1 Dünyada Doğal Arıtma Tesislerinin Mevcut Durumu	4
2.2 Türkiye’de Doğal Arıtma Tesislerinin Tarihçesi	5
2.3 Türkiye’de Doğal Arıtma Tesislerinin Mevcut Durumu.....	6
2.4 Bursa İli Doğal Arıtma Tesislerinin Mevcut Durumu.....	6
2.5 Doğal Arıtma Tesislerinin Genel Özellikleri	7
2.6 Doğal Arıtma Sistemlerinin Çeşitleri	8
2.7 Doğal Arıtma Sistemlerinin Avantajları ve Dezavantajları.....	12
2.8 Doğal Arıtma Sistemleri Tasarım Parametreleri	12
2.8.1 Foseptik Yapısının Tasarımı.....	16
2.8.2 İnfiltrasyon Alanı Derinliği	16
2.8.3 Drenaj Sistem Tasarımı	17
2.8.4 İnfiltrasyon Yüzeyi Tasarımı	19
2.7.5 İnfiltrasyon Havuzu Tasarımı	22
2.9 Doğal Arıtma Tesislerinin Kirlilik Giderim Mekanizmaları.....	22
2.9.1 KOİ Giderim Mekanizması	23
2.9.2 AKM Giderim Mekanizması	23
2.9.3 Azot Giderim Mekanizması.....	23
2.9.4 Fosfor Giderim Mekanizması	24
2.10 Doğal Arıtma Tesisleri İçin Uygulanan Yasal Mevzuatlar	27
2.10.1 Dünyada Uygulanan Yasal Mevzuatlar	27
2.10.2 Türkiye’de Uygulanan Yasal Mevzuat	29
3. MATERYAL VE YÖNTEM	32
3.1 Araştırma Yeri ve Özellikleri	32
3.2 Seçilen Arıtma Tesislerinin Bulunduğu Havzaların Özellikleri.....	37
3.2.1. Susurluk Havzası	37
3.2.2 Marmara Havzası.....	38

3.2.3 Sakarya Havzası.....	39
3.3 Seçilen Arıtma Tesislerinin Topografik Özellikleri.....	39
3.3.1 Mustafakemalpaşa-Karacabey Doğal Arıtma Tesisi Topografik Özellikleri .	39
3.3.2 İnegöl-Yenişehir Bölgesi Topografik Özellikleri	40
3.3.3 İznik-Orhangazi Bölgesi Topografik Özellikleri.....	41
3.3.4 Büyükorhan Bölgesi Topografik Özellikleri	42
3.4 Yöntem	42
3.4.1 Atıksu Örneklemesi	43
3.5 Mevsimsel Olarak Numune Alma Çalışmaları.....	44
3.6 Elde Edilen Bulguların İstatistiksel Metod İle Analizi.....	45
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	46
4.1 Doğal Arıtma Tesisleri Giriş-Çıkış Değerleri	46
4.1.1 Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi	46
4.1.2 Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi.....	53
4.1.3 Gürle Doğal Arıtma Tesisi.....	59
4.1.4 Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi	65
4.1.5 Yenice Doğal Arıtma Tesisi	71
4.1.6 Pınar Doğal Arıtma Tesisi	77
4.1.7 İncirli Doğal Arıtma Tesisi	83
4.1.8 Mentеше Doğal Arıtma Tesisi	89
4.1.9 Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi	95
4.1.10 Deydinler Doğal Arıtma Tesisi.....	102
4.2 Doğal Arıtma Tesislerine Mevsimsel Şartların Etkisi.....	106
4.2.1 Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi	107
4.2.2 Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi.....	109
4.2.3 Gürle Doğal Arıtma Tesisi.....	110
4.2.4 Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi	111
4.2.5 Yenice Doğal Arıtma Tesisi	112
4.2.6 Pınar Doğal Arıtma Tesisi	113
4.2.7 İncirli Doğal Arıtma Tesisi	115
4.2.8 Mentеше Doğal Arıtma Tesisi	116
4.2.9 Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi.....	117

4.2.10 Deydinler Doğal Arıtma Tesisi.....	118
4.3 Analiz Sonuçları	119
4.3.1 AKM Giderim Verimi	119
4.3.2 KOİ Giderim Verimi.....	120
4.3.3 Toplam-N Giderim Verimi	120
4.3.4 Toplam-P Giderim Verimi.....	121
4.4 Doğal Arıtma Tesisleri İlk Yatırım ve İşletme Maliyetleri	122
4.4.1 İlk Yatırım Maliyetleri.....	122
4.4.2 İşletme Maliyetleri.....	123
4.5 İstatiksel Analiz.....	124
4.5.1 AKM Giderim Verimlerinin Mevsimsel İlişkisi.....	125
4.5.2 KOİ Giderim Verimlerinin Mevsimsel İlişkisi.....	126
4.5.3 Toplam-N Giderim Verimlerinin Mevsimsel İlişkisi	127
4.5.4 Toplam-P Giderim Verimlerinin Mevsimsel İlişkisi	128
4.5.5 Kış Mevsiminde Arıtma Verimlerinin Birbirleri ile İlişkisi	128
4.5.6 İlkbahar Mevsiminde Arıtma Verimlerinin Birbirleri ile İlişkisi	129
4.5.7 Yaz Mevsiminde Arıtma Verimlerinin Birbirleri ile İlişkisi	130
4.6 Optimum Çalışmayan Tesislere Getirilecek Öneriler	131
4.6.1 Tesisin Fiziksel Özelliklerinin Değiştirilmesi-Kontrolü İle Sağlanacak İyileştirmeler.....	131
4.6.2 KOİ Giderimi İçin Tesise Getirilecek Öneriler	133
4.6.3 AKM Giderimi İçin Tesise Getirilecek Öneriler	133
4.6.4 Azot Giderim Veriminin Arttırılması İçin Tesislere Getirilecek Öneriler ...	133
4.6.5 Fosfor Giderim Veriminin Arttırılması İçin Tesislere Getirilecek Öneriler.	135
5. SONUÇ	138
KAYNAKLAR	142
ÖZGEÇMİŞ	146

KISALTMALAR DİZİNİ

AAT	Atıksu Arıtma Tesisi
AKM	Askıda Katı Madde
BOİ	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
BUSKİ	Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi
ÇSB	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DA	Doğal Arıtma
EEC	Avrupa Ekonomi Topluluğu
EPA	Çevreyi Koruma Ajansı
IBM SPSS Program	Uluslararası İş Makineleri-Sosyal Bilimler İçin İstatistiksel Paket Program
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
MAM	Marmara Araştırma Merkezi
ORSAM	Ortadoğu Stratejik Araştırmalar Merkezi
PP	Polipropilen
SKKY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
USEPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
UV	Ultraviyole

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Septik tankların genel görünümü ve atıksuların izlediği yol.....	4
Şekil 2.2. Stabillizasyon havuzları genel görünümü	9
Şekil 2.3. Arazide arıtma sistemleri genel görünümü	10
Şekil 2.4. Yeraltına sızdırma sistemleri	10
Şekil 2.5. Buharlaştırma yöntemi ile atıksuların arıtılması	11
Şekil 2.6. Doğal sulak alanların şematik gösterimi	11
Şekil 2.7. Dolgu sistemleri kullanılarak infiltrasyon yüzeylerinin artırılması	17
Şekil 2.8. Perde drenaj sistemi şematik gösterimi	18
Şekil 2.9. Drenaj tasarımında kullanılan çizelge	18
Şekil 2.10. İnfiltrasyon alanı tasarımında hidrolik hesaplar	20
Şekil 2.11. İnfiltrasyon alanı tasarımında hidrolik hesaplar	22
Şekil 2.12. The European Council Directive 91/271/EEC” direktifinde belirlenen atıksu deşarj yöntemleri.....	28
Şekil 3.1. Seçilen 10 adet doğal arıtma tesisine ait akım şeması.....	33
Şekil 3.2. Doğal Arıtma Tesislerinin Tasarım ve İşletme Yöntemi.....	34
Şekil 3.3. Üç gözlü (solda) ve iki gözlü (sağda) yatay akımlı fosseptik çukuru.....	34
Şekil 3.4. Doğal arıtma tesislerinin uydu görüntüsü.....	35
Şekil 3.5. Bursa ili 2 adet merkezi atıksu arıtma tesisinin uydu görüntüsü.....	36
Şekil 3.6. Susurluk Havzası arazi kullanım haritası.	38
Şekil 4.1. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisinin yeri ve tesise yakın olan hayvan çiftliklerinin tesise yakınlığı.....	47
Şekil 4.2. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi Genel Görüntüsü.....	48
Şekil 4.3. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi	48
Şekil 4.4. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi (Yüzeyaltı Akış Yapısı).....	50
Şekil 4.5. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi çıkış yapısı	50
Şekil 4.6. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi giriş yapısı	51
Şekil 4.7. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi	52
Şekil 4.8. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi etrafındaki taşkınlık problemi	52
Şekil 4.9. Taşpınar Doğal Arıtma Tesisinin yeri ve yakınındaki sanayi kuruluşları	54
Şekil 4.10. Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi (Giriş Yapısı).....	55
Şekil 4.11. Karacabey Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi.....	56
Şekil 4.12. Karacabey Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi.....	57

Şekil 4.13. Karacabey Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi (Yüzey Altı Akış Yapısı)	58
Şekil 4.14. Gürle Doğal Arıtma Tesisinin Konumu	59
Şekil 4.15. Gürle Doğal Arıtma Tesisinin İznik Gölüne Olan Mesafesi	60
Şekil 4.16. Gürle Doğal Arıtma Tesisi (Foseptik Yapısı).....	61
Şekil 4.17. Gürle Doğal Arıtma Tesisi (Foseptik Yapısı).....	62
Şekil 4.18. Gürle Doğal Arıtma Tesisi (Yüzey Altı Akış Yapısı)	63
Şekil 4.19. Gürle Doğal Arıtma Tesisi (Foseptik Yapısı).....	64
Şekil 4.20. Gürle Doğal Arıtma Tesisi (Yüzey Altı Akış Yapısı)	64
Şekil 4.21. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisinin yeri.....	66
Şekil 4.22. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisinin yeri ve göle yakınlığı	66
Şekil 4.23. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi (Foseptik Yapısı)	67
Şekil 4.24. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi giriş yapısına yakın örnek alınan kırık boru ...	68
Şekil 4.25. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi foseptik yapısı ve diğer mevsimlerde örnek alınan nokta	70
Şekil 4.26. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi Çıkış Yapısı	70
Şekil 4.27. Yenice Doğal Arıtma Tesisinin yeri	72
Şekil 4.28. Yenice Doğal Arıtma Tesisi (Foseptik Yapısı)	73
Şekil 4.29. Yenice Doğal Arıtma Tesisi	74
Şekil 4.30. Yenice Doğal Arıtma Tesisi (Deşarj Noktası).....	75
Şekil 4.31. Büyükorhan Yenice Doğal Arıtma Tesisi (Yüzey Altı Akış Yapısı)	76
Şekil 4.32. Yenice Doğal Arıtma Tesisi (Çıkış Yapısı).....	76
Şekil 4.33. Pınar Doğal Arıtma Tesisi	77
Şekil 4.34. Pınar Doğal Arıtma Tesisi (Foseptik Yapısı)	78
Şekil 4.35. Pınar Doğal Arıtma Yapısı (Foseptik Yapısı)	80
Şekil 4.36. Büyükorhan Pınar Doğal Arıtma Yapısı (Deşarj Noktası)	80
Şekil 4.37. Pınar Doğal Arıtma Yapısı (A Yüzey Altı Akış Yapısı)	82
Şekil 4.38. Pınar Doğal Arıtma Yapısı (Deşarj Noktası).....	82
Şekil 4.39. İncirli Doğal Arıtma Tesisinin Konumu.....	84
Şekil 4.40. İncirli Doğal Arıtma Tesisi (Yüzey Altı Akış Yapısı).....	85
Şekil 4.41. İncirli Doğal Arıtma Tesisi (Foseptik Yapısı).....	86
Şekil 4.42. İncirli Doğal Arıtma Tesisi (Yüzey Altı Akış Yapısı).....	87
Şekil 4.43. İncirli Doğal Arıtma Tesisi (Yüzey Altı Akış Yapısı).....	88

Şekil 4.44. Mentеше Doğal Arıtma Tesisinin Konumu	89
Şekil 4.45. Mentеше Doğal Arıtma Tesisini	90
Şekil 4.46. Mentеше Doğal Arıtma Tesisini (Arıtma Yapısına Giriş).....	90
Şekil 4.47. Mentеше Doğal Arıtma Tesisini (Yüzey Altı Akış Yapısı).....	92
Şekil 4.48. Mentеше Doğal Arıtma Tesisini (Çıkış Yapısı).....	92
Şekil 4.49. Mentеше Doğal Arıtma Tesisini (Foseptik Yapısı)	94
Şekil 4.50. Mentеше Doğal Arıtma Tesisini (Yüzey Altı Akış Yapısı).....	94
Şekil 4.51. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisini (Yüzey Altı Akış Yapısı)	95
Şekil 4.52. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisini (Foseptik Yapısı).....	96
Şekil 4.53. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisini (Yüzey Altı Akış Yapısı)	97
Şekil 4.54. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisini (Deşarj Noktası)	97
Şekil 4.55. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisini (Giriş ve Fosseptik Yapısı)	99
Şekil 4.56. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisini (Yüzey Altı Akış Yapısı ve Giriş Borusu).....	99
Şekil 4.57. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisini Kış (Üstte) ve İlkbahar (Altta) Çalışmaları	100
Şekil 4.58. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisini (Foseptik Yapısı).....	101
Şekil 4.59. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisini (Yüzey Altı Akış Yapısı)	101
Şekil 4.60. Deydinler Doğal Arıtma Tesisini (Foseptik Yapısı).....	102
Şekil 4.61. Deydinler Doğal Arıtma Tesisini (Fosseptik Yapısı)	103
Şekil 4.62. Deydinler Doğal Arıtma Tesisini (Yüzey Altı Akış Yapısı)	104
Şekil 4.63. İnegöl Deydinler Doğal Arıtma Tesisini (Çıkış Yapısı).....	105
Şekil 4.64. Deydinler Doğal Arıtma Tesisini (Giriş Yapısı).....	105
Şekil 4.65. Bursa ili ortalama sıcaklık-yağış değerleri	107
Şekil 4.66. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisini analiz sonuçlarının mevsimsel değişimi.....	108
Şekil 4.67. Taşpınar Doğal Arıtma Tesisini analiz sonuçlarının mevsimsel değişimi	109
Şekil 4.68. Gürle Doğal Arıtma Tesisini analiz sonuçlarının mevsimsel değişimi	111
Şekil 4.69. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisini analiz sonuçlarının mevsimsel değişimi	112
Şekil 4.70. Yenice Doğal Arıtma Tesisini analiz sonuçlarının mevsimsel değişimi	113
Şekil 4.71. Pınar Doğal Arıtma Tesisini analiz sonuçlarının mevsimsel değişimi	114
Şekil 4.72. İncirli Doğal Arıtma Tesisini analiz sonuçlarının mevsimsel değişimi.....	115
Şekil 4.73. Mentеше Doğal Arıtma Tesisini analiz sonuçlarının mevsimsel değişimi.....	116
Şekil 4.74. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisini analiz sonuçlarının mevsimsel değişimi..	117

Şekil 4.75. Deydinler Doğal Arıtma Tesisi analiz sonuçlarının mevsimsel değişimi ..	118
Şekil 4.76. 10 adet doğal arıtma tesisinin 3 mevsim akm giderim verimleri	119
Şekil 4.77. 10 adet doğal arıtma tesisinin 3 mevsim koi giderim verimleri	120
Şekil 4.78. 10 adet doğal arıtma tesisinin 3 mevsim toplam-n giderim verimleri	121
Şekil 4.79. 10 adet doğal arıtma tesisinin 3 mevsim toplam-p giderim verimleri	121



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Farklı yerlerden kaynaklanan kabul edilebilir debi oranları.....	14
Çizelge 2.2. Morfolojik özelliklere göre hidrolojik yükleme oranları.....	21
Çizelge 2.3. Kirlilik giderim mekanizmaları	26
Çizelge 2.4. ABD yüzeysel sulara deşarj parametreleri	27
Çizelge 2.5. Avrupa Kentsel Atıksu Direktifi'ne göre evsel kaynaklı atıksular deşarj yöntemleri (The European Council Directive 91/271/EEC” Ek-1 Çizelge 1).....	29
Çizelge 2.6. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 21.5: Evsel Nitelikli Atıksular (Eşdeğer Nüfusun Ne Olduğuna Bakılmaksızın Doğal Arıtma (Yapay Sulak Alan) ve Stabilizasyon Havuzları Sistemiyle Biyolojik Arıtma Yapan Kentsel Atıksu Arıtma Tesisleri İçin)	30
Çizelge 2.7. ABD, AB ve Türkiye mevzuatı deşarj değerlerinin karşılaştırılması.....	31
Çizelge 3.1. Çalışma kapsamında belirlenen doğal arıtma tesisleri ve nüfus eşdeğer kişileri.....	32
Çizelge 3.2. Seçilen 10 adet doğal arıtma tesislerinin bulunduğu havza ve deşarj yerleri	37
Çizelge 3.3. Alınan örneklerin korunması için alınan önlemler	43
Çizelge 3.4. Örnek almada kullanılan ekipman ve özellikleri.....	44
Çizelge 4.1. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 21.5: Evsel Nitelikli Atıksular (Eşdeğer Nüfusun Ne Olduğuna Bakılmaksızın Doğal Arıtma (Yapay Sulak Alan) ve Stabilizasyon Havuzları Sistemiyle Biyolojik Arıtma Yapan Kentsel Atıksu Arıtma Tesisleri İçin)	46
Çizelge 4.2. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları	49
Çizelge 4.3. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları	53
Çizelge 4.4. Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları.....	55
Çizelge 4.5. Karacabey Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları.....	56
Çizelge 4.6. 07.05.2016 Tarihinde Karacabey Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları.....	58
Çizelge 4.7. Gürle Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları.....	61
Çizelge 4.8. Gürle Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları.....	63
Çizelge 4.9. Gürle Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları.....	65
Çizelge 4.10. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları	68
Çizelge 4.11. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları	69

Çizelge 4.12. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları	71
Çizelge 4.13. Yenice Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları.....	73
Çizelge 4.14. Yenice Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları.....	75
Çizelge 4.15. Yenice Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları.....	77
Çizelge 4.16. Pınar Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları.....	79
Çizelge 4.17. Pınar Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları.....	81
Çizelge 4.18. Pınar Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları.....	83
Çizelge 4.19. İncirli Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları	85
Çizelge 4.20. İncirli Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları	86
Çizelge 4.21. İncirli Doğal Arıtma Tesisi yaz mevsimi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları	88
Çizelge 4.22. Mentеше Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları	91
Çizelge 4.23. Mentеше Doğal Arıtma Tesisi giriş analiz değerleri	93
Çizelge 4.24. Yenişehir Mentеше Doğal Arıtma Tesisi giriş analiz değerleri.....	95
Çizelge 4.25. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi giriş analiz değerleri.....	98
Çizelge 4.26. Deydinler Doğal Arıtma Tesisi analiz değerleri (kış mevsimi çalışmaları)	103
Çizelge 4.27. Deydinler Doğal Arıtma Tesisi analiz değerleri.....	106
Çizelge 4.28. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış değerleri mevsimsel olarak karşılaştırılması	108
Çizelge 4.29. Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış değerleri mevsimsel olarak karşılaştırılması	109
Çizelge 4.30. Gürle Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış değerleri mevsimsel olarak karşılaştırılması	110
Çizelge 4.31. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış değerleri mevsimsel olarak karşılaştırılması	111
Çizelge 4.32. Yenice Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış değerleri mevsimsel olarak karşılaştırılması	113
Çizelge 4.33. Pınar Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış değerleri mevsimsel olarak karşılaştırılması	114
Çizelge 4.34. İncirli Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış değerleri mevsimsel olarak karşılaştırılması	115
Çizelge 4.35. Mentеше Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış değerleri mevsimsel olarak karşılaştırılması	116

Çizelge 4.36. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış değerleri mevsimsel olarak karşılaştırılması	117
Çizelge 4.37. Deydinler Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış değerleri mevsimsel olarak karşılaştırılması	118
Çizelge 4.38. Eşdeğer nüfus özelliklerine göre doğal arıtma tesisleri yaklaşık ilk yatırım maliyetleri	123
Çizelge 4.39. Doğal Arıtma Tesislerinin yıllık işletme maliyetleri	124
Çizelge 4.40. AKM giderim verimleri ile 3 mevsim arasındaki ilişkiyi gösteren çizelge	126
Çizelge 4.41. KOİ giderim verimleri ile 3 mevsim arasındaki ilişkiyi gösteren çizelge	126
Çizelge 4.42. Toplam-N giderim verimleri ile 3 mevsim arasındaki ilişkiyi gösteren çizelge	127
Çizelge 4.43. Toplam-P giderim verimleri ile 3 mevsim arasındaki ilişkiyi gösteren çizelge	128
Çizelge 4.44. Kış mevsiminde giderim verimleri arasındaki ilişki.....	129
Çizelge 4.45. İlkbahar mevsiminde giderim verimleri arasındaki ilişki.....	129
Çizelge 4.46. Yaz mevsiminde giderim verimleri arasındaki ilişki.....	130

1.GİRİŞ

Teknoloji ve sanayinin hızla gelişmesi ve hızlı nüfus artışı su ihtiyacını arttırmış, beraberinde su kaynaklarının hızlı kirlenmesi ve tükenmesi sorununu getirmiştir. Bunun yanında sanayideki gelişmeler ve hızlı nüfus artışı mevcut sulardaki değişimle birlikte canlı yaşamını tehdit eder hale gelmiştir. Bu sebeple atıksuların arıtılma ihtiyacı doğmuş ve birçok arıtma yöntemi geliştirilmiştir. Özellikle 20.yy.ın ilk başlarında atıksu arıtma tesisi çalışmaları başlamış ve atıksuların arıtımında yer, iklim, enerji maliyeti gibi etkenlere bağlı olarak pek çok arıtma sistemi geliştirilmiştir. Ancak endüstriyel faaliyetler sonucu geniş aralıklarda ve yüksek konsantrasyonlarda çevreye yayılan kirleticilerin giderimi için bu arıtma sistemleri yeterli gelmemiş ve ileri arıtım mekanizmaları kullanımı gereği ortaya çıkmıştır. Bununla beraber ileri arıtma prosesleri yüksek teknoloji, enerji ve kimyasallar gerektirmektedir. Aynı zamanda kalifiye eleman ihtiyacı gerektiren bu işletmelerin ilk yatırım maliyetleri ve işletme masrafları da oldukça yüksektir (Demirörs 2006).

MÖ 1700 lü yıllarda Kral Minos, Knossos Place de ilk klozet kavramını geliştirmiştir. Aradan geçen yaklaşık 4.000 yılda krallar ve hükümdarlar halklarına hizmet vermek, halklarının ve kamu sağlığını ve çevresel kaynakları korumak ve atıkların bertarafı için çözüm aramışlardır (USEPA&Agency 2002). Yunanlılar, Romalılar, İngilizler ve Fransızlar atıkların bertarafını gerçekleştirmek için 800-1850 yılları arasında çalışmalar yapmış fakat yüzeysel sulara gelen deşarjlar nedeniyle sık sık tifo, kolera gibi salgınlar baş göstermiş ve bu salgınların önüne geçilememiştir. 1800 lü yılların sonunda Massachusetts Eyalet Kurulu tarafından bu salgın hastalıklar ile atıksuların arıtılması arasındaki pozitif ilişki ortaya çıkarılmış, daha sonra da ABD’de evsel atıkların arıtımı konusu yaygınlaştırılmıştır. Son yüzyılda ise kentsel atıksu arıtım teknolojilerinde bir patlama yaşanmış ve bu teknolojiler ABD’den dünyaya hızla yayılmaya başlamıştır. Bu tanklar merkezi yerlerde gelişmiş olmasına rağmen merkezi olmayan yerlerde de arıtma sistemleri 100 yıl öncesine kadar hızla gelişmiştir. Septik tankların kullanımı 1800 lü yılların sonunda bir tankın içine çakıl doldurularak atıksu deşarjı ile başlamış ve yaygınlaşmıştır (USEPA&Agency 2002).

İleri arıtma teknolojilerinin yarattığı olumsuz koşullar günümüzde enerji ve personel ihtiyacı gerektirmeyen doğal arıtma tesislerinin kullanılmasını sağlamıştır. Dünyada doğal arıtma sistemleri, nokta kaynaklı yada havza kökenli kirliliği azaltmak üzere farklı amaçlarda, çeşitli örneklerde ve değişik tasarımlarda kullanılmaktadır (Demirörs 2006). Ülkemizde ise mevcut arıtma sistemlerinin ulaşamadığı kırsal alanlardaki halkın, temiz suya ulaşmada yaşanan zorluklar ve kirlenmiş suların getirdiği olumsuz etkilerden uzak tutulması için kullanılmaktadır.

Günümüzde oluşan atıksuları arıtma için bir çok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler çok kompleks sistemlerin yanı sıra basit teknoloji kullanılarak elde edilmiş sistemler de olabilir. Ancak hepsinin amacı aynı olmakla birlikte atıksu içerisindeki kirleticileri ortamdaki uzaklaştırarak çevre ve halk sağlığını korumak temel amaçtır. Doğal arıtma sistemleri bu amaca hizmet eden ve aynı zamanda enerji ihtiyacı gerektirmeyen sistemlerdir. Doğal arıtma tesisleri hidrolik yükleme oranları, atık su hızı arıtma yapısı eğimi vb. paametreler yardımıyla tasarlanır ve hiçbir işletme gereksinimi (enerji ve kimyasal ihtiyacı vb.) kullanılmadan alıcı ortama su arıtılmış olarak verilmektedir.

Doğal arıtma tesisleri, 1997 yılında yapılan bir araştırmaya göre 26 milyon ev, dinlenme tesisi, işyerleri gibi alanlardan günde 15 120 000 m³ atıksu arıtmaktadır (U.S. Census Bureau 1997, USEPA&Agency 2002). Bu sistemler gün geçtikçe 20 yapıdan daha düşük yerlere, kümelenmiş yerleşim yerlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yeraltı ve yüzeysel su kalitesinin bakteri, azot, nitrat vb. kirleticilere karşı korumakta oldukça başarılı tesislerdir. Çevreye olumlu katkılarının yanı sıra doğal arıtma tesisleri, eğer planlanması, tasarımı, işletilmesi ve bakımı düzenli yapılırsa, düşük işletme maliyetlerinde uzun dönem bakım gerektirmeden çalışmaktadırlar (USEPA 1997, USEPA&Agency 2002).

Bursa ili 6360 sayılı kanun kapsamında Bursa Büyükşehir Belediyesi'nin sınırları belirlenmiş ve Bursa ilindeki köy ve beldelerin durumu kesinleştirilmiştir. Bu sebeple Bursa iline bağlı köylerin sorumluluğu da İl Özel İdarelerden Belediye yetkilerine geçmiştir. Bu kapsamda merkezi olmayan köylerin atıksularının bertarafı için daha fazla yerinde arıtma sistemine ihtiyaç duyulmuştur.

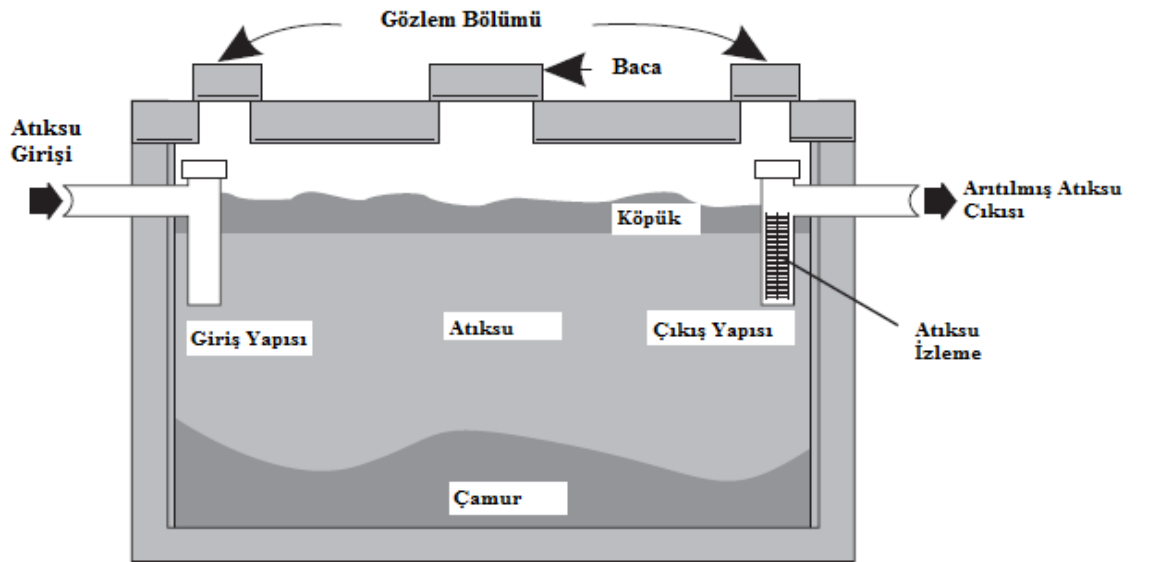
Bu çalışma kapsamında da Bursa ilinde bulunan yerinde arıtma tesislerinin 10 tanesi belirlenecek ve tasarım parametreleri, giderim verimleri göz önünde bulundurularak verimli bir şekilde çalışıp çalışmadıkları izlenmiştir. Verimli çalışmayan ve sorun gözlenen tesislerde eksiklikler tespit edilerek gerekli iyileştirme önerileri yapılmıştır.



2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Dünyada Doğal Arıtma Tesislerinin Mevcut Durumu

Bilim adamları, mühendisler ve üreticiler atıksu arıtma sektörünü geliştirmişler ve hidrolik yükü arttıran ve daha fazla kirlilik-patojen gideren atıksu arıtma sistemleri tasarlamışlardır. Bu teknolojiler önemli kirlilik giderim oranları sağlamıştır. Alternatif yöntemler ile birlikte (kum filtreleri, geri beslemeli havalandırma havuzları vb.) deşarj yeri ve uygulanacak alan gibi konulara odaklanılmıştır. Tüm bu geliştirilen alternatif arıtma teknolojileri ilk olarak Şekil 2.1’de gösterilen septik tankların arkasına ilave edilmek maksadıyla ortaya çıkmıştır. Bu septik tanklar yüzeyde köpük ve yağ-gres oluşumunu sağlamakta, taban kısmında da organik maddelerin anaerobik şartlarda giderimini gerçekleştirmektedir. Böylece günümüzde enerji ve işletme maliyeti gerçekleştirmeyen küçük nüfuslu ve merkezi arıtmanın dışında kalan ev ve iş yerlerinde uygulanabilecek bu sistemlerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu sistemler enerji gerektirmeksizin atıksuların arıtılmasını sağladığı için doğal arıtma sistemleri olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 2.1. Septik tankların genel görünümü ve atıksuların izlediği yol (NSFC 2000, USEPA&Agency 2002)

Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Nüfus Bürosunun 1999 yılında paylaştığı verilere göre ABD’de 115 milyon evin atıksularının %23 ü doğal arıtma sistemleri ile arıtılmaktadır (Yaklaşık 27 milyon ev). Bu orana 1970 li yıllarda ulaşılmış olup 1970 lerden itibaren bu oran çok az değişmiştir. Bu oran kırsal yerleşimin yaygın olduğu Vermont’ta %55 lere iken Kalifornia’da % 10’dan daha düşük bir orandadır. Bu sistemlerin bir kısmının düzgün çalışmadığı ve bir kısmının da 30 yıldan fazla ömürlü olduğu için çalışmasının sonlandırılması gerekmektedir. Yine ABD Nüfus Bürosu’nun verdiği istatistiklerde 97 yılında 403.000 evin arıtma sistemlerinin çalışmadığı açıklanmıştır (U.S. Census Bureau, 1997). USEPA tarafında 2000 yılında verilen raporda bu tesislerin %10-%20’sinin çalışmadığı tespit edilmiştir (USEPA 2000). Ancak tüm bu başarısızlıklara rağmen ABD’de yer altı suyuna giden azot oranı %55-%85 oranında azaldığı belirlenmiştir (USEPA&Agency 2002).

Orta Avrupa ülkeleri ve Doğu Avrupa Küresel Su Ortaklığı programı üyesi olan ülkeler 2015 yılına kadar nüfuslarının %85-%90 ının merkezi arıtma sistemlerine vermeyi ve kentsel atıksularını arıtmayı planlamışlardır. Ancak bu hedefe ulaşılsa bile kalan %10-%15 lik kısım 20 milyon eşdeğer nüfusa denk gelmektedir (Bodik ve Ridderstolpe, Somogyi ve ark. 2009). Ayrıca bu yerleşim yerlerinde atıksu arıtımı için bir zorunluluk olmadığından bu yerlerin ihmal edilme riski yüksektir (Somogyi ve ark. 2009). Avrupa da doğal arıtma tesisleri, merkezi olmayan yerlerdeki atıksuların arıtılması için alternatif olarak kurulmuştur.

2.2 Türkiye’de Doğal Arıtma Tesislerinin Tarihçesi

Türkiye’de gerçek boyutta ilk doğal arıtma tesisleri T.C Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğüne “Doğal Arıtma Projesi” kapsamında yapılmıştır. Daha sonra Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü’nün lağvedilmesiyle projeyi İl Özel İdareleri devralmıştır (Demirörs 2006). Ankara-Haymana Dikilitaş Köyü Doğal Arıtma Tesisi, bu proje kapsamında inşa edilen ilk doğal arıtma tesisidir (Yapay Sulak Alan). Ayrıca, Ilgın Kapaklı, Akşehir-Çamlı, Tuzlukçu-Erdoğdu köylerinde “Doğal Atıksu Arıtma Projesi” inşaatları tamamlanmıştır (ORSAM 2011). TÜBİTAK - MAM tarafından Konya Tuz Gölü Havzası’nda yer alan Aksaray İli Sultanhanı ve Altınken beldeleri için yüzeyaltı akışlı yapay sulak alan projeleri hazırlamıştır. Yapay sulak alan

tasarımında Sultanhanı Beldesinin 2037 yılı nüfus projeksiyonu 4892 kişi olarak hesaplanmış, Altıneken Beldesi'nin 2037 yılı nüfus projeksiyonu 5001 kişi olarak belirlenmiştir. Arıtılmamış atıksuyun BOİ değeri 250 mg/l olarak kabul edilmiştir (TÜBİTAK-MAM 2010, ORSAM 2011).

2.3 Türkiye’de Doğal Arıtma Tesislerinin Mevcut Durumu

Türkiye Devlet Planlama Teşkilatı tarafından hazırlanan Ulusal Kırsal Kalkınma Stratejisi Belgesinde (2007-2013) öncelikli alanlar kapsamında Kırsal Altyapının Geliştirilmesi önceliği altında “Kanalizasyon altyapısı ihtiyaçlarının giderilmesinde, yapım ve işletme giderleri düşük olan doğal arıtma tesislerinin yapımına öncelik verilecektir” ibaresi yer almaktadır (Anonim 2006, Gökalp ve ark. 2013). Türkiye de doğal arıtma tesislerine yönelik kesin sayı belli olmamakla birlikte evsel atıkların arıtılmasına yönelik yapılan ve doğal arıtmaları ve küçük tesisleri de kapsayan bir çalışmada, evsel atıksuların arıtılmasına yönelik toplam 305 adet tesis bulunduğu bilinmektedir (Özcan 2010). Ayrıca Türkiye de bulunan doğal arıtma tesislerinde yılda 5,1 milyon m³ atıksu arıtılmaktadır (Özcan 2010). Bu istatistiklerin günümüzde çok fazla değişmediği düşünülmektedir. Yaklaşık bir hesap yapıldığında Türkiye’deki doğal arıtma tesislerinin 80 000 kişiye hizmet ettiği düşünülmektedir. Ayrıca bu doğal arıtma tesislerinin optimum şekilde çalışıp çalışmadığı konusunda herhangi bir veri bulunamamıştır.

