



**T. C.
SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TOKAT BELEDİYESİ ATIKSU ARITMA TESİSİNİN İŞLETME VE
PERFORMANS YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Alim ÇİĞDEM
(201392100054)**

**Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof.Dr. Mustafa DEĞİRMENCİ**

**SİVAS
2019**

Alim ÇİĞDEM'ın hazırladığı ve “**TOKAT BELEDİYESİ ATIKSU ARITMA TESİSİNİN İŞLETME VE PERFORMANS YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ** ” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı	Prof.Dr. Mustafa DEĞİRMENCİ	
	Cumhuriyet Üniversitesi
Jüri Üyesi	Dr.Öğr. Üyesi İlknur ŞENTÜRK	
	Cumhuriyet Üniversitesi
Jüri Üyesi	Dr.Öğr. Üyesi Esin Hande BAYRAK IŞIK	
	Gaziosmanpaşa Üniversitesi

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof.Dr. İSMAİL ÇELİK
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.





Bütün hakları saklıdır.
Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

© Alim ÇİĞDEM, 2019

ETİK

Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ 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 ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

12.06.2019

Alim ÇİĞDEM

ÖZET

TOKAT BELEDİYESİ ATIKSU ARITMA TESİSİNİN İŞLETME VE PERFORMANS YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

Alim ÇİĞDEM

Yüksek Lisans Tezi

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMENCİ

2019, 89+xiii sayfa

Tokat İli merkez atıksu arıtma tesisinin proses ve işletme bazında detaylı incelemesi yapılmıştır. Tesisin İşletilmesi kapsamında belirli periyotlarda alınan giriş ve çıkış atıksu örnekleri analiz edilerek elde edilen sonuçlar ve arıtma verimi tesisin tasarım kriterleri ile mevzuat kapsamında değerlendirilmiştir. Değerlendirme amacıyla tesis kayıtları 01.01.2015- 31.03.2018 tarihleri arasında incelenmiş ve Tesiste %91 BOİ₅, % 86 KOİ, % 90 AKM, gideriminin sağlandığı gözlenmiştir. Tesisin bu parametrelerde verim değerleri tasarım ve mevzuat yönünden kabul edilebilir olmasına rağmen TN ve TP giderim değerlerinin yükseltilmesi gerektiği görülmüştür. Bu kapsamda mevcut atıksu giriş değerinin saatlik değişimi araştırılarak elde edilen değerler üzerinden tesisin işletilmesine yapılacak iyileştirmeler tavsiye edilmiştir. Bu amaçla 24 saatlik debi ve kirlilik değişim tespit çalışması yapılmıştır. 24 saatlik debi değişim çalışmasında giriş atıksuyu parametrelerinin dalgalanmasının yüksek olduğu görülmüş ve kanalizasyon deşarj normlarının iyileştirilmesi gerekliliği, görülmüştür. Ayrıca analizler sonucunda elde edilen verilerin tesisin işletme parametrelerinin tahmin edilmesi amacıyla yapay sinir ağları ile modelleme çalışması yapılmıştır. Çıkış deşarj parametrelerinin yapay sinir ağı modeli ile tahmin edilmesi tesisin işletilmesi açısından kolaylık sağlama amacıyla yapılmıştır. Sonuçlarının çıkması uzun zaman alan ve tesis işletilmesinde öneme haiz olan parametrelerin bu modellerle tahmin edilmesi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Atıksu Arıtma Tesisi, Performans, YSA, Kirlilik çalışması

ABSTRACT

EVALUATION OF WASTEWATER TREATMENT PLANT OF TOKAT MUNICIPALITY IN TERMS OF OPERATION AND PERFORMANCE

Alim ÇİĞDEM

MSc Thesis

Department of Environmental Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMENÇİ

2019, 89+xiii pages

Detailed examination of the central wastewater treatment plant of Tokat Province was made on the basis of process and operation. The results obtained by analyzing the inlet end outlet wastewater samples which were taken in specific periods within the scope of the operation of the plant and the treatment efficiency were evaluated within the scope of the design criteria of the facility and the regulation. The records of the plant were examined between the dates 01.01.2015- 31.03.2018 for the purpose of evaluation and it was observed that 91% BOI₅, 86% KOI, and 90% AKM removal was ensured in the plant. Although the efficiency values of the plant at this parameters are acceptable in terms of design and regulation, it was seen that it is necessary to increase the TN and TP removal values. In this scope, the improvements to be made on the operation of the plant over the values obtained by analyzing the hourly change of the current wastewater input value were recommended. For this purpose, a determination study of 24-hour flow rate and pollution change was performed. The fluctuations of the input wastewater parameters were seen high in the 24-hour flow rate change study and the necessity to improve the sewage discharge norms was observed. Moreover, modeling of the data obtained as a result of the analysis with the artificial neural network was performed to estimate the operational parameters of the plant. Estimation of the output discharge parameters by artificial neural network model has been made to ensure easiness for the operation of the plant. Estimation of these parameters with this model, results of which take long to be released and which are important for the operation of the plant was realized.

Keywords: Wastewater Treatment Plant, Performance, ANN, Pollution Study

TEŞEKKÜR

Bilgi ve deneyimlerinden sürekli yararlandığım, tezin her aşamasında yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMENCİ'ye çok teşekkür ederim. Yüksek lisans eğitimim süresince ders aldığım Çevre Mühendisliği bölüm hocalarına teşekkür ederim.