2.4 Bursa İli Doğal Arıtma Tesislerinin Mevcut Durumu

Marmara Denizi’nin güneydoğusunda yer alan Bursa, doğuda Bilecik, Adapazarı, kuzeyde Kocaeli, Yalova ve Marmara Denizi, güneyde Kütahya, batıda Balıkesir illeriyle çevrilidir. Denizden yüksekliği 155 metre olan Bursa’nın yüzölçümü göller dahil 10 882 km²’dir. Türkiye’nin Avrupa Kenti ünvanını ilk olarak alan ve Türkiye’nin dördüncü metropol şehirlerinden olan Bursa, ekonomik açıdan da Türkiye’nin gelişmiş illerinden biri olarak bilinmektedir. Bursa ili nüfusu 2016 adrese dayalı verilerine göre 2 901 396’dir (TÜİK 2016). İlin yüzey şekilleri, birbirlerinden eşiklerle ayrılmış çöküntü alanlarıyla, dağlar halindedir. Çöküntü alanlarının başlıcalarını İznik ve Uluabat Gölleri ile Yenişehir, Bursa ve İnegöl Ovaları oluşturmaktadır.

Bursa doğal bitki örtüsü açısından zengin bir ildir. İlin topraklarının yaklaşık % 35 ini dağlar kaplamaktadır. Bursa ilinde dağlar genellikle doğu-batı yönünde uzanan sıradağlar şeklindedir. Bunlar; Orhangazi'nin batısından Gemlik Körfezi'nin batı ucunda bulunan Bozburun'a doğru uzanan Samanlı Dağları, Gemlik Körfezi'nin güney yüzünü kaplayan ve Bursa Ovası'nı denizden ayıran Mudanya Dağları, İznik Gölü'nün güneyi ile Bursa Ovası'nın kuzey kesimleri arasında yer alan Katırlı Dağları, Mudanya Dağları'nın uzantısı olan Karadağ ve Marmara Bölgesi'nin en yüksek dağı olup 2543 metre yüksekliğe ulaşan Uludağ'dır (T.C Bursa Valiliği 2015). Bursa topraklarının % 17'sini ovalar oluşturmaktadır. Bunlardan en önemlisi Bursa Ovası'dır. Verimli topraklarıyla Yenişehir, İnegöl, Mustafakemalpaşa, Karacabey, Orhangazi ve İznik ovaları da bitkisel üretimin yoğunlaştığı yerlerdendir.

Bursa ilinde 2 adet merkezi evsel atıksu arıtma tesisi bulunmaktadır. Bunlardan Doğu Atıksu Arıtma Tesisi 320 000 m³/gün debiye göre tasarlanmış olup günümüzde 240 000 m³/gün debiyle çalışmaktadır. Batı Atıksu Arıtma Tesisi ise 175 000 m³/gün debiye göre tasarlanmış olup günümüzde 87 500 m³/gün debiyle çalışmaktadır. Bu iki tesis Bursa Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi (BUSKİ) tarafından işletilmektedir. Ayrıca BUSKİ bu tesislerin yanı sıra merkezi ve merkezi olmayan ilçelerde evsel atıksu arıtma tesisleri kurmuştur. Merkezi olmayan yerler için ise İl Özel İdareleri tarafından doğal arıtmalar kurulmuş olup bu tesisler daha sonra BUSKİ idaresine bırakılmıştır. Bu tesislerin sayısı ve işleyişi ile ilgili tam bilgi bulunmamaktadır. Bu çalışma kapsamında bu tesislerden 10 tanesi belirlenecek ve arıtma verimleri hesaplanacaktır. Optimum çalışmayan tesisler için öneriler getirilecektir.

2.5 Doğal Arıtma Tesislerinin Genel Özellikleri

Evsel atıksu tanımı, evlerden ve insan faaliyetleri sonucu kanalizasyona verilen sıvı atıkları belirtmek için kullanılmaktadır (Ormiston ve Floyd 2004). Bu sular tuvaletlerden, banyolardan, duşlardan, lavabolardan, çamaşırhanelerden, mutfaklardan kaynaklanan atıksuları kapsamaktadır. Bu atıklar merkezi atıksu arıtma tesislerinde arıtılmaktadır fakat merkezi olmayan yerlerde, kırsal alanlarda klasik arıtma sistemlerini uygulamak oldukça maliyetli olabilmektedir. Bu sebeple bu yerleşim yerlerinde doğal

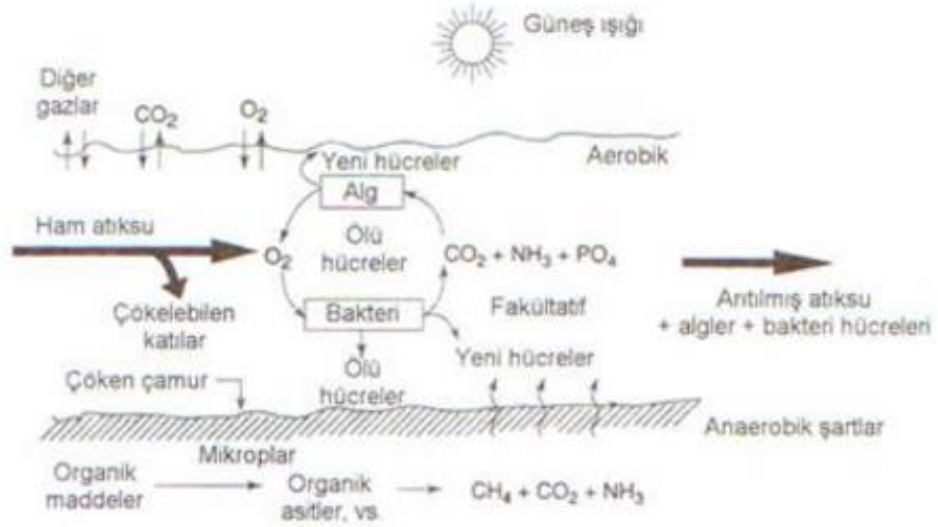
arıtma sistemleri uygulanmaya başlamıştır. Doğal arıtma sistemlerinde toprak, su, bitkiler, mikroorganizmalar ve atmosfer fiziksel, kimyasal ve biyolojik olaylarla sürekli olarak karşılıklı etkileşim halindedir.

2.6 Doğal Arıtma Sistemlerinin Çeşitleri

Dünyada ve Türkiye’de kullanılan doğal arıtma sistemleri;

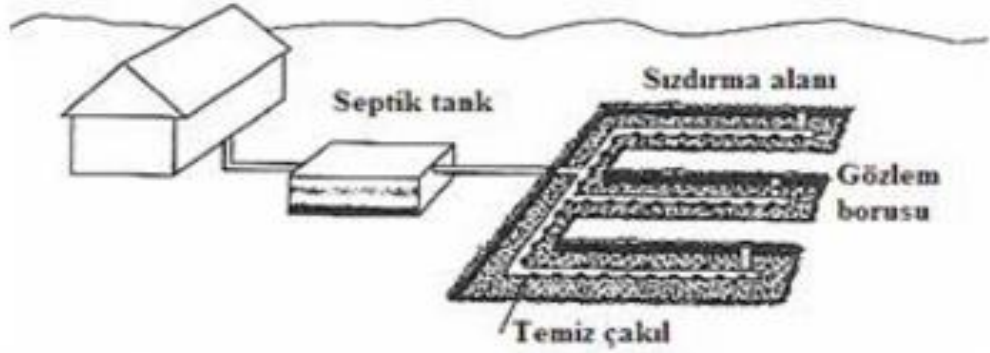
- Stabilizasyon Havuzları
- Arazide Arıtma
- Yeraltına Sızdırma
- Buharlaştırma Havuzları
- Doğal Sulak Alanlar
- Yapay Sulak Alanlar

Stabilizasyon Havuzları atıksudaki organik maddelerin, hücre faaliyetleri sonucunda alg ve bakteri bünyesine dönüştürüldüğü stabilizasyon havuzları inşası kolay, enerji ve kalifiye eleman ihtiyacı bulunmayan tesislerdir. En basit arıtma metotlarından biri olarak kabul edilmektedir. Havalandırma havuzlarına atıksu doğrudan verilir. Katı maddeler dipte çökerken tabanda anaerobik şartlar oluşmaktadır. Yüzeide ise aerobik şartlar oluşarak atıksu giderimi gerçekleşmektedir. Stabilizasyon havuzlarının organik madde giderim verimleri %70-%80 oranına kadar çıkmaktadır (Kanat 1992). Hidrolik bekletme süresi 5-30 gün; havuzdaki askıda katı madde konsantrasyonu 50-150 mg/lt; lagün derinliği 1,0-2,0 m. olarak tasarlanmaktadır. Organik yükleme oranı Türkiye şartları için 50-150 kg BOİ/ha gün olabilmektedir (Kanat 1992). Sıcaklık reaksiyonların oluşumunda oldukça etkili olduğundan sıcaklık yükseldikçe arıtma verimi de yükselir. Uygun bir arıtma temini için sıcaklık 5 °C'den küçük olmamalıdır. Havuzlardaki oksijen ihtiyacı 1,0-1,5 kg O₂ /kg arıtılan yeterli olabilmektedir (Kanat, 1992). Stabilizasyon havuzlarının şematik yapısı Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Stabilizasyon havuzları genel görünümü (20.03.2010 Tarih ve 27527 Sayılı AAT Teknik Usuller Tebliği)

Arazide Arıtma sistemlerinde atıksu ilk çöktürme işlemi uygulandıktan sonra (tercihe bağlı olarak uygulanmayabilir de) arazi üzerine bırakılarak arıtma işlemleri gerçekleştirilmektedir. Burada arazi jeolojik yapısı ve topografyası önemli rol oynar. Geçirgenliği yüksek olan zeminlerde yeraltı suları kirlenmesi söz konusu olabilir. Az geçirgen alan ve eğimli zeminlerde atıksular zemin yüzeyinden akıtılarak, diğer uçta temiz su toplama kanallarında toplanır. Bitki örtüsü ve iklim önemli faktörlerdir. Büyük nüfuslarda çok büyük alanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Diğer doğal arıtma yöntemlerinde olduğu gibi enerji ihtiyacı gibi işletme sorunlarına ihtiyaç duyulmaz (Yüceer 1998).



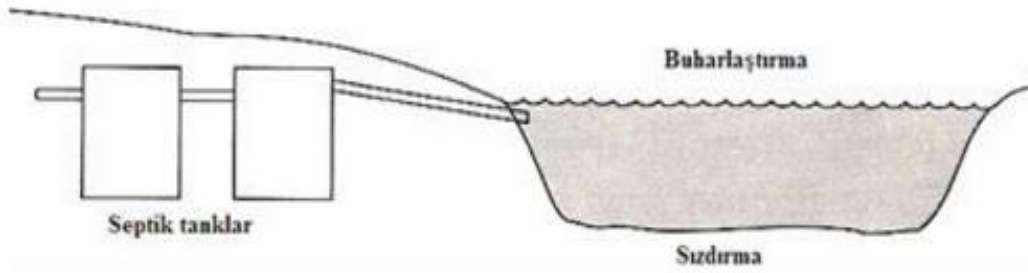
Şekil 2.3. Arazide arıtma sistemleri genel görünümü (20.03.2010 Tarih ve 27527 Sayılı AAT Teknik Usuller Tebliği)

Yer Altına Sızdırma işlemlerinde atıksu toprağa verilir ve su toprak boyunca ilerlerken kirletici maddeler doğal bir filtreleme ile sudan uzaklaştırılır. Bu süreçte suyun bir kısmı bitkiler tarafından kullanılırken bir kısmı da buharlaşır. Kalan su ise ya kanalizasyon sistemine verilir ya da kirlilik derecesine göre yeraltı suyuna karışmasına izin verilir (EPA 2004). Hızlı infiltrasyon ve yavaş infiltrasyon şeklinde iki alternatif olarak uygulanabilir. Hidrolik yükleme hızı yavaş infiltrasyon sistemlerinde 0,1-1,5 m/hafta, hızlı infiltrasyon sistemlerinde ise 1,5-2,1 m/hafta arasında değişmektedir. İnfiltrasyon sistemlerinde toprağın yapısı, maliyetli ve optimum verimde arıtma sağlanması için önemlidir (EPA 2004).



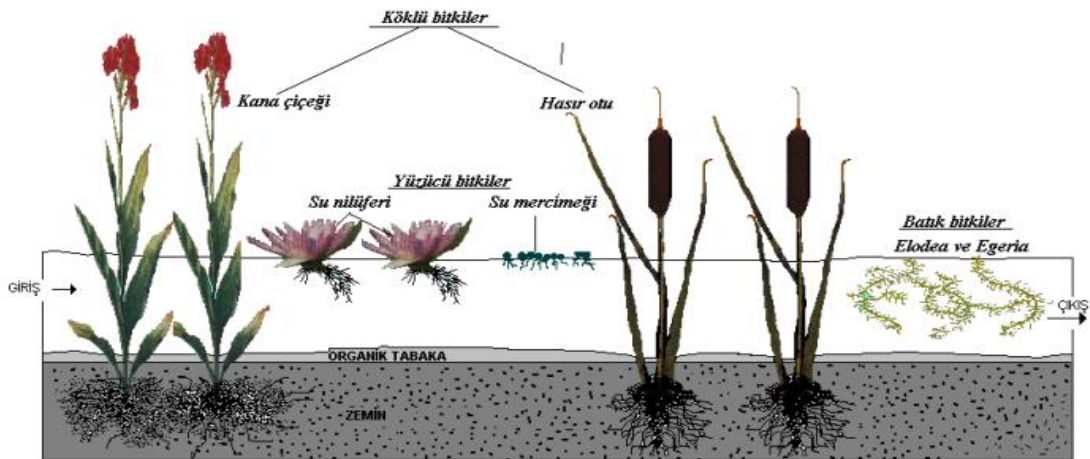
Şekil 2.4. Yeraltına sızdırma sistemleri

Buharlaştırma Havuzları, atıksuların buharlaştırılarak atıksu içindeki kirleticilerin toprak yüzeyinde kalması ve bertarafı esasına dayanmaktadır. Diğer doğal arıtma yöntemlerine yer altı ve yüzeysel suların korunması amacıyla alternatif olarak ortaya çıkmış bir sistemdir (Enviromental Technology Initiative). Doğal arıtma olarak uygulaması çok nadir görülmekle birlikte, klasik sistemlerle entegre şekilde kullanımı daha yaygındır.



Şekil 2.5. Buharlaştırma yöntemi ile atıksuların arıtılması

Doğal Sulak Alanlar, doğanın kendi oluşumu sırasında meydana gelen sucul ekosistemler olarak bilinmektedir. Atıksu deşarjları doğal sulak alanları iyileştirilmesi için kullanılmaktadır (Karpuzcu 1994, Ak ve ark. 2013). Doğal sulak alanlar canlı yaşamına da ev sahipliği yapmaktadırlar (Şekil 2.6). Türkiye’de bir çok doğal alan bulunmakla birlikte Bursa ilinde bulunan ve Ramsar Sözleşmesi kapsamında korunan Uluabat Gölü önemli bir sulak alandır.



Şekil 2.6. Doğal sulak alanların şematik gösterimi (Tunçsiper 2005)

Yapay Sulak Alanlar, doğal sulak alan sistemleri model alınarak tasarlanan ortamlarda bitkiler yoluyla atık suların arıtılmasına dayanır. Evsel ve endüstriyel atık su arıtımı için klasik arıtmalara göre az enerji, yatırım, işletme maliyetleri düşük, işletimi kolay, çamur oluşumu az atık su arıtma sistemidir (Ak ve diğ. 2013). Bu sistem canlılar ve doğal malzemeler üzerine kurulu bir teknolojidir. Ana birleşenleri bitkiler, toprak ve sudur. Oluşturulmuş havuzlarda atık suyun filtre edilmesi, filtre ortamındaki mikroorganizmalarla su arıtılması gerçekleştirilir (Yetik 2008). Dünyada ve Türkiye’de en çok kullanılan doğal arıtma yöntemidir.

2.7 Doğal Arıtma Sistemlerinin Avantajları ve Dezavantajları

Doğal arıtma tesislerinin avantajları aşağıda verilmiştir (Ormiston ve Floyd 2004).

- İşletilmesi ve bakımı kolay bir o kadar da etkili arıtma sistemleridir.
- Merkezi arıtma sistemlerine göre ilk yatırım ve işletme maliyetleri daha düşüktür.
- Merkezi atıksu arıtma tesisi bulunmayan yerlerde atıksuların arıtılmasını ve iyileştirilmesini sağlar.
- Arıtma verimi yüksek olan yerlerde yeraltı su kaynaklarının korunmasını sağlar.

Doğal arıtma sistemlerinin bir takım dezavantajları da mevcuttur. Bunlar;

- Rutin olarak temizlenmesi ve bakımlarının yapılması gerekmektedir.
- Arıtılan suların tekrar kullanılması için düzenli izleme ve bakımlarının yapılması gerekmektedir.
- Doğal arıtma sistemleri genel olarak evsel olarak tasarlanmaktadır. Ancak kanalizasyon sistemine kimyasal ve başka maddelerin dökülmesi bu sistemlerin çalışmasına izin vermez.
- Atıksu arıtma sistemlerinin büyük bir kısmı azot giderimi için yeterli değildir.

2.8 Doğal Arıtma Sistemleri Tasarım Parametreleri

Doğal arıtma sistemleri tasarlanırken, ham atıksuyun doğrudan karakterizasyonu, günlük atıksu hacimleri, akış oranları ve günlük kirlilik yükleri ile ilişkilendirildiğinden bu bilgilerin doğru temini sistem tasarımı için önemlidir. Bu parametrelerin doğru

belirlenmesi, sistemin işletilmesi ve optimum arıtma veriminin sağlanması için gereklidir.

Doğal arıtma sistemleri temel olarak ikiye ayrılabilir: Yerleşik sistemler ve yerleşik olmayan sistemler. Müstakil evler, apartman daireleri, hoteller gibi yerler yerleşik sistemleri oluştururken, bu yerlerde kurulan arıtma sistemleri bağımsız atıklar oluşturmaktadır. Bu bağımsız atıklar, bu hane/hanelerin su temini, atıksu debisi, atık özelliklerine bağlı olarak atıksu karakterizasyonunu belirlemektedir (Anderson ve Siegrist 1989, Crites ve Tchobanoglous 1998, Siegrist 1983, USEPA 2000).

Bazı yerleşik olmayan arıtma sistemlerinin kurulduğu yerlerde de yerleşik sistemler ile aynı parametreler dikkate alınmaktadır. Ancak genellikle, yerleşik olmayan sistemler tasarlanırken atıksu karakterizasyonu detaylı bir şekilde belirlenmelidir. Yerleşik olmayan sistemlerde organik yükler çok fazla olabilmekte veya o bölgede filtrasyonu yasak olan kirlilikler arıtma sistemine verilebilmektedir (University of Winconsin 1978, USEPA 2000). Buna ek olarak bazı yerlerde ekonomik gelir düzeyi atıksu karakterizasyonunun değişmesine sebep olmaktadır (Mutfak atıkları, restoran atıkları vb.). Bütün bu sebepler göz önünde bulundurulduğunda yerleşik ve yerleşik olmayan alanlara doğal arıtma kurulurken ayrı ayrı karakterizasyon ve kirlilik belirleme çalışmaları yapılmalıdır (USEPA 2000).

Atıksu karakterizasyonundan sonra dikkat edilmesi gereken bir diğer konu atıksu debisidir. Atıksu debisi tesis tasarlanmadan belirlenmelidir. Doğal arıtma sistemleri tasarlanırken debinin belirlenemediği veya sağlıklı ölçülemediği durumlarda su tüketim kayıtlarından ve/veya diğer bilgilerden debi miktarı belirlenmelidir (USEPA 2000). Örneğin yerleşik sistemler için debi ve kirlilik yükleri eşdeğer nüfus bazında ifade edilmektedir. Bu verilerin atıksu arıtımında uygulanması ile ikincil bir parametre olarak kişi sayısı da dikkate alınmalıdır. Bu değer ortalama olarak hesaplanabilmektedir. Nüfus sayım verimlerine göre Amerika'da bu değer hanehalkı başına ortalama 2,7 kişi olarak hesaplanmıştır (U.S. Census Bureau 1999, USEPA 2000).

Yerleşik olmayan birimlerde atıksu debisinin hesaplanması için çeşitli yöntemler mevcuttur. Bu yöntemler arasında en doğrucu atıksu verilerine göre tasarlama işlemi yapılmalıdır (University of Winconsin 1978, USEPA, 2000). Farklı yerlere ait kabul edilebilir debi oranları Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Farklı yerlerden kaynaklanan kabul edilebilir debi oranları (Crities ve Tchobanoglus 1998, USEPA 2000)

Tesis	Birim	Debi (litre/gün)	
		Aralık Değer	Tipik Değer
Havaalanı	Yolcu	8-15	11
Apartman Dairesi	Kişi	150-300	190
Otomobil Servis İstasyonları	Araç	30-57	45
	Çalışan	34-57	49
Bar	Müşteri	4-9	11
	Çalışan	38-61	49
Lojman	Kişi	95-230	150
AVM	Oda Sayısı	1500-2300	1900
	Çalışan	30-57	38
Hotel	Çalışan	30-49	38
	Müşteri	150-230	190
Endüstriyel Tesisler	Çalışan	26-61	49
Çamaşırhane	Yıkama Suları	1700-2500	2100
Ofisler	Çalışan	26-61	49
Halka Açık WC ler	Kişi	11-23	19
Restoranlar	Öğün	8-15	11
Tiyatro-Sinema Tesisleri	Koltuk	8-15	11

Doğal arıtma sistemlerinde yüksek arıtma verimi sağlamak için dikkat edilmesi gereken tasarım parametreleri;

- İnfiltrasyon alanı sığ yüzeyde gerçekleştirilmelidir (0,5-1 metrenin altında).
- Septik tank çıkışında önerilen hidrolik yükleme oranı filtrasyon alanı için uygun bekleme şartlarını sağlamalıdır.
- Dar boyutlar seçilmelidir (1 metreden küçük genişlik tercih edilmelidir).
- Boyut pik debiye göre ayarlanmalıdır.

- İnfiltrasyon alanına akış üniform olarak uygulanmalıdır.
- İnfiltrasyon alanı gelecekte yaşanacak problemlerin çözümü ve periyodik olarak dinlendirmeler için birden fazla hücreli tasarlanmalıdır.

Bu anlatılan tasarım parametreleri doğal arıtma tesisinin arazi özelliklerine göre değişmektedir. Ancak tasarım mühendisleri uzun sürede optimum çalışma verimi, ekonomik olarak en az girdi ve çevre açısından max. koruma istiyorsa yukarıdaki tasarım parametrelerini sağlaması gerekmektedir (USEPA 2000).

Doğal arıtma tesislerinin tasarımında nüfus önemli bir parametredir. Doğal arıtma tesisleri eşdeğer nüfusa göre tasarlanır. Arıtma yapısının optimum arıtma verimlerinde çalışması arıtmaya gelecek atıksu debisine bağlıdır. Bu durumda nüfus hesabı ortaya çıkmaktadır. Nüfus hesabı;

$$N_y = N_e * [1 + (Ç/100)]$$

$$q = 60 \text{ lt/gün.kişi}$$

$$Q = q * N * 2$$

N: nüfus (kişi)
Ç: nüfus katsayısı
Q: debi (litre/gün)

Nüfus doğru belirlenmesi arıtma yapısının tasarımı için önemli bir ilk adımdır. Daha sonra kişi başı kirlilik yükü kabul edilir ve organik yük bulunur. Doğal arıtma yapıları kişi başı kirlilik yük değerleri;

Kişi başı kirlilik yükü; 45 gr BOİ / gün.kişi

80 gr KM / gün.kişi

$$L_{BOİ} = N * 0,045 \text{ gr BOİ / gün.kişi}$$

$$L_{KM} = N * 0,08 \text{ gr KM / gün.kişi}$$

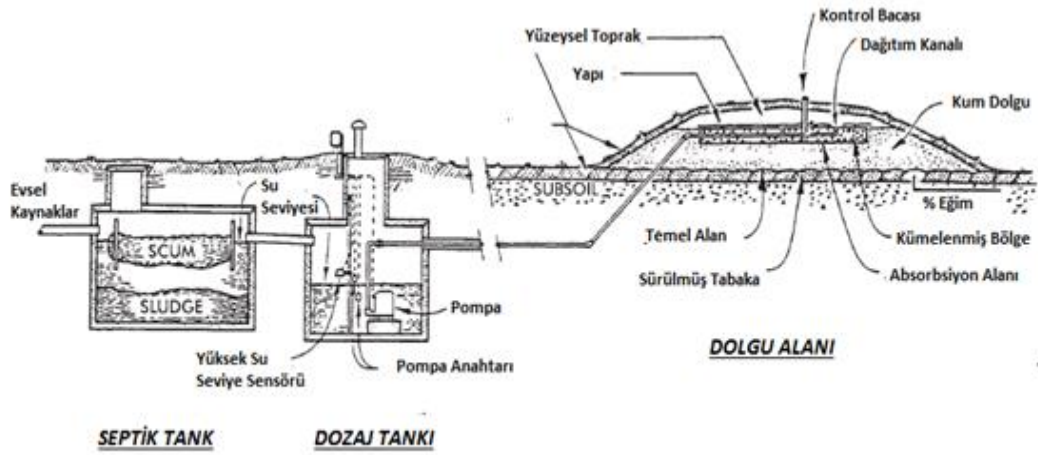
2.8.1 Foseptik Yapısının Tasarımı

Doğal arıtma sistemlerinde fosseptik yapısı gelen atıksuyun dengelenmesi ve homojenizasyonu için önemlidir. Foseptik yapısı klasik arıtma tesisleri ile kıyaslandığında dengeleme tankının görevini görmektedir. Foseptik yapısının doğru tasarlanması gerekli bekleme süresinin sağlanması için gereklidir. Foseptik tankında bekleyen atıksu homojen bir yapıya bürünürken aynı zamanda bir miktar AKM kaynaklı ve BOİ kaynaklı kirlilik giderimi olmaktadır. Foseptik yapısının uygun tasarlanması %80 AKM giderim verimi ve yaklaşık %30 BOİ giderim verimi sağlamaktadır.

2.8.2 İnfiltrasyon Alanı Derinliği

İnfiltrasyon alanının derinliği, yeterli havalandırmanın sağlanması ve iklim şartlarının korunması sebebiyle doğal arıtma tesisleri tasarlanırken göz önünde bulundurulmalıdır. İnfiltrasyon derinliği, havalanmanın sağlanması ve oksijen talebinin karşılanması amacıyla arıtma tesislerinde 1-1,5 m derinliğinden daha fazla olmamalıdır. Ayrıca iklim şartlarının korunması amacıyla infiltrasyon alanının 2 m. derinliği geçmemesi önerilir (USEPA 2000).

Çalışma kapsamında seçilen doğal arıtmalar için infiltrasyon alanı derinliği 60 cm kabul edilmiştir.



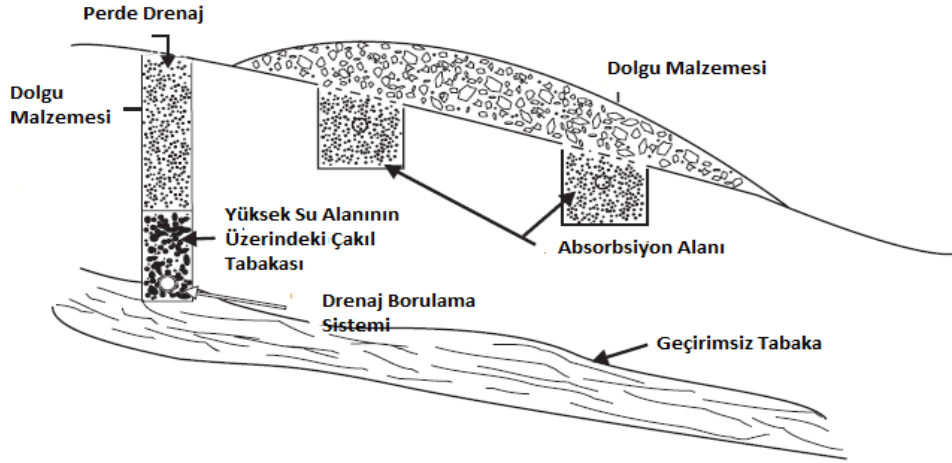
Şekil 2.7. Dolgu sistemleri kullanılarak infiltrasyon yüzeylerinin artırılması (Converse ve Tyler 1998, USEPA&Agency 2002)

2.8.3 Drenaj Sistem Tasarımı

Atıksudaki askıda maddeler ve diğer kolloid katılar, genellikle infiltrasyon alanındaki doğal katılara adsorbe olurlar. Arıtma sistemlerinde, perde drenajı, dairesel drenaj, yeraltı drenajı ve mekanik destekli ticari sistemler ile sığ yüzeylere ya da doymuş bölgelere drenaj yapılırken doğal arıtma sistemlerinde genel olarak perde, dairesel ve yeraltı drenaj sistemleri kullanılmaktadır (USEPA&Agency 2002).

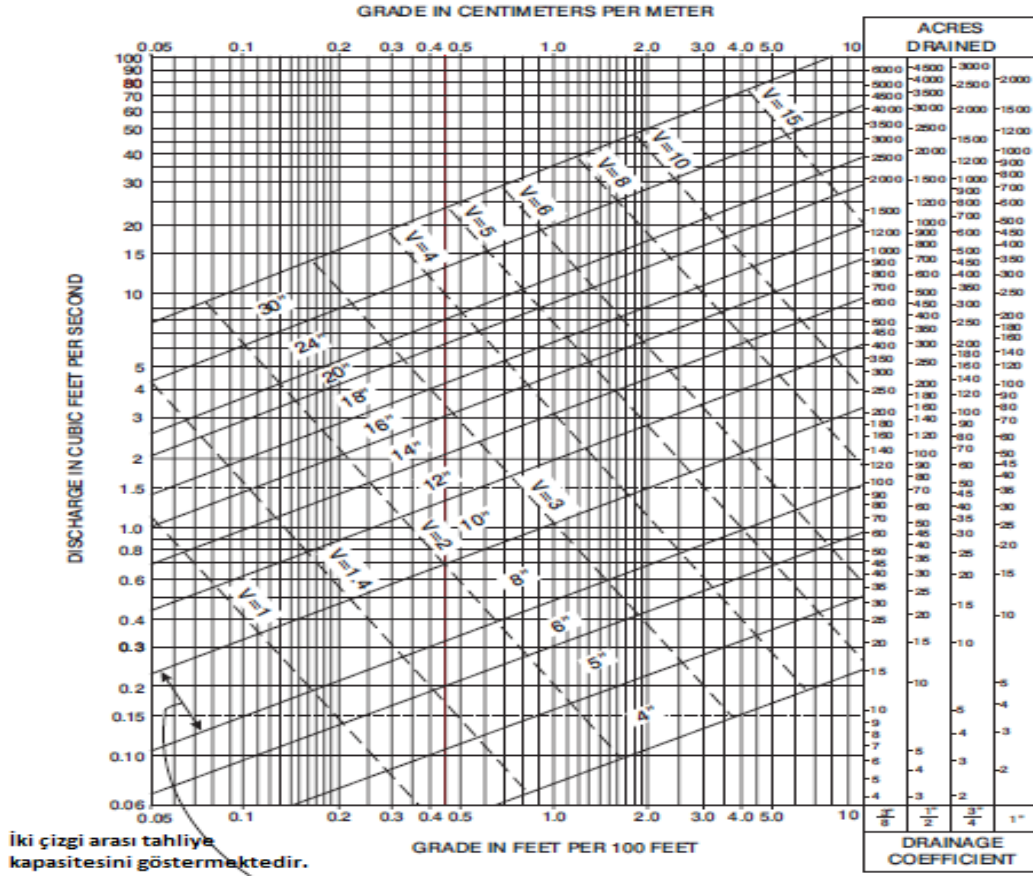
Drenaj sistemleri tasarımı yapılırken katıların permeabilitesi, alanın eğimi ve borulama sistemleri dikkate alınmalıdır. Eğer hidrolik iletkenlik düşük ve tahliye porozitesi küçük olursa nem drenaj sisteminin tasarımında etkili olmaktadır. Drenaj sisteminin genel yapısı ve drenaj sistemi tasarım çizelgesi sırasıyla Şekil 2.8 ve Şekil 2.9’da verilmiştir.

Bursa Bölgesi için seçilen örnek projeler incelendiğinde bölgenin porozitesi 0,42 hidrolik iletkenliği $480 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{gün}$, 20^0C ’de oran sabiti ise $1,35 \text{ (d)}^{-1}$ kabul edilmiştir. Seçilen tesisler için hangi değerlerin kabul edildiği konusunda herhangi bir bilgi bulunmamaktadır.



Şekil 2.8. Perde drenaj sistemi şematik gösterimi (USEPA 1980, USEPA&Agency 2002)

Drenaj Tasarım Çizelgesi



Şekil 2.9. Drenaj tasarımında kullanılan çizelge (USDA 1973, USEPA 2000)

Yukarıda kullanılan abak kritik hız değerinin belirlenmesi amacıyla kullanılmakta olup arıtma yapısına gelen hızın belirlenmesi açısından önemlidir. Kritik derinlik; kanalda akan su hiçbir zaman kritik üstünde veya kritik altında akması istenmeyen kritik hıza en yakın değerde akması istenen ve arıtma yapısı için optimum derinliktir. Kritik hız genel olarak deneme-yanılma yöntemiyle bulunmakta olup Şekil 2.9'da gösterilen abak sayesinde de kolaylıkla bulunabilir. Hız (cm/m) ve debi (m^3/sn) belirlendikten sonra abak üzerinde ortak bir nokta belirlenir. Bu nokta bize abak üzerinde drenaj eğimini (m/m) verecektir.

2.8.4 İnfiltrasyon Yüzeyi Tasarımı

İnfiltrasyon boyutunun seçimi doğal arıtma sistemleri için oldukça önemlidir. Mevcut yapılarda gelen debinin doğru belirlenmesi gerekmektedir. Debinin belirlenmesi için en iyi sonuç bir kaç hafta içinde debi günlük olarak ölçülmeli günlük debiler, ortalama ve pik debiler belirlenmelidir. Debi miktarlarına göre uygun tasarım yapılmalıdır.

Yüzey tasarımı yapılırken dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta ise hidrolik yükleme oranlarının belirlenmesidir. Hidrolik yükleme oranı genel olarak septik tank çıkışında belirlenen değerlere göre infiltrasyon yüzeyinin tasarımı yapılmaktadır. Ayrıca tasarım yapılması için tasarım yapılacak alanın morfolojik özellikleri iyi belirlenmelidir. Morfolojik özelliklere göre hidrolik yükleme oranları Çizelge 2.2'de verilmiştir.

İnfiltrasyon yüzey alanı tasarımı optimum arıtma şartlarının sağlanması için önemlidir. İnfiltrasyon alanı gelen debi ile bekletme süresinin çarpımı ile hesaplanır. Bu durum infiltrasyon alanının doğru tasarlanması hidrolik bekletme süresinin uygun seçilmesi için önemlidir.

Doğal arıtma tesislerinde uygun bekletme süreleri organik parçalanmanın tamamlanması ve arıtımın gerçekleştirilmesi için önemlidir. Optimum KOİ, BOİ, AKM, Azot ve Fosfor gideriminin sağlanması için atıksu arıtma yapısında yeteri kadar beklemesi gerekmektedir.

İnfiltrasyon yüzeyi tasarımında dikkat edilen parametreler;

K_T DEĞERİ $K_T = K_{20}(1.1)^{(T-20)}$	$t' = \frac{-\ln\left(\frac{BOİ_f}{BOİ_g}\right)}{K_T}$	KESİT ALANI $A_c = \frac{Q}{k_s \times S}$
--	---	--

Şekil 2.10. İnfiltrasyon alanı tasarımında hidrolik hesaplar

Yukarıdaki formüller dikkate alındığında K_T değeri sıcaklık sabitini vermekte t' süresi ise boşluklar arası alıkonma süresini göstermektedir. Sıcaklık sabiti ve alıkonma süresi belirlendikten sonra kesit alanı belirlenerek tasarım infiltrasyon yüzey alanı tasarlanabilir.