Bu tez çalışması süresince bilgi ve deneyimleri ile katkı sağlayan Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Almus Meslek Yüksekokulunda Dr.Öğr. Üyesi Esin Hande BAYRAK IŞIK'a ve Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nden Arş. Gör. Özkan İNİK'e teşekkür ederim

Bu tezin saha ve laboratuvar çalışmalarıyla ilgili her türlü desteği sağlayan Tokat Belediyesi Başkanı Eyüp EROĞLU'na, Başkan yardımcısı Osman ALTINORDU'ya, Su ve Kanalizasyon Müdürü Gürcan ALTUNKARA'ya ve ilgili tüm personeline çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	1
1.2. Çalışmanın Kapsamı.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Atıksu	3
2.2. Atıksu Kaynakları.....	3
2.2.1.Evsel Atıksu	3
2.2.2.Endüstriyel Atıksu	4
2.3. Atıksu Özellikleri	4
2.3.1.Atıksuyun Fiziksel Özellikleri.....	4
2.3.2.Atıksuyun Kimyasal Özellikleri.....	4
2.3.3.Atıksuyun Biyolojik Özellikleri	4
2.4. Temel Atıksu Parametreleri.....	5
2.4.1.Kimyasal Oksijen İhtiyacı	5
2.4.2.Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı	5
2.4.3.pH	5
2.4.4.Sıcaklık.....	5
2.4.5.Azot	5
2.4.6.Fosfor.....	6
2.4.7.TAKM	6
2.5. Atıksuların Arıtılması.....	8
2.5.1.Fiziksel Arıtma	8
2.5.2.Kimyasal Arıtma	9
2.5.3.Biyolojik Arıtma.....	11
2.5.3.1. Aktif Çamur Prosesi	12
2.5.3.2. Aktif Çamur Prosesi Modifikasyonları, Eşzamanlı Nitrifikasyon / Denitrifikasyon Prosesi,.....	16
2.6. YSA ile arıtma tesisi performansının değerlendirilmesi	17
2.6.1.Yapay Sinir Ağları.....	18
2.6.2.YSA ile Daha Önce Yapılmış Çalışmalar	21
3. MATERYAL VE METOD	28
3.1. Tokat Atıksu Arıtma Tesisi	28
3.1.1.TAAT Tasarım Kriterleri	28
3.1.2.TAAT Ön Arıtma Üniteleri.....	30
3.1.3.TAAT Biyolojik Arıtma Üniteleri.....	32
3.1.4.TAAT Çamur Arıtma Üniteleri	34
3.1.5.TAAT Yardımcı Üniteler	37

3.1.6.TAAT Yönetim ve Personel.....	38
3.1.7.TAAT Ölçüm ve Analiz Metodları	38
3.2. 24 Saatlik Debi Ve Kirlilik Değişim Tespit Çalışması	39
3.3. Yapay Sinir Ağı Çalışması	39
3.3.1.Yapay Sinir Ağının Belirlenmesi	39
3.3.2.Verilerin Toplanması ve Veri Ön Araştırma	40
3.3.3.Yapay Sinir Ağının Eğitim ve Sınanması.....	41
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	42
4.1. Tokat Atıksu Arıtma Tesisi Atıksu Karakterinin Belirlenmesi.....	42
4.1.1.24 Saatlik Debi ve Kirlilik Değişim Çalışması	42
4.1.2.Atıksu Karakter Değerlendirmesi.....	42
4.2. Tokat Atıksu Arıtma Tesisi Arıtma Performansı.....	45
4.2.1.Atıksu Debinin İncelenmesi	46
4.2.2.Sıcaklık Parametresinin İncelenmesi.....	47
4.2.3.pH Parametresinin İncelenmesi.....	48
4.2.4.BOİ ₅ Parametresinin İncelenmesi	48
4.2.5.KOİ Parametresinin İncelenmesi.....	50
4.2.6.TAKM Parametresinin İncelenmesi.....	51
4.2.7.TN Parametresinin İncelenmesi	52
4.2.8.NH ₄ -N Parametresinin İncelenmesi	54
4.2.9.TP Parametresinin İncelenmesi	55
4.3. Çıkış Parametrelerinin Yapay Sinir Ağları İle Tahmin Değerleri.....	57
4.3.1.Parametreler Arasındaki İlişkinin Araştırılması.....	57
4.3.2.KOİ parametresi Tahmin Değeri	59
4.3.3.BOİ Tahmin Değeri.....	63
4.3.4.Toplam Azot Tahmin Değeri	66
4.3.5.Toplam Fosfat Tahmin Değeri	70
4.3.6.Amonyum Azotu (NH ₄ -N) Tahmin Değeri.....	74
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	79
5.1. Sonuçlar.....	79
5.2. Öneriler.....	80
KAYNAKLAR:	82
EKLER	85
Ek-1 10.04.2018 24 Saatlik Kirlilik İzleme Çalışması.....	86
Ek-2 BOİ ₅ Parametresi Eğitim Algoritması Örnek Script.....	87
ÖZGEÇMİŞ	89