Çizelge 2.2. Morfolojik özelliklere göre hidrolojik yükleme oranları (USEPA, 2000)

Doku	Yapı		Hidrolik Yükleme (m^3/m^2 -gün)		Organik Yükleme (kg/m^2 -gün)	
	Şekil	Sınıf	BOİ=150	BOİ=30	BOİ=150	BOİ=30
Kaba kum, kum, killi kaba kum, killi kum	Tek dane	Yapısız	0,032	0,064	0,004	0,0016
İnce kum, çok ince kum, killi ince kum , killi çok ince kum	Tek dane	Yapısız	0,016	0,04	0,002	0,001
Kaba kumlu balçık, kumlu balçık	Büyük	Yapısız	0,08	0,024	0,001	0,0006
	Düz	Zayıf	0,08	0,02	0,001	0,00052
		Orta, güçlü				
	Prizmatik, bloklu, tanecikli	Zayıf	0,016	0,028	0,002	0,00072
Orta, güçlü		0,024	0,04	0,003	0,001	
İnce kumlu balçık, çok ince kumlu balçık	Büyük	Yapısız	0,08	0,02	0,001	0,00052
	Düz	Zayıf, orta, güçlü				
		Zayıf	0,08	0,024	0,001	0,0006
	Prizmatik, bloklu, tanecikli	Orta, güçlü	0,016	0,032	0,002	0,0008
Büyük		Yapısız	0,08	0,02	0,001	0,00052
Balçık	Düz	Zayıf, orta, güçlü				
		Zayıf	0,016	0,024	0,002	0,0006
	Prizmatik, bloklu, tanecikli	Orta, güçlü	0,024	0,032	0,003	0,0008
		Büyük	Yapısız		0,08	0,000
Siltli balçık	Düz	Zayıf, orta, güçlü				
		Zayıf	0,016	0,024	0,002	0,0006
	Prizmatik, bloklu, tanecikli	Orta, güçlü	0,024	0,032	0,003	0,0008
		Büyük	Yapısız			
Kumlu killi balçık, killi toprak, siltli killi balçık	Düz	Zayıf, orta, güçlü				
		Zayıf	0,08	0,012	0,001	0,00032
	Prizmatik, bloklu, tanecikli	Orta, güçlü	0,016	0,024	0,002	0,0006
		Büyük	Yapısız			
Kumlu kil,kil, siltli kil	Düz	Zayıf, orta, güçlü				
		Zayıf				
	Prizmatik, bloklu, tanecikli	Orta, güçlü	0,08	0,012	0,001	0,00032

2.7.5 İnfiltasyon Havuzu Tasarımı

İnfiltasyon alanı boyutlandırılması edinilen deneyimlerle genel olarak günlük hidrolik yüke bağlı olarak belirlenen toprak özellikleri dikkate alınarak yapılır. Bu boyutlandırma yaklaşımında hesaba katılmayan, uygulanan atıksu karakterizasyonunun değişimidir. Toprak tıkanmalarının uygulanan atıksu karakterizasyonuna bağlı olduğu gösterildiği için, organik kütle yüklerine bağlı olarak uygun boyutta sızma yüzeyleri tercih edilmelidir.

İnfiltasyon havuz boyutları tasarımında kullanılan denklemler aşağıda verilmiştir.

HAVUZ GENİŞLİĞİ $W = \frac{A_c}{d}$	HAVUZ UZUNLUĞU $L = \frac{t' \times Q}{W \times d \times \alpha}$	GEREKLİ YÜZEYALANI $A_c = L \times W$
---	---	---

W: Havuz Genişliği (m)

A_c: Kesit Alanı (m²)

t': Boşluklar Arası Alıkonma Süresi

α: Porozite

Şekil 2.11. İnfiltasyon alanı tasarımında hidrolik hesaplar

2.9 Doğal Arıtma Tesislerinin Kirlilik Giderim Mekanizmaları

Doğal Arıtma Tesisleri tasarlanırken temel amaç gelen atıksu karakterizasyonunun mevcut deşarj parametrelerine indirilmesi için gerekli arıtma aşamalarının sağlanmasıdır. Ülkemizde doğal arıtma tesisleri düşünüldüğünde AKM ve KOİ giderimi yeterli olmaktadır. Ancak azot ve fosfor içerikli atıksuların alıcı ortamlarda ötrofikasyona neden olması, alıcı ortamdaki oksijen kaynağının hızlı bir şekilde tüketmeleri, özellikle bebeklerde görülen mavi bebek hastalığına neden olması sebebiyle doğal arıtma tesislerinin azot-fosfor giderimi verimleri de önemli bir kriter olmaktadır. Bu çalışma kapsamında incelenecek olan doğal arıtma tesisleri için AKM, KOİ, Toplam-N (Azot) ve Toplam-P (Fosfor) yönünden giderim verimleri incelenmiştir.

2.9.1 KOİ Giderim Mekanizması

Atıksulardan organik maddeler genel olarak filtrasyon ve oksidasyon yöntemleri ile giderilmektedir. Su içerisinde süspansiyon halde dağılık ya da katı bir yüzeye yapışık olarak bulunan mikroorganizmalar çoğalarak organik maddeleri gaz halindeki son ürünlere ve hücre yapıtaş haline dönüştürürler. Olay aerobik, anaerobik ve fakültatif olabilir (Kadlec ve Knight 1996, Demirörs 2006). Bu olaylar toprak-su ara yüzeyinde ya da hemen altında gerçekleşir.

Doğal arıtma sistemlerinde KOİ giderimi foseptik yapısı ve arıtma yapısı içinde gerçekleşir. Foseptik yapısı içinde aerobik ve anaerobik şartlarda mikroorganizmalar hücre sentezi için gerekli enerjiyi organik madde yakılarak elde eder. Sistemde disimilasyon, asimilasyon ve otooksidasyon prosesleri gelir. Organik maddenin kimyasal formülü genel olarak $C - O - H - N - S$ kabul edilir. Atıksu içinde partikül halindeki organik maddeler çökeltme ile giderilirken organik maddelerin bir kısmı demir, sülfür, nitrat indirgenmesi gibi çeşitli kimyasal reaksiyonlarla gaz ya da çözünen bileşikler haline dönüşerek giderilirler (Koottatep ve ark. 2001, Demirörs 2006).

2.9.2 AKM Giderim Mekanizması

Doğal arıtma sistemlerinde AKM giderim mekanizmasının temelini çökeltme prosesi oluşturmaktadır. Atıksu içerisindeki partiküller, atıksu hızı, foseptik tankının ve arıtma alanının derinliği, partiküllerin boyutu ve sıcaklık gibi parametrelere bağlı olarak çökelerler (Demirörs 2006). Doğal arıtma sistemlerinde diğer bir AKM giderim mekanizması ise, atıksuyun arıtma yapısından geçerken partiküllerin katı yüzeylere filtrasyonudur. Ayrıca arıtma yapısından geçerken kirlilikler adsorbsiyon mekanizması ile de ortamdan uzaklaştırılırlar.

2.9.3 Azot Giderim Mekanizması

Azot bazı nedenlerden dolayı atıksularda dikkat edilmesi gereken bir kirletici kaynağıdır. Bu nedenlerin başında amonyağın sucul organizmalara toksik etki yapması gelmektedir. Ayrıca amonyak yüzeysel sularda oksijeni tüketerek nitratında hızlıca

oksitlenmesini sağlar. Bunun yanında alglerin aşırı çoğalmasına sebep olarak göllerde ve yüzeysel su kaynaklarında ötrofikasyon olayına ve bebeklerde mavi bebek hastalığına sebep olmaktadır (USEPA 2000). Bu yüzden su kaynaklarında azot ve türevlerinin bulunması istenmez.

Atıksu arıtma tesislerinden azotun giderilmesine yönelik prosesler, uçucu hale getirme, çöktürme ve nitrifikasyon-denitrifikasyon prosesleridir. Doğal arıtma tesislerinde ise septik tankta oluşan anaerobik tabaka da *Nitrobacter* ve *Nitrosomonas* bakterileri oluşur ve bir miktar azot nitrifikasyon-denitrifikasyon prosesleri ile bir miktar azot ise çöktürme etkisi ile ortamdan uzaklaştırılır. Ancak azot çöktürme prosesleri ile ortamdan uzaklaştırılma oranı oldukça küçüktür. Ayrıca doğal arıtmalardan toplam azot gideriminde sıcaklık önemli bir parametredir. Arıtma yapısına gelen atıksu içerisindeki azotlu bileşikler önce *Nitrosomonas* bakterileri yardımıyla aerobik şartlar altında nitrite oksitlenmektedir. Nitrit bileşikleri ise daha sonra *Nitrobacter* bakterileri ile birlikte aerobik şartlar altında nitrata dönüşerek taban içerisinde birikmeleri sağlanır. Daha sonra *Pseudomonas* ve diğer bakteriler yardımıyla azot gazına dönüştürülen nitrat ortamdan uzaklaştırılmış olur (Jefrey ve ark. 2000, Karaman ve ark. 2012, Yinanç ve Adiloğlu, 2017). Kışın sıcaklığı 5°C ve altına düşmesi durumunda azot gideriminde sorun oluşabilir. Azot gideren bakteriler hassas şartlardan etkilenirler. Aynı zamanda hidrolik yükleme oranı, azot/karbon oranı, kısa bekletme süresi gibi faktörler azot giderim verimini büyük ölçüde olumsuz etkilediğinden dolayı doğal arıtma tesislerinde azot giderim verimleri farklılık göstermektedir (Kadlec ve Knight 1996; Demirörs 2006).

2.9.4 Fosfor Giderim Mekanizması

Fosfor yüzeysel sularda önemli bir kirletici kaynağıdır ve az miktarda bulunması bile ötrofikasyona sebep olmaktadır. Bu sebeple fosforun atıksulardan giderilmesi gerekmektedir. Doğal arıtma tesisleri, fosfor giderimi yüksek tesislerdir.

Fosfor gideriminde partikül halindeki ve çözülmüş haldeki fosforun sedimentasyonu olmak üzere iki prosesi mevcuttur. Partiküller, tekrar ortama verilebilecek şekilde zayıfça emilmiş fosfor da içerebilir. Bütün doğal arıtma tesisi alanı toprağı fosforu

depolama kapasitesine sahiptir. Ancak toprak artan fosfor yüklemesiyle kısa sürede doygun hale gelir. Fosfor depolaması, toprak gözenek suyunda, katı partiküllerin kimyasal yapısında ve katıların yüzeyinde fosfor bileşiklerinin tutunması şeklinde gerçekleşir. Tüm partiküller toprağın birer parçası olarak düşünülebilir (Demirörs 2006).

Doğal arıtma tesislerinde kirlilik giderim mekanizmaları izelge 2.3'te verilmiştir (USEPA 2000).



Çizelge 2.3. Kirlilik giderim mekanizmaları (USEPA 2000)

Kirlilik Giderimi	Arıtma Prosesi	Arıtma Yöntemi
AKM Giderimi	Filtrasyon	Septik Tank Yapay Sulak Alanlar
	Çökeltme	Septik Tank Çıkış Yapısı Filtre Yatakları Mekanik Disk Filtre Toprak İnfiltrasyonu
BOİ ve Amonyum Giderimi	Aerobik ve bağlı büyüme prosesleri	Uzun Havalandırmalı Sistemler Sabit filmli aktif çamur sistemi Ardışık Kesikli Reaktör
	Sabit filmli aerobik biyoreaktör	Toprak İnfiltrasyonu Damlatmalı Filtreler Aktif Çamur Sistemi
	Lagünler	Fakültatif ve aerobik lagünler Yapay sulak alanlar
Azot Transferi	Nitrifikasyon Denitrifikasyon	Aktif Çamur Sabit film biyoreaktör Filtre Yatakları Yapay Sulak Alan
	İyon Değişimi	Katyon değişimi (Amonyum Giderimi) Anyon Değişimi (Nitrat Değişimi)
Fosfor Giderimi	Fiziksel/Kimyasal	Toprak İnfiltrasyonu Kimyasal Flokülasyon Zengin demir içerikli filtre yatakları
	Biyolojik	Ardışık Kesikli Reaktör
Patojen Giderimi	Filtrasyon/İnaktivasyon	Toprak İnfiltrasyonu Dolgulu yatak
	Dezenfeksiyon	Hipoklorit Beslemesi UV ile Dezenfeksiyon
Yağ Giderimi	Flotasyon	Yağ Tutucu Septik Tank
	Adsorbsiyon	Mekanik Süpürücü
	Aerobik Biyolojik Arıtım	Aerobik Biyolojik Arıtma Sistemleri

2.10 Doğal Arıtma Tesisleri İçin Uygulanan Yasal Mevzuatlar

2.10.1 Dünyada Uygulanan Yasal Mevzuatlar

Amerika’da doğal arıtma tesisleri ile ilgili ilk yasal mevzuatlar Halk Sağlığı Departmanı’nın toprak süzme testleri ve geçmiş tecrübelerine dayanarak oluşturulmuştur. Ancak bu yasalar oluşturulurken farklı iklim şartları, farklı atıksu karakteristikleri, farklı iklim koşulları dikkate alınmamıştır. Daha sonra 1950’ li yıllarda ülkeler doğal arıtma sistemlerini esas alarak patojenlerinin giderimi sağlamak ayrıca tasarımını ve işletim verimini arttırmak amacıyla bir takım kanunlar çıkarmaya başlamışlardır (Kreissl 1982, USEPA&Agency 2002). Yapılan bu düzenlemelere rağmen, deşarj parametreleri belirlenirken, önemli kirlilik yüklerinin gideriminde, özellikle yüzeysel sulara deşarjın önemli olduğu ve yük yoğunluğunun fazla olduğu tesisler göz önünde bulundurulmamıştır (USEPA&Agency 2002). ABD’de yüzeysel sular için uygulanan minimum deşarj standartları Çizelge 2.4’te verilmiştir.

Çizelge 2.4. ABD yüzeysel sulara deşarj parametreleri (Şahinkaya 2015)

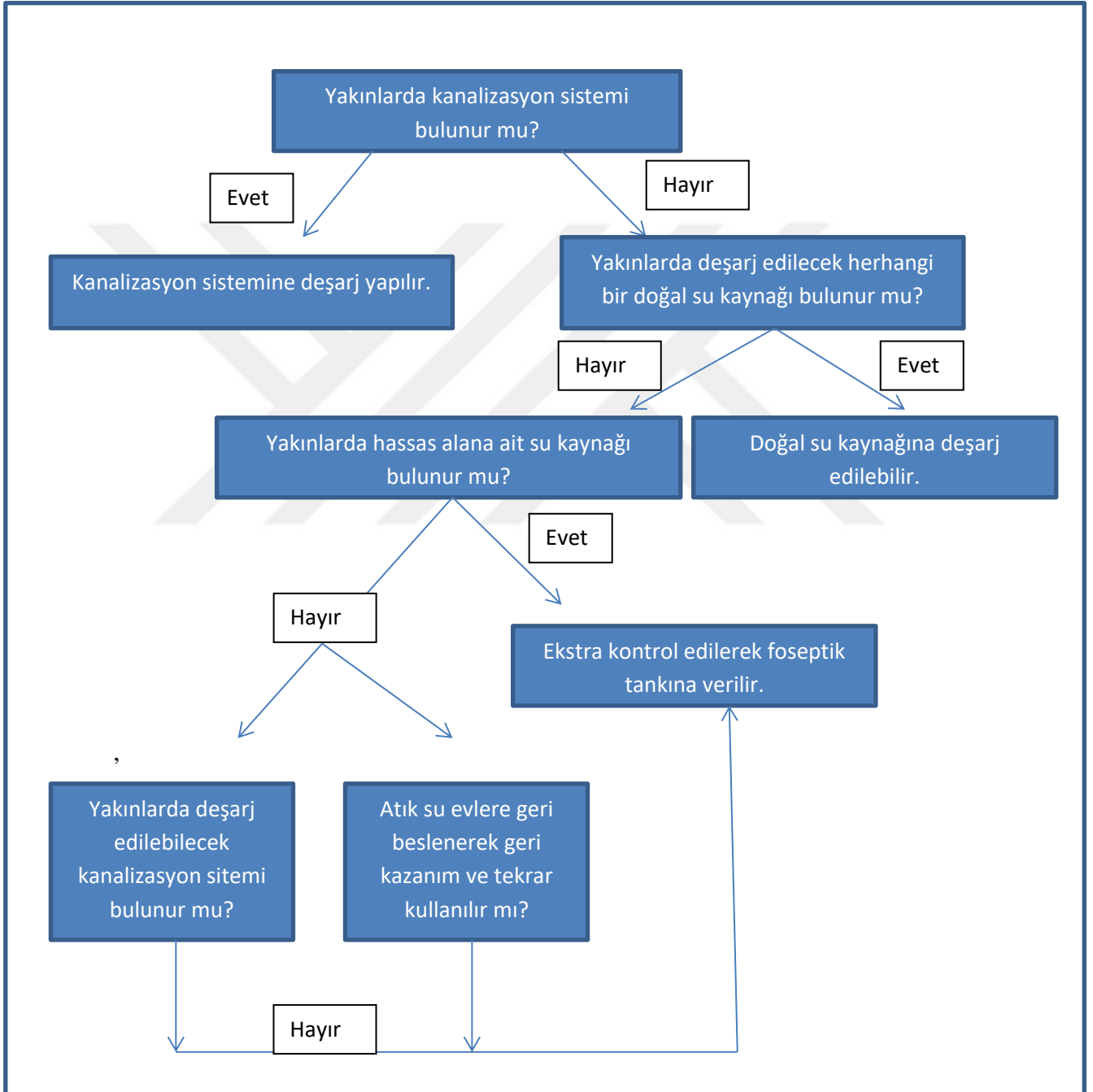
Parametre	Birim	30-günlük ortalama konsantrasyon*	7-günlük ortalama konsantrasyon
BOİ ₅	mg/L	30	45
TAK (TSS)	mg/L	30	45
cBOİ ₅	mg/L	25	40
pH	-	6-9	6-9

*Bu değerlerde ayrıca %85 giderim verimi şartı aranmaktadır.

Kreissl (1982) ve Plews (1977), 1959 yılında Halk Sağlığı Birimi tarafından yayınlanan doğal arıtma tesisleri hakkındaki yasal düzenlemeler konusunda bir takım çalışmalar yapılmıştır. Kreissl tarafından verilen raporda 32 eyalette yapılan inceleme sonucunda, doğal arıtma tesisinde yapılan düzenlemelerde eksiklikler olduğu, tasarlanırken sızdırmazlık testlerinin yapılması gerektiği bildirilmiştir (USEPA&Agency 2002).

Avrupa mevzuat sistemi incelendiğinde ise çeşitli ülkelerde yapılan çalışmalarda doğal arıtma tesisleri kırsal alanlara uygulanmaya başlamıştır. İsveç’te 2006-2008 yılları arasında doğal arıtma sistemleri için yeni düzenlemeler getirilmiştir. Bu düzenlemelerde hassas bölgeler için doğal arıtma sistemleri ile %70 azot giderimi, %90 BOİ ve fosfor giderimi istenmekte, diğer alanlarda ise %90 BOİ ve %70 fosfor giderimi istenmektedir (Buitenkamp ve Richert-Stintzing 2008, Weiss ve ark. 2008, Somogyi ve ark. 2009).

Finlandiya’da ise özellikle fosfor giderimi konusunda yasal düzenlemeler yapılmış ve bu düzenlemelere göre %50 fosfor giderimi zorunluluğu getirilmiştir. Avrupa’da doğal arıtmalar ile ilgili yasal düzenlemeler “*The European Council Directive 91/271/EEC*” ile düzenlenmektedir. Direktif ile düzenlenen deşarj yöntemleri (Şekil 2.12) ve deşarj kriterleri aşağıda detaylı olarak verilmiştir (Çizelge 2.5).



Şekil 2.12. The European Council Directive 91/271/EEC” direktifinde belirlenen atıksu deşarj yöntemleri

Çizelge 2.5. Avrupa Kentsel Atıksu Direktifi'ne göre evsel kaynaklı atıksular deşarj yöntemleri (The European Council Directive 91/271/EEC” Ek-1 Çizelge 1)

Parametreler	Konsantrasyon	Minimum azaltma yüzdesi	Referans ölçüm metodu
Nitrifikasyonsuz Biyokimyasal oksijen talebi (20°C’de BOD ₅)	25 mg/l O ₂	70-90	Homojen, filtre edilmemiş, aktarılmamış örnek.Tamamen karanlık ortamda 20°C ±1°C’de beş günlük kuluçkadan önce ve sonra çözülmüş oksijen. Bir nitrifikasyon inhibitörü ilave edilir.
Kimyasal oksijen talebi (COD)	125 mg/l O ₂	75	Homojen, filtre edilmemiş, aktarılmamış iki renkli potasyum örneği.
Toplam askıda katı	35 mg/l Madde 4 (2)ye göre 35 (10 000 p.e.’den daha fazla) Madde 4 (2)ye göre 35 (2000-10 000 p.e.)	90 ³ Madde 4 (2)ye göre 90 (10 000 p.e.’den daha fazla) Madde 4 (2)ye göre 70 (2000-10 000 p.e.)	-temsili örneğin 0, 45 µm zar filtre ile filtrasyonu. 105 °C’de kurutma ve tartma. - Temsili örneğin santrifüjü (en azından 2800 ila 3200 gr artış ortalamasıyla en azından beş dakika boyunca), 105 °C’de kurutma ve tartma.

Avrupa Kentsel Atıksu Direktifine göre evsel kaynaklı atıksular Çizelge 2.5 (The European Council Directive 91/271/EEC” Ek-1 Çizelge 1) teki parametrelere göre deşarj etmektedir. Avrupa’da ABD gibi bu konuda katı kurallar uygulanmaktadır.

2.10.2 Türkiye’de Uygulanan Yasal Mevzuat

Ülkemizde çevre kirliliği ve sürdürülebilir çevre tanımları 1983 tarihli 2872 Sayılı Çevre Kanunu’nun çıkarılması ile ülke politikalarına girmiştir. Çevre Kanunu’nun çıkarılmasında amaç bütün canlıların ortak varlığı olan çevrenin sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma doğrultusunda korunmasının sağlanması olup bu amaç ülkemizde ekolojik dengenin ve çevresel kaynakların korunmasına öncülük etmiştir. Çevre Kanunu’nu çıkarılan yönetmelikler desteklemiş ve ülkenin çevre mevzuatı oluşmaya başlamıştır.

Ülkemizde su kaynaklarının korunmasına yönelik; 25687 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 27271 Sayılı Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği, 27527 Sayılı Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği, 76/464/AB Tehlikeli Maddelerin Su ve

Çevresinde Neden Oluğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği vb. yönetmelikler yeraltı ve yüzeysel su kaynaklarını korumak ve koruyucu faaliyetleri gerçekleştirmek için çıkarılmış ve ülkemiz mevzuatına kazandırılmıştır.

Doğal arıtma tesisleri ile atıksu arıtımı 27527 Sayılı Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği'nde belirtilmiştir. Ayrıca doğal arıtma sistemlerinden arıtılan atıksuların alıcı ortama verilmesi durumunda 25687 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Çizelge 21.5: Evsel Nitelikli Atıksular (Eşdeğer Nüfusun Ne Olduğuna Bakılmaksızın Doğal Arıtma (Yapay Sulak Alan) ve Stabilizasyon Havuzları Sistemiyle Biyolojik Arıtma Yapan Kentsel Atıksu Arıtma Tesisleri İçin) belirtilen deşarj kriterlerine uyulması gerekmektedir (Çizelge 2.6).

Çizelge 2.6. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 21.5: Evsel Nitelikli Atıksular (Eşdeğer Nüfusun Ne Olduğuna Bakılmaksızın Doğal Arıtma (Yapay Sulak Alan) ve Stabilizasyon Havuzları Sistemiyle Biyolojik Arıtma Yapan Kentsel Atıksu Arıtma Tesisleri İçin)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
BİYOKİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (BOİ ₅)	(mg/L)	75	50
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (KOİ)	(mg/L)	180	120
ASKIDA KATI MADDE (AKM)	(mg/L)	200	150
pH	-	6-9	6-9

* Köyler için Çizelgede verilen deşarj limitleri yada parametreler için en az %60 arıtma verimi uygulanacaktır

Ayrıca bu yönetmelikler gereği;

- Nüfusun 84 kişiden az olduğu ve atık suların bir toplama sistemi ile toplandığı durumlarda, merkezi olmayan yerlerde/atıksu toplama sisteminin bulunmadığı yerlerde doğal arıtma sistemleri uygulanır.
- Nüfusun 84-500 arasında olduğu yerlerde 25687 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği alıcı ortam deşarj standartlarına uyulması gerekmektedir. Köy ve köy statüsündeki mahalleler için doğal arıtma sistemleri en ideal sistemlerdir.
- Nüfusun 500-2 000 kişi olduğu yerlerde 25687 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği alıcı ortam deşarj standartlarına uyulması gerekmektedir. 500-2000

kişi/nüfus arası yerlerde doğal arıtma sistemleri ve/veya paket tip klasik aktif çamur sistemleri ve/veya her ikisinin de entegre olarak uygulandığı sistemler kullanılır.

- Nüfusun 2000-10000 arasında olduğu yerlerde ise Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği hükümleri geçerlidir denilmektedir (MEB 850CK0046, 2012).

Çizelge 2.7’ de ABD, AB ve ülkemizdeki alıcı ortam deşarj parametreleri bir arada verilmiş olup ülkemizdeki deşarj parametrelerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 2.7. ABD, AB ve Türkiye mevzuatı deşarj değerlerinin karşılaştırılması

PARAMETRE	BİRİM	ABD Sınır Değer	AB Sınır Değer	Türkiye Sınır Değer
BOİ	mg/L	30	25	75
KOİ	mg/L	-	125	180
AKM	mg/L	30	35	200
Toplam-N	mg/L	-	-	-
Toplam-P	mg/L	-	-	-
pH	-	6-9	-	6-9

Bu çalışma kapsamında elde edilecek analiz sonuçları, optimum çalışan/çalışmayan tesislerin belirlenmesi konusunda yapılacak yorumlar Türkiye’de uygulanan yasal mevzuata göre değerlendirilecektir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

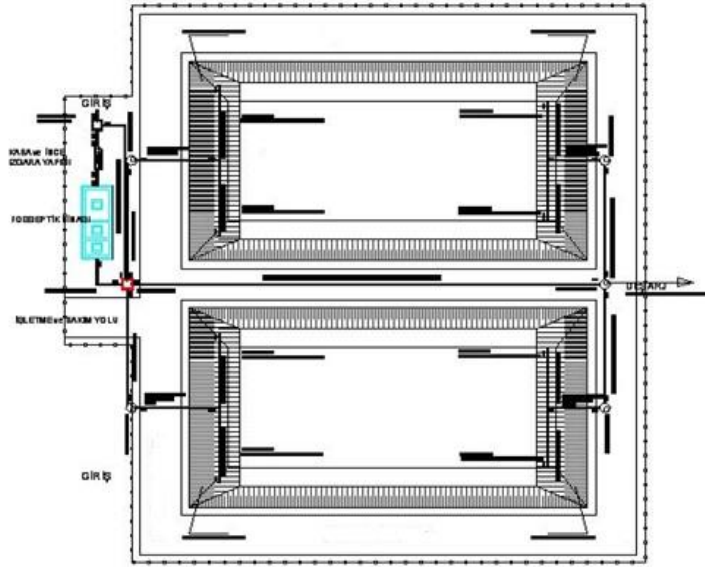
3.1 Araştırma Yeri ve Özellikleri

Çalışma kapsamında Bursa ilinde mevcut olan 53 adet doğal arıtma tesisinin 10 tanesi BUSKİ Arıtma Tesisleri Daire Başkanlığında görüş alınarak belirlenmiştir. Doğal arıtma sistemleri seçilirken Bursa ilinin farklı özellikteki bölgelerinde olmasına (kayalık, denize yakın, dağ, hassas alanda vs. vb.) ve farklı atıksu karakterizasyonuna sahip (hayvancılığa yakın yerler, zeytin işletmelerine yakın yerler vb.) arıtma tesislerinin seçilmesine özen gösterilmiştir. Çalışma kapsamında seçilen 10 adet tesisin isimleri ve Nüfus Eşdeğer kişileri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

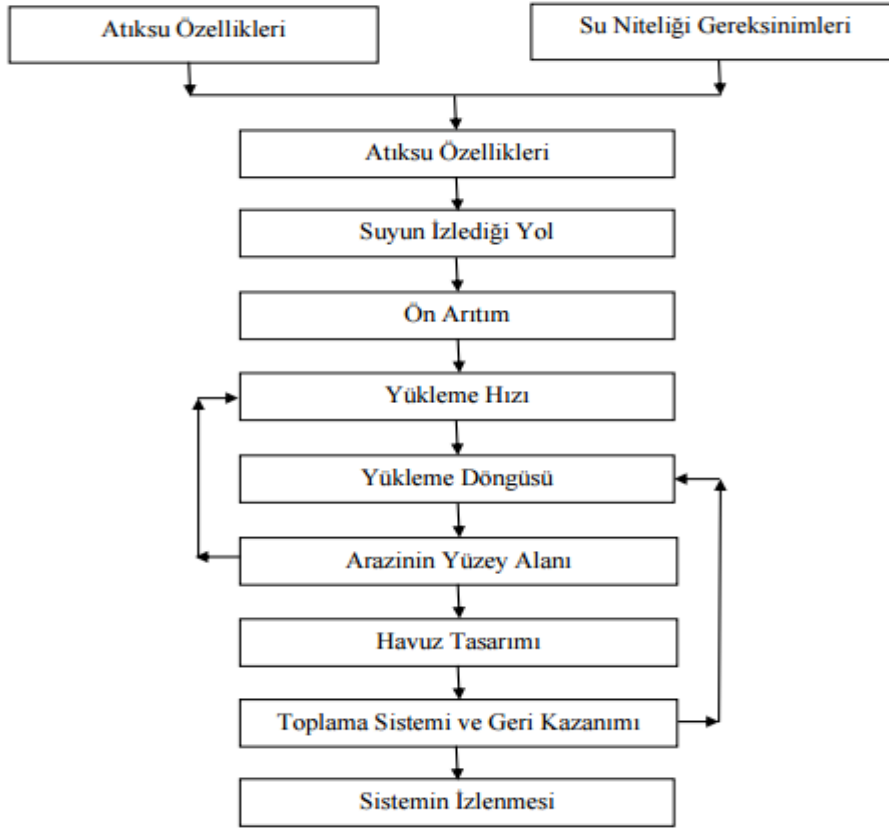
Çizelge 3.1. Çalışma kapsamında belirlenen doğal arıtma tesisleri ve nüfus eşdeğer kişileri

Doğal Arıtma	Eşdeğer Nüfus (kişi)
Mustafakemalpaşa Ocaklı Doğal Arıtma	1500
Karacabey Taşpınar Doğal Arıtma	400
Orhangazi Gürle Doğal Arıtma	750
İzmit Çiçekli Doğal Arıtma	500
Büyükorhan Yenice Doğal Arıtma	1500
Büyükorhan Pınar Doğal Arıtma	900
Yenişehir İncirli Doğal Arıtma	680
Yenişehir Menteşe Doğal Arıtma	500
İnegöl Deydinler Doğal Arıtma	1500
İnegöl Alibeyköy Doğal Arıtma	1500

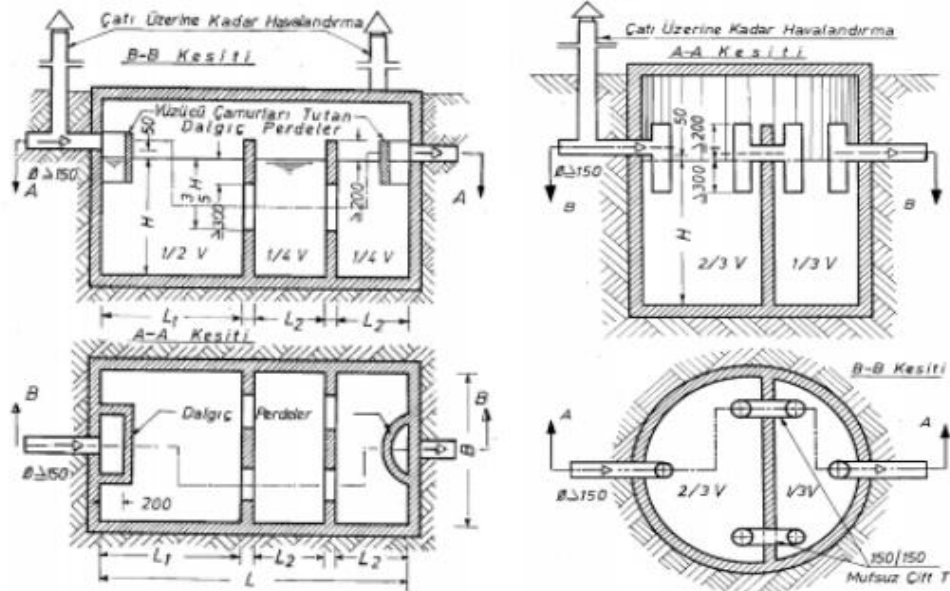
Çalışma kapsamında seçilen doğal arıtma tesisleri 3 gözlü fosseptik yapısında biriktirilmekte oradan doğal arıtma tesisi arıtma yapısına verilmektedir. 3 gözlü fosseptik tanklarında çamur dediğimiz katı kısmının büyük bir kısmı ilk gözde toplanır. Burada yüksek oranda AKM giderimi gerçekleşmektedir. Ayrıca oksijen seviyesine bağlı olarak burada KOİ giderimi sağlanabilir. Daha sonra atıksu çıkış yapısından kapalı borular yardımıyla arıtma yapısına aktarılmaktadır. Genel olarak fosseptik tanklarında bekleme süresi 2 gündür. Doğal arıtmalara ait yüzeyaltı akış yapısı Şekil 3.1’de, arıtma yapısının işletilmesi için takip edilen yöntem Şekil 3.2’de ve fosseptik yapısının gösterimi ise Şekil 3.3’te verilmiştir.