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1	Fosfor Çöktürmesine İlişkin Proses Düzeni Örnekleri [5].....	11
Şekil 2.2	Klasik Aktif Çamur Prosesinin Tipik Akım Şeması [5].....	12
Şekil 2.3	Atıksudaki Azot Çevrimi [13].....	14
Şekil 2.4	a Nitrifikasyon b Denitrifikasyon Bakterileri [5].	15
Şekil 2.5	Eş zamanlı Nitrifikasyon Denitrifikasyon Prosesi Akım Şeması [16].....	17
Şekil 2.6	Katmanlarıyla yapay sinir ağı [20].....	19
Şekil 2.7	Doha West AAT YSA Modelleme Çıktıları [21].....	23
Şekil 2.8	YSA ile aktif çamur prosesi modellemesine ilişkin yapılmış çalışma çıktıları [23]	24
Şekil 2.9	YSA ile Çıkış KOI parametresi Korelasyon ve mukayese grafikleri [24].	25
Şekil 2.10	Kaski AAT verilerinin YSA ile Tahmin edilmesi R ² değerleri [27].	27
Şekil 3.1	Tokat Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi	28
Şekil 3.2	Tesise Ait Akım Şeması	30
Şekil 3.3	Çürütücü Binası ve Biyogaz Deposu.....	36
Şekil 3.4	Tesis Laboratuvarı	38
Şekil 4.1	Tesis Giriş Atıksu Debisi (2015 - 2018 yılları arasında tesiste yapılmış olan ölçüm değerleri)	47
Şekil 4.2	Günlük Debi Değişim Grafiği (10.04.2018 tarihinde yapılan ölçüm sonuçları)	47
Şekil 4.3	Tesis Giriş, Çıkış Sıcaklık Değişim Grafiği (2015 - 2018 yılları arası ölçülen veriler)	48
Şekil 4.4	Tesis Giriş, Çıkış pH Değişim Grafiği (2015 - 2018 yılları arası ölçülen veriler)	48
Şekil 4.5	Tesis Giriş, Çıkış BOI Değişim (a), Verim Grafiği (b). (2015 - 2018 yılları arası veriler).....	49
Şekil 4.6	Tesis Giriş, Çıkış KOİ Değişim (a), Verim Grafiği (b) (2015 - 2018 yılları arası veriler).....	51
Şekil 4.7	Tesis Giriş, Çıkış TAKM Değişim (a), Verim Grafiği (b) (2015 - 2018 yılları arası veriler).....	52
Şekil 4.8	Tesis Giriş, Çıkış TN Değişim(a), Verim Grafiği (b) (2015 - 2018 yılları arası veriler)	54
Şekil 4.9	Tesis Giriş, Çıkış NH ₄ -N Değişim (a), Verim Grafiği (b) (2015 - 2018 yılları arası veriler).....	55
Şekil 4.10	Tesis Giriş, Çıkış TP Değişim (a), Verim Grafiği (b) (2015 - 2018 yılları arası veriler).....	56
Şekil 4.11	KOİ tahmin Model 1 (a), Model 2 (b) ve Model 3 (c) Test Sonuçları.	60
Şekil 4.12	KOİ tahmin Model 4 (a), Model 5 (b) ve Model 6 (c) Test Sonuçları.	60
Şekil 4.13	KOİ Çıktı Model 6 Test korelasyon Değeri R (a), Hata fonksiyonu (b).....	62
Şekil 4.14	KOİ Çıktı Model 6 Test Çıktı Değerleri İle Ölçülen Değerler.....	62
Şekil 4.15	BOİ ₅ tahmin Model 1 (a), Model 2 (b) ve Model 3 (c) Test Sonuçları.	64
Şekil 4.16	BOİ ₅ tahmin Model 4 (a), Model 5 (b) ve Model 6 (c) Test Sonuçları.	64
Şekil 4.17	BOİ ₅ Çıktı Model 2 Test korelasyon Değeri R (a), Hata fonksiyonu (b).....	66
Şekil 4.18	BOİ ₅ Çıktı Model 2 Test Çıktı Değerleri İle Ölçülen Değerler	66
Şekil 4.19	TN tahmin Model 1 (a), Model 2 (b) ve Model 3 (c) Test Sonuçları.	68
Şekil 4.20	TN tahmin Model 4 (a), Model 5 (b) Sonuçları.	68
Şekil 4.21	TN Çıktı Model 4 Test korelasyon Değeri R (a), Hata fonksiyonu (b).....	70
Şekil 4.22	TN Çıktı Model 4 Test Çıktı Değerleri İle Ölçülen Değerler	70
Şekil 4.23	TP tahmin Model 1 (a), Model 2 (b) ve Model 3 (c) Test Sonuçları.....	72
Şekil 4.24	TP tahmin Model 4 (a), Model 5 (b) Sonuçları.....	72

Şekil 4.25	TP Çıktı Model 4 Test korelasyon Değeri R (a), Hata fonksiyonu (b)	74
Şekil 4.26	TP Çıktı Model 4 Test Çıktı Değeri İle Ölçülen Değerler	74
Şekil 4.27	NH ₄ -N tahmin Model 1 (a), Model 2 (b) ve Model 3 (c) Test Sonuçları.	76
Şekil 4.28	NH ₄ -N tahmin Model 4 (a), Model 5 (b) Sonuçları.	76
Şekil 4.29	NH ₄ -N Çıktı Model 4 Test korelasyon Değeri R (a), Hata fonksiyonu (b)...	78
Şekil 4.30	NH ₄ -N Çıktı Model 4 Test Çıktı Değeri İle Ölçülen Değerler.....	78



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1	Atıksu Karakterini Belirlemek İçin Kullanılan Analizler [1].....	7
Çizelge 2.2	Atıksu Arıtma Tesislerinde Kullanılan Tipik Fiziksel Üniteler [1]	8
Çizelge 2.3	Atıksu Arıtma Tesislerinde Kullanılan Kimyasal Üniteler[1].	10
Çizelge 2.4	Biyolojik Sinir Sistemi İle YSA'ların Benzer Özellikleri [19].	18
Çizelge 2.5	Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması [17,20].....	20
Çizelge 2.6	Yapay sinir ağları yazılımları [19]	21
Çizelge 3.1	Atıksu Arıtma Tesisi Tasarım Kirlilik Yükleri	29
Çizelge 3.2	Atıksu Arıtma Tesisi Tasarım Deşarj Limitleri.....	29
Çizelge 3.3	Tesis Analiz ve Veri Kayıt Düzeni.....	40
Çizelge 4.1	Atıksu Arıtma Tesisi Ham Atıksu Tasarım ve Gerçekleşen Değerleri. ...	44
Çizelge 4.2	Türkiye için Evsel Atıksu Karakterizasyonu [15].	44
Çizelge 4.3	Ham Evsel Atıksuların Tipik Kompozisyonu [1].....	45
Çizelge 4.4	Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (a) ve Kentsel Atıksu Arıtma Yönetmeliği (b) Deşarj Limit değerleri [4,11].	46
Çizelge 4.5	Tokat AAT BO ₅ parametre verileri	49
Çizelge 4.6	Tokat AAT KOİ parametre verileri.....	50
Çizelge 4.7	Tokat AAT TAKM parametre verileri.	52
Çizelge 4.8	Tokat AAT TN parametre verileri.....	53
Çizelge 4.9	Tokat AAT NH ₄ -N parametre verileri.....	55
Çizelge 4.10	Tokat AAT TP parametre verileri	56
Çizelge 4.11	Parametreler Arasındaki Lineer İlişki.	58
Çizelge 4.12	KOİ parametresi Tahmin Modelleri ve test R değerleri.....	59
Çizelge 4.13	KOİ tahmini YSA Model Performans ve R değerleri	60
Çizelge 4.14	KOİ, YSA Modelinin Diğer Eğitim Algoritmaları ile değerleri	61
Çizelge 4.15	KOİ, YSA Modelinin Nöron sayısı İle Değişimi	62
Çizelge 4.16	BO ₅ parametresi Tahmin Modelleri ve test R değerleri.....	63
Çizelge 4.17	BO ₅ tahmini YSA Model Performans ve R değerleri	64
Çizelge 4.18	BO ₅ , YSA Modelinin Diğer Eğitim Algoritmaları ile değerleri	65
Çizelge 4.19	BO ₅ , YSA Modelinin Nöron sayısı İle Değişimi	65
Çizelge 4.20	TN parametresi Tahmin Modelleri ve test R değerleri.....	67
Çizelge 4.21	TN tahmini YSA Model Performans ve R değerleri	68
Çizelge 4.22	TN, YSA Modelinin Diğer Eğitim Algoritmaları ile değerleri	69
Çizelge 4.23	TN, YSA Modelinin Nöron sayısı İle Değişimi	69
Çizelge 4.24	TP parametresi Tahmin Modelleri ve test R değerleri	71
Çizelge 4.25	TP tahmini YSA Model Performans ve R değerleri.....	71
Çizelge 4.26	TP, YSA Modelinin Diğer Eğitim Algoritmaları ile değerleri.....	73
Çizelge 4.27	TP, YSA Modelinin Nöron sayısı İle Değişimi	73
Çizelge 4.28	NH ₄ -N parametresi Tahmin Modelleri ve test R değerleri.....	75
Çizelge 4.29	NH ₄ -N tahmini YSA Model Performans ve R değerleri	76
Çizelge 4.30	NH ₄ -N, YSA Modelinin Diğer Eğitim Algoritmaları ile değerleri	77
Çizelge 4.31	NH ₄ -N, YSA Modelinin Nöron sayısı İle Değişimi	77

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışması kapsamında, Tokat İli merkez atıksu arıtma tesisinin proses ve işletme bazında detaylı incelemesi yapılmıştır. Tesisin işletilmesi kapsamında belirli periyotlarda alınan giriş ve çıkış atıksu örnekleri analiz edilerek elde edilen sonuçlar ve arıtma verimi tesisin tasarım kriterleri ile mevzuat kapsamında değerlendirilmiştir. Değerlendirme amacıyla tesis kayıtları 01.01.2015- 31.03.2018 tarihleri arasında incelenmiş ve tesiste %91 BOI₅, % 86 KOI, % 90 AKM, gideriminin sağlandığı gözlenmiştir. Tesisin bu parametrelerde verim değerleri tasarım ve mevzuat yönünden kabul edilebilir olmasına rağmen TN ve TP giderim değerlerinin yükseltilmesi gerektiği görülmüştür. Bu kapsamda mevcut atıksu giriş değerinin saatlik değişimi araştırılarak elde edilen değerler üzerinden tesisin işletilmesine yapılacak iyileştirmeler tavsiye edilmiştir. Bu amaçla 24 saatlik debi ve kirlilik değişim tespit çalışması yapılmıştır. 24 saatlik debi değişim çalışmasında giriş atıksuyu parametrelerinin dalgalanmasının yüksek olduğu görülmüş ve bu kapsamda kanalizasyon deşarj normlarının iyileştirilmesi gerekliliği görülmüştür.

Ayrıca analizler sonucunda elde edilen verilerin tesisin işletme parametrelerinin tahmin edilmesi amacıyla yapay sinir ağları ile modelleme çalışması yapılmıştır. Çıkış deşarj parametrelerinin yapay sinir ağı modeli ile tahmin edilmesi tesisin işletilmesi açısından kolaylık sağlaması amacıyla yapılmıştır. Sonuçlarının çıkması uzun zaman alan parametrelerin ve tesis işletilmesinde öneme haiz olan parametrelerin bu modellerle tahmin edilmesi gerçekleştirilmiştir.

1.2. Çalışmanın Kapsamı

Bu çalışmada Tokat Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisinde elde edilen veriler kullanılacaktır. Tesisin parametre bazında performansının değerlendirilmesi için tesiste rutin olarak yapılan analiz sonuç değerleri kullanılacaktır. Ayrıca giriş debisi m³/gün olarak tasarım ve yapılacak olan 24 saatlik debi ve kirlilik değişim çalışması ile karşılaştırılacaktır. Detaylı proses analizi için gerekli olan MLSS ve SVI gibi değerler tesis performans değerlendirilmesinde kullanılmayacaktır. Çalışmada kullanılan veriler tesis personelleri tarafından giriş ve çıkış sularından alınan 24 saatlik kompozit numunelerin yine tesiste bulunan laboratuvarında yapılan analizler sonucu

elde edilen değerlerdir. Debi, Sıcaklık ve pH parametreleri tesiste anlık olarak izlenmekte olup SCADA sistemi tarafından kayıt edilen değerler kullanılmıştır. Tesiste bulunan sürekli atıksu izleme sistemi verileri anlık değerleri ifade ettiğinden ve mevzuat kapsamında alınan denetlemeye esas akredite laboratuvar numune analiz sonuçları kimi zaman iki saatlik kompozit numune olduğundan, kullanılmamıştır. Çalışma 01.01.2015 ile 31.03.2018 tarihleri arasında elde edilen verilerden oluşmaktadır. Kullanılan değerler tesise özgü olup bulunan sonuçlarda tesisin işletilmesinin geliştirilmesi amacı ile kullanılacaktır.