Şekil 3.1. Seçilen 10 adet doğal arıtma tesisine ait akım şeması



Şekil 3.2. Doğal Arıtma Tesislerinin Tasarım ve İşletme Yöntemi (Reynolds ve Richards, 2011)



Şekil 3.3. Üç gözlü (solda) ve iki gözlü (sağda) yatay akımlı fosseptik çukuru

Çalışma kapsamında belirlenen doğal arıtmalar Bursa'nın çeşitli bölgelerinden seçilmiş olup seçilme kriterleri aşağıda anlatılmıştır:

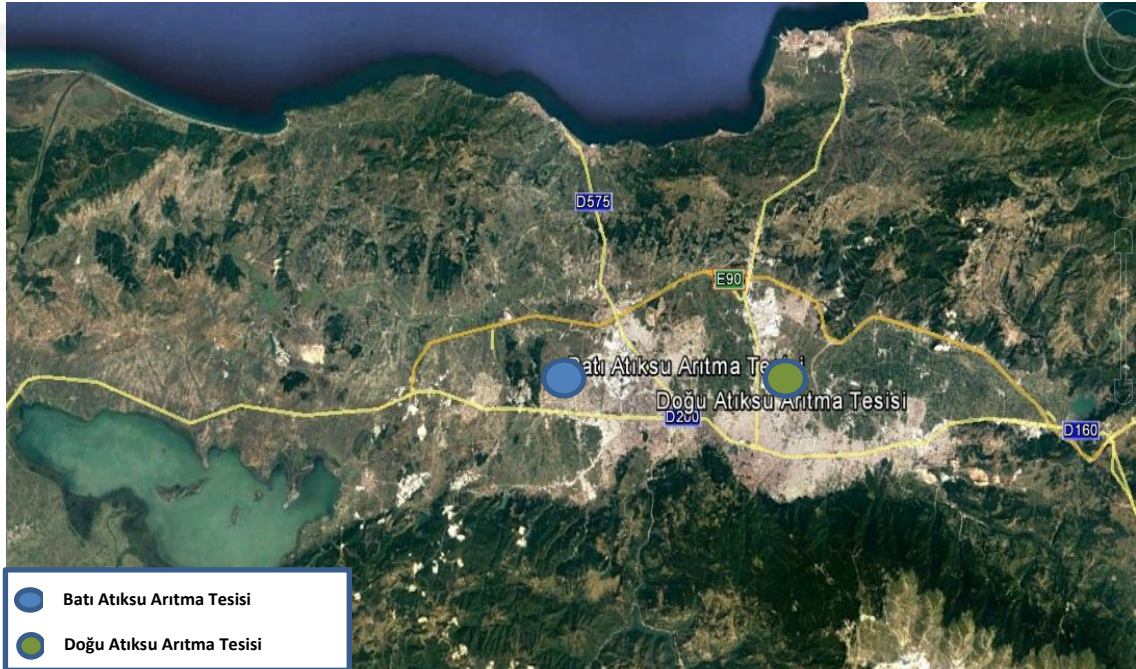
- Bölgenin Atıksu Karakterizasyonu
- Bölgenin Merkezi Atıksu Arıtma Sistemi'ne Uzaklığı
- Bölgenin Alıcı Ortama Uzaklığı
- Bölgenin Hassas Alanlara Uzaklığı
- Bölgenin Topografik Özellikleri

Doğal arıtmalar seçilirken bölgenin atıksu karakterizasyonu ve atıksuyun deşarj edildiği alıcı ortam önemli bir rol oynamıştır. Doğal arıtma tesisleri merkezi arıtma sistemlerinin olmadığı yerlerde kurulmaktadır. Bu sebeple bölge seçimi yapılırken eşdeğer nüfus üzerinden organik yük değerleri dikkate alınmış ve en düşük organik yük içeriğine ve en yüksek organik yük içeriğine sahip tesislerden bir kaçının çalışma kapsamında dahil edilmesi sağlanmıştır. Seçilen doğal arıtmaların Bursa haritası üzerinde gösterimi Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4. Doğal arıtma tesislerinin uydu görüntüsü

Seçilen doğal arıtma tesislerinin merkezi arıtma tesisine uzaklığı yapılan çalışmada seçilen tesisler için önemlidir. Gerçekleştirilen çalışma kapsamında seçilen doğal arıtma tesislerinin inşası aşamasında Bursa ilinde 2 adet Merkezi Atıksu Arıtma Tesisi bulunmaktadır. Bu tesislerden biri merkez ilçe olan Osmangazi ilçesinde, diğeri ise yine merkez ilçe olan Nilüfer ilçesinde bulunmaktadır. Bu sebeple doğal arıtma tesisleri seçilirken merkezi olmayan ilçelerden (merkezi ilçelere en uzak olan ilçeler) seçilmiştir. Seçilen doğal arıtmaların ve Bursa iline ait 2 adet Merkezi Atıksu Arıtma Tesislerinin yeri, birbirlerine uzaklıklarını ve konumunu gösteren uydu haritası aşağıdaki şekilde verilmektedir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Bursa ili 2 adet merkezi atıksu arıtma tesisinin uydu görüntüsü

Bu doğal arıtma tesislerinin seçilmesinde dikkat edilen bir diğer parametre ise seçilen tesislerin alıcı ortamlara uzaklığı ve hangi alıcı ortama deşarj edildiği olmuştur. Proje kapsamında seçilen doğal arıtma tesislerinin atıksularını verdiği alıcı ortamlar Çizelge 3.2' de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Seçilen 10 adet doğal arıtma tesislerinin bulunduğu havza ve deşarj yerleri

Tesis Adı	Havza	Deşarj Yeri
M.Kemalpaşa Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi	Susurluk	Susurluk Çayı
Karacabey Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi	Susurluk	Nilüfer Çayı
Orhangazi Gürle Doğal Arıtma Tesisi	Marmara	Karsak Deresi
İznik Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi	Sakarya	Kuru Dere
Büyükorhan Yenice Doğal Arıtma Tesisi	Susurluk	Orhaneli Çayı
Büyükorhan Pınar Doğal Arıtma Tesisi	Susurluk	Orhaneli Çayı
Yenişehir İncirli Doğal Arıtma Tesisi	Sakarya	Kuru Dere
Yenişehir Menteşe Doğal Arıtma Tesisi	Sakarya	Kuru Dere
İnegöl Deydinler Doğal Arıtma Tesisi	Sakarya	Kuru Dere
İnegöl Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi	Sakarya	Kuru Dere

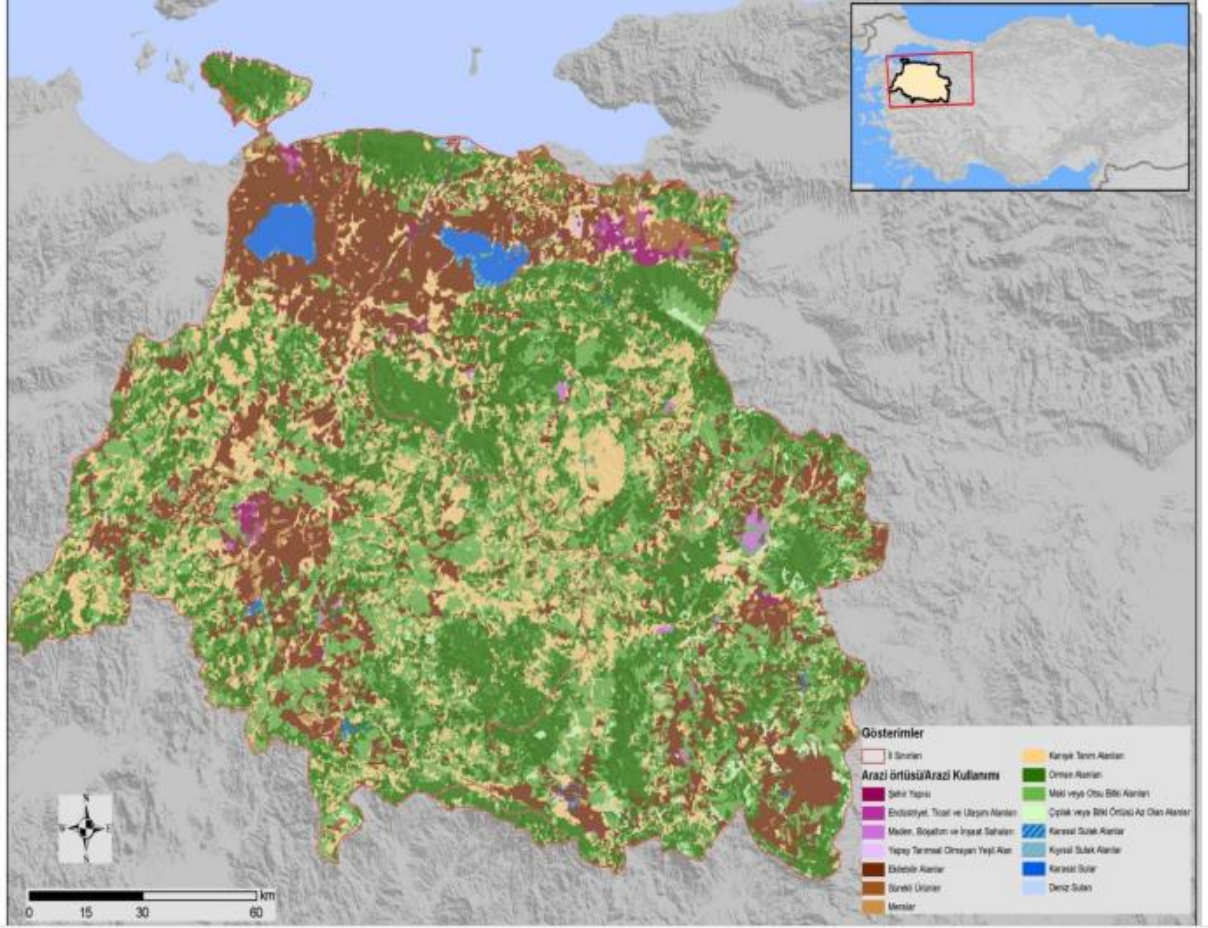
Doğal arıtma tesislerinin seçimleri yapılırken dikkat edilen bir diğer özellik ise topografik özellikleridir. Seçilen bölgelerin topografik özellikleri detaylı olarak verilmiştir.

3.2 Seçilen Arıtma Tesislerinin Bulunduğu Havzaların Özellikleri

3.2.1. Susurluk Havzası

Susurluk Havzası büyük kesiminin dalgalı, tepelik hatta dağlık ve toprakça yetersiz bir bölgede bulunmaktadır. İklim kuşağı açısından incelendiğinde tarımsal değeri de oldukça yüksektir. Susurluk Havzası Arazi Kullanım Haritası incelendiğinde havzadaki en büyük alanın %54,4 ile orman ve yarı doğal alanlar kaplarken %41,78 oranında tarım alanları havzada en fazla yer kaplayan ikinci alandır. İlgili Susurluk Havzası Arazi

Kullanım haritası Şekil 3.6’da verilmiştir (Gebze-Kocaeli-MAM-Susurluk Havzası 2010).



Şekil 3.6. Susurluk Havzası arazi kullanım haritası (Gebze-Kocaeli-MAM-Susurluk Havzası 2010).

Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi, Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi, Yenice Doğal Arıtma Tesisi ve Pınar Doğal Arıtma Tesisi Susurluk Havzası'nda bulunmakta olup arıtılan atıksularını bu bölgedeki alıcı ortamlara vermektedir.

3.2.2 Marmara Havzası

Marmara Havzası, Bursa ili kısmında kalan bölümü ile değerlendirildiğinde, büyük bir bölümü engebeli bir sahil şeridinden oluşan kesim ile İznik Gölü etrafındaki ovalık alanlardan oluşmaktadır. Katırlı Dağlarından Gemlik Körfezi'ne uzanmakta ve bu

bölgede İznik Gölü'nün etrafını çevrelemektedir. İznik Ovası 100 km² alanla çevrili olup oldukça verimli bir ovadır (Gebze-Kocaeli-MAM-Marmara Havzası 2010).

Çalışma kapsamında seçilen tesislerden **Gürle Doğal Arıtma Tesisi** bu havzada yer almaktadır.

3.2.3 Sakarya Havzası

Sakarya havzası, Eskişehir ve Sakarya illerinin tamamını, Bilecik ilinin %97,2'sini, Ankara ilinin merkez ilçelerini, Bolu'nun %42'sini, Kütahya merkezi ile birlikte yaklaşık %35'ini, Afyonkarahisar'ın %23'ünü, Konya'nın yaklaşık %20'sini, Bursa'nın %17'sini, Kocaeli'nin yaklaşık %10'u ile Düzce, Çankırı ve Uşak illerinin %2'den daha az bölümünü kapsayan büyük bir havzadır. Yapılan çalışmalara göre havzaya deşarj edilen KOİ yükü 62 831 ton/yıl, 2 702 ton/yıl Toplam-P olarak belirlenmiştir. Havzadaki su kalitesinin giderek azalması havza planlarında 2020 yılında tüm yerleşim yerlerinde atıksu arıtma tesislerinin işletmeye alınması zorunluluğunu getirmiştir (Gebze-Kocaeli-MAM-Sakarya Havzası 2013).

Çalışma kapsamında seçilen doğal arıtma tesislerinden, **Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi, İncirli Doğal Arıtma Tesisi, Mentеше Doğal Arıtma Tesisi, Deydinler Doğal Arıtma Tesisi** ve **Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi**, Sakarya Havzası'nda bulunmakta olup atıksularını bu havzada bulunan alıcı ortamlara vermektedir.

3.3 Seçilen Arıtma Tesislerinin Topografik Özellikleri

3.3.1 Mustafakemalpaşa-Karacabey Doğal Arıtma Tesisi Topografik Özellikleri

Bölgenin yakın çevresi, MustafaKemalpaşa'nın oluşturduğu geniş düzlük alanlardan oluşmaktadır. Bu düzlük alanlar güneydoğuya doğru yerini yayvan sırt ve tepelerden oluşan engebeli bir topografyaya bırakır. Genellikle fazla yüksek olmayan bu alanda vadiler geniş ve düşüğeğimlidir. Bölgede **Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi** ve **Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi** bulunmaktadır.

Doğal arıtma tesisleri kurulurken bölgenin topografik özellikleri tasarım ve işletme sürecini etkileyen önemli bir parametredir. Doğal arıtma tesisleri içerisinde atık ve arıtma malzemesi barındıran bir havuz gibi düşünülebilir. Dolayısıyla doğal arıtma sistemleri topografik zemine yüksek basınç uygularlar. Ayrıca doğal arıtma tesislerinin kurulduğu bölgenin yapısının permeabilitesi ve yeraltı su kaynaklarının tespiti yapılmalıdır.

İnceleme alanında, Kemalpaşa Çayı'nın oluşturduğu düzlük alanların yükseltisi 14-37 metreler arasında değişmektedir. Engebeli alanda ise yükselti 170 metreye kadar çıkmaktadır.

Faaliyet alanı içinde bulunan Güney Marmara Bölgesinde en altta Paleozoik yaşlı, yer yer mermer kütleleri içeren, metamorfik şistler ile granitler bulunmaktadır. Mezozoikte; kireçtaşı blokları içeren kırıntılı kayalardan oluşan Karakaya Formasyonu, konglomera-kumtaşı-kumlu marn ardalanmasından oluşan Dağakeçe Formasyonu ve İnatlar Kireçtaşı ile çökel-metamorfik ve ofiyolit topluluğuna ait bazik ve ultrabazik kayalardan oluşmuş Yayla Melanjı görülmektedir. Senozoyikte ise Çataldağ Grabiti, volkanik kayalar, Miyosen ve Pliyosen yaşlı karasal çökeller, bazalt, gevşek tutturulmuş kum ve çakıldan oluşan Pliyo-kuvaterner çökelleri ile alüvyonlar oluşmuştur.

Bölgedeki doğal arıtma tesisleri incelendiğinde topografik zeminin geçirimsiz yapıdan oluştuğu görülmektedir.

3.3.2 İnegöl-Yenişehir Bölgesi Topografik Özellikleri

Tesisler Yenişehir Ovasında kalmakta olup, yükseltisi 220 metre dolayındadır. Ova çevresi genellikle yayvan sırt ve tepelerden oluşan engebeli bir topoğrafya ile çevrilidir. İnceleme alanının güneyinde görülen engebeli alanda yükselti Erenler tepede 477 m. ye ulaşır.

Doğal arıtma tesisleri kurulurken bölgenin topografik özellikleri tasarım ve işletme sürecini etkileyen önemli bir parametredir. Doğal arıtma tesisleri içerisinde atık ve

arıtma malzemesi barındıran bir havuz gibi düşünülebilir. Dolayısıyla doğal arıtma sistemleri topografik zemine yüksek basınç uygularlar. Ayrıca doğal arıtma tesislerinin kurulduğu bölgenin yapısının permeabilitesi ve yeraltı su kaynaklarının tespiti yapılmalıdır. Bölgenin engebelilik durumu yine bu tesislerin tasarımı ve inşası açısından önemlidir.

Tesislerin bulunduğu bölgede, en altta Paleozoik yaşlı Dereyörük Grubu bulunmaktadır. Bunlar üzerinde Neojen yaşlı Göl çökelleri görülmektedir. Kuvaternerde ise dere yataklarında alüvyonlar oluşmuştur. Bölgede **İncirli Doğal Arıtma Tesisi, Mentеше Doğal Arıtma Tesisi, Deydinler Doğal Arıtma Tesisi ve Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi** bulunmaktadır.

3.3.3 İznik-Orhangazi Bölgesi Topografik Özellikleri

Doğal arıtma tesisleri kurulurken bölgenin topografik özellikleri tasarım ve işletme sürecini etkileyen önemli bir parametredir. Doğal arıtma tesisleri içerisinde atık ve arıtma malzemesi barındıran bir havuz gibi düşünülebilir. Dolayısıyla doğal arıtma sistemleri topografik zemine yüksek basınç uygularlar. Ayrıca doğal arıtma tesislerinin kurulduğu bölgenin yapısının permeabilitesi ve yeraltı su kaynaklarının tespiti yapılmalıdır. Bölgenin engebelilik durumu yine bu tesislerin tasarımı ve inşası açısından önemlidir.

Tesislerin buldukları bölgede yükselti 85-370 m. ler arasında değişmektedir. İnceleme alanında, İznik Gölü çevresinde görülen geniş düzlük alanlar dışında, topoğrafya engebeli bir yapı sunmaktadır. İznik Gölü kuzeyi ve güneyinde oldukça dik yamaçlara sahip sırt ve tepeler ile hızla yükselen topografyaya karşılık doğruya doğru nispeten daha yayvan sırt ve tepelerin oluşturduğu ve daha alçak bir topografya görülmektedir.

İznik Gölü kuzeyindeki Samanlı Dağlarında yükselti 1 300 m. yi, Güneyde de 1 000 m. yi aşmaktadır. Doğuya doğru ise yükselti 200-500 m. ler arasında olup, devamında Sakarya vadisindeki Pamukova bulunmaktadır.

Tesislerin bulunduğu bölgede Paleozoikten Kuvaternere kadar değişik yaş ve litolojik özellikte, metamorfik, magmatik ve çökel kaya birimleri bulunmasına karşılık, ruhsat sahasında sadece Paleozoyik yaşlı metamorfik şist ve kristalize kireçtaşı-mermerler, ile Kuvaterner yaşlı alüvyonlar görülmektedir. Bölgede Gürle Doğal Arıtma Tesisi ve Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi bulunmaktadır.

3.3.4 Büyükorhan Bölgesi Topografik Özellikleri

Büyükorhan bölgesinde Pınar Doğal Arıtma Tesisi ve Yenice Doğal Arıtma Tesisleri bulunmaktadır. Bölgenin topografik özellikleri ile ilgili detaylı bilgi bulunamamıştır.

3.4 Yöntem

Çalışma kapsamında belirlenen 10 adet doğal arıtma tesisleri örnek alma çalışmaları BUSKİ personeli Çevre Mühendisi Emre ÖĞ ile birlikte yapılmıştır. Örnekler, arıtma tesisi giriş ve çıkış numuneleri olmak üzere anlık olarak alınmıştır. Belirlenen doğal arıtma tesislerine 3 farklı mevsimde (Kış-ilkbahar-yaz) birer kez gidilerek konum tespiti yapılmıştır.. Her bir tesisten farklı mevsimlerde giriş ve çıkış örnekleri alınmıştır. 10 doğal arıtma tesisi için alınan toplam 60 örnek için AKM, KOİ, Azot ve Fosfor analizleri yapılmıştır. Örnekler **anlık** olarak alınmış olup sonrasında BUSKİ Doğu Atıksu Arıtma Tesisi akredite laboratuvarlarında analizlenmiştir. Örnekler alınıp deneyin yapılacağı laboratuvara getirilmesi sürecinde gerekli koruma tedbirleri alınarak taşınmış, deney yapılana kadar geçen süre içerisinde uygun şekilde saklanmıştır. Alınan örneklerin korunması için alınan önlemler Çizelge 3.3'te verilmiştir.



Çizelge 3.3. Alınan örneklerin korunması için alınan önlemler (Su Numunelerinin Taşınması, Depolanması ve Muhafazalanması İçin Klavuz)

Parametre	Deney Metodu	Kullanılacak Hacim	Doldurma Tekniği	Muhafaza Tekniği	En Uzun Muhafaza Tekniği	Açıklamalar
KOİ	Kapalı Reflux-Titrimetrik Metod	100 mL	Kap ağzına kadar hava almayacak şekilde doldurulur.	H ₂ SO ₄ ile pH 1-2 olacak şekilde asitlendirilmiştir.	1 ay	-
AKM	Gramivetik Metod	500 mL	-	1-5 ⁰ C soğutulmalıdır.	2 gün	-
Toplam-N	Kolorimetrik Metod	200 mL		1-5 ⁰ C soğutulmalıdır	1 gün	Tercihen saha analizi yapılmalıdır.
Toplam-P	Asitle Özümleme ve Askorbik Asit Metodu	250 mL		H ₂ SO ₄ ile pH 1-2 olacak şekilde asitlendirilmiştir.	1 ay	-

3.4.1 Atıksu Örnekleme

Örnekler genel olarak 2 litrelik polipropilen (PP) örnek alma kapları ile alınmıştır. Alınan örnekler buz kalıpları ile soğuk ortamda laboratuvara getirilmiş ve laboratuvar da koruma önlemleri ile muhafaza edilmiştir. Örnek alma sırasında kullanılan malzemelerin özellikleri Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Örnek almada kullanılan ekipman ve özellikleri

Örnek Almada Kullanılan Ekipman	Açıklama
Numune Kabı	
Numune Alma Kabı	
Taşıma Kabı	

Alınan örnekler BUSKİ laboratuvarında analizlenmiş olup, KOİ tayini **Lange LCK 514** Metodu ile AKM tayini **SM 2540D gravimetrik** metodu ile Toplam Azot ve Toplam Fosfor tayini sırasıyla **Nanocolor** ve **LCK 348 Hazır Kit** Metodu kullanılarak analizlenmiştir.

3.5 Mevsimsel Olarak Numune Alma Çalışmaları

Çalışma kapsamında doğal arıtmalar mevsimsel olarak incelenmiş, çalışmalar kış mevsiminde başlamış ve kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde (3 mevsim) doğal arıtmalara giderek analiz edilmek üzere örnekler alınmıştır. Farklı mevsimlerde doğal arıtmalara gidilerek doğal arıtmaların mevsimsel şartlardan etkilenmesi ve çevresel etkilerin mevsimsel olarak değişimlerinin gözlemlenmesi hedeflenmiştir.

3.6 Elde Edilen Bulguların İstatistiksel Metod İle Analizi

Proje çalışmaları boyunca 10 adet doğal arıtma tesisi 3 mevsim (kış, ilkbahar, yaz) boyunca arıtma verimleri hesaplanarak incelenmiştir. İnceleme yapılırken arıtma tesislerinin birbiri arasındaki arıtma verimleri kıyaslanmış ve bu arıtma verimlerinin mevsimsel olarak ilişkisi incelenmiştir. Ayrıca her mevsim giderim verimlerinin birbirleri ile aralarındaki ilişki yine istatistiksel metod kullanılarak incelenmiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçların kıyaslanması için gerekli istatistiksel metod, IBM SPSS 20 programı kullanılarak elde edilmiştir.

Proje sonuçlarının istatistiksel yönden incelenmesi için ilk adım verilerin türünün belirlenmesidir. Analiz yönteminde 2 temel grup yer alır ve hangi yöntemi kullanılacağı veri türüne bağlı olarak seçilir. Bu gruplar;

- Parametrik Veriler için kullanılan analiz yöntemleri (Varyans Analizi, T-Testi, Pearson Korelasyonu)
- Parametrik Olmayan Veriler için kullanılan analiz yöntemleri (Ki-kare testleri, Spearman Korelasyonu)

Bu şartlardan sonra bakılacak ilk kriter örneklerin büyüklüğüdür. Eğer örneklerin büyüklüğü 30'dan az ise parametrik olmayan yöntemler kullanılacaktır. Ancak çalışma kapsamında yapılacak iki metod için de örneklem büyüklüğümüz 30 dan büyük olduğu için (sırasıyla 30, 40) çalışma kapsamında Pearson Analizi kullanılacaktır.

Proje kapsamında, 4 farklı arıtma veriminin (AKM, KOİ, Toplam-N ve Toplam-P) 3 farklı mevsimdeki ilişkileri istatistiksel yöntem ile araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar; $\alpha=0.05$ güven aralığında incelenecektir. Ayrıca sonuçlar;

- H_0 = mevsimler arasında ilişki vardır
- H_1 =mevsimler arasında ilişki yoktur diye yorumlanacaktır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Doğal Arıtma Tesisleri Giriş-Çıkış Değerleri

Doğal arıtma tesisleri 9 ay boyunca (3 mevsim) incelenmiştir. İncelenen doğal arıtmaların ortak özellikleri arıtma tesislerine endüstriyel atıksu karışmaması sadece evsel içerikli atıksu gelmesidir. Ancak doğal arıtmaların çevresel etkilerden (hayvancılık atıkları, zeytincilik atıkları vb.) etkilendiği görülmüştür. İncelenen doğal arıtma tesisleri Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) Çizelge 21.5 Evsel Nitelikli Atıksular Çizelgesine göre değerlendirilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 21.5: Evsel Nitelikli Atıksular (Eşdeğer Nüfusun Ne Olduğuna Bakılmaksızın Doğal Arıtma (Yapay Sulak Alan) ve Stabilizasyon Havuzları Sistemiyle Biyolojik Arıtma Yapan Kentsel Atıksu Arıtma Tesisleri İçin)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
BİYOKİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (BOİ ₅)	(mg/L)	75	50
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (KOİ)	(mg/L)	180	120
ASKIDA KATI MADDE (AKM)	(mg/L)	200	150
pH	-	6-9	6-9

* Köyler için Çizelgede verilen deşarj limitleri yada parametreler için en az %60 arıtma verimi uygulanacaktır.

Çalışma kapsamında doğal arıtma tesislerinin çıkış parametrelerini sağlayıp sağlamadığı belirlenmiş, parametreleri sağlamayan tesisler için öneriler geliştirilmiştir.

4.1.1 Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi

Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi Mustafakemalpaşa'nın Ocaklı köyünde bulunmaktadır (Şekil 4.1). Ocaklı köyü ekonomisi, tarım ve hayvancılığa dayalıdır. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi köyün çıkışında hayvancılık faaliyetlerine yakın bir yere kurulmuştur. Arıtmanın yakınında 6-8 adet ahır tespit edilmiştir. Ayrıca hayvancılık ile uğraşan köy sakinleri atıklarını arıtma tesis yakınına boşaltmaktadır.



Şekil 4.1. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisinin yeri ve tesise yakın olan hayvan çiftliklerinin tesise yakınlığı

Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi 1500 Eşdeğer Nüfusa göre tasarlanmış ve işletilmektedir. Tesisten çıkan arıtılmış sular Susurluk Havzasında bulunan Susurluk Çayına verilmektedir.

Susurluk Çayı, Simav Gölünün Balıkesir yönünden gelen tatlı su kaynakları ile birleştikten sonraki kısmı olup, Karacabey ilçesinde Hanife Dere adına dönüşene kadar devam etmektedir. Susurluk Çayı KOİ açısından değerlendirildiğinde I-II. Sınıf olarak görülmektedir. Bölgede Atnos Çayı-Balıkdere istasyonunda çok kirli sınıfa sokacak kadar önemli ölçüde organik madde ve azot kirliliği mevcuttur. Ayrıca çözünmüş oksijen parametresine bakıldığında bu bölgenin suları çok kirli sular sınıfında yer almaktadır (Gebze-Kocaeli-MAM-Susurluk Havzası 2010).

Kış Mevsimi Çalışmaları

Ocaklı Doğal Arıtma Tesisine kış mevsimi çalışmaları için gidilmiş ve giriş-çıkış örnekleri alınmıştır. Örnek alma konusunda bir problem yaşanmamıştır. Ancak tesisin etrafında hayvan gübresi atıkları tespit edilmiştir. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Ayrıca yapılan çalışmaya ait resimler Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’te verilmiştir.



Şekil 4.2. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi Genel Görüntüsü



Şekil 4.3. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi

Çizelge 4.2. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları

Parametre	Birim	Mustafa Kemal Paşa-Ocaklı Giriş	Mustafa Kemal Paşa-Ocaklı Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	268	43	83	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	576	283	50	180
Toplam Azot	mg/L	37	22	40	-
Toplam Fosfor	mg/L	8,90	5,40	39	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

Analiz sonuçları incelendiğinde tesisin giriş değerlerinin oldukça yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebinin ise arıtma tesisinin çok yakınında bulunan hayvansal atıkların yağmur ile karışarak yüzeysel akışla tesise gelmesi olduğu düşünülmektedir. Bu durum doğal arıtma tesisinin sınırlarının çizilerek hayvansal atıklarının düzensiz şekilde bertarafının önlenmesiyle giderilebilir. Tesisin AKM değeri oldukça yüksektir. Bu durum tesise hayvansal kaynaklı atıkların karıştığını göstermektedir. Hayvansal atık içeren atıksuların tesise girmesinin engellenmesi ile tesisin arıtma verimlerinin artırılması ve deşarj parametrelerinin sağlanması mümkün görülmektedir.

İlkbahar Mevsimi Çalışmaları

Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi ilkbahar çalışmaları için gidilmiş ve giriş-çıkış örnekleri alınmıştır. Tesisin giriş yapısına atıksu gelmediği tespit edilmiş ve giriş yapısının tıkanması sebebiyle tesisten giriş-çıkış örneği alınamamıştır. Hayvansal atıkların düzensiz bertarafının devam ettiği bu nedenle hayvansal atıkların giriş yapısını tıkadığı belirlenmiştir (Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6)



Şekil 4.4. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi (Yüzeyaltı Akış Yapısı)



Şekil 4.5. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi çıkış yapısı



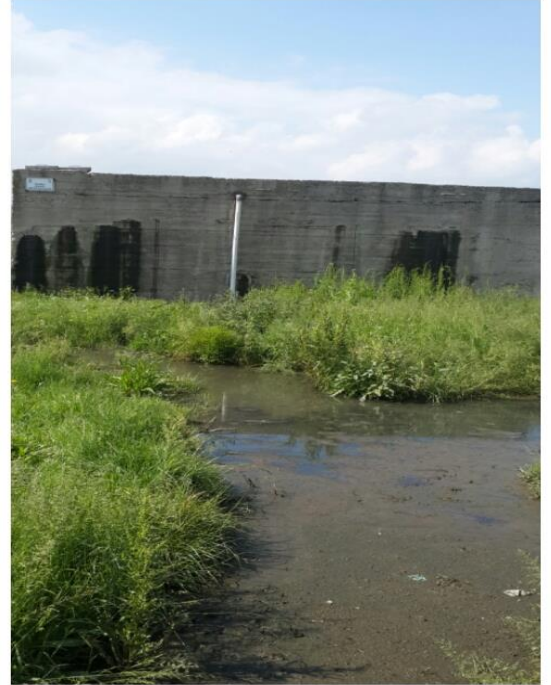
Şekil 4.6. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi giriş yapısı

Yaz Mevsimi Çalışmaları

Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi yaz çalışmaları için gidilmiştir. Tesisten giriş-çıkış örnekleri alınmış ve örnek alma konusunda bir problem yaşanmamıştır. Tesisin etrafı BUSKİ yetkilileri tarafından tel örgü ile çevrilmiştir (Şekil 4.7 ve Şekil 4.8). Köy halkı ile yapılan görüşmelerde arıtma tesisinin zaman zaman çalışmadığı ve arıtmaya yakın evlere, arıtmadan kaynaklanan kirli atıksuların ulaştığı şikayeti iletilmiştir. Ayrıca köy halkı arıtmaya hayvansal atık karıştığını onaylamıştır ve bu konularda köy halkına eğitim verilmesi gerektiği önerisinde bulunulmuştur. İlkbahar mevsiminde yapılan çalışmalarda hayvansal atıklar nedeniyle arıtmanın tıkanıp tıkanmadığı tespit edilmiştir. Yaz mevsimi çalışmalarında ise arıtmanın etrafındaki atıkların bir kısmının temizlendiği, etrafının tel örgü ile çevrildiği ve arıtma tesisi giriş ve çıkış yapılarındaki tıkanma problemlerinin giderildiği belirlenmiştir. Giriş-çıkış örnekleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.7. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi



Şekil 4.8. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi etrafındaki taşkınlik problemi

Çizelge 4.3. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları

Parametre	Birim	Mustafa Kemal Paşa-Ocaklı Giriş	Mustafa Kemal Paşa-Ocaklı Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	214	55,2	74,2	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	215	123	42,8	180
Toplam Azot	mg/L	36	15	58,3	-
Toplam Fosfor	mg/L	4,7	4,8	-	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi yaz çalışması sonuçlarının incelendiğinde tesisin etrafının tel örgülerle çevrilmesi ve halkın bilinçlendirilmesi ile birlikte atıkların organik içeriğinin azaldığı ve tesisin etrafının temiz olduğu görülmektedir. Tesisin deşarj parametrelerini sağladığı ancak arıtma verimlerini sağlamadığı görülmektedir (Çizelge 4.3). Ayrıca muhtar ile konuşup hayvansal atıkların arıtma yapısına olan bertarafını engellemek için halka bilgilendirme sunumları yapılması konusu öneri olarak BUSKİ personeline iletilmiştir.

4.1.2 Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi

Karacabey Taşpınar Köyü, 1924 yılında mübadele anlaşması ile Yunanistan'daki Türklerin ve bu bölgedeki Rumların köyde yaşamaya başlamasıyla oluşturulmuştur. Köyün ekonomisi tarım ve hayvancılıktır. Karacabey Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi köyün kuzeyinde yer almaktadır (Şekil 4.9). Tesisin yakınında bir kaç sanayi kuruluşu olmasına rağmen arıtma tesisine bir etkisi bulunmamaktadır.



Şekil 4.9. Taşpınar Doğal Arıtma Tesisinin yeri ve yakınındaki sanayi kuruluşları

Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi 400 Eşdeğer Nüfusa göre tasarlanmış ve işletilmektedir. Tesisten çıkan arıtılmış sular Susurluk Havzasında bulunan Nilüfer Çayına deşarj edilmektedir.

Nilüfer Çayı, Bursa'nın en kirli çayı olarak önem arz etmektedir. Çayın Doğancı-S.Saygın Barajı menbasına dahil olan bölümde ötrofikasyon açısından ilişkili parametreler olan $\text{NH}_4\text{-N}$ 'nin I-II, $\text{NO}_3\text{-N}$ 'nin I, Toplam-P'un III, $\text{NO}_2\text{-N}$ 'nin ise III-IV sınıflarında değerlendirildiği görülmektedir (Gebze-Kocaeli-MAM 2010). Ayrıca Nilüfer Çayı fiziksel ve inorganik parametreler açısından değerlendirildiğinde III-IV'ncü sınıflarda kalmaktadır (Gebze-Kocaeli-MAM-Susurluk Havzası 2010).

Nilüfer Çayında aşırı kirlenme, aşırı nüfus yoğunluğu ve endüstriyel atıksu deşarjlarının fazla olması sebebiyle Bursa kısmında yoğun bir kirlilik artışı görülmektedir. Çayın özellikle BUSKİ Doğu AAT deşarjı kısmında kalan ve Marmara Denizi'ne döküldüğü noktaya kadar devam eden kısmında su kalitesi oldukça düşmektedir. Bu bölgede KOİ değeri 565 mg/L, $\text{NH}_4\text{-N}$ değeri 25 mg/L, Toplam-P değeri ise 16 mg/L'ye kadar çıkmakta, ayrıca tuzluluk parametreleri ve çözünmüş oksijen açısından IV sınıfa kadar kalitesi azalmaktadır (Gebze-Kocaeli-MAM-Susurluk Havzası 2010).

Kış Mevsimi Çalışmaları

Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi'ne gidilmiş ve giriş-çıkış numunesi alınmıştır.. Tesisin çevresi oldukça temiz olup herhangi bir sorun gözlemlenmemiştir (Şekil 4.10). Ayrıca tesisin etrafının tel örgü ile etrafının kapatılması çalışmaları yapılmaktadır. Analiz sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.10. Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi (Giriş Yapısı)

Çizelge 4.4. Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları

Analiz Adı	Birim	Karacabey- Taşpınar Giriş	Karacabey- Taşpınar Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	3,2	3,8	-	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	102	<16	84	180
Toplam Azot	mg/L	13	6,2	52	-
Toplam Fosfor	mg/L	14,20	1,10	93	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

Analiz sonuçlarına bakıldığında giriş suyunda AKM değerinin çok yüksek olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca tesisin KOİ, azot ve fosfor gideriminde etkili olduğu ve

sistemin güzel çalıştığı tespit edilmiştir. İlkbahar ve yaz çalışmaları ile birlikte tesisin giderim verimi incelenmeye devam edilecektir.

İlkbahar Mevsimi Çalışmaları

Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi'ne ilkbahar çalışmaları için gidilmiş ve giriş-çıkış numunesi alınmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.11. Karacabey Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi

Çizelge 4.5. Karacabey Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları

Analiz Adı	Birim	Karacabey- Taşpınar Giriş	Karacabey- Taşpınar Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	27	90	-	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	111	97	12,6	180
Toplam Azot	mg/L	16	8,6	46,25	-
Toplam Fosfor	mg/L	11,73	2,29	85	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

Tesisin giriş değerlerinin çok değişmediği ancak tesisin AKM ve KOİ giderimini gerçekleştirmediği tespit edilmiştir. Ancak tesisin giriş değerlerinin bile SKKY 21.5 deşarj parametrelerini sağladığđ görölmektedir.

Yaz Mevsimi Çalışmaları

Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi'ne yaz mevsimi çalışmaları için gidilmiş ve giriş-çıkış numunesi alınmıştır. Tesisin etrafını tel örgüyle kapatma çalışmaları sona ermiştir (Şekil 4.12 ve Şekil 4.13). Örnek alma konusunda bir sorun yaşanmamıştır. Giriş ve çıkış yapılarından çok düşük hızla akım olduğu tespit edilmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.12. Karacabey Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi



Şekil 4.23. Karacabey Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi (Yüzey Altı Akış Yapısı)

Çizelge 4.6. 07.05.2016 Tarihinde Karacabey Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları

Analiz Adı	Birim	Karacabey- Taşpınar Giriş	Karacabey- Taşpınar Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	38,6	20,3	47,4	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	101	89	11,8	180
Toplam Azot	mg/L	11	1,8	84	-
Toplam Fosfor	mg/L	8,3	1,5	82	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

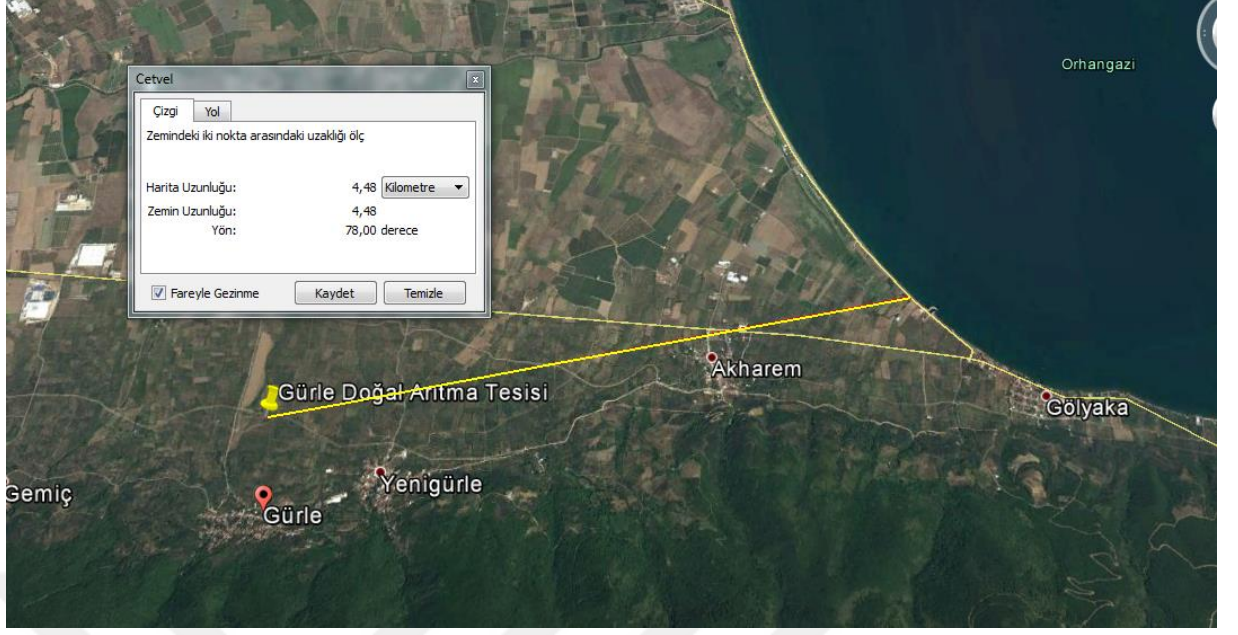
Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi'nin deşarj standartlarını sağladığı ancak tesisin AKM ve KOİ giderim verimlerini sağlamadığı tespit edilmiştir. Ancak tesisin giriş değerlerinin bile SKKY 21.5 deşarj parametrelerini sağladığı görülmektedir..

4.1.3 Gürle Doğal Arıtma Tesisi

Gürle Köyü, Bursa merkezine 42 km, Orhangazi merkezine ise 17km uzaklıkta bulunan tarihi değerlere sahip bir yerleşim birimidir. Köyün geçim kaynağı tarım ve hayvancılık olup, zeytin ve çeltik üretimi köyün tarım hacminin %95'ini oluşturmaktadır. Gürle Doğal Arıtma Tesisi köyün kuzeyinde hemen girişinde bulunmaktadır (Şekil 4.14). Ayrıca doğal arıtma tesisinin İznik Gölü'ne en yakın mesafesi 4,48 km'dir (Şekil 4.15).



Şekil 4.14. Gürle Doğal Arıtma Tesisinin Konumu



Şekil 4.15. Gürle Doğal Arıtma Tesisinin İznik Gölüne Olan Mesafesi

Gürle Doğal Arıtma Tesisi 750 Eşdeğer Nüfusa göre tasarlanmış ve işletilmektedir. Tesisten çıkan arıtılmış sular Marmara Havzasında bulunan Karsak Deresi'ne deşarj edilmektedir.

Kış Mevsimi Çalışmaları

Gürle Doğal Arıtma Tesisi'ne kış mevsimi çalışmaları için gidilmiştir. Örnek alma konusunda bir problem yaşanmamıştır. Arıtma yerleşim yerlerinden oldukça uzakta olup etrafında kirletici kaynak tespit edilmemiştir (Şekil 4.16). Giriş-çıkış örnekleri alınmış analiz sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.36. Gürle Doğal Arıtma Tesisi (Foseptik Yapısı)

Çizelge 4.7. Gürle Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları

Analiz Adı	Birim	Orhangazi- Gürle Giriş	Orhangazi- Gürle Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	75	<2,1	97	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	122	33	73	180
Toplam Azot	mg/L	14	8,7	38	-
Toplam Fosfor	mg/L	2,83	1,76	38	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

Analiz sonuçlarına bakıldığında Gürle Doğal Arıtma Tesisi çıkış sularının yönetmelikteki deşarj parametrelerini sağladığı ve yüksek arıtma verimlerinde çalıştığı görülmektedir. Ancak tesisin giriş değerlerinin bile SKKY 21.5 deşarj parametrelerini sağladığı görülmektedir. Azot ve fosfor değerlerine bakıldığında ise arıtma verimleri istenen seviyede olmadığı gözükmektedir.

İlkbahar Mevsimi Çalışmaları

Gürle Doğal Arıtma Tesisine ilkbahar mevsimi çalışmaları için gidilmiştir. Örnek alma konusunda bir problem yaşanmamıştır. Arıtma yerleşim yerlerinden oldukça uzakta olup etrafında kirlenici kaynak tespit edilmemiştir. Alınan analiz örnekleri (Çizelge 4.8) ve tesise ait resimler (Şekil 4.17 ve Şekil 4.18) aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.47. Gürle Doğal Arıtma Tesisini (Foseptik Yapısı)



Şekil 4.58. Gürle Doğal Arıtma Tesisi (Yüzey Altı Akış Yapısı)

Çizelge 4.8. Gürle Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları

Analiz Adı	Birim	Orhangazi- Gürle Giriş	Orhangazi- Gürle Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	200,5	<2,1	99	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	85	<16	81	180
Toplam Azot	mg/L	5	2	60	-
Toplam Fosfor	mg/L	2	0,1	95	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

Yapılan kış mevsimi çalışmalarında tesisin azot ve fosfor giderim verimleri düşük çıktığı ancak yönetmelikte azot ve fosfor oranlarına yer vermediği için bir problem olmadığı ortaya çıkmıştır. Yapılan ilkbahar mevsimi çalışmalarında tesisin eksiksiz olarak çalıştığı ve istenen bütün değerleri sağladığı ortaya çıkmıştır. Tesis optimum çalışma verimiyle Türkiye'deki bütün tesislere örnek olacak niteliktedir.

Yaz Mevsimi Çalışmaları

Gürle Doğal Arıtma tesisine yaz mevsimi çalışmaları için gidilmiştir. Tesiste bir sorun gözlemlenmemiştir. Alınan analiz örnekleri (Çizelge 4.9) ve tesise ait resimler (Şekil 4.19 ve Şekil 4.20) verilmiştir.



Şekil 4.6. Gürle Doğal Arıtma Tesisi (Foseptik Yapısı)



Şekil 4.20. Gürle Doğal Arıtma Tesisi (Yüzey Altı Akış Yapısı)

Çizelge 4.9. Gürle Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları

Analiz Adı	Birim	Orhangazi- Gürle Giriş	Orhangazi- Gürle Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	115	<7,8	93,2	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	184	20	89,1	180
Toplam Azot	mg/L	12	5,5	55	-
Toplam Fosfor	mg/L	3,06	1,1	65	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

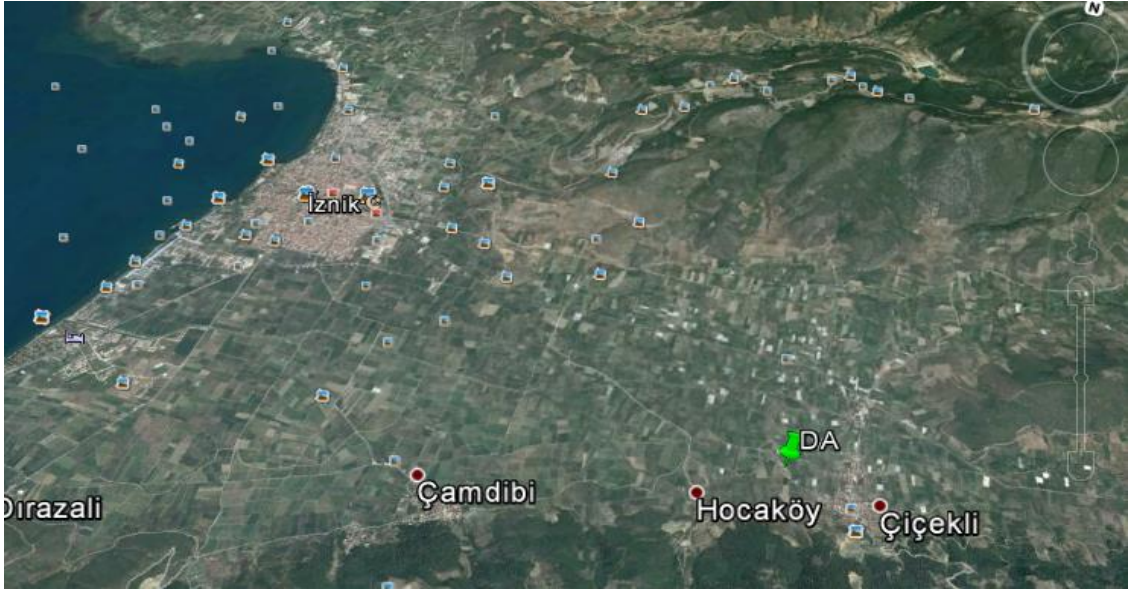
Yapılan kış mevsimi çalışmalarında tesisin azot ve fosfor giderim verimleri düşük çıkmıştır. Yapılan ilkbahar mevsimi çalışmalarında tesisin eksiksiz olarak çalıştığı ve istenen bütün değerleri sağladığı ortaya çıkmıştır. Yaz mevsimi çalışmalarında da tesisin yönetmelik değerlerini sağladığı, yüksek AKM ve KOİ giderim verimi gerçekleşmiştir. Ayrıca Gürle Doğal Arıtma Tesisi %55 azot, %65 fosfor giderimi gerçekleştirmektedir.

4.1.4 Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi

Çiçekli Köyü İznik ilçesinde bulunan ve adı Cumhuriyet döneminde Çiçekli olarak değiştirilmiş İznik Gölü'ne yakın bir köydür. Köyün başlıca geçim kaynağı isminden de anlaşılacağı üzere seracılıktır. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi köyün çıkışında mezarlığın hemen yanında bulunmaktadır (Şekil 4.21). Doğal arıtma tesisinin İznik Gölü'ne uzaklığı yaklaşık 7 km'dir (Şekil 4.22).



Şekil 4.6. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisinin Konumu



Şekil 4.7. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisinin yeri ve göle yakınlığı

Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi, 500 eşdeğer nüfusa göre tasarlanmış olup arıtılan atıksularını, Uludağ ve Domaniç Dağları'ndan doğan Karadere'ye vermektedir. Karadere mevcut güzergâhını izledikten sonra Yenişehir Ovası sınırlarına girdiğinde Göksu adını alır. Daha sonra doğu yönüne yönelerek Bilecik ilinde Sakarya Nehri'ne gelir.

Kış Mevsimi Çalışmaları

Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi kış mevsimi çalışmaları için gidilmiştir. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi giriş yapısı bulunmamıştır. Giriş örnekleri tesisteki giriş yapısına yakın kırık bir borudan alınmıştır (Şekil 4.23 ve Şekil 4.24). Tesisin etrafında başka bir problem gözükmemektedir. Kış mevsimi çalışmaları analiz sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.237. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi (Foseptik Yapısı)



Şekil 4.24. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi giriş yapısına yakın örnek alınan kırık boru

Çizelge 4.10. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları

Parametre	Birim	İznilik - Çiçekli Giriş	İznilik - Çiçekli Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	227	<2.1	99	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	602	20	97	180
Toplam Azot	mg/L	42	16,9	60	-
Toplam Fosfor	mg/L	5,62	4,12	27	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

Analiz sonuçlarına bakıldığında Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi çıkış sularının yönetmelikteki deşarj parametrelerini sağladığı ve yüksek arıtma verimlerinde çalıştığı görülmektedir. Fosfor değerine bakıldığında ise arıtma verimleri istenen seviyede olmadığı gözükmektedir.

İlkbahar Mevsimi Çalışmaları

Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi'ne ilkbahar mevsimi çalışmaları gidilmiştir. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi giriş yapısı bulunmamıştır. Giriş örnekleri tesisteki giriş yapısına yakın kırık bir borudan alınmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları

	Birim	İznilik - Çiçekli Giriş	İznilik - Çiçekli Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	108	3,3	97	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	386	27	93	180
Toplam Azot	mg/L	59	18,6	69	-
Toplam Fosfor	mg/L	4	0,43	89	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

Yapılan ilkbahar mevsimi çalışmalarında tesisin eksiksiz olarak çalıştığı ve istenen bütün değerleri sağladığı ortaya çıkmıştır. Tesis optimum çalışma verimiyle Türkiye'deki bütün tesislere örnek olacak niteliktedir.

Yaz Mevsimi Çalışmaları

Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi yaz mevsimi çalışmaları gidilmiştir. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi giriş yapısı yabancı otlar ile çevrelenmiştir (Şekil 4.25 ve Şekil 4.26). Ayrıca çıkış yapısının etrafında otların bulunduğu hiçbir düzenlemenin yapılmadığı belirlenmiştir. Yaz mevsimi çalışmaları analiz sonuçları Çizelge 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.25. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi foseptik yapısı ve diğer mevsimlerde örnek alınan nokta



Şekil 4.8. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi Çıkış Yapısı

Çizelge 4.12. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları

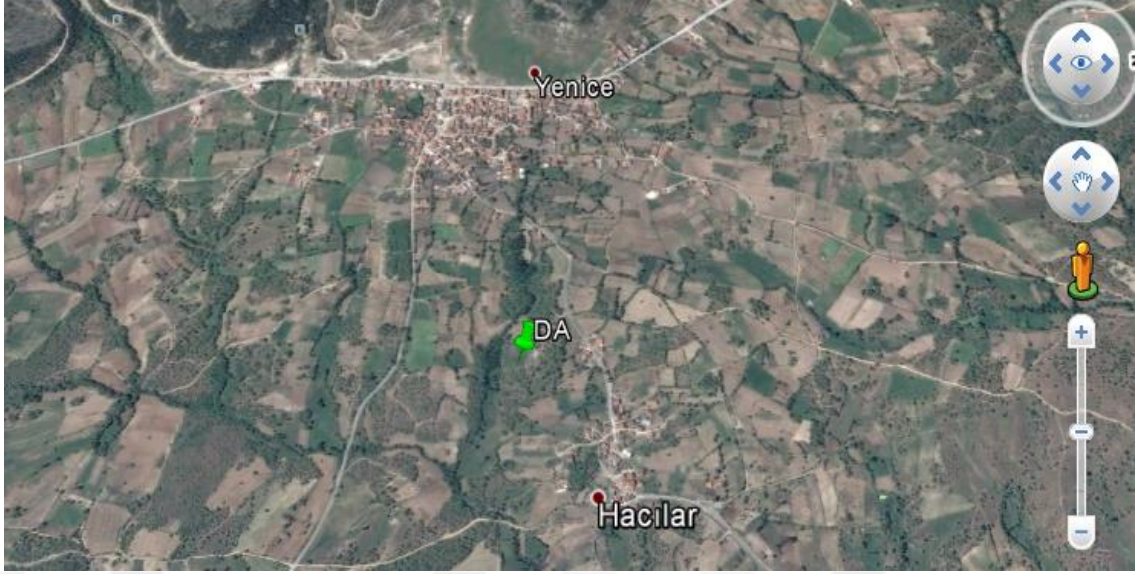
Analiz Adı	Birim	İznik - Çiçekli Giriş	İznik - Çiçekli Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	28,5	4,8	83,1	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	176	28	84	180
Toplam Azot	mg/L	38	12	68	-
Toplam Fosfor	mg/L	4,6	5,4	-	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

Yapılan yaz mevsimi çalışmalarında tesisin giriş değerlerinin oldukça düşük olduğu ve tesisin yüksek verimle çalıştığı gözükmemektedir. Tesisin 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı (30.11.2012 tarihli ve 28483 sayılı Revize) Resmi Gazetede yayımlanan “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği” ve 08.01.2006 tarih ve 26047 sayılı Kentsel Atıksuların Arıtımı Yönetmeliği Çizelge 1 değerleri göz önünde bulundurulduğunda giriş değerleri dahi deşatj parametrelerini sağladığı gözükmemektedir. Ancak kış çalışmalarında da görüldüğü gibi tesisin fosfor gidermediği belirlenmiştir.

4.1.5 Yenice Doğal Arıtma Tesisi

Büyükorhan’ın 3 km güneyinde bulunan büyük bir mahalle statüsüne geçmiş köydür. Nispeten düz ve ovalık bir arazide bulunmaktadır. Yenice Doğal Arıtma Tesisi Yenice-Hacılar köyleri arasında bulunmakta olup tesise sadece Yenice köyünün atıksuları gelmektedir (Şekil 4.27).



Şekil 4.27. Yenice Doğal Arıtma Tesisinin yeri

Büyükorhan-Yenice Doğal Arıtma Tesisi 1 500 Eşdeğer Nüfusa göre tasarlanmış ve işletilmektedir. Tesisten çıkan arıtılmış sular Susurluk Havzasında bulunan Orhaneli Çayına deşarj edilmektedir.

Yenice Doğal Arıtma Tesisi'nden kaynaklanan arıtılmış sular Orhaneli Çayı'na deşarj edilmektedir. Orhaneli Çayı, Kütahya ilinin Gediz ilçesinden doğmakta ve Emet Çayı ile birleşip M.Kemalpaşa Çayı adını almaktadır. Bu çay daha sonra Uluabat Gölü'ne dökülmektedir. Orhaneli Çayı su kalitesi açısından incelendiğinde yukarı bölgelerde KOİ açısından III-IV. sınıf su kalitesinde, NH₄-N açısından ise II-III. Sınıf su kalitesindedir. Çayın alt kesimlerine doğru gidildikçe su kalitesi, KOİ açısından II. Sınıf ve NH₄-N açısından da I. Sınıf su kalitesinde olmaktadır (Gebze-Kocaeli-MAM-Susurluk Havzası 2010).

Kış Mevsimi Çalışmaları

Yenice Doğal Arıtma Tesisine kış çalışması için gidilmiştir. Örnek alma konusunda bir problem yaşanmamıştır. Arıtma tesisinin yerleşim yerine çok yakın olduğu belirlenmiştir (Yaklaşık 10 m). Giriş-çıkış yapılarından örnekler alınmış ve analiz sonuçları Çizelge 4.13'te verilmiştir.



Şekil 4.98. Yenice Doğal Arıtma Tesisi (Foseptik Yapısı)

Çizelge 4.13. Yenice Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları

Parametre	Birim	Büyükorhan - Yenice Giriş	Büyükorhan- Yenice Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	224	76	67	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	968	301	69	180
Toplam Azot	mg/L	124	114	8	-
Toplam Fosfor	mg/L	7,56	6,44	15	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

Çizelge 4.13'teki sonuçlara bakıldığında tesise giriş değerlerinin oldukça yüksek olduğu gözükmemektedir. Arıtma verimleri yüksek olsa bile AKM ve KOİ değerleri SKKY Tablo 21.5 değerlerini sağlamadığı görülmektedir. Ayrıca tesise giren azot ve fosfor değerleri de oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Azot ve fosforun yüksek değerlerde alıcı ortama verilmesi ortamdaki oksijenin hızla tükenmesine ve alg patlamasına sebep olarak sucül ekosisteme zarar vermektedir (Şahinkaya, 2002).

İlkbahar Mevsimi Çalışmaları

Yenice Doğal Arıtma Tesisi'ne ilkbahar çalışması için gidilmiştir. Örnek alma konusunda bir problem yaşanmamıştır. Giriş-çıkış yapılarından örnekler alınmış ve analiz sonuçları Çizelge 4.14'te verilmiştir.



Şekil 4.109. Yenice Doğal Arıtma Tesisi



Şekil 4.30. Yenice Doğal Arıtma Tesisi (Deşarj Noktası)

Çizelge 4.14. Yenice Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları

Analiz Adı	Birim	Büyükorhan - Yenice Giriş	Büyükorhan- Yenice Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	294	6,2	97	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	285	35,8	87,4	180
Toplam Azot	mg/L	124	52	58,1	-
Toplam Fosfor	mg/L	6,5	3,9	40	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

Yenice Doğal Arıtma Tesisi ilkbahar çalışmaları analizlerine bakıldığında tesisin SKKY Çizelge 21.5 değerlerini sağladığı gözükmektedir. Ayrıca AKM ve KOİ parametreleri açısından optimum verimde çalışmaktadır. Tesisin giriş çıkış örnek alma noktalarında da bir problem gözükmektedir. Azot ve fosfor değerleri yüksek çıkmıştır.

Yaz Mevsimi Çalışmaları

Yenice Doğal Arıtma Tesisi'ne yaz çalışması gidilmiştir. Örnek alma konusunda bir problem yaşanmamıştır. Giriş-çıkış yapılarından örnekler alınmış ve analiz sonuçları Çizelge 4.15'te verilmiştir.



Şekil 4.31. Büyükorhan Yenice Doğal Arıtma Tesisi (Yüzey Altı Akış Yapısı)



Şekil 4.32. Yenice Doğal Arıtma Tesisi (Çıkış Yapısı)

Çizelge 4.15. Yenice Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları

	Birim	Büyükorhan - Yenice Giriş	Büyükorhan- Yenice Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	50,5	22	57	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	442	172	61	180
Toplam Azot	mg/L	79	90	-	-
Toplam Fosfor	mg/L	7,6	8,82	-	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

Yenice Doğal Arıtma tesisi yaz çalışmaları analizlerine bakıldığında tesisin SKKY Çizelge 21.5 değerlerini AKM Arıtma verimi hariç sağladığı gözükmektedir. Analiz sonuçları azot-fosfor açısından değerlendirildiğinde ise azot-fosfor değerlerinin giriş yapısına göre arttığı gözlenmiştir. Köyün temel geçim kaynağı hayvancılık olup ilkbahar yaz mevsiminde hayvancılık faaliyetleri artmaktadır. Bu durum azot fosfor değerlerindeki artışı açıklayabilir.

4.1.6 Pınar Doğal Arıtma Tesisi

Bursa iline 96 km, Büyükorhan ilçesine 11 km uzaklıkta bulunan yerleşim yerinin geçim kaynağı tarım ve hayvancılıktır.



Şekil 4.33. Pınar Doğal Arıtma Tesisi

Pınar Doğal Arıtma Tesisi 900 Eşdeğer Nüfusa göre tasarlanmış ve işletilmektedir. Tesisten çıkan arıtılmış sular Susurluk Havzasında bulunan Orhaneli Çayına deşarj edilmektedir.

Pınar Doğal Arıtma Tesisinden kaynaklanan arıtılmış sular Orhaneli Çayı'na deşarj edilmektedir. Orhaneli Çayı, Kütahya ilinin Gediz ilçesinden doğmakta ve Emet Çayı ile birleşip M.Kemalpaşa Çayı adını almaktadır. Bu çay daha sonra Uluabat Gölü'ne dökülmektedir. Orhaneli Çayı su kalitesi açısından incelendiğinde yukarı bölgelerde KOİ açısından III-IV. sınıf su kalitesinde, NH₄-N açısından ise II-III. Sınıf su kalitesindedir. Çayın alt kesimlerine doğru gidildikçe su kalitesi, KOİ açısından II. Sınıf ve NH₄-N açısından da I. Sınıf su kalitesinde olmaktadır (Gebze-Kocaeli-MAM-Susurluk Havzası 2010).

Kış Mevsimi Çalışmaları

Pınar Doğal Arıtma Tesisine gidilmiş (Şekil 4.34) ve giriş-çıkış örnekleri alınmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.34. Pınar Doğal Arıtma Tesisini (Foseptik Yapısı)

Çizelge 4.16. Pınar Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları

Parametre	Birim	Büyükorhan - Pınar Giriş	Büyükorhan- Pınar Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	311	12	96	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	816	74,5	91	180
Toplam Azot	mg/L	85	93	-	-
Toplam Fosfor	mg/L	6,94	7,08	-	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

Analiz sonuçlarına bakıldığında AKM ve KOİ değerlerinin deşarj parametrelerini sağladığı ve yüksek verimde çalıştığı gözükmektedir. Ancak Toplam Azot ve Toplam Fosfor değerlerinin ise arttığı görülmektedir.

İlkbahar Mevsimi Çalışmaları

Pınar Doğal Arıtma Tesisi'ne ilkbahar çalışmaları için gidilmiştir. Tesise ait giriş-çıkış değerleri Çizelge 4.17'de verilmiştir.



Şekil 4.35. Pınar Doğal Arıtma Yapısı (Fosseptik Yapısı)



Şekil 4.36. Büyükorhan Pınar Doğal Arıtma Yapısı (Deşarj Noktası)

Çizelge 4.17. Pınar Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları

Parametre	Birim	Büyükorhan - Pınar Giriş	Büyükorhan- Pınar Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	294	6,2	97,8	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	285	35,8	87,4	180
Toplam Azot	mg/L	52	20,4	60,7	-
Toplam Fosfor	mg/L	6,5	3,9	40	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

Analiz sonuçlarına bakıldığında AKM ve KOİ değerlerinin deşarj parametrelerini sağladığı ve yüksek verimde çalıştığı görülmektedir. Toplam Azot ve Toplam Fosfor gideriminde karşılaşılan problemler ilkbahar mevsiminde gözlemlenmemiştir. Toplam fosfor %60 giderim verimine ulaşamamıştır. Ancak deşarj parametrelerinde azot ve fosfor giderimine bakılmamaktadır.

Yaz Mevsimi Çalışmaları

Pınar Doğal Arıtma Tesisine yaz çalışmaları için gidilmiştir. Giriş yapısında düşük debi tespit edilmiş bu sebeple fosseptik yapısının içinden örnek alınmıştır. Tesise ait resimler (Şekil 4.37 ve Şekil 4.38) ve giriş-çıkış analiz değerleri (Çizelge 4.18) verilmiştir.



Şekil 4.37. Pınar Doğal Arıtma Yapısı (A Yüzey Altı Akış Yapısı)



Şekil 4.11. Pınar Doğal Arıtma Yapısı (Deşarj Noktası)

Çizelge 4.18. Pınar Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları

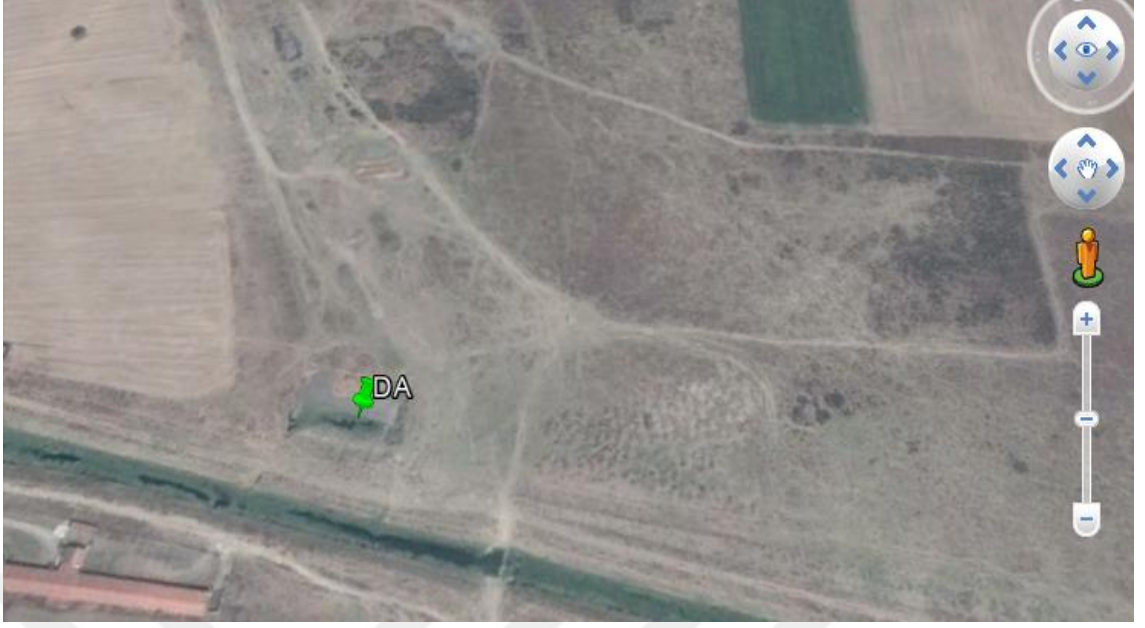
Parametre	Birim	Büyükorhan - Pınar Giriş	Büyükorhan- Pınar Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	1280	48	96	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	1640	16	91	180
Toplam Azot	mg/L	120	2,1	98	-
Toplam Fosfor	mg/L	9,2	0,8	91,3	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

Analiz sonuçlarında AKM ve KOİ değerlerinin yüksek çıkmasının sebebi, giriş yapısı yerine foseptik yapısının içinden örnek alınmasıdır. Ancak çıkış değerlerine bakıldığında tesisin deşarj kriterlerini sağladığı belirlenmiştir. Tesisin sorunsuz çalıştığı tespit edilmiştir.

4.1.7 İncirli Doğal Arıtma Tesisi

Yenişehir ilçesine 14 km uzaklıkta bulunan Osmanlı döneminin kuruluş bölgelerinden biridir. Köyün geçim kaynağı tarım ve hayvancılık olup, köyün içinde piknik alanı ve soğuk su kaynağı bulunmaktadır. İncirli Doğal Arıtma Tesisi köyün çıkışında bulunmaktadır (Şekil 4.39).



Şekil 4.39. İncirli Doğal Arıtma Tesisinin Konumu

İncirli Doğal Arıtma Tesisi 680 Eşdeğer Nüfusa göre tasarlanmış ve işletilmektedir. Tesisten çıkan arıtılmış sular Sakarya Havzasında bulunan Karadere'ye deşarj edilmektedir.

Kış Mevsimi Çalışmaları

İncirli Doğal Arıtma Tesisi kış mevsimi çalışmaları için gidilmiş ve kar ve yağmurlar sebebiyle arıtma yapısında tıkanmalar ve taşma problemleri tespit edilmiştir (Şekil 4.40). Giriş yapısında suyun az miktarda geldiği ve yağmur sularıyla giriş suyunun seyreltiği tespit edilmiştir. Giriş-çıkış yapılarından alınan örneklerin analiz sonuçları Çizelge 4.19'da verilmiştir.



Şekil 4.40. İncirli Doğal Arıtma Tesisi (Yüzey Altı Akış Yapısı)

Çizelge 4.19. İncirli Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları

	Birim	Yenişehir - İncirli Giriş	Yenişehir- İncirli Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	49,5	<2,1	96	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	202	18	91	180
Toplam Azot	mg/L	25	14,4	42	-
Toplam Fosfor	mg/L	1,68	1,10	35	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

Analiz sonuçlarına bakıldığında tesisin yönetmelik deşarj değerlerini sağladığı ancak azot ve fosfor giderim verimlerinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca tesise kış mevsiminde gidildiği için tesise yağmur suyu karıştığı ve arıtma yapısında tıkanmalar meydana geldiği belirlenmiştir.

İlkbahar Mevsimi Çalışmaları

İncirli Doğal Arıtma Tesisi ilkbahar mevsimi çalışmaları için gidilmiştir. Örnek alma sırasında bir problem yaşanmamıştır. Giriş-çıkış yapılarından alınan örneklerin analiz sonuçları Çizelge 4.20’de verilmiştir.



Şekil 4.41. İncirli Doğal Arıtma Tesisi (Foseptik Yapısı)

Çizelge 4.20. İncirli Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları

Parametre	Birim	Yenişehir - İncirli Giriş	Yenişehir- İncirli Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	10,3	<2,1	79,6	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	19	16	16	180
Toplam Azot	mg/L	6,9	4,1	40	-
Toplam Fosfor	mg/L	0,12	0,31	-	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

İlkbahar mevsiminde kış mevsimine göre giderim verimlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. AKM ve KOİ değerlerinin deşarj parametrelerini sağladığı fakat KOİ değerinin arıtma verimini sağlamadığı tespit edilmiştir. Tesisin kirlilik değerlerinin düşük çıkmasında yağmur sularının karışmasının etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca tesiste fosfor gideriminin gerçekleşmediği belirlenmiştir.

Yaz Mevsimi Çalışmaları

İncirli Doğal Arıtma Tesisi ilkbahar mevsimi çalışmaları için gidilmiştir.. Tesisin etrafı düzenlenmiş ve etrafına tel örgü çekilmiştir. Tesisin resimleri (Şekil 4.42 ve Şekil 4.43) ve giriş-çıkış yapılarından alınan örneklerin analiz sonuçları (Çizelge 4.21) verilmiştir.



Şekil 4.42. İncirli Doğal Arıtma Tesisi (Yüzey Altı Akış Yapısı)



Şekil 4.412. İncirli Doğal Arıtma Tesisi (Yüzey Altı Akış Yapısı)

Çizelge 4.21. İncirli Doğal Arıtma Tesisi yaz mevsimi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları

	Birim	Yenişehir - İncirli Giriş	Yenişehir- İncirli Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	75,5	5,2	93	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	393	<16	96	180
Toplam Azot	mg/L	102	9,2	91	-
Toplam Fosfor	mg/L	2,4	0,02	99	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

İncirli Doğal Arıtma Tesisi yüksek AKM ve KOİ giderim verimlerinde çalışmaktadır. Kış ve ilkbahar mevsimi çalışmalarında tesisin düşük azot ve fosfor giderim verimlerinde çalıştığı belirlenmiştir. Ancak tesisin fiziksel şartlarının iyileştirilmesi, etrafının tel örgü ile çekilerek kaçakların azaltılması tesisin performansını en yüksek seviyeye çıkarmıştır. Tesisin çalışmasında hiçbir problem gözükmemektedir.

4.1.8 Mentеше Doğal Arıtma Tesisi

Menteşe Köyü, Bursa iline 40 km, Yenişehir İlçesine 10 km, Yenişehir Havaalanına 4km uzaklıkta olup oldukça jeopolitik öneme sahiptir. Mentеше Doğal Arıtma Tesisi Mentеше ve Karacaali köyleri arasında bulunmaktadır ve Yenişehir yoluna 500 metre uzaklıktadır (Şekil 4.44).



Şekil 4.44. Mentеше Doğal Arıtma Tesisinin Konumu

Yenişehir-Menteşe Doğal Arıtma Tesisi 500 Eşdeğer Nüfusa göre tasarlanmış ve işletilmektedir. Tesisten çıkan arıtılmış sular Sakarya Havzasında bulunan Karadere'ye deşarj edilmektedir.

Kış Mevsimi Çalışmaları

Menteşe Doğal Arıtma Tesisine kış mevsimi çalışmaları için gidilmiş ve yapılan gözlemlerde arıtma yapısında tıkanmalar tespit edilmiştir (Şekil 4.45 ve Şekil 4.46). Giriş-çıkış yapısından alınan örneklerin analiz sonuçları Çizelge 4.22'de verilmiştir.



Şekil 4.13. Mentese Doğal Arıtma Tesisi



Şekil 4.14. Mentese Doğal Arıtma Tesisi (Arıtma Yapısına Giriş)

Çizelge 4.22. Mentеше Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış örnekleri analiz sonuçları

Parametre	Birim	Yenişehir - Menteşe Giriş	Yenişehir- Menteşe Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	148	292	-	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	455	193	58	180
Toplam Azot	mg/L	51	22	57	-
Toplam Fosfor	mg/L	4,58	5,40	-	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

Analiz sonuçlarına bakıldığında AKM değeri arttığı görülmektedir. Ayrıca KOİ parametresinin de SKKY Çizelge 21.5 değerlerini sağlamadığı görülmektedir. Arıtma yapısında tıkanmalar meydana geldiği ve sistemin verimli çalışmadığı tespit edilmiştir. Arıtma tesisinin yakınında hayvancılık faaliyetleri gözlemlenmiştir. Analiz sonuçlarına bakıldığında AKM değeri arttığı görülmektedir.

İlkbahar Mevsimi Çalışmaları

Menteşe Doğal Arıtma Tesisine ilkbahar mevsimi çalışmaları için gidilmiş ve yapılan gözlemlerde arıtma yapısında tıkanmaların devam ettiği ve çıkış yapısının otlarla kapandığı ve akış olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.47 ve Şekil 4.48). Bu sebeple çıkış örneği alınamamıştır. Giriş-çıkış yapısından alınan örneklerin analiz sonuçları Çizelge 4.23'te verilmiştir.



Şekil 4.15. Mentese Doğal Arıtma Tesisi (Yüzey Altı Akış Yapısı)



Şekil 4.16. Mentese Doğal Arıtma Tesisi (Çıkış Yapısı)

Çizelge 4.23. Mentеше Doğal Arıtma Tesisini giriş analiz değeri

Parametre	Birim	Yenişehir - Menteşe Giriş	Yenişehir- Menteşe Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değeri*
Askıda Katı Madde	mg/L	72	-	-	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	181	-	-	180
Toplam Azot	mg/L	21	-	-	-
Toplam Fosfor	mg/L	3,8	-	-	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

Menteşe Doğal Arıtma Tesisinden çıkış örneği alınmamasına rağmen giriş değeri bile deşarj değeri sağladığı gözükmeğedir. Tesisin çıkış yapısından örnek almak mümkün değıildir. Bu nedenle bu tesisin periyodik olarak bakımlarının yapılması ve etrafının temizlenmesi tesisin optimum verimlerde çalışması için önemli olacaktır.