24 saatlik debi ve kirlilik çalışmasında bir günlük debi ve saatlik kirlilik değişiminin izlenmesi için numuneler alınmıştır. Alınan numuneler tesis laboratuvarında analiz edilerek sonuçları kayıt edilmiştir. Bu değerler giriş atıksu için Sıcaklık, İletkenlik, pH, KOİ, BOİ₅, TAKM, TN, TP, NH₄-N'dir. ıkış deşarj suyu için Sıcaklık, İletkenlik, pH, KOİ, BOİ₅, TAKM, TN, TP, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N'dir.

Tesis işletimini kolaylaştırmak ve analiz sonuçlarının daha önceden tahmin edilmesi adına yapılan Yapay Sinir Ağları ile Modelleme çalışmasında, 01.01.2015 ile 31.12.2017 tarihleri arasında tesiste kayıt edilen veriler kullanılmıştır. Bu modelleme çalışması performans değerlendirmesinde kullanılan parametrelerin yanında tesisin detaylı proses değerlendirmesi ve işletme için kullanılan diğer parametreleri de içermektedir. Bu parametreler, havalandırma havuzları için, Sıcaklık, pH, MLSS ve SVI değerleridir. Geri devir aktif çamurundan alınan parametreler debi, MLSS ve toplam katı madde değeri olan % DS parametresidir. Yapay sinir ağları ile yapılan modelleme çalışmasında tahmin edilecek her bir parametre için girdi verileri yukarıda verilen 28 parametreden oluşmaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Atıksu

Atıksu, sıvı veya diğere bir değişle suyun taşıyabildiği, yerleşim birimlerinden, ticari ve endüstriyel kuruluşlardan gelen atıkların ve yer altı sularının, yüzey sularının ve yağışların karışımıdır. Basit bir ifadeyle, bir topluluktan gelen kullanılmış suya atıksu denilmektedir [1].

Evsel, endüstriyel, tarımsal ve diğere kullanımlar sonucunda kirlenmiş veya özellikleri kısmen veya tamamen değişmiş sular ile maden ocakları ve cevher hazırlama tesislerinden kaynaklanan sular ve yapılaşmış kaplamalı ve kaplamasız şehir bölgelerinden cadde, otopark ve benzeri alanlardan yağışların yüzey veya yüzey altı akışa dönüşmesi sonucunda gelen sular atıksu olarak tanımlanmıştır [2].

Atıksular, suyun evlerde ve endüstri kuruluşlarında kullanılması sonucu kirlenmesiyle oluşur [3].

2.2. Atıksu Kaynakları

Atıksu tanımlarından da anlaşıldığı üzere atıksular insanların faaliyetleri sonucunda oluşmaktadır. Yapılan faaliyete bağlı olarak atıksu karakteri de değişmektedir. Genel olarak sınıflandırdığımızda atıksuyun insan faaliyetine bağlı olarak iki ana kategoride olduğunu görebiliriz. Bu kategoriler Evsel ve Endüstriyel atıksulardır. Atıksu toplama sistemleri olan kanalizasyon sistemlerine giren sulara bakıldığında sızma ve infiltrasyon gibi durumlarla karşılaşmakta olup bu durum atıksuyun miktarını, debisini azaltıp arttırabilmektedir. Bu durum direk atıksu oluşumunu etkilemediğinden atıksu kaynağı olarak değerlendirilmemiştir.

2.2.1. Evsel Atıksu

Evsel atıksu: Yaygın olarak yerleşim bölgelerinden ve çoğunlukla evsel faaliyetler ile insanların günlük yaşam faaliyetlerinin yer aldığı okul, hastane, otel gibi hizmet sektörlerinden kaynaklanan atıksuları tanımlamaktadır [4]. Evsel atıksular kirlilik olarak yöreye, nüfusa, toplama sisteminin özelliklerine göre farklılıklar gösterebilmektedir. Genel olarak yerleşim yerindeki nüfusun temel kirlilik kabul değerleri ile oranlanması ile evsel atıksuyun kirlilik durumu hesaplanabilmektedir.

Hesaplanan nüfus kirlilik değeri Eşdeğer nüfus olarak arıtma tesisleri tasarımında kullanılmaktadır.

2.2.2. Endüstriyel Atıksu

Endüstriyel atıksu, herhangi bir ticari ya da endüstriyel faaliyetin yürütüldüğü alanlardan, evsel atıksu ve yağmursuyu dışında deşarj edilen atıksuları tanımlamaktadır [4]. Endüstriyel faaliyetler, bir ürünün imal edilmesinden atık haline gelmiş ürünlerin geri dönüşümü veya geri kazanımına kadar geniş bir yelpazeyi ifade etmektedir. Endüstriyel atıksular evsel atıksulara oranla daha kirli olabilmekte ve daha fazla kirletici madde içerebilmektedir. Doğal olarak atıksu içerisindeki kirlilik parametrelerinin artması suyun arıtılması için gerekli olan işlem basamaklarını arttırmaktadır.

2.3. Atıksu Özellikleri

Atıksularda bulunan başlıca organik bileşikler proteinler, karbonhidratlar, yağlar, petrol artıkları ve üredir. Bunların yanında deterjanlar (sümfaktan), fenoller ve zirai ilaçlar (pestisitler) gibi çeşitli sentetik organik maddeler de atıksuların bünyesinde yer almaktadır. Orta kirlilikte bir atıksuda, askıda katı maddelerin yaklaşık %75'i ve filtre edilebilen katı maddelerin yaklaşık %40'ı organik karakterdedir [1].

2.3.1. Atıksuyun Fiziksel Özellikleri

Fiziksel özellikler atıksuda sıcaklık, koku, renk ve bulanıklık olarak belirtilmiştir [5]. Atıksudan alınan bir numunede yukarıdaki parametrelere bakılarak atıksuyun fiziksel özellikleri hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir.

2.3.2. Atıksuyun Kimyasal Özellikleri

Atıksuların kimyasal özelliklerinin belirlenmesi için alkalinite, kimyasal oksijen ihtiyacı, iletkenlik, yükseltgeme-indirgeme potansiyeli ve pH parametrelerinin bilinmesi gerektiği bildirilmiştir [5].

2.3.3. Atıksuyun Biyolojik Özellikleri

Atıksuyun biyolojik özelliği içerisinde bulundurduğu mikroorganizma muhtevasına bağlı olarak belirlenmektedir. Mikroorganizma çeşidi ve sayılarının çok olması nedeniyle bazı indikatör türlerin atıksu içerisinde varlığı atıksuyun biyolojik

özelliğinin tanımlanmasında kullanılmaktadır. BOİ, jerm sayımları ve mikroskopik muayene atıksu içerisindeki biyolojik varlığın tespitinde kullanılan yöntemlerdir.

2.4. Temel Atıksu Parametreleri

2.4.1. Kimyasal Oksijen İhtiyacı

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) evsel ve endüstriyel atıksuların kirlilik derecesini belirlemede kullanılan önemli bir parametredir. Numune içerisindeki organik maddenin redoks reaksiyonlarıyla oksitlenmesi esasına dayanır. Bu parametre ile atıksuyun bünyesindeki organik maddeler, kimyasal oksidasyonları için gerekli oksijen miktarı cinsinden belirlenir [6].

2.4.2. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı

Biyokimyasal oksijen İhtiyacı (BOİ) sularda mikroorganizmalarca ayrıştırılabilen organik maddelerin miktarını belirlemede kullanılan bir parametre olup bu maddelerin ayrışması için gerekli oksijen miktarını belirtir [6]. Aerobik şartlar altında, ayrışabilen organik maddelerin stabilizasyonu sırasında bakteriler tarafından sarf edilen oksijen miktarı BOİ olarak tanımlanmaktadır [7].

2.4.3. pH

pH bir çözeltinin içerisinde bulunan H^+ iyonu konsantrasyonuna bağlı olarak asidik veya bazik olma özelliğini ifade eden bir terimdir [6]. Atıksuların pH değeri suyun arıtılmasında seçilecek olan arıtma basamağı tercihinde önemli bir parametredir.

2.4.4. Sıcaklık

Mikroorganizmaların metabolizma ile ilgili faaliyetlerinin tamamı kimyasal reaksiyonlara dayanmaktadır. Kimyasal tepkimeler gibi, mikroorganizmaların meydana getirdiği tepkimeler de sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklık yalnız metabolik aktiviteleri etkilemekle kalmaz, biyolojik çamurun çökme özelliği, gaz transfer hızı gibi faktörleri de etkilemektedir [1].

2.4.5. Azot

Azot ve azotlu maddeler çevre mühendisliğinin çeşitli ilgi alanlarında büyük önem taşımaktadır. Hava kirlenmesi ve su kirlenmesi olaylarının çoğunda azotlu maddeler ilk aranması gereken kirlilik unsurları olmaktadır. Aktif çamur veya benzeri atıksu arıtma tekniklerinin gerçekleşmesi için sudaki karbonlu maddenin % 5'inden daha fazla miktarda azotlu maddenin suda bulunması gerekmektedir [6]. Azot ve fosfor

içeren atıksular yüzey sularına verildiği zaman ötrofikasyona sebep olur [8]. Bu nedenle azot ve fosforun kontrolü ve deşarjında sınırlandırılması önem kazanmıştır.

2.4.6. Fosfor

Fosfat tayini çevre mühendisliği uygulamalarında gittikçe önem kazanmaktadır. Özellikle inorganik fosfat bileşikleri veya bunların dehidrate olmuş şekilleri olan polifosfatlar çevre mühendisliği için önemlidir [6]. Algler ve diğer biyolojik mikroorganizmaların büyümesi için fosfor gereklidir. Yüzeysel sularda zehirli alg patlaması sebebiyle evsel, endüstriyel ve doğal yollardan fosfor bileşiklerinin kontrol edilmesi önemlidir [1].

2.4.7. TAKM

Atıksu içerisinde bulunan ve yoğunluk olarak suya yakın olan katı maddelerin filtre edilmesi sonucunda elde edilen parametredir. Askıda katı madde tayinleri evsel ve endüstriyel atıksuların kirlilik derecesini değerlendirmede kullanılır [6].

Atıksu Arıtma tesislerine gelen atıksuların karakterlerini belirlemek için yukarıda sayılan parametrelere bakılmaktadır. Bu parametrelerin yanında birçok parametre ile de analizler yapılarak suyun kirliliği hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir. Atıksu karakterinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik karakterlerine bağlı olarak sınıflandırılmış hali Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Atıksu Karakterini Belirlemek İçin Kullanılan Analizler [1]

Atıksularda bulunan maddeleri değerlendirmek için kullanılan ortak analizler

Fiziksel karakteristik

-Toplam Katılar TS -Toplam Uçucu Katılar, -Toplam Bağlı (fixed) Katılar,-Toplam Askıda Katılar
-Uçucu Askıda Katılar, -Bağlı Askıda Katılar, -Toplam Çözünmüş Katılar, -Uçucu Çözünmüş Katılar,
-Toplam Bağlı Çözünmüş Katılar -Çökelebilen Katılar, -Partikül Çap Dağılımı,
-Bulanıklık,-Renk, -Geçirgenlik, -Koku, -Sıcaklık, -Yoğunluk, -İletkenlik,