Yaz Mevsimi Çalışmaları

Menteşe Doğal Arıtma Tesisine ilkbahar mevsimi çalışmaları için gidilmiş ve yapılan gözlemlerde arıtma yapısında tıkanmaların devam ettiği gözlemlenmiştir. Ancak tesisin etrafında iyileştirmeler yapılmış, etrafına tel örgü çekilmiştir. Bu durum tesisin estetik açısından güzel görünmesini sağlamış aynı zamanda etrafa atılan hayvan atıkları ve diğer atıkların tesise girmesi önlenmiştir (Şekil 4.49 ve Şekil 4.50). Ancak tesisin giriş yapısından su geldiği tespit edilmesine rağmen çıkış yapısından su gelmediği tespit edilmiş arıtma yapısındaki tıkanıklığın devam ettiği gözlemlenmiştir. Bu sebeple çıkış örneği alınamamıştır. Giriş yapısından alınan örneğin analiz sonucu Çizelge 4.24'te verilmiştir.



Şekil 4.17. Mentese Doğal Arıtma Tesisi (Foseptik Yapısı)



Şekil 4.18. Mentese Doğal Arıtma Tesisi (Yüzey Altı Akış Yapısı)

Çizelge 4.24. Yenişehir Mentеше Doğal Arıtma Tesisi giriş analiz değerleri

Parametre	Birim	Yenişehir - Menteşe Giriş	Yenişehir- Menteşe Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	166,5 (±28,3)	-	-	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	205	-	-	180
Toplam Azot	mg/L	63	-	-	-
Toplam Fosfor	mg/L	9,7	-	-	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

Yenişehir Mentеше Doğal Arıtma Tesisinden çıkış örneği alınamamıştır. Giriş değerleri yönetmelik değerlerinin üzerinde çıkmaktadır.

4.1.9 Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi

İnegöl ilçesine bağlı tarihi değerleri bulunan bir köydür. Köyün geçim kaynağı tarım, meyvecilik ve hayvancılıktır. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi köyün kuzeybatısında bulunmaktadır (Şekil 4.51).



Şekil 4.51. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi (Yüzey Altı Akış Yapısı)

Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi 1 500 Eşdeğer Nüfusa göre tasarlanmış ve işletilmektedir. Tesisten çıkan arıtılmış sular Sakarya Havzasında bulunan Karadere'ye deşarj edilmektedir.

Kış Mevsimi alışmaları

Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisine kış mevsimi çalışmaları için gidilmiştir. Tesisin ıkış yapısı bulunamamış ve çevrede araştırma yapılmıştır. Arıtma tesisinin çıkış yapısı su kaynağının yakınında bulunmuştur (şekil 4.52, şekil 4.53 ve şekil 4.54). Tesisin giriş-çıkış analiz sonuçları izelge 4.25'te verilmiştir.



şekil 4.52. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi (Foseptik Yapısı)



Şekil 4.53. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi (Yüzey Altı Akış Yapısı)



Şekil 4.54. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi (Deşarj Noktası)

Çizelge 4.25. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi giriş analiz değerleri

Analiz Adı	Birim	İnegöl - Alibeyköy Giriş	İnegöl - Alibeyköy Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	432	72	83	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	76,0±(12,9)	20,5±(3,5)	73	180
Toplam Azot	mg/L	86	51	40	-
Toplam Fosfor	mg/L	6,82	5,46	20	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

Analiz sonuçlarına bakıldığında tesisin SKKY Çizelge 21.5 değerlerini sağladığı görülmektedir. Ancak azot ve fosfor değerlerinin yüksek olduğu gözükmekte ve tesisin azot ve fosfor değerlerine bakıldığında istenilen verimi sağlamadığı görülmektedir.

İlkbahar Mevsimi Çalışmaları

Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisine ilkbahar mevsimi çalışmaları için 30.04.2016 tarihinde gidilmiş ve yapılan gözlemlerde giriş, fosseptik ve Yüzey Altı Akış yapısının otlar ile tıklandığı tespit edilerek örnek alınamamıştır (Şekil 4.55). Ayrıca tesisin girişinde açık şekilde bulunan borudan su gelmediği tespit edilmiştir (Şekil 4.56 ve Şekil 4.57). Arıtma yapısında da istenmeyen otların büyüdüğü ve çıkış yapısının da aynı otlar sebebiyle tıklandığı tespit edilmiştir. Bu sebeple giriş-çıkış yapılarından numune alınamamıştır.



Şekil 4.19. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi (Giriş ve Fosseptik Yapısı)



Şekil 4.56. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi (Yüzey Altı Akış Yapısı ve Giriş Borusu)



Şekil 4.57. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi Kış (Üstte) ve İlkbahar (Altta) Çalışmaları

Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisinin deşarj parametrelerini sağladığı kış mevsimi çalışmalarında görülmüştür. İlkbahar mevsimi çalışmalarında ise fiziksel nedenler ile tesisten örnek alınamamıştır. Tesisin etrafında yapılacak bakım çalışmaları ile bu aksaklıklar giderilerek tesisin çalışacağı düşünülmektedir.

Yaz Mevsimi Çalışmaları

Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisine ilkbahar mevsimi çalışmaları için gidilmiş ve ilkbahar çalışmalarında örnek alınmasına engel olan otların temizlendiği tespit edilmiştir (Şekil 4.58). Ancak Tesisin girişi tıkanmıştır ve çıkış yapısı bulunamamıştır. Bu sebeple tesisten örnek alınamamıştır. (Şekil 4.59). Arıtma yapısında da istenmeyen otların büyüdüğü ve çıkış yapısının da aynı otlar sebebiyle tıkanmış olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple giriş-çıkış yapılarından numune alınamamıştır.



Şekil 4.58. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi (Foseptik Yapısı)



Şekil 4.59. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi (Yüzey Altı Akış Yapısı)

Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi'nin deşarj parametrelerini sağladığı kış mevsimi çalışmalarında görülmüştür. İlkbahar mevsimi çalışmalarında fiziksel nedenler ise tesisten örnek alınamamıştır. Yaz mevsiminde ise fiziksel nedenlerin BUSKİ personeli tarafından giderildiği görülmüş ancak tesisin giriş yapısında tıkanmalar meydana geldiği tespit edilmiştir.

4.1.10 Deydinler Doğal Arıtma Tesisi

İnegöl ilçesi merkez bucağına bağlı bir köydür. İlçenin güneyinde bulunan köye ulaşım açısından bir zorluk bulunmamaktadır. Köyün içme suyu şebekesi ve kanalizasyon alt yapısı bulunmaktadır. Deydinler Doğal Arıtma Tesisi köyün içindeki su kaynağının 10 metre yakınında bulunmaktadır.



Şekil 4.60. Deydinler Doğal Arıtma Tesisi (Foseptik Yapısı)

Deydinler Doğal Arıtma Tesisi 1 500 Eşdeğer Nüfusa göre tasarlanmış ve işletilmektedir. Tesisten çıkan arıtılmış sular Sakarya Havzasında bulunan Karadere'ye deşarj edilmektedir.

Kış Mevsimi Çalışmaları

Deydinler Doğal Arıtma Tesisine kış mevsimi çalışmaları için gidilmiş ve giriş-çıkış yapılarından örnek alınmıştır. Deydinler Doğal Arıtma Tesisi yapay sulak alan sistemine göre tasarlanmış olup analiz sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir.



Şekil 4.61. Deydinler Doğal Arıtma Tesisi (Fosseptik Yapısı)

Çizelge 4.26. Deydinler Doğal Arıtma Tesisi analiz değerleri (kış mevsimi çalışmaları)

Analiz Adı	Birim	İnegöl - Deydinler Giriş	İnegöl - Deydinler Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	346	190	45	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	135,5±(23,0)	60,8±(10,3)	56	180
Toplam Azot	mg/L	26	30	-	-
Toplam Fosfor	mg/L	4,52	2,65	41	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

Analiz sonuçlarına bakıldığında Deydinler Doğal Arıtma Tesisinin SKKY Tablo 21.5 değerlerini sağlamadığı görülmektedir. Ayrıca azot gideriminin yetersiz olduğu analiz değerlerinden görülmektedir.

İlkbahar Mevsimi Çalışmaları

Deydinler Doğal Arıtma Tesisi'ne ilkbahar mevsimi çalışmaları için gidilmiştir. Tesisten giriş - çıkış örneği alınamamıştır. Yüzey altı akışlı yapay sulak alan olarak tasarlanmış olan bu tesiste bitkilerin tamamının kuruduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.62). Ayrıca çıkış yapısının yabanî otlar ile tıklandığı ve çevreye atıksu sızdığı tespit edilmiştir (Şekil 4.63).



Şekil 4.62. Deydinler Doğal Arıtma Tesisi (Yüzey Altı Akış Yapısı)



Şekil 4.63. İnegöl Deydinler Doğal Arıtma Tesisi (Çıkış Yapısı)

Yaz Mevsimi Çalışmaları

Deydinler Doğal Arıtma Tesisine yaz mevsimi çalışmaları için gidilmiştir. Tesisten giriş örneği alınmış ancak çıkış örneği alınamamıştır. Ayrıca çıkış yapısının yabancı otlar ile tıkanmış ve çevreye atıksu sızdığı tespit edilmiştir. Tesise ait fotoğraflar (Şekil 4.64) ve analiz değerleri (Çizelge 4.27) verilmiştir.



Şekil 4.64. Deydinler Doğal Arıtma Tesisi (Giriş Yapısı)

Çizelge 4.27. Deydinler Doğal Arıtma Tesisi analiz değerleri

	Birim	İnegöl - Deydinler Giriş	İnegöl - Deydinler Çıkış	Arıtma Verimi (%)	SKKY Çizelge 21.5 Değerleri*
Askıda Katı Madde	mg/L	487	-	-	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	175±(29,8)	-	-	180
Toplam Azot	mg/L	25	-	-	-
Toplam Fosfor	mg/L	5,54	-	-	-

*SKKY Çizelge 21.5 – Köyler için Çizelgede verilen parametrelerin ayrıca %60 arıtma verimi sağlanması istenmektedir.

Kış mevsimi sonuçlarına bakıldığında tesisin yeterli verimde giderim gerçekleştirmediği görülmüş ilkbahar çalışmalarında ise fiziksel sebeplerden dolayı örnek alınamamıştır. Tesis için acil olarak fiziksel şartların iyileştirilmesi gerekmekte, etrafı tel örgüler ile kapatılması gerekmektedir. Ayrıca tesis yapay sulak alan olarak tasarlanmış olup arıtmayı sağlaya bitkilerin tamamının kuruduğu ve işlevini yerine getirmediği görülmektedir.

4.2 Doğal Arıtma Tesislerine Mevsimsel Şartların Etkisi

Bursa’da genellikle Akdeniz iklimi hüküm sürüyorsa da Karadeniz iklimine geçiş sahası manzarası gösterir. Sıcaklık +42,6°C ile -25,7°C arasında seyreder. Yağış ise, 456,2 mm ile 1217,4 mm arasındadır (Meteoroloji Genel Müdürlüğü Verileri 2015). Yılım ortalama 113 günü yağışlı geçer. Ortalama mevsimsel veriler Şekil 4.53’te verilmiştir.

BURSA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1950 - 2015)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	5.4	6.3	8.4	12.8	17.6	22.1	24.6	24.3	20.1	15.2	10.7	7.4
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	9.6	10.9	13.7	18.8	23.7	28.4	30.8	31.0	27.2	21.7	16.4	11.7
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	1.7	2.2	3.6	7.1	11.2	14.9	17.2	17.1	13.6	9.9	6.0	3.5
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.6	3.2	4.1	5.4	7.5	9.5	10.5	10.1	7.5	5.4	4.1	3.6
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	14.8	13.2	12.9	11.5	8.5	5.9	3.0	3.0	5.3	9.2	11.2	14.0
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m ²)	87.6	74.6	69.7	63.4	44.3	34.3	15.3	15.7	39.5	68.8	78.5	103.4

Şekil 4.65. Bursa ili ortalama sıcaklık-yağış değerleri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü Verileri 2015)

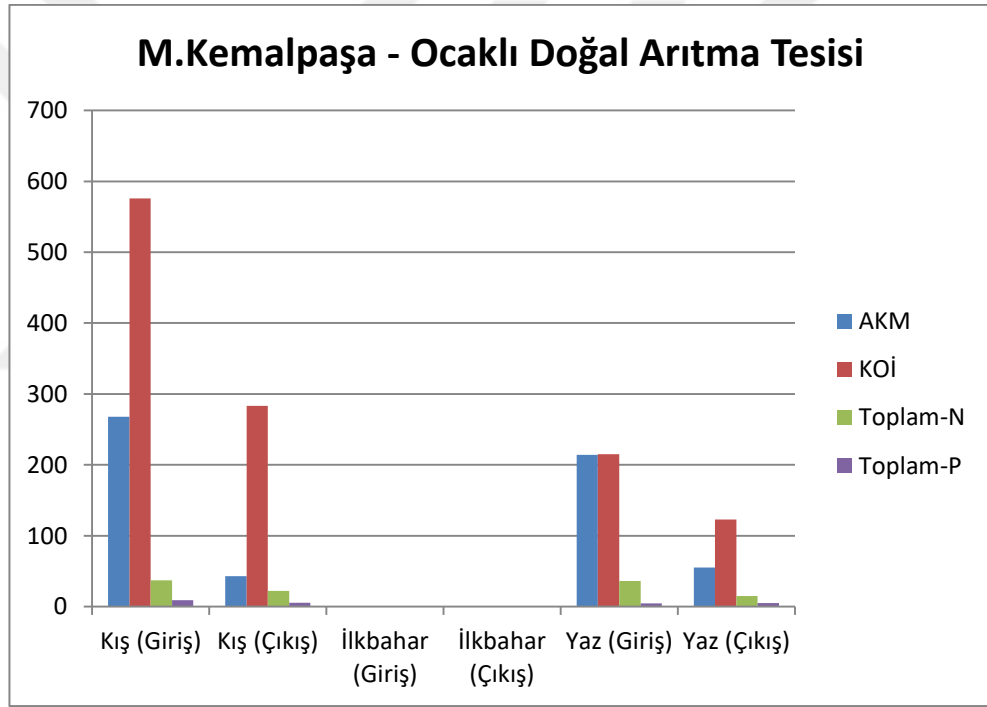
Doğal arıtma tesisi çalışmaları için 3 mevsim seçilmiş (kış, ilkbahar, yaz) ve bu mevsimlerde arıtma tesislerinden örnekler alınmıştır. Alınan örnekler analize gönderilmiş ve elde edilen sonuçlar mevsimsel olarak birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında mevsimlerin doğal arıtmalar üzerine etkileri mevcuttur. Kış mevsiminde gidilen tesislerin debisinin yüksek olduğu, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde debilerin çok düştüğü gözlemlenmiştir (Net debi ölçümü yapılmamış gözlem sonucu elde edilmiştir.). Ayrıca ilkbahar ve yaz mevsimlerinde tesislerin etrafında yüksek yabanî otların giriş-çıkış yapılarından örnek almada zorluklar meydana getirdiği görülmüştür. Tesis bazında elde edilen mevsimsel analiz sonuçların kıyaslanması sağlanmıştır.

4.2.1 Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi

Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi mevsimlere göre alınan örneklerin analiz değerleri Çizelge 4.28'de verilmiştir. Tesise ait analiz sonuçları diyagram üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.66).

Çizelge 4.28. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış değerleri mevsimsel olarak karşılaştırılması

<u>Parametre</u>	<u>Kış Mevsimi</u>		<u>İlkbahar Mevsimi</u>		<u>Yaz Mevsimi</u>	
	<u>Giriş</u>	<u>Çıkış</u>	<u>Giriş</u>	<u>Çıkış</u>	<u>Giriş</u>	<u>Çıkış</u>
AKM (mg/L)	268	43	-	-	214	55,2
KOİ (mg/L)	576	283	-	-	215	123
Toplam-N (mg/L)	37	22	-	-	36	15
Toplam-P (mg/L)	8,90	5,40	-	-	4,7	4,8



Şekil 4.66. Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi analiz sonuçlarının mevsimsel değişimi

Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi mevsimsel olarak incelendiğinde, KOİ ve fosfor değerlerinin değiştiği gözlemlenmiştir. Yerinde yapılan incelemeler ve gözlemler sonucunda yaz mevsimi çalışmalarında tesisin etrafına tel örgüler çekilmesiyle yakında bulunan hayvansal atıkların tesise karışması engellenmiştir. Bu da KOİ ve fosfor değerlerinin azaltılmasında bir sebep olarak dikkate alınmalıdır. Ayrıca kış mevsimi çalışmalarında tesisin deşarj parametrelerini **sağlamadığı** ancak tesiste meydana gelen fiziksel değişikliklerden sonra deşarj değerlerinin sağlandığı gözükmektedir. Ocaklı

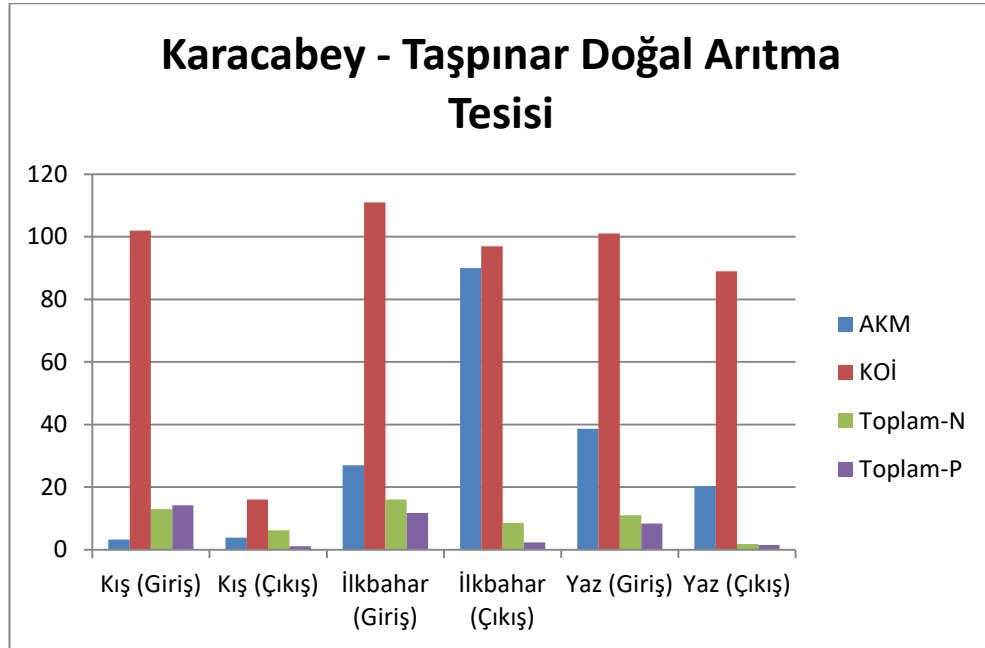
Doğal Arıtma Tesisinde ilkbahar çalışmaları kapsamında giriş yapısının tıkandığı tespit edilmiş ve örnek alınamamıştır.

4.2.2 Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi

Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi mevsimlere göre alınan örneklerin analiz değerleri Çizelge 4.29’da verilmiştir. Tesise ait analiz sonuçları diyagram üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.67).

Çizelge 4.29. Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış değerleri mevsimsel olarak karşılaştırılması

Parametre	Kış Mevsimi		İlkbahar Mevsimi		Yaz Mevsimi	
	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış
AKM (mg/L)	3,2	3,8	27	90	38,6	20,3
KOİ (mg/L)	102	<16	111	97	101	89
Toplam-N (mg/L)	13	6,2	16	8,6	11	1,8
Toplam-P (mg/L)	14,20	1,10	11,73	2,29	8,3	1,5



Şekil 4.67. Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi analiz sonuçlarının mevsimsel değişimi

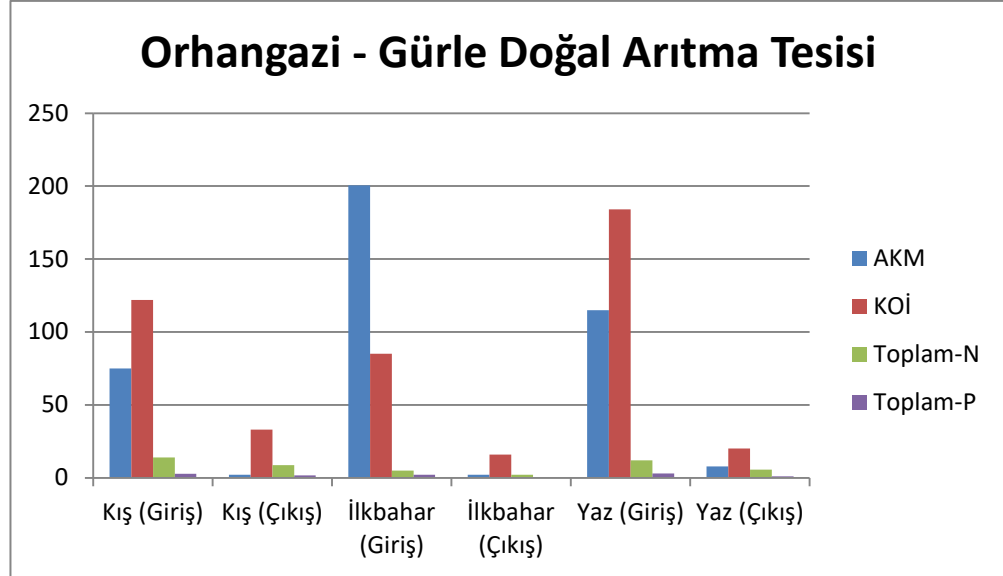
Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi mevsimsel olarak incelendiğinde, giriş değerlerinin mevsimsel olarak değişmediği gözlemlenmiştir. Yerinde yapılan incelemeler ve gözlemler sonucunda tesisin 3 mevsimde sorunsuz çalıştığı ancak kış ve ilkbahar mevsiminde AKM giderimi gerçekleşmediği belirlenmiştir. Ancak tesis 3 mevsim olarak değerlendirildiğinde tesisin çıkış su kalitesinin yönetmelik değerlerini sağladığı görülmektedir.

4.2.3 Gürle Doğal Arıtma Tesisi

Gürle Doğal Arıtma Tesisi mevsimlere göre alınan örneklerin analiz değerleri Çizelge 4.30'da verilmiştir. Tesise ait analiz sonuçları diyagram üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.68).

Çizelge 4.30. Gürle Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış değerleri mevsimsel olarak karşılaştırılması

Parametre	Kış Mevsimi		İlkbahar Mevsimi		Yaz Mevsimi	
	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış
AKM (mg/L)	75	<2,1	200,5	<2,1	115	7,8
KOİ (mg/L)	122	33	85	<16	184	20
Toplam-N (mg/L)	14	8,7	5	2	12	5,5
Toplam-P (mg/L)	2,83	1,76	2	0,1	3,06	1,1



Şekil 4.68. Gürle Doğal Arıtma Tesisi analiz sonuçlarının mevsimsel değişimi

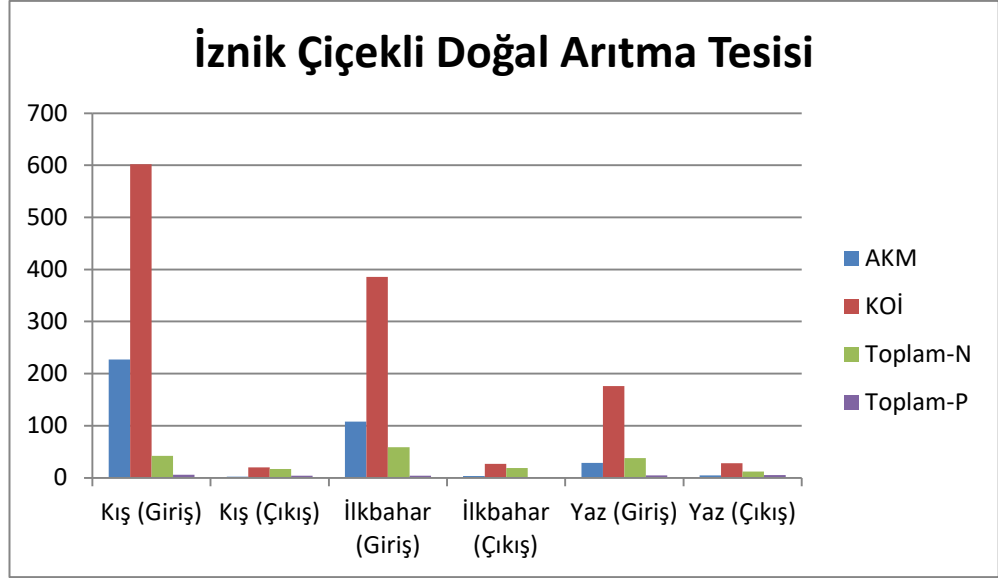
Gürle Doğal Arıtma Tesisi mevsimsel olarak incelendiğinde, giriş değerlerinin çok değişmediği gözlemlenmiştir. Yerde yapılan incelemeler ve gözlemler sonucunda tesisin yüksek arıtma verimlerinde çalıştığı gözlemlenmiştir. Tesis deşarj değerlerini sağlamıştır ve sorunsuz şekilde çalışmaktadır.

4.2.4 Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi

Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi mevsimlere göre alınan örneklerin analiz değerleri Çizelge 4.31’de verilmiştir. Tesise ait analiz sonuçları diyagram üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.69).

Çizelge 4.31. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış değerleri mevsimsel olarak karşılaştırılması

Parametre	Kış Mevsimi		İlkbahar Mevsimi		Yaz Mevsimi	
	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış
AKM (mg/L)	227	<2.1	108	3,3	28,5	4,8
KOİ (mg/L)	602	20	386	27	176	28
Toplam-N (mg/L)	42	16,9	59	18,6	38	12
Toplam-P (mg/L)	5,62	4,12	4	0,43	4,6	5,4



Şekil 4.69. Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi analiz sonuçlarının mevsimsel değişimi

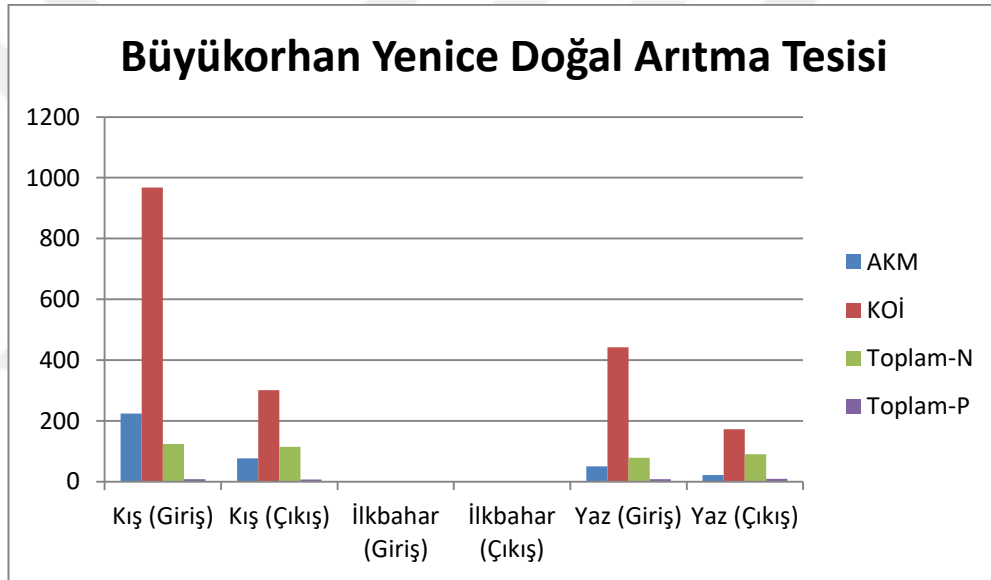
Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi mevsimsel olarak incelendiğinde, giriş değerlerinin mevsimsel olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Özellikle KOİ değerinin fazla olması köyde yapılan **zeytincilik faaliyetleri** sonucunda oluşan atıksuların tesise karışmasından meydana gelmektedir. Köyde yapılan zeytincilik faaliyetleri **Ekim-Kasım** aylarında yoğunluk göstermektedir. Zeytin atıksuları yüksek organik içeriğe sahip olup (yaklaşık 20 000-100 000 mg/L KOİ değeri) arıtılması en zor atıksu karakterizasyonuna sahiptir. Bu atıkların tesise karışmaması gerekmektedir. Yerde yapılan incelemeler ve gözlemler sonucunda tesisin yüksek arıtma verimlerinde çalıştığı gözlemlenmiştir. Tesis deşarj değerlerini sağlamıştır ve sorunsuz şekilde çalışmaktadır.

4.2.5 Yenice Doğal Arıtma Tesisi

Yenice Doğal Arıtma Tesisi mevsimlere göre alınan örneklerin analiz değerleri Çizelge 4.32’de verilmiştir. Tesise ait analiz sonuçları diyagram üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.70).

Çizelge 4.32. Yenice Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış değerleri mevsimsel olarak karşılaştırılması

<u>Parametre</u>	<u>Kış Mevsimi</u>		<u>İlkbahar Mevsimi</u>		<u>Yaz Mevsimi</u>	
	<u>Giriş</u>	<u>Çıkış</u>	<u>Giriş</u>	<u>Çıkış</u>	<u>Giriş</u>	<u>Çıkış</u>
AKM (mg/L)	224	76	-	-	50,5	22
KOİ (mg/L)	968	301	-	-	442	172
Toplam-N (mg/L)	124	114	-	-	79	90
Toplam-P (mg/L)	7,56	6,44	-	-	7,6	8,82



Şekil 4.70. Yenice Doğal Arıtma Tesisi analiz sonuçlarının mevsimsel değişimi

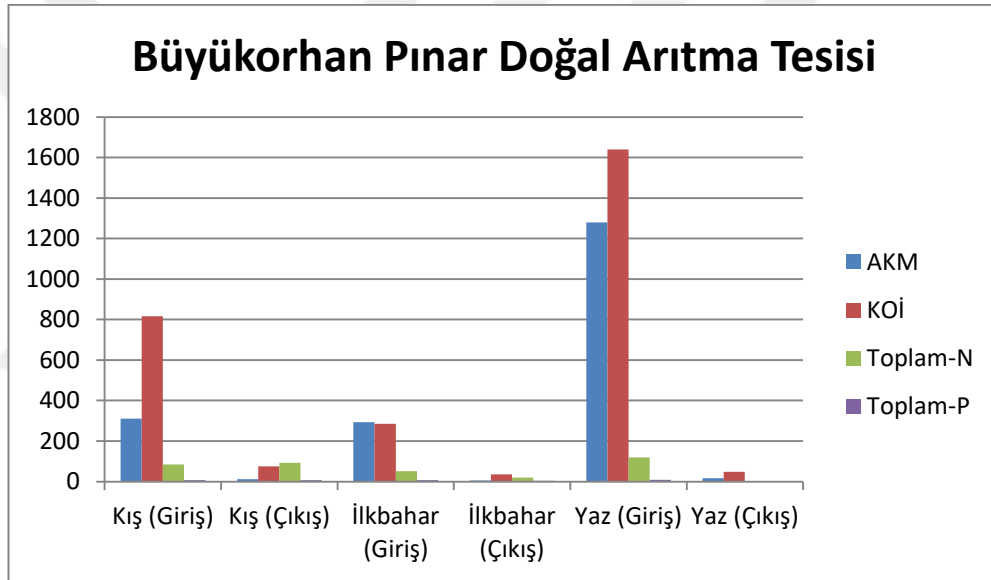
Yenice Doğal Arıtma Tesisi mevsimsel olarak incelendiğinde, giriş değerlerinin mevsimsel olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Bölgede yapılan hayvancılık faaliyetleri ve bu atıkların tesise karışması sonucunda tesis yüksek KOİ değerine sahiptir. Tesis özellikle kış mevsiminde deşarj parametrelerini sağlamamaktadır.

4.2.6 Pınar Doğal Arıtma Tesisi

Pınar Doğal Arıtma Tesisi mevsimlere göre alınan örneklerin analiz değerleri Çizelge 4.33'te verilmiştir. Tesise ait analiz sonuçları diyagram üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.71).

Çizelge 4.33. Pınar Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış değerleri mevsimsel olarak karşılaştırılması

<u>Parametre</u>	<u>Kış Mevsimi</u>		<u>İlkbahar Mevsimi</u>		<u>Yaz Mevsimi</u>	
	<u>Giriş</u>	<u>Çıkış</u>	<u>Giriş</u>	<u>Çıkış</u>	<u>Giriş</u>	<u>Çıkış</u>
AKM (mg/L)	311	12	294	6,2	1280	<16
KOİ (mg/L)	816	74,5	285	35,8	1640	48,1
Toplam-N (mg/L)	85	93	52	20,4	120	2,1
Toplam-P (mg/L)	6,94	7,1	6,5	3,9	9,2	0,8



Şekil 4.71. Pınar Doğal Arıtma Tesisi analiz sonuçlarının mevsimsel değişimi

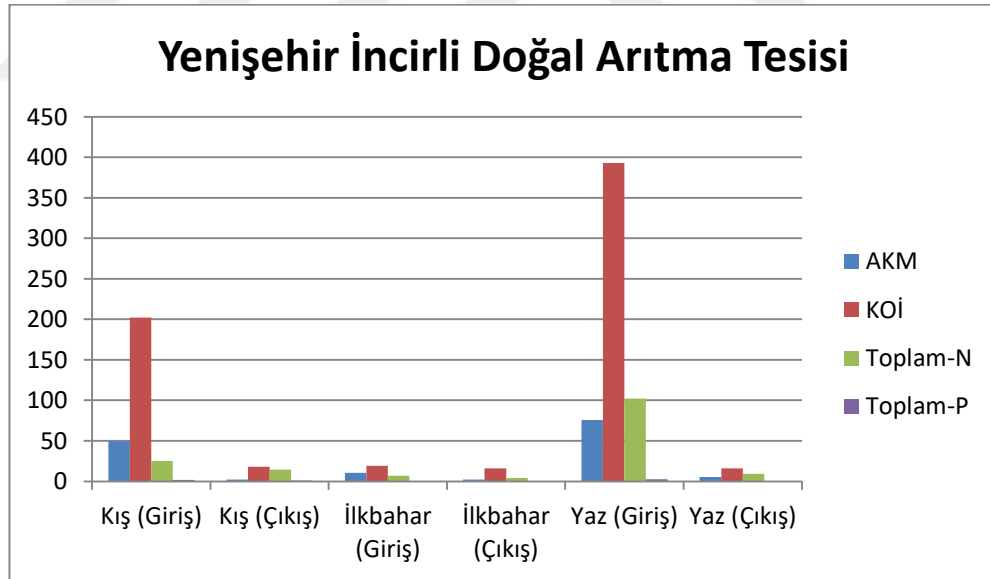
Pınar Doğal Arıtma Tesisi mevsimsel olarak incelendiğinde, giriş değerlerinin çok yüksek kirlilik değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Tesisin fosseptik yapısı kirlilik gidermediği Yüzey Altı Akış yapısına fazla kirlilik taşıdığı belirlenmiştir. Özellikle arıtma tesisinde azot-fosfor gidermediği hatta bu değerlerin daha da arttığı belirlenmiştir.

4.2.7 İncirli Doğal Arıtma Tesisi

İncirli Doğal Arıtma Tesisi mevsimlere göre alınan örneklerin analiz değerleri Çizelge 4.34'te verilmiştir. Tesise ait analiz sonuçları diyagram üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.72).