Kimyasal karakteristik

İnorganik -Serbest Amonyum, -Organik Azot, -Toplam Kejhda Azotu, -Nitrit,- Nitrat,
-Toplam Azot, -İnorganik fosfor, -Toplam fosfor, Organik fosfor, pH, Alkalinite,
-Klor, -Sülfat, -Metaller, -Spesifik elementler ve bileşikler, Çeşitli gazlar,

Organik -BOI₅, - Nihai Karbon Biyolojik oksijen İhtiyacı,
-Azot Oksijen İhtiyacı,
-Kimyasal Oksijen İhtiyacı
-Toplam Organik Karbon,
-Spesifik Organik bileşikler ve bileşik çeşitleri

Biyolojik karakteristik

- Koliform Organizmalar,
-Spesifik Mikroorganizmalar,
- Bakteri, Protozoa, Helmintler,
-Virüsler
-Toksosite

2.5. Atıksuların Arıtılması

Atıksu genel tanımı itibariyle topluluktan, yerleşim yerlerinden gelen kullanılmış suya denilmektedir. Suyun kullanım durumuna göre içerisinde bulunan kirletici miktarının değiştiği ve bu duruma göre atıksuyun özelliklerinin oluştuğu bilinmektedir.

Atıksuların arıtılması, oluşan atıksuların yeniden kullanılması veya çevreye zarar vermeyecek hale getirilmesi için yapılan teknik aşamalardan geçirme sürecidir [9]. Atıksuların özelliklerine bağlı olarak arıtma yöntemleri ve kullanılan prosesler değişmektedir. Bu kapsamda atıksuların özelliklerine göre sınıflandırıldığında arıtma yöntemleri aşağıda açıklandığı gibidir.

2.5.1. Fiziksel Arıtma

Atıksu içerisinde olan kirliliğin fiziksel kuvvetler kullanılarak uzaklaştırılması işlemine fiziksel arıtma denilmektedir. Fiziksel arıtma üniteleri atıksu arıtma tesislerinin temel ünitelerini oluşturmaktadır. Arıtma tesislerinde kullanılan bazı fiziksel üniteler, ızgaralar, kaba atık düzenleyiciler, akış dengeleyiciler, karıştırıcılar, kum tutucular, yer çekimi ile çöktürücüler, havalandırıcılardır.

Atıksu arıtma tesislerinde kullanılan tipik fiziksel arıtma üniteleri Çizelge 2.2 olarak verilmiştir. Çizelge içerisinde bazı üniteler ileri arıtma, biyolojik arıtma ve kimyasal arıtma içerisinde bulunabilmekte olup çalışma prensibi itibariyle fiziksel arıtma ünitesi olarak sınıflandırılmıştır.

Çizelge 2.2 Atıksu Arıtma Tesislerinde Kullanılan Tipik Fiziksel Üniteler [1]

Ünite	Uygulama Amacı	Uygulama Tipi
Kaba ızgara	Arıtılmamış atıksu içerisindeki dal parçası kırpıntı gibi kaba katı parçaların ayrılması için,	Çubuk tipi
İnce ızgara	Küçük partiküllerin ayrılması için	İnce ızgaralar
Mikro ızgara	İnce katıların ayrılması, yüzebilir maddeler ve yosunların ayrılması için	Mikro ızgaralar
Parçalama, Ufalama	Gelen kaba atıkların küçültülmesi için,	Parçalayıcı
Öğütücü / Yumuşatıcı	Kaba ızgaralar ile ayrılan kaba atıkların öğütülmesi için	Izgara öğütücü ve Yumuşatıcı
Debi Dengeleyici	BOI ve AKM kirlilik yükü ile debinin eşitlenmesi için geçici depolama	Dengeleme Tankı
Karıştırma	Askıda katıların korunması ve kimyasal ile atıksuyun homojen hale gelmesi için karıştırılması,	Hızlı Karıştırma
Yumaklaştırma/ flokülasyon	Küçük parçaların büyük parçalara dönüşerek yerçekimiyle çökerek ayrılması için,	Flokülötör

Hızlı Çökeltme	Kum ayırma, kum ve kaba katıların ayrılması	Kum Ayırıcı Vorteks Ayırıcı
Çöktürücü	Çökebilir katıların ayrılması için, Katıların ve bio katıların yoğunlaştırılması,	Ön Çökeltim Hızlı Çökeltim Graviteli yoğunlaştırıcı
Flotasyon	Yoğunluğu suya yakın ve çözünmüş olan askıda katıların ayrılması için, ayrıca biyokatıların yoğunlaştırılması	(DAF) Çözünmüş hava Flotasyonu
Havalandırma	Yağ ve gresin ayrılması için, Biyolojik proses için ilave oksijen sağlamak Arıtılmış suyun son havalandırılması için,	Düzenlenmiş hava Flt. Difüzör ile Havalandırma Mekanik Havalandırma Kaskat Havalandırma
VOC Kontrol	Atıksu içerisindeki uçucu ve yarı uçucu organik bileşiklerin arıtılması için,	Gaz Stripper Difüze veya Mekanik aeratör
Yoğun Filtrasyon	Askıda katıların ayrılması için	Yoğun Filtrasyon
Membran Filtrasyon	Çözünmüş organik ve inorganik maddelerin, askıda ve kolloidal katıların ayrılması için	Ters Ozmos ve diğer Membran sistemleri
Hava Sıyırıcı	Atıksu ve çürütücü süzüntü suyundaki Amonyum, Hidrojen Sülfidi ayırmak için,	Air Stripper Kule

2.5.2. Kimyasal Arıtma

Çevre mühendisliğinde esas olarak su kirlenmesi kontrolünde kimyasal çöktürme 19 y.y.'in ortalarından bu yana yaygın olarak ve çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Kimyasal çöktürme ile arıtma; evsel atıksulara biyolojik arıtmanın keşfinden çok önce uygulanan bir prosestir. Bu uygulama evsel ve özellikle endüstriyel atıksular için yaygın olarak kullanılmaktadır. Kimyasal çöktürme ile sertlik giderme, ağır metal, fosfat, flor ve sülfat arıtımı prosesleri içme kullanma suyu evsel ve endüstriyel atıksulara yaygın şekilde uygulanan standart arıtma prosesleri arasındadır [10]. Kimyasal arıtma, Atıksularda kirliliğe neden olan çözünmüş, kolloidal ve askıdaki maddelerin uzaklaştırılmasını temin veya hızlandırmak amacıyla, çeşitli kimyasal reaksiyonlardan yararlanılması esasına dayanan genel yöntemler olarak ifade edilmektedir. Kimyasal arıtma; suda çözünmüş halde bulunan kirleticilerin, kimyasal reaksiyonlarla çözünürlüğü düşük bileşiklere dönüştürülmesi veya kolloidal ve askıdaki taneciklerin pıhtı ve yumaklar oluşturarak çökeltilmesinin sağlanmasını amaçlamaktadır [11].

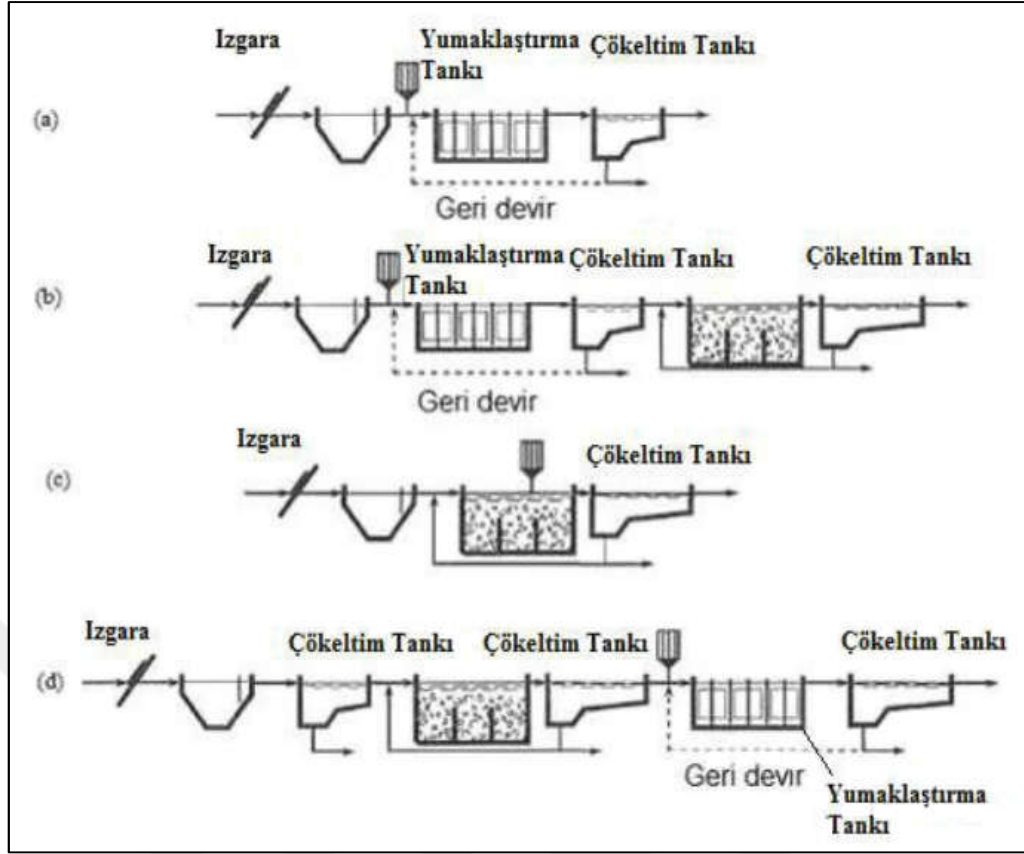
Atık su arıtımında kullanılan başlıca kimyasal madde süreçleri kimyasal koagülasyon, kimyasal çökeltme, kimyasal dezenfeksiyon, kimyasal oksidasyon ileri oksidasyon prosesi, iyon değişimi ve kimyasal nötrleştirme, kireç kontrolü ve stabilizasyonu içerir [1].

Atıksu arıtma tesislerinde kullanılan kimyasal arıtma üniteleri Çizelge 2.3 olarak verilmiştir. Çizelgede kimyasal arıtmanın uygulandığı proses ve karşısında uygulama yöntemi ve amacı verilmiştir.

Çizelge 2.3 Atıksu Arıtma Tesislerinde Kullanılan Kimyasal Üniteler[1].

Ünite	Uygulama
İleri Oksidasyon Prosesi	Arıtılması güç olan organik bileşiklerin giderilmesi.
Kimyasal Koagülasyon	Atıksu içerisindeki partiküllerin perikinetik ve ortokinetik flokülasyon esnasında yumaklanması için kimyasal destabilizasyon amacı ile...
Kimyasal Dezenfeksiyon	Klor, klor bileşikleri, brom ve ozon ile dezenfeksiyon, Kanalizasyon içerisinde çamur büyüme kontrolü, Koku kontrolü,
Kimyasal Nötralizasyon	pH kontrolü, BOİ, gress vb. giderimi, Amonyum (NH ₄ ⁺) giderimi,
Kimyasal Oksidasyon	Mikroorganizmaların öldürülmesi, Kanalizasyonda, pompa istasyonlarında ve Arıtma Tesislerinde koku kontrolü, Dirençli organik bileşiklerin giderilmesi
Kimyasal Çökeltim	Ön çöktürme Ünitelerinde Toplam Askıda Katı Madde ve BOİ gideriminin artırılması, Fosfor Giderimi, Ağır metal Giderimi, Fiziksel-Kimyasal Arıtma,
Kimyasal Kireç Kontrolü	Kalsiyum Karbonat ve bağlı bileşikler