Çizelge 4.34. İncirli Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış değerleri mevsimsel olarak karşılaştırılması

Parametre	Kış Mevsimi		İlkbahar Mevsimi		Yaz Mevsimi	
	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış
AKM (mg/L)	49,5	<2,1	10,3	<2,1	75,5	5,2
KOİ (mg/L)	202	18	19	<16	393	<16
Toplam-N (mg/L)	25	14,4	6,9	4,1	102	9,2
Toplam-P (mg/L)	1,68	1,10	0,12	0,31	2,4	0,02



Şekil 4.72. İncirli Doğal Arıtma Tesisi analiz sonuçlarının mevsimsel değişimi

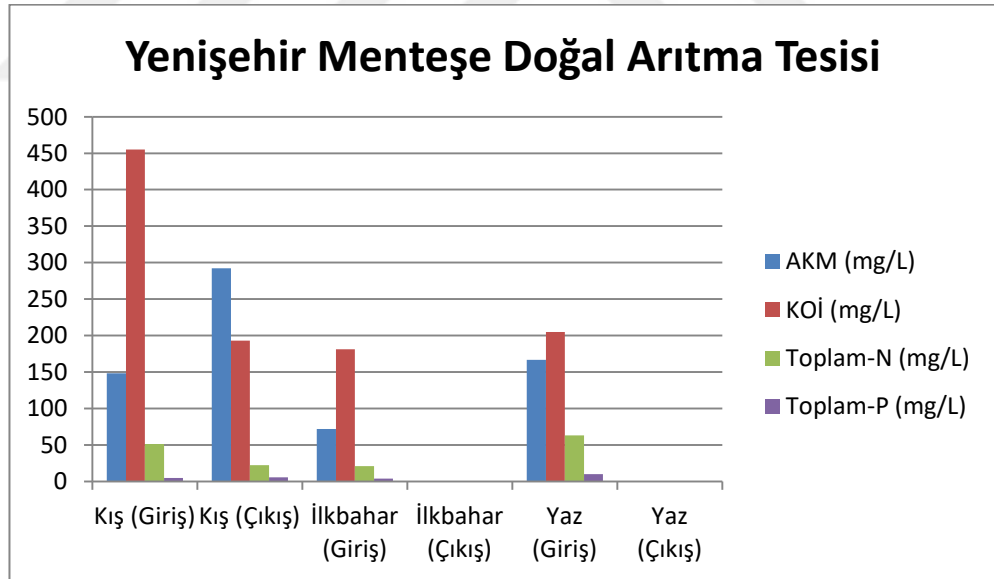
İncirli Doğal Arıtma Tesisi mevsimsel olarak incelendiğinde, giriş değerlerinin çok fazla değişmediği gözlemlenmiştir. Tesisin giriş değerlerinin bile deşarj parametrelerini sağladığı belirlenmiştir. Ayrıca tesis yüksek arıtma verimlerinde çalıştığı gözlemlenmiştir.

4.2.8 Mentеше Doğal Arıtma Tesisi

Menteşe Doğal Arıtma Tesisi mevsimlere göre alınan örneklerin analiz değerleri Çizelge 4.35'te verilmiştir. Tesise ait analiz sonuçları diyagram üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.73).

Çizelge 4.35. Mentеше Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış değerleri mevsimsel olarak karşılaştırılması

Parametre	Kış Mevsimi		İlkbahar Mevsimi		Yaz Mevsimi	
	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış
AKM (mg/L)	148	292	72	-	166,5	-
KOİ (mg/L)	455	193	181	-	205	-
Toplam-N (mg/L)	51	22	21	-	63	-
Toplam-P (mg/L)	4,58	5,40	3,8	-	9,7	-



Şekil 4.73. Mentеше Doğal Arıtma Tesisi analiz sonuçlarının mevsimsel değişimi

Menteşe Doğal Arıtma Tesisi mevsimsel olarak incelenmiş ve tesisin fosseptik yapısının katı madde tutmadığı belirlenmiştir. Ayrıca tesisin yakınında bulunan hayvansal atıkların tesise karışması olasıdır. Bu sebeple tesisin arıtma yapısı tıkanmıştır.

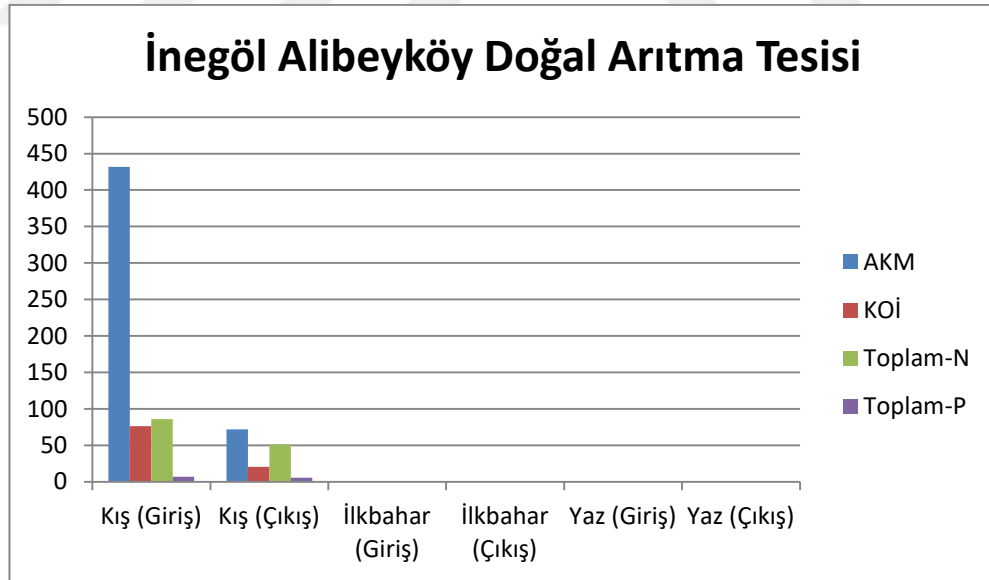
Yüzey Altı Akış yapısının da katı madde tutmadığı ve deşarj parametrelerini sağlamadığı belirlenmiştir.

4.2.9 Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi

Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi mevsimlere göre alınan örneklerin analiz değerleri Çizelge 4.36’da verilmiştir. Tesise ait analiz sonuçları diyagram üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.74).

Çizelge 4.36. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış değerleri mevsimsel olarak karşılaştırılması

Parametre	Kış Mevsimi		İlkbahar Mevsimi		Yaz Mevsimi	
	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış
AKM (mg/L)	432	72	-	-	-	-
KOİ (mg/L)	76,0±(12,9)	20,5±(3,5)	-	-	-	-
Toplam-N (mg/L)	86	51	-	-	-	-
Toplam-P (mg/L)	6,82	5,46	-	-	-	-



Şekil 4.74. Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi analiz sonuçlarının mevsimsel değişimi

Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi mevsimsel olarak incelenmiş ve tesisin fosseptik giriş yapısının tıkanıp tıkanmadığı belirlenmiştir. Kış mevsiminde tesisin verimli çalıştığı ancak

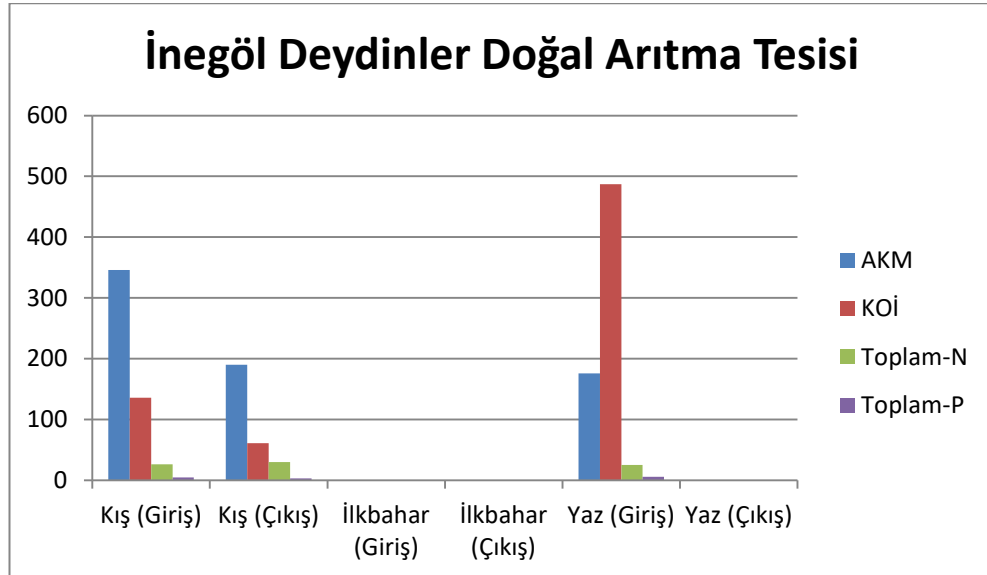
İlkbahar ve yaz mevsimi çalışmalarında fosseptik giriş yapısının tıkanıdığı ve tesise atıksu gelmediği belirlenmiştir.

4.2.10 Deydinler Doğal Arıtma Tesisi

Deydinler Doğal Arıtma Tesisi mevsimlere göre alınan örneklerin analiz değerleri Çizelge 4.37’de verilmiştir. Tesise ait analiz sonuçları diyagram üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.75).

Çizelge 4.37. Deydinler Doğal Arıtma Tesisi giriş-çıkış değerleri mevsimsel olarak karşılaştırılması

Parametre	Kış Mevsimi		İlkbahar Mevsimi		Yaz Mevsimi	
	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış
AKM (mg/L)	346	190	-	-	175,5	-
KOİ (mg/L)	135,5±(23,0)	60,8±(10,3)	-	-	487	-
Toplam-N (mg/L)	26	30	-	-	25	-
Toplam-P (mg/L)	4,52	2,65	-	-	5,54	-



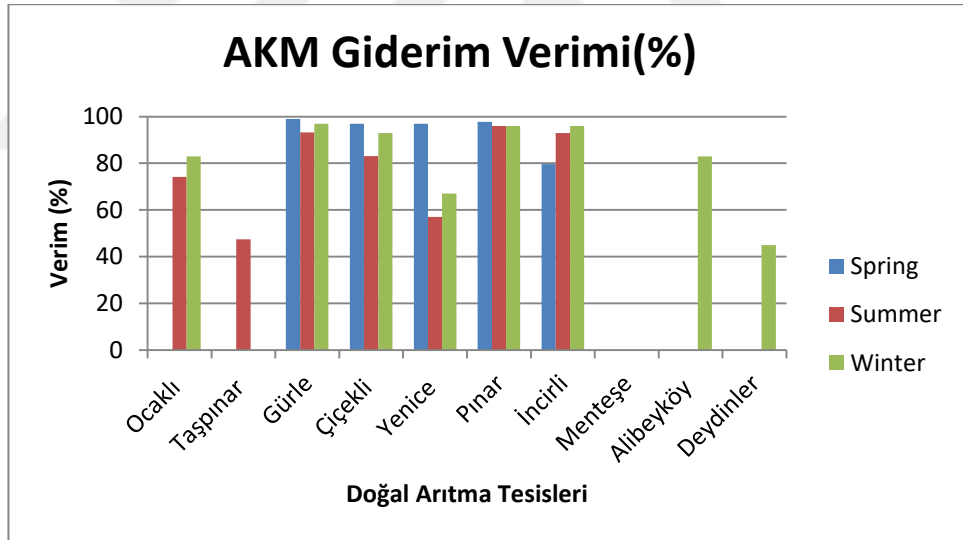
Şekil 4.75. Deydinler Doğal Arıtma Tesisi analiz sonuçlarının mevsimsel değişimi

Deydinler Doğal Arıtma Tesisi mevsimsel olarak incelenmiş ve tesisin fosseptik yapısının tıkanıdığı belirlenmiştir. Kış mevsiminde tesisin verimli çalıştığı ancak ilk bahar ve yaz mevsimi çalışmalarında fosseptik giriş yapısının tıkanıdığı belirlenmiştir. Tesislerin hemen hemen tamamında tesislerin giriş yapılarına yağmur suyu karışmaktadır. Bu sebeple ilkbahar ve yaz mevsimlerinde atıksu debisinin azaldığı ve düşük hızlarda tesise geldiği belirlenmiştir. Bu sebeple Deydinler Doğal Arıtma Tesisinde ilkbahar ve yaz mevsiminde fosseptik giriş yapısında tıkanma olduğu ve tesise atıksu gelmediği belirlenmiştir.

4.3 Analiz Sonuçları

4.3.1 AKM Giderim Verimi

10 adet doğal arıtma tesisin 3 mevsim yapılan çalışmalarda AKM giderim verimleri Şekil 4.76'da verilmiştir.

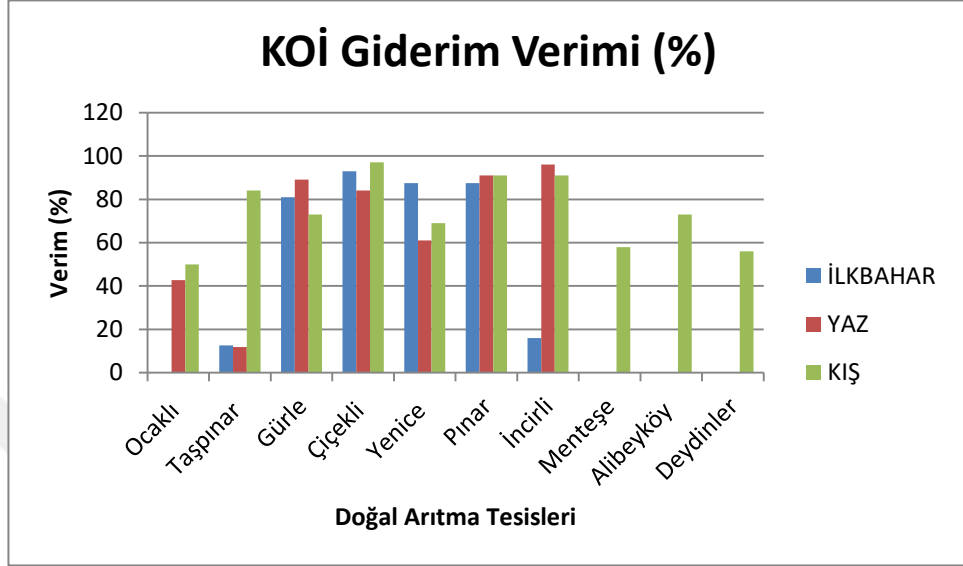


Şekil 4.76. 10 adet doğal arıtma tesisinin 3 mevsim akm giderim verimleri

Tesislerin AKM giderim verimleri incelendiğinde Gürle Doğal Arıtma Tesisi, Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi, Pınar Doğal Arıtma Teisi ve İncirli Doğal Arıtma Tesisinin 3 mevsimde yüksek AKM giderim verimlerine (%80-%99) ulaştığı görülmektedir. Doğal arıtma tesislerinden elde edilen sonuçlara göre tesislerin AKM giderim verimi %44-%99 arasında değişmektedir.

4.3.2 KOİ Giderim Verimi

10 adet doğal arıtma tesisin 3 mevsim yapılan çalışmalarda KOİ giderim verimleri Şekil 4.77'de verilmiştir.

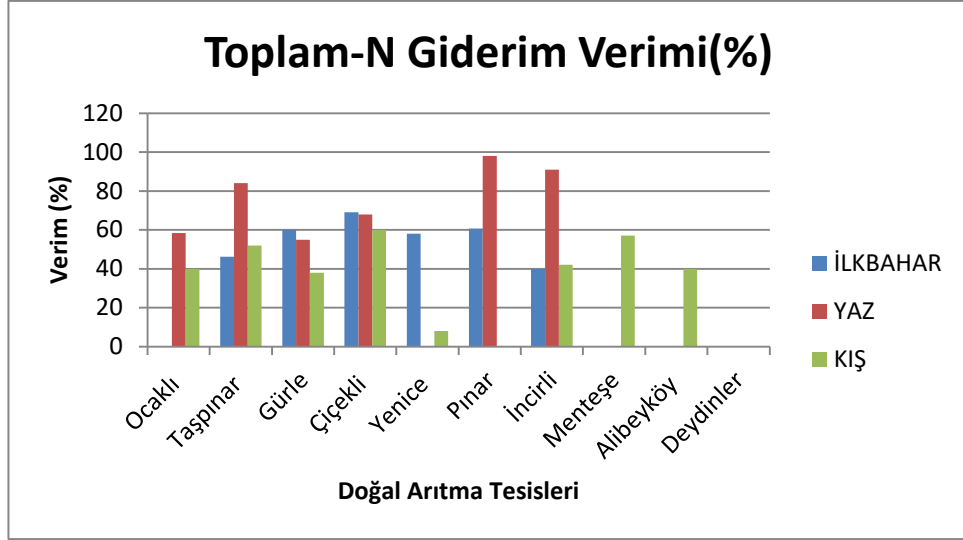


Şekil 4.77. 10 adet doğal arıtma tesisinin 3 mevsim koi giderim verimleri

Tesislerin KOİ giderim verimleri incelendiğinde Gürle Doğal Arıtma Tesisi, Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi, Yenice Doğal Arıtma Tesisi ve Pınar Doğal Arıtma Tesisinin 3 mevsimde yüksek KOİ giderim verimlerine (%61-%97) ulaştığı görülmektedir. Doğal arıtma tesislerinden elde edilen sonuçlara göre tesislerin KOİ giderim verimi %12-%97 arasında değişmektedir.

4.3.3 Toplam-N Giderim Verimi

10 adet doğal arıtma tesisin 3 mevsim yapılan çalışmalarda Toplam-N giderim verimleri Şekil 4.78'de verilmiştir.

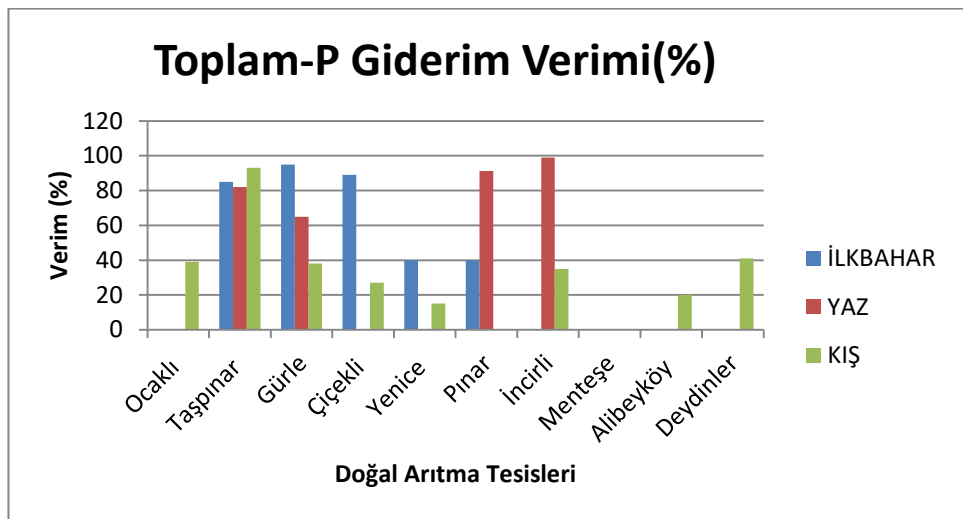


Şekil 4.78. 10 adet doğal arıtma tesisinin 3 mevsim Toplam-N giderim verimleri

Tesislerin Toplam-N giderim verimleri incelendiğinde Gürle Doğal Arıtma Tesisi ve Çiçekli Doğal Arıtma Tesisinin 3 mevsimde ortalama Toplam-N giderim verimlerine (%38-%69) ulaştığı görülmektedir. Doğal arıtma tesislerinden elde edilen sonuçlara göre tesislerin Toplam-N giderim verimi %8-%98 arasında değişmektedir.

4.3.4 Toplam-P Giderim Verimi

10 adet doğal arıtma tesisin 3 mevsim yapılan çalışmalarda Toplam-P giderim verimleri Şekil 4.79’da verilmiştir.



Şekil 4.79. 10 adet doğal arıtma tesisinin 3 mevsim Toplam-P giderim verimleri

Tesislerin Toplam-P giderim verimleri incelendiğinde Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi ve Gürle Doğal Arıtma Tesisinin 3 mevsimde yüksek Toplam-P giderim verimlerine (%38-%95) ulaştığı görülmektedir. Doğal arıtma tesislerinden elde edilen sonuçlara göre tesislerin Toplam-P giderim verimi %15-%99 arasında değişmektedir.

Toplam-P giderim verimleri incelendiğinde özellikle kış aylarında fosfor giderim verimlerinin düşük olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin ise kış aylarında metabolik faaliyetlerin yavaşlaması ve buna bağlı olarak fosfor gideriminin daha yavaş olması gösterilebilir.

4.4 Doğal Arıtma Tesisleri İlk Yatırım ve İşletme Maliyetleri

4.4.1 İlk Yatırım Maliyetleri

Doğal arıtma tesisleri fosseptik yapısı ve yüzey altı akış yapısından oluşmakta olup enerji kullanımının olmadığı tesislerdir. Proje kapsamında seçilen 10 adet doğal arıtma tesisi 400-1500 eşdeğer nüfusa göre tasarlanmıştır. Doğal arıtma tesislerinin yatırım maliyetleri;

- Arazi şartları
- Arıtma yapısı (filtre, kum, çakıl vb. maliyetler)
- Fosseptik yapısı
- Pompa vb. ekipman (ihtiyaç olan tesisler)

Parametrelere bağlıdır.

Seçilen 10 adet doğal arıtma tesisine ait yatırım maliyetleri seçilen eş değer nüfus cinsinden Çizelge 4.38'de verilmiştir.

Çizelge 4.38. Eşdeğer nüfus özelliklerine göre doğal arıtma tesisleri yaklaşık ilk yatırım maliyetleri (Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Atıksu Arıtma Tesisleri Tip Projeler Hakkında Duyurusundan Kaynak Alınmıştır)

ARITMA TİPİ (DOĞAL ARITMA) (Eşdeğer Nüfus)	Ekipman İhtiyacı (TL)	YATIRIM MALİYETİ (") (TL)	Arazi Şartları (%5 İlave Yatırım) (TL)	TOPLAM MALİYET (TL)
500-1000 kişilik	Yok	150.000	7.500	162.500
1000-2000 kişilik	Yok	280.000	14.000	294.000
>2000 kişilik	Yok	520.000	26.000	546.000

4.4.2 İşletme Maliyetleri

Doğal arıtma tesisleri enerjisiz çalışan sistemlerdir. Atıksu yüzey altı akış yapısından cazibe ile geçer ve bu sırada filtre malzemesi tarafından atıksudaki kirlilikler tutulur ve temiz su deşarj edilir. Ancak bazen arazi şartlarından dolayı cazibe ile akışın çok düşük olduğu durumlarda pompa ile atıksuyun yüzey altı akış yapısına iletilmesi sağlanmaktadır.

Çalışma kapsamında seçilen 10 adet doğal arıtma tesisinde sadece Ocaklı Doğal Arıtma Tesisinde pompanın olduğu terfi istasyonu bulunmaktadır. Diğer tesislerde atıksu arıtma yapısına cazibe ile gelmektedir. Bunun yanı sıra işletme maliyeti olarak ayda her bir tesise 3 kez giden işletme teknikerlerin maaşı işletme maliyeti olarak kabul edilebilir. Tesislere ait işletme maliyetleri ile ilgili bilgiler BUSKİ personelinden alınan bilgilerdir. Tesislere ait işletme maliyetleri Çizelge 4.39'da verilmiştir.

Çizelge 4.39. Doğal Arıtma Tesislerinin yıllık işletme maliyetleri

	Maliyet Kaynağı	Adet (Toplam)	Özellik	Maliyet(TL/yıl*
Doğal Atıksu Arıtma Tesisleri	Pompa	1	30 kW	5 000 TL
	Blower/Difüzör	-	-	-
	Kimyasal	-	-	-
	Personel	2	Ayda 20 gün	32 000 TL

Çizelge 4.39’da görüldüğü üzere 10 adet doğal arıtma tesisinin toplam yıllık işletme maliyeti 37 000 TL işletme maliyeti olmaktadır. Doğal arıtma tesisleri klasik aktif çamur tesisleri ile karşılaştırıldığında işletme maliyetlerinin yok denecek kadar az olduğu görülmektedir (Bursa sınırları içerisinde 80 000 Eşdeğer Nüfusa göre tasarlanan bir klasik aktif çamur sisteminin işletme maliyeti yaklaşık 80 000TL/yıl dır).

4.5 İstatiksel Analiz

İstatistiksel metod çalışmaları başlamadan önce elde edilen verilerin normal dağılıma sahip oluşu olmadığı kontrol edilmeli ve daha sonra uygun analiz yöntemi seçilmelidir. Bu kapsamda elde edilen verilerin frekans, mod, medyan değerleri belirlenmeli ve histogram grafik üzerinde gösterilmelidir. Ancak çalışma kapsamında bu analizlerin gerçekleştirilmesi için elimizde yeterli veri bulunmadığından bu analizler gerçekleştirilmemiştir.

Çalışma kapsamında verilerin analizi için istatistiksel analiz metodu olan IBM SPSS 20 Programı kullanılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları 2 farklı şekilde incelenmiştir. İlkinde yapılan istatistiksel çalışmalar da 4 farklı parametre (AKM, KOİ, Toplam-N ve Toplam-P) ayrı ayrı incelenmiş ve bu parametrelerin giderim verimleri için mevsimsel şartların etkisi ve aralarındaki ilişki incelenmiştir. Yapılan ikinci çalışmalarda ise her 3 mevsim (kış, ilkbahar, yaz) için ayrı ayrı 4 parametre arasındaki ilişki incelenmiş ve aralarındaki ilişki tespit edilmeye çalışılmıştır.

Yapılan istatistiksel çalışmalarda uygun analiz türünü belirlemek için yapılacak ilk şey uygun veri türünün sağlanmasıdır. Uygun veri türüne göre aşağıdaki gruplara göre analiz yöntemi seçilebilir;

- Parametrik veriler için kullanılan analiz yöntemleri; Varyans Analiz, T-Testi, Pearson Korelasyon Analizi
- Parametrik olmayan veriler için kullanılan analiz yöntemleri; Ki-Kare Testleri, Spearman Korelasyon Analizi

Bu analiz yönteminin belirlenmesi konusunda bakılacak şart örneklemin büyüklüğüdür. Eğer örneklem büyüklüğü 30 ve üzeri ise parametrik veriler için kullanılan analiz yöntemleri kullanılmalıdır (Eymen 2007). Proje kapsamında yapılacak istatistiksel veriler için örneklem büyüklükleri düşünüldüğünde sırasıyla 30 ve 40 örneklem büyüklüğü olduğu görülmektedir. Bu sebeple çalışma kapsamında Pearson Korelasyon Analizi seçilmiştir.

Proje kapsamında Pearson korelasyonunda ilişki sorgulamak için Hipotez oluşturulmuştur. Bu hipotez;

- $\alpha=0.05$ (Güven Aralığı)
- H_0 = mevsimler arasında ilişki vardır.
- H_1 = mevsimler arasında ilişki yoktur.

Güven aralığı %95 kabul edilmiş ($\alpha=0.05$) ve elde edilen sonuçlara göre aşağıdaki yorumlama yapılacaktır;

- $P > \alpha$ ise H_0 kabul edilir
- $P < \alpha$ ise H_0 reddedilir H_1 kabul edilir.

4.5.1 AKM Giderim Verimlerinin Mevsimsel İlişkisi

Proje kapsamında elde edilen doğal arıtma tesisleri AKM giderim sonuçlarının mevsimsel olarak birbirini etkileyip etkilemediği SPSS modeli üzerinde Pearson Korelasyon Analizi kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.40'da verilmiştir.

Çizelge 4.40. AKM giderim verimleri ile 3 mevsim arasındaki ilişkiyi gösteren çizelge

		İlkbahar	yaz	kış
İlkbahar	Korelasyon ilişkisi	1	,768	,646
	Sig.(2-tailed)		,009	,044
	N	10	10	10
yaz	Korelasyon ilişkisi	,768	1	,641
	Sig.(2-tailed)	,009		,046
	N	10	10	10
kış	Korelasyon ilişkisi	,646	,641	1
	Sig.(2-tailed)	,044	,046	
	N	10	10	10

Çalışma kapsamında AKM giderim verimlerine bakıldığında 3 mevsimde 10 adet arıtma tesisi AKM giderim verimleri %44 - %99 arasında değişmektedir. Çizelgedeki sonuçlara bakıldığında Çizelgede bütün ilişki değerlerin önem derecesinden düşük olduğu görülmüştür. Bu sebeple H=0 reddedilecek ve H=1 kabul edilecektir. Yani doğal arıtma tesislerindeki AKM giderim verimlerinin mevsimsel olarak birbirleriyle ilişkisi bulunmamaktadır. Mevsimsel şartlar bu tesislerin AKM giderim verimlerine etki etmemektedir.

4.5.2 KOİ Giderim Verimlerinin Mevsimsel İlişkisi

Proje kapsamında elde edilen doğal arıtma tesisleri KOİ giderim sonuçlarının mevsimsel olarak birbirini etkileyip etkilemediği SPSS modeli üzerinde Pearson Korelasyon İlişkisi kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.41’de verilmiştir.

Çizelge 4.41. KOİ giderim verimleri ile 3 mevsim arasındaki ilişkiyi gösteren çizelge

		İlkbahar	yaz	kış
İlkbahar	Korelasyon ilişkisi	1	,748	,544
	Sig.(2-tailed)		,013	,104
	N	10	10	10
yaz	Korelasyon ilişkisi	,748	1	,609
	Sig.(2-tailed)	,013		,062
	N	10	10	10
kış	Korelasyon ilişkisi	,544	,609	1
	Sig.(2-tailed)	,104	,062	
	N	10	10	10

Çalışma kapsamında KOİ giderim verimlerine bakıldığında 3 mevsim de 10 adet arıtma tesisi KOİ giderim verimleri %12 - %97 arasında değişmektedir. Çizelgedeki sonuçlara

bakıldığında Çizelgede ilkbahar-yaz mevsiminin önem derecesinden küçük, ilkbahar-kış mevsimi ve yaz-kış mevsimi arasındaki ilişkinin önem derecesinden büyük olduğu görülmektedir. Bu sebeple ilkbahar-yaz mevsimi için $H=0$ reddedilecek ve $H=1$ kabul edilecektir. İlkbahar-kış mevsimi ve yaz-kış mevsimi içi ise $H=0$ kabul edilecektir. Yani doğal arıtma tesislerindeki KOİ giderim verimlerinin ilkbahar-yaz mevsimi arasında bir ilişki bulunmamaktadır. İlkbahar-kış mevsimi ve yaz-kış mevsimi arasında ise KOİ giderim verimleri birbirleri ile ilişkilidir. Mevsimsel şartlar bu tesislerin KOİ giderim verimlerine kısmî olarak etki etmektedir.

4.5.3 Toplam-N Giderim Verimlerinin Mevsimsel İlişkisi

Proje kapsamında elde edilen doğal arıtma tesisleri Toplam-N giderim sonuçlarının mevsimsel olarak birbirini etkileyip etkilemediği SPSS modeli üzerinde Pearson Korelasyon İlişkisi kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.42’de verilmiştir.

Çizelge 4.42. Toplam-N giderim verimleri ile 3 mevsim arasındaki ilişkiyi gösteren çizelge

		İlkbahar	yaz	kış
ilkbahar	Korelasyon ilişkisi	1	,568	-,047
	Sig.(2-tailed)		,087	,897
	N	10	10	10
yaz	Korelasyon ilişkisi	,568	1	,163
	Sig.(2-tailed)	,087		,652
	N	10	10	10
kış	Korelasyon ilişkisi	-,047	,163	1
	Sig.(2-tailed)	,897	,652	
	N	10	10	10

Çalışma kapsamında Toplam-N giderim verimlerine bakıldığında 3 mevsim de 10 adet arıtma tesisi Toplam-N giderim verimleri %8 - %98 arasında değişmektedir. Çizelgedeki sonuçlara bakıldığında bütün mevsimlerin önem derecesinden büyük olduğu görülmektedir. Bu sebeple $H=0$ kabul edilecektir. Yani doğal arıtma tesislerindeki Toplam-N giderim verimlerinin arasında ilişki olduğu görülmektedir. Mevsimsel şartlar bu tesislerin Toplam-N giderim verimlerine etki etmektedir.

4.5.4 Toplam-P Giderim Verimlerinin Mevsimsel İlişkisi

Proje kapsamında elde edilen doğal arıtma tesisleri Toplam-P giderim sonuçlarının mevsimsel olarak birbirini etkileyip etkilemediği SPSS modeli üzerinde Pearson Korelasyon İlişkisi kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.43'te verilmiştir.

Çizelge 4.43. Toplam-P giderim verimleri ile 3 mevsim arasındaki ilişkiyi gösteren çizelge

		İlkbahar	yaz	kış
İlkbahar	Korelasyon ilişkisi	1	,306	,383
	Sig.(2-tailed)		,389	,275
	N	10	10	10
yaz	Korelasyon ilişkisi	,306	1	,298
	Sig.(2-tailed)	,389		,403
	N	10	10	10
kış	Korelasyon ilişkisi	,383	,298	1
	Sig.(2-tailed)	,275	,403	
	N	10	10	10

Çalışma kapsamında Toplam-P giderim verimlerine bakıldığında 3 mevsim de 10 adet arıtma tesisi Toplam-N giderim verimleri %15 - %99 arasında değişmektedir. Çizelgedeki sonuçlara bakıldığında bütün mevsimlerin önem derecesinden büyük olduğu görülmektedir. Bu sebeple $H=0$ kabul edilecektir. Yani doğal arıtma tesislerindeki Toplam-P giderim verimlerinin arasında ilişki olduğu görülmektedir. Mevsimsel şartlar bu tesislerin Toplam-P giderim verimlerine etki etmektedir.

4.5.5 Kış Mevsiminde Arıtma Verimlerinin Birbirleri ile İlişkisi

Proje kapsamında, kış mevsiminde elde edilen AKM, KOİ, Toplam-N ve Toplam-P giderim verimlerinin birbirleri ile ilişkisi SPSS programı yardımıyla incelenmiştir. Proje kapsamında Pearson korelasyon analizi kullanılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.44'te verilmiştir.

Çizelge 4.44. Kış mevsiminde giderim verimleri arasındaki ilişki

		AKM	KOİ	Toplam-N	Toplam-P
AKM	Korelasyon ilişkisi	1	,348	-,225	-,329
	Sig.(2-tailed)		,325	,532	,353
	N	10	10	10	10
KOİ	Korelasyon ilişkisi	,348	1	,167	,071
	Sig.(2-tailed)	,325		,645	,845
	N	10	10	10	10
Toplam-N	Korelasyon ilişkisi	-,225	,167	1	,269
	Sig.(2-tailed)	,532	,645		,452
	N	10	10	10	10
Toplam-P	Korelasyon ilişkisi	-,329	,071	,269	1
	Sig.(2-tailed)	,353	,845	,452	
	N	10	10	10	10

Çalışma kapsamında elde edilen analiz sonuçlarına bakıldığında kış mevsiminde bütün arıtma değerleri arasında birbiri ile anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir.

4.5.6 İlkbahar Mevsiminde Arıtma Verimlerinin Birbirleri ile İlişkisi

Proje kapsamında, ilkbahar mevsiminde elde edilen AKM, KOİ, Toplam-N ve Toplam-P giderim verimlerinin birbirleri ile ilişkisi SPSS programı yardımıyla incelenmiştir. Proje kapsamında Pearson korelasyon analizi kullanılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.45'te verilmiştir.

Çizelge 4.45. İlkbahar mevsiminde giderim verimleri arasındaki ilişki

		AKM	KOİ	Toplam-N	Toplam-P
AKM	Korelasyon ilişkisi	1	,777	,579	-,208
	Sig.(2-tailed)		,069	,229	,692
	N	6	6	6	6
KOİ	Korelasyon ilişkisi	,777	1	,933	,293
	Sig.(2-tailed)	,069		,007	,574
	N	6	6	6	6
Toplam-N	Korelasyon ilişkisi	,579	,933	1	,549
	Sig.(2-tailed)	,229	,007		,260
	N	6	6	6	6
Toplam-P	Korelasyon ilişkisi	-,208	,293	,549	1
	Sig.(2-tailed)	,692	,574	,260	
	N	6	6	6	6

Çalışma kapsamında elde edilen analiz sonuçlarına bakıldığında ilkbahar mevsiminde bütün arıtma değerleri arasında birbiri ile anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir. Yalnızca KOİ ile Toplam-N değerleri arasında anlamlı bir ilişki kurulamamıştır.

4.5.7 Yaz Mevsiminde Arıtma Verimlerinin Birbirleri ile İlişkisi

Proje kapsamında, yaz mevsiminde elde edilen AKM, KOİ, Toplam-N ve Toplam-P giderim verimlerinin birbirleri ile ilişkisi SPSS programı yardımıyla incelenmiştir. Proje kapsamında Pearson korelasyon analizi kullanılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.46'da verilmiştir.

Çizelge 4.46. Yaz mevsiminde giderim verimleri arasındaki ilişki

		AKM	KOİ	Toplam-N	Toplam-P
AKM	Korelasyon ilişkisi	1	,892	,438	,322
	Sig.(2-tailed)		,007	,326	,482
	N	7	7	7	7
KOİ	Korelasyon ilişkisi	,892	1	,143	,190
	Sig.(2-tailed)	,007		,760	,683
	N	7	7	7	7
Toplam-N	Korelasyon ilişkisi	,438	,143	1	,715
	Sig.(2-tailed)	,326	,760		,071
	N	7	7	7	7
Toplam-P	Korelasyon ilişkisi	,322	,190	,715	1
	Sig.(2-tailed)	,482	,683	,071	
	N	7	7	7	7

Çalışma kapsamında elde edilen analiz sonuçlarına bakıldığında yaz mevsiminde bütün arıtma değerleri arasında birbiri ile anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir. Yalnızca AKM ve KOİ arasında anlamlı bir ilişki kurulamamıştır.

4.6 Optimum Çalışmayan Tesislere Getirilecek Öneriler

4.6.1 Tesisin Fiziksel Özelliklerinin Değiştirilmesi-Kontrolü İle Sağlanacak İyileştirmeler

Tesislerin Etrafında Güvenlik Önlemlerinin Alınması

Doğal Arıtma Tesisleri kurulmalarından itibaren düşük enerji gereksinimleri ve nitelikli iş gücü ihtiyacı gereksinimleri olmadığından Merkezi Arıtma olmayan yerlerde tercih edilen tesislerdir. Bu tesisler köylerin en ücra köşelerine kurulmuşlardır. Sürekli iş gücü gerektirmese bile 6 ayda bir düzenli olarak bakımları yapılmalı etrafı temizlenmelidir. Bu tesislerin bakımlarını aksatmak tesislerde yüksek maliyetlere sebep olan işletme-tıkanma problemlerine neden olmaktadır. Doğal arıtma tesislerinin verimini arttırmak için yapılması gereken değişikliklerin başında tesislerin etrafında koruyucu önlemler almak gelmektedir. Tesisin etrafının tel örgüler ile çevrilmesi, hayvanların ve/veya çocukların tesise girmesini engelleyerek onları olası kazalardan koruyacaktır. Ayrıca yapılan incelemelerde tesis bölgesinde hayvansal atıklar ile karşılaşmış ve hatta bu tesisler hayvanların düzenli olarak beslendiği üzerinde yaşadığı yerler olarak kullanılmaya başlanmıştır. Etrafı tel örgüyle **kuşatılmayan** tesislerden alınan örnekler incelendiğinde kirletici parametrelerin diğer tesislere göre daha yüksek çıktığı belirlenmiştir. Bu sebeple tesislerin etrafının tel örgü ile kuşatılması, 6 aylık periyodik bakımlarının yapılması, etrafındaki yabancı otlardan arındırılması ile bu tesisler hem görsel açıdan hem de arıtma verimi açısından daha iyi duruma getirilmiş olacaktır.

Bilgilendirme Çalışmaları

Doğal arıtma tesisleri enerji ve iş gücü ihtiyacı gerektirmeyen tesislerdir. Genellikle kurulumundan itibaren ilgilenilmemekte kendi hallerine bırakılan tesislerdir. Ülkemizde doğal arıtma tesisleri genel olarak merkezi arıtma sistemi olmayan yerleşim yerlerinde inşa edilmektedir. Bu yerleşim yerlerindeki halk bu tesislerden haberi olmamakta ve birçoğu bu tesisleri gereksiz bulmaktadır. Aynı zamanda arıtma tesisi diye yer bulamadıkları atıkları tesise doğrudan vermektedir. Bu durum da arıtma tesislerinde tıkanma vb. problemlere sebep olmakta tesisin verimleri direk olarak etkilenmektedir.

Bursa ilinde bulunan doğal arıtmalar BUSKİ tarafından işletilmektedir. Doğal arıtmaların bulunduğu yerlerdeki halk için arıtmaların gezilerek anlatılması, halkın bilinçlendirilmesi önemli bir sorunu ortadan çözecektir. Ayrıca bölgedeki halka dağıtılmak üzere tanıtım materyalleri bastırılmalıdır. Bu materyallerde doğal arıtım tesislerinin önemi ve ne tür atıkların atılıp atılmayacağı konusunda güncel bilgiler verilmeli, ayrıca okullara gidilerek çocuklar bilgilendirilmelidir. Tanıtım materyalleri doğal arıtmanın fiziksel şartlarının korunması açısından oldukça önemli ve tesislere önemli iyileştirme sağladığı yapılan çalışmalarda mevcuttur.

Tesislere Basit-Fiziksel Müdahale Yöntemleriyle İyileştirme Çalışmaları

Doğal arıtma sistemleri, tasarlanıp kurulduktan itibaren fiziksel olarak müdahale edilmesi zor olana tesislerdir. Sistemin kurulu olduğu bölge, tesisin eğimi, tasarım kriterleri tesis işletilmeye alındıktan sonra müdahale edilememektedir. Ancak daha basit fiziksel yöntemler ile arıtma tesisi değerleri değiştirilebilir.

Bursa ilinde mevcut doğal arıtmalar incelendiğinde yüksek verimde çalışmayan tesisler için arıtma yatakları basit fiziksel yöntemler kullanılarak iyileştirilebilir. Yüzey Altı Akış yapısı gelen kirlilik parametrelerine göre arıtma yüzeyi derinliği ve yatak ortamı değiştirilerek arıtma verimleri iyileştirilebilmektedir. Ayrıca filtre malzemesi değiştirilerek daha fazla azot ve fosfor giderimi sağlayan filtre malzemesi ile arıtma verimlerinin artması sağlanacaktır.

Çalışma boyunca incelenen doğal arıtma tesislerinin bir çoğunun fosseptik yapısında bulunan iletim hatlarının tıkanıdığı belirlenmiştir (Yenişehir-Menteşe DA, İnegöl-Deydinler DA, İnegöl Alibeyköy DA). Bu durumun nedeni ise düşük iletim hızları sebebiyle arıtma yapısında katı madde birikimi olarak düşünülebilir. Tesiste arıtım malzemesi olarak çakıl-dere kumu-mıcır dolgu kullanılmış olan tesislerde filtre malzemesinin değiştirilmesi ile bu tesislerdeki sorunun giderilebileceği düşünülmektedir. Basit fiziksel değişiklikler sorunun çözülmesine katkıda bulunmasına rağmen arıtma tesisleri için ek maliyet getirebilir.

4.6.2 KOİ Giderimi İçin Tesise Getirilecek Öneriler

Doğal arıtma tesislerinde KOİ giderimi, sedimentasyon ve çökelme prosesleri ile filtre malzemesinin yapısına tutunmuş bakterilerce gerçekleştirilen mikrobiyal indirgenmeyi içeren proseslerce gerçekleşmektedir (Ciria ve ark., 2005 ; Demirörs, 2003). Fiziksel ayrışma proseslerinin kolay olması ve toprak profili gibi nedenler ile doğal arıtma tesislerinde organik madde hidrolizi gerçekleşmektedir. Ayrıca arıtma yapısındaki düşük poroziteli toprak kullanımı ile anoksik şartlar devreye girmekte ve organik kirlilik hidrolizi kolaylaşmaktadır. Doğal arıtma tesisleri için Tchbanoglous ve Burton (1991) yüzey altı akışlı yapay sulak alanlar ile çalışmışlar ve günlük organik madde yükleme oranını en fazla 13,3 g/m²/gün olmasını önermiştir (Demirörs 2006). Çalışma kapsamında seçilen doğal arıtma tesislerinde organik madde yükleme oranı **5,2-13,2 g/m²/gün** arasında (400 E.N-1500 E.N) değiştiği görülmektedir.

4.6.3 AKM Giderimi İçin Tesise Getirilecek Öneriler

Doğal arıtma sistemlerinde AKM giderim metodu çökelme ve filtrasyondur (Yılmaz ve ark. 2010). Atıksu arıtma yapısı içinde ilerlerken filtre yapısı içinde ilerlerken AKM giderimi gerçekleşir. AKM giderimi için bir diğer önemli parametre ise arıtma yapısında bekleme süresidir.

Doğal arıtma tesislerinde etkili bir AKM giderimi için filtre malzemesinin bakımı ve atıksuyun uygun bekleme sürelerinde arıtma yapısında kalmasına özen gösterilmelidir. Filtre malzemesinin bakım süreleri belirlenmeli ve bu sürelerde mutlaka değiştirilmelidir. Ayrıca tesislerin bekleme süreleri mutlaka belirlenmeli ve atıksuyun arıtma yapısında uygun bekleme sürelerinde kalması sağlanmalıdır.

4.6.4 Azot Giderim Veriminin Arttırılması İçin Tesislere Getirilecek Öneriler

Azot giderimi için günümüzde birçok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları azot giderimi sağlarken fosfor giderimine de katkı sağlamaktadır. Azotun atıksu içerisinde birçok formu bulunmaktadır. Özellikle atıksu da bulunan amonyak sudaki mikroorganizmalar için toksik etki göstermektedir. Amonyak suda çok hızlı okside olarak sudaki oksijen miktarını azaltmaktadır. Ayrıca azotun organik ve inorganik

formları ötrofikasyona sebep olarak yüzeysel su kaynaklarının kalitesinin bozulmasına sebep olmaktadır (USEPA&Agency 2002).

Azot giderimi klasik sistemlerde biyolojik ve kimyasal arıtma sistemleri ile artılmaktadır. Doğal arıtma sistemlerinde ise azotun nitrifikasyonu ve denitrifikasyonu atıksular arıtma yapısından süzülürken gerçekleşir (Kootatep ve ark., 2001 ; Demirörs, 2003). Arıtma yapısına gelen atıksu içerisindeki azotlu bileşikler önce Nitrosomonas bakterileri yardımıyla aerobik şartlar altında nitrite oksitlenmektedir. Nitrit bileşikleri ise daha sonra Nitrobakter bakterileri ile birlikte aerobik şartlar altında nitrate dönüşerek taban içerisinde birikmeleri sağlanır. Daha sonra Pseudomonas spp. Ve diğer bakteriler yardımıyla azot gazına dönüştürülen nitrat ortamdan uzaklaştırılmış olur (Karaman ve ark. 2012, Yinanç ve Adiloğlu 2017). Azot giderimi için sıcaklık önemli bir parametre olup 5°C'nin altında nitrifikasyon işlemi durmaktadır.

Doğal arıtma tesislerinde klasik azot gideriminin gerçekleşmesin de iyon değişim prosesleri de ekili olmaktadır. Membran yöntemleri ise azot gideriminde etkili bir proses olup doğal arıtma sistemlerinin çalışma yapısına uygun değildir (USEPA&Agency 2002).

İyon değişimi ile azot gidermek için anyonik iyon değişimi ve katyonik iyon değişimi olmak üzere 2 yöntem bulunmaktadır. Katyonik iyonik değişimi yöntemleri ile septik tank çıkışında amonyum giderimi gerçekleştirilir. Ayrıca genellikle volkanik yapılarda bulunan bir zeolit maddesi olan 'clinoptilolite' atıksu içerisinde amonyum gibi diğer katyonların gideriminde etkili olmaktadır. Anyonik sistemlerinde ise atıksu septik tank çıkış yapısına gelmeden (iyon değiştirme ünitesine gelmeden) önce nitrifikasyon işlemi gerçekleştirilmelidir. Kuvvetli bazik anyon değiştiriciler ile amonyum iyonları ortamdan uzaklaştırılabilirler.

Proje kapsamında 10 adet doğal arıtma tesisi incelendiğinde azot giderim verimleri %8-%98 arasında değiştiği gözlemlenmektedir. Tesisler en yüksek azot giderim verimine yaz mevsiminde (ortalama %75 arıtma verimi), en düşük azot giderim verimlerine ise kış mevsiminde (ortalama %49 arıtma verimi) ulaşmıştır. Bunun nedeni olarak kış

mevsiminde düşük sıcaklıklarda azot giderimini gerçekleştiren bakterilerin faaliyetlerinin durmasıdır.

Alıcı ortamlarda azot ve türevlerinin artması alıcı ortamların ötrofikasyona uğramasına sebep olmaktadır. Ayrıca özellikle bebeklerde görülen mavi bebek hastalığının kaynağı da azottur. Ancak görülüyor ki ülkemiz mevzuatında alıcı ortam deşarj standartları incelendiğinde azot için herhangi bir kısıtlama getirilmemiş yalnızca %60 giderim verimi şartı aranmıştır. Azotun hem alıcı ortama hem de canlılara verdiği zarar düşünüldüğünde azot değerinin SKKY Tablo 21.5 deşarj parametrelerinde bulunması gerekmektedir.

4.6.5 Fosfor Giderim Veriminin Arttırılması İçin Tesislere Getirilecek Öneriler

Fosfor yerinde arıtma tesislerinde nadir olarak toprakta absorbe edilir ve bu sayede atıksudan uzaklaştırılır. Bu durum klasik yerinde arıtma tesislerinde zaman geçtikçe fosforun giderim veriminin düşmesine ve alıcı ortam kaynaklarının ötrofikasyona uğramasına sebep olur. Bu sebeple doğal arıtma tesislerinde fosfor giderim verimini arttıran önlemler alınmalıdır.

Fosfor giderimi için kullanabilecek en yaygın sistem demir içeriği zengin kum filtrelerinin ve ardışık kesikli reaktörlerin kullanılmasıdır. Yurtdışında yapılan çalışmalarda özellikle demir içerikli filtre malzemesinin kullanılması (red mud kullanılması) fosfor giderim verimlerinde artışa sebep olduğu görülmüştür.

Proje kapsamında 10 adet doğal arıtma tesisinin fosfor giderim verimleri incelendiğinde Toplam-P giderim verimleri incelendiğinde özellikle kış aylarında fosfor giderim verimlerinin düşük olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin ise kış aylarında metabolik faaliyetlerin yavaşlaması ve buna bağlı olarak fosfor gideriminin daha yavaş olması gösterilebilir.

Alıcı ortamlarda fosfor ve türevlerinin artması alıcı ortamların ötrofikasyona uğramasına ve oksijen miktarının hızla düşmesine sebep olmaktadır. Ancak görülüyor ki ülkemiz mevzuatında alıcı ortam deşarj standartları incelendiğinde azot için herhangi bir kısıtlama getirilmemiş yalnızca %60 giderim verimi şartı aranmıştır. Fosforun hem

alıcı ortama hem de canlılara verdiği zarar düşünüldüğünde fosfor değerinin SKKY Tablo 21.5 deşarj parametrelerinde bulunması gerekmektedir.

Tasarım Varsayımları

Doğal arıtma tesislerinde fosfor gidermek amacıyla yapılan başarılı bir çalışmada Toplam-P yükleme süresi de 0,16 g/m²/gün alınmış ve demir ve kalsiyum içerikli filtre malzemesi ile fosfor giderimini arttırmak hedeflenmiştir. Bu çalışmada bilinmeyen tek konunun ise filtre malzemesinin ne kadar fosfor adsorblayacağı olmuştur. Ayrıca çalışma kapsamında yüksek kalsiyum içerikli kum filtre malzemelerinin bile birkaç istisna örnek dışında birkaç ay içerisinde doymuş hale geldiği gözlemlenmiş ortalama 2,5 yıl içerisinde tamamen dolduğu da rapor edilmiştir. Yüksek demir içerikli kumların ve toz haline getirilmiş tuğla parçalarının uzun süreler fosfor giderdiği bilinmektedir ancak yine de bu süreler hakkında kesin bir bilgi bulunmamaktadır.

Kırmızı çamur (red mud; yan ürünü Diyasporit, alümin, demir ve manganez hidroksitleri ve hidrarjirit gibi minerallerin karışımından oluşan boksit madenidir), demir oksit tozu ile karıştırılarak kum ile birlikte filtre malzemesi olarak kullanılması ile olumlu sonuçlar alındığı gözlemlenmiştir. Ancak doğal arıtma tesisi filtre yapılarına sürekli müdahale mümkün olmadığında bu sistemin uygulanmasında zorluklar oluşmaktadır. Kırmızı çamur, filtre yatağının toplam hacminin en az %30'una konulmalıdır. Ayrıca yüksek fosfor giderimi isteniyorsa filtre yatağının 0,3 metre derinliğine kadar doğal toprak ile karıştırılarak konmalıdır.

Ardışık kesikli sistemler, klasik sistemlerden %20-%40 oranlarında daha iyi fosfor giderimine sahip olduğu yapılan çalışmalar ile belirlense de doğal arıtma sistemlerinde kullanılması henüz mümkün olamamaktadır. Eğer doğal arıtma sistemlerinde yüksek oranda fosfor giderimi hedefleniyor ise, özellikle demir içerikli ve adsorbama kapasitesi yüksek filtre malzemesi kullanılmalı (tuğla, red mug vb.) ayrıca bu tesisler düzenli olarak kontrol edilerek filtre malzemeleri düzenli olarak değiştirilmelidir.

Performans

Yukarıda anlatılan sistemler, fosfor giderici sistemler olup, bakımları düzenli olarak yapıldığında çıkış fosfor değerlerini 1-2 mg/L ye kadar indirmektedir. Çıkan su dezenfeksiyon prosesi uygulandıktan sonra yüzeysel su kaynağına deşarj edilebilmektedir.



5. SONUÇ

Günümüzde yaşanan teknolojik gelişmeler sanayileşmenin hızla gelişmesine yol açmış kırsal kesimde yaşayan halkın ihtiyaçları arka planda kalmıştır. Kırsal kesimde yaşayan halkın en önemli ihtiyaçları sırasıyla yol ve içme suyuna ulaşım olarak görülmektedir. Kanalizasyon sistemleri ise kırsal yerleşimler için her zaman lüks bir ihtiyaç olarak görülmüştür. Ancak şebekeli içme suyuna ve yol gibi öncelikli konulara sahip kırsal yerleşim yerlerinde kanalizasyon sistemlerinin iyileştirilmesi ve kanalizasyon sistemine ulaşılabilirlik en önemli konulardan biri haline gelmiştir. Kırsal yerleşim yerlerinde atıksu problemi, merkezi arıtma sistemlerinin uzaklığı, ekonomik nedenler ve teknolojik imkanların yetersizliği gibi nedenler sebebiyle merkezi arıtma sistemlerinden uzak kırsal yerleşim yerlerinde atıksu sorunu fosseptiklerde toplanarak geçici çözümler ile üretilerek çözümlenmiştir. Ancak fosseptik sisteminin yetersizliği ayrıca enerjisiz sistemlerin hızla yaygınlaşması bölge halkının fosseptik sisteminden uzaklaşmasına ve yeni teknoloji arayışlarına girmesine sebep olmuştur.

Çalışma kapsamında Bursa İl Özel İdaresi kontrolünde bulunan ve 6360 Sayılı kanun kapsamında Bursa Büyükşehir Belediye sınırları içerisine dahil edilmiş doğal arıtma tesislerinden farklı topografik özellikteki arazilerde kurulmuş, dönemsel olarak farklı karakterizasyonda atıksu gelebilecek ve çıkış suyunun deşarj edildiği alıcı ortam açısından farklılık gösteren 10 tesis seçilerek arıtma verimliliği açısından yaklaşık bir yıl süresince incelenmiştir. Tesislerin verimliliği farklı mevsimsel (kış, ilkbahar, yaz) şartlara göre değerlendirilmiş, alıcı ortama göre deşarj parametrelerini sağlamayan ve yeterli verimde çalışmayan tesislerin iyileştirilmeleri amacıyla gerekli öneriler getirilmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan analizlere göre Gürle Doğal Arıtma Tesisi, Çiçekli Doğal Arıtma Tesisi ve Pınar Doğal Arıtma Tesisleri'nin her 3 mevsim de yüksek verimlerde çalıştığı ve SKKY Çizelge 21.5'te belirtilen deşarj parametrelerini sağladığı görülmektedir. Bu tesislerin rutin bakımlarının yapılması tesislerin çalışma performansının devam etmesi açısından önemlidir. Ayrıca bu 3 arıtma tesisinden çıkan atıksuların AKM, KOİ, Toplam-N ve Toplam-P giderim verimleri sırasıyla; %83-%99 oranında AKM giderim verimi, %73-%97 oranında KOİ giderim verimi, %40-%98

arasında Toplam-N giderim verimi ve %40-%91 oranında Toplam-P giderim verimlerine ulaştığı görülmektedir. Bu tesisler rutin bakımlarının yanı sıra, tesislerden kaynaklanan arıtılmış sulara dezenfeksiyon işlemi uygulanarak yer altına sızdırma işlemi ve/veya alıcı ortama verilme işlemi gerçekleştirilebilir. Dezenfeksiyon işlemi, arıtılmış suda bulunan hastalık yapıcı mikroorganizmaların ortamdaki uzaklaştırılması işlemi olup yeraltına sızdırma işlemi ve/veya alıcı ortama verilmeden önce dezenfeksiyon işlemi gerçekleştirilmelidir. En yaygın olarak kullanılan dezenfeksiyon prosesleri ise, serbest klor, bağlı klor, ozon, klor dioksit ve UV dezenfeksiyonu sayılabilir (Dewis 2014). Bu yöntemlerden en yaygın kullanılan ve maliyeti en düşük olan sistem serbest klor yöntemi olup arıtılmış sulara uygun miktarda klor ilavesi ile arıtılmış suların yüksek oranda dezenfeksiyonu sağlanmaktadır. Ancak doğal arıtmaların maliyetsiz ve enerjisiz sistemler oluşu bu tesislere dezenfeksiyon prosesi uygulanmasını neredeyse imkansız kılmaktadır.

İncelenen tesislerden, Ocaklı Doğal Arıtma Tesisi, Taşpınar Doğal Arıtma Tesisi, Yenice Doğal Arıtma Tesisi ve İncirli Doğal Arıtma Tesisinin arıtma verimleri mevsimsel olarak tutarsızlık göstermektedir. Bu tutarsızlıkların nedeni ise arıtma tesislerine zaman zaman tesislerin organik yükünün değişmesi olarak düşünülmüştür. Tesislere hayvancılık faaliyetlerine bağlı organik kaynaklı kirleticiler tesislerin organik yükünü gereğinden fazla arttırmaktadır. Ayrıca incelenen doğal arıtma tesislerinde terfi istasyonu bulunmamakta olup arıtma yapısına gelen atıksu için cazibeden faydalanılmaktadır. Tarım ve hayvancılık gibi dış parametrelerin sebep olduğu organik yük artışı cazibe ile akan tesislerin kolay bir şekilde tıkanmasına ve arıtma yapılarının daha kolay tıkanmasına sebep olmaktadır.

Menteşe Doğal Arıtma Tesisi, Deydinler Doğal Arıtma Tesisi ve Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisi hiçbir şekilde çalışmamaktadır. Bu tesislerin tekrar verimli hale getirilmeleri için yüksek ek yatırım maliyetleri gerekmektedir. Bu sebeple bu tesisler bölgenin yakınında bulunan ve BUSKİ tarafından işletilen Yenişehir Eysel Atıksu Arıtma Tesisi'ne bağlanmalıdır. Doğal Arıtma tesislerini tekrar verimli hale getirmek için gerekli ek maliyet tesislerin evsel içerikli atıksuları arıtan tesise bağlanması için

harcanabilir. Bu sayede bu tesislere gelen atıksular yüksek verimlerle arıtılarak alıcı ortama deşarj edilmesi sağlanmalıdır.

Tesislerde yapılan çalışmalardan elde edilen analizler göz önünde bulundurulduğunda AKM giderim verimleri %44 - %99 oranında, KOİ giderim verimi %12 - %97 oranında, Toplam-N giderim verimi %8 - %98 oranında ve Toplam-P giderim verimi %15 - %99 oranlarında değişmektedir.

Bu sonuçlara göre yapılan istatistiksel metod analizinde giderim verimleri ile mevsimsel etkiler kıyaslanmış ve AKM giderim verimleri açısından mevsimsel bir ilişki olmadığı gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmalar da elde edilen arıtma tesisi verimleri mevsimsel olarak bağımsızdır. KOİ giderim verimlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılmasına bakıldığında ise KOİ giderim verimlerinin ilkbahar-yaz mevsimi arasında bir ilişki bulunmamaktadır. İlkbahar-kış mevsimi ve yaz-kış mevsimi arasında ise KOİ giderim verimleri birbirleri ile ilişkilidir. Yani kış mevsimi KOİ giderim verimi mevsimsel olarak birbirinden etkilenirken sadece ilkbahar-yaz mevsiminde KOİ giderim verimleri arasında bir ilişki olmadığı görülmektedir. Ayrıca Toplam-N ve Toplam-P giderim verimleri ile mevsimler arasındaki ilişki incelendiğinde ise arıtma verimlerinin mevsimsel değişikliklere bağlı olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca 3 mevsimde ayrı ayrı arıtma giderim verimlerinin birbirleriyle ilişkisi incelenmiş ve kış mevsiminde AKM, KOİ, Toplam-N ve Toplam-P giderim verimlerinin birbiri ile ilişkili olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca çalışma kapsamında seçilen 10 adet doğal arıtma tesisi, Bursa'da faaliyette olan ve aktif çamur sistemiyle işletin bir Atıksu Arıtma Tesisi ile işletme maliyeti yönünden karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar çalışma kapsamında detaylı olarak verilmekle birlikte 10 adet doğal arıtma tesisinin işletme maliyeti 37 000 TL/yıl olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar yaklaşık 80 000 eşdeğer nüfusa göre tasarlanmış aktif çamur atıksu arıtma tesisinin işletme maliyeti 800 000 TL/yıl olarak belirlenmiştir. Buna göre doğal arıtma tesislerinin oldukça düşük işletme giderlerine sahip olduğu ve merkezi

atıksu arıtma tesisinin bulunmadığı yerlerde oldukça verimli tesisler olduğu belirlenmiştir.

Alıcı ortamlarda azot ve türevlerinin artması alıcı ortamların ötrofikasyona uğramasına sebep olmaktadır. Ayrıca özellikle bebeklerde görülen mavi bebek hastalığının kaynağı da azottur. Ancak görülüyor ki ülkemiz mevzuatında alıcı ortam deşarj standartları incelendiğinde azot için herhangi bir kısıtlama getirilmemiş yalnızca %60 giderim verimi şartı aranmıştır. Azotun hem alıcı ortama hem de canlılara verdiği zarar düşünüldüğünde azot değerinin SKKY Tablo 21.5 deşarj parametrelerinde bulunması gerekmektedir.

Çalışma kapsamında seçilen 10 adet tesisin 3 tanesi (Orhangazi Gürle, İznik Çiçekli ve Büyükorhan Pınar Doğal Arıtma Tesisleri) yüksek verimde çalışmakta, 4 tanesi ise (M.Kemalpaşa Ocaklı, Karacabey Taşpınar, Büyükorhan Yenice ve Yenişehir İncirli Doğal Arıtma Tesisleri) mevsimlere bağlı olarak arıtma verimleri değişmektedir. Seçilen tesislerden 3 tanesi (Yenişehir Menteşe, İnegöl Deydinler ve İnegöl Alibeyköy Doğal Arıtma Tesisleri) ise çalışmamaktadır. Çalışmayan tesisler için ise bu çalışma kapsamında gerekli öneriler getirilmiştir. Bu tesislerde gerekli çalışmalar ile optimum çalışan tesisler haline getirilerek, merkezi arıtma olmayan kırsal yerleşim yerlerinde çevre ve halk sağlığı korunmuş olacaktır. Ayrıca bu çalışmanın sonuçları hem Bursa ili hem de ülkemiz açısından örnek teşkil edecek ve çalışmanın olumlu sonuçları ülke çapında çevrenin ve halk sağlığının korunmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Anderson, D.L., and R.L. Siegrist. 1989.** The performance of ultra-low-volume flush toilets in Phoenix. *Journal of the American Water Works Association*. 81(3):52-57
- Anonymus, 1991.** The European Council Directive 91/271/EEC
- A.W. Ormiston, R.E. Floyd, 2004.** On-site Wastewater Systems: Design and Management Manuel. Third Edition ARC Techinal Publication, No:58 (TP58), ISSN 1175-205X.
- Anonim, 2010.** 20.03.2010 Tarih ve 27527 Sayılı Atıksu Arıtma Tesisi Teknik Usuller Tebliği
- Anonim, 2004.** 31.12.2004 Tarih ve 25687 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
- Anonim. 2015.** Bursa ili genel özellikleri, T.C. Bursa Valiliği, www.bursa.gov.tr
- Anonim. 2016.** Bursa ili nüfus verileri. www.tuik.gov.tr
- Bodík, I. and Ridderstolpe, P. (ed.), 2016.** “Sustainable sanitation in Central and Eastern Europe – addressing the needs of small and medium-size settlements” www.gwpceeforum.org/File/SustSan%20Book/Sustainable%20Sanitation%20in%20the%20CCE%20countries.pdf.
- Buitenkamp, M. and Richert-Stintzing, A., 2008.** Report of the World Water Week Seminar, Europe’s Sanitation Problem 19 August 2008 Stockholm, Sweden. www.wecf.eu/images/publications/StockholmReportseminarsanitation.pdf.
- Converse, J.C. and E.J. Tyler. 1998.** Soil Dispersal of Highly Pretreated Effluent – Considerations for Incorporation into Code. In Proceedings: Seventh Annual Conference and Exhibit. National Onsite Wastewater Recycling Association, Northbrook, IL.
- Crites, R., and G. Tchobanoglous. 1998.** Small and Decentralized Wastewater Management Systems. McGraw-Hill, Boston, MA.
- Cıria, M.P., Solano, M.L., Soriano, P., 2005.** Role Of Macrophyte Typhalatifolia İn A Constructed Wetland For Wastewater Treatment And Assessment Of Its Potential As A Biomass Fuel. *Biosystems Engineering*, 92(4) Pp 535–544.
- Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2016.** Atıksu Artıma Tesisleri Tip Projeler Hakkında Duyurusu
- Demirörs, B. 2006.** Çukurova Bölgesinde yapay sulak alan teknolojisinin kırsal alanda kullanımının araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- EPA, 2000.** Constructed Wetlands Treatment Of Municipal Wastewaters. Manual Of Epa/625/R-99/010. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Oh.
- EPA, 2004.** Constructed Wetlands Treatment Of Municipal Wastewaters. Manual Of Epa/625/R-99/010. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Oh.
- Eymen U., 2007.** Tedarik Zinciri Yönetimi. Kalite Ofisi Yayınları, No: 14. www.kaliteofisi.com

Gökalp Z., Şahin M., Çakmak B., 2013. Köy kanalizasyon sularının doğal arıtma sistemleri ile arıtılması. Ulusal Kop Bölgesel Kalkınma Sempozyumu, 14-16.11.2013, Konya.

Kanat G., 1992. Atıksu arıtım yöntemleri ve biyogaz üretimi, www.yildiz.edu.tr/_kanat/atıksu.html

Kadlec, R. H., Ve Knight, R. L., 1996. Treatment Wetlands, Lewis Publishers. Boca Raton, Florida.

Koottatep, T., Polprasert C., Koanh, N. T., Hemss, U., Montangero, A., Strauss, M., 2001. Septage Dewatering İn Vertical-Flow Constructed Wetlands Located İn The Tropics. Water Science And Tech., 44 (2-3) Pp181-8.

Karaman, M. R., A. Adiloğlu, A. R. Brohi, A. Güneş, A. İnal, M. Kaplan, M. Zengin. 2012. Plant Nutrition. Ankara, Turkey: Dumat Ofset, 1080.

National Small Flows Clearinghouse (NSFC). 2000. *Small Flows Quarterly*. Vol.1, No.4, Summer 2000. National Environmental Service Center, West Virginia University. Morgantown, WV.

Ozcan E. 2010. Türkiye’de atıksu yönetimi. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

ORSAM Su Araştırmaları Programı. 2011. ORSAM Rapor No:78. Rapro No:8. Türkiye’de ve İsrail’de Yapay Sulak Alanlar ile Atıksu Arıtımı ve Atıksuyun Sulama Amaçlı Olarak Tekrar Kullanımı. ISBN:978-9944-5684-4-9. Ankara.

Plews, G.D. 1977. The Adequacy and Uniformity of Regulations for Onsite Wastewater Disposal—A State Viewpoint. In Proceedings of the National Conference on Less Costly Treatment Systems for Small Communities. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH.

Siegrist, R.L. 1983. Minimum-flow plumbing fixtures. Journal of the American Water Works Association 75(7):342-348.

Somogyi, V., Pitas, V., Demokos E. 2009. On-site wastewater treatment systems and legal regulations in the European Union and Hungary. Acta Universitatis Sapientiae Agriculture and Enviroment, 57-64

Şahinkaya E., Yurtsever A., Aktaş Ö., Ucar D., Wang Z., 2015. Sulfur-Based Autotrophic Denitrification of Drinking Water Using A Membrane Bioreaktor. Chemical Engineering Journal, 268, s 180-186.

Tchobanoglous G., Burton F. L., 1991. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal And Reuse 3rd Ed. New York: Mcgraw-Hill, P. 1334.

Tunçsiper B., 2005. Yapay sulakalan sistemlerinde azot giderimini etkileyen parametrelerin incelenmesi. *Doktora tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

TÜBİTAK-MAM, 2010. Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması-Susurluk Havzası.

TÜBİTAK-MAM, 2010. Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması-Marmara Havzası.

- TÜBİTAK-MAM, 2010**, Tuz Golu OCK Bölgesinde Yer Alan Sultanhamı ve Altınekin Belediyeleri Doğal Arıtma Sistemi Projelendirme Raporu, Gebze.
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2012**. Lağım İnşaatı ve Kanalizasyon Olmayan Yerlerde Yapılacak Tesisler. Çevre Sağlığı-850CK0046.
- TÜBİTAK-MAM, 2013**. Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması-Sakarya Havzası, Proje Taslak Raporu.
- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2016**. Uluabat Gölü Alt Havzası Su Kalitesi Eylem Planı.
- U.S. Department of Agriculture (USDA). 1973**. *Drainage of Agricultural Land*. U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Water Information Center.
- University of Wisconsin-Madison. 1978**. Management of Small Wastewater Flows. EPA600/7-78-173. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Municipal Environmental Research Laboratory (MERL) Cincinnati, OH. University of Wisconsin, 1978.
- U.S. Census Bureau. 1999**. 1997 National Data Chart for Total Occupied Housing Units. <<http://www.census.gov/hhes/www/housing/ahs/97dtchrt/tab2-6.html>>.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1997**. Response to Congress on Use of Decentralized Wastewater Treatment Systems. EPA 832-R-97-001b. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- U.S. Census Bureau. 1999**. 1997 National Data Chart for Total Occupied Housing Units. <<http://www.census.gov/hhes/www/housing/ahs/97dtchrt/tab2-6.html>>.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 2000**. Current Drinking Water Standards. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Ground Water and Drinking Water. <http://www.epa.gov/OGWDW/wot/appa.html>. Accessed May 5, 2000.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 2002**. On-Site Wastewater Treatment Systems Manual. EPA/625/R-00/008, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Office of Regional Operations and State/Local Relations, Washington, DC.
- U.S. Environmental Protection Agency, 2004**. Primer for municipal wastewater treatment systems. EPA 832-R-04-001.
- Weiss, P., Eweborn, D., Kärrman, E. and Gustafsson, J. P. 2008**. Environmental systems analysis of four on-site wastewater treatment options, Resources, Conservation and Recycling 52(10), pp. 1153–1161
- Yüceer A., Dönmez D., 1998**. Evsel atıksuların arazide arıtımı ve Adana örneği, Kayseri 1. Atıksu Sempozyumu. 22-24.06.1998. Kayseri.
- Yetik S., 2008**. Atıksuların yapay sulakalanlarda arıtımının incelenmesi. *Yüksek Lisans tezi*. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Sakarya.
- Yılmaz G., Şahinkaya E., Uyanık S., Uruş H., Akyüz İ. N., 2010**. Yatay yüzey altı akışlı yapay sulak alan sistemlerinin kullanılmasıyla stabilizasyon havuzu çıkış suyu kalitesinin iyileştirilmesi. *HR. Ü.Z.F. Dergisi*. 14(4), 3-11.

Yinanç A., Adiloğlu S., 2017. Arıtmada Doğal Bitkilerin Kullanımı, Modeller ve Pilot Çalışma Örneği: Kozan İlçesi. *Tekirdađ Ziraat Fakóltesi Dergisi*. 14(01).



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Özcan YAVAŞ
Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa / 17.12.1990
Yabancı dili : İngilizce
Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)
Lise : Turhan Tayan Anadolu Lisesi
(Bursa), 2005-2009
Lisans : Uludağ Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü
(Bursa), 2009-2014
Eskişehir Anadolu Üniversitesi İşletme Bölümü
(AÖF), 2009-2014
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü
(Bursa), 2014-2017
Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl :
Uludağ Çevre Teknolojileri Ar-Ge Merkezi
(Temmuz 2014- Ekim 2016)
EKOÇED Çevre Danışmanlık Ltd. Şti.
(Ekim 2016- Halen)
İletişim (e-posta) : yavas.ozcann@gmail.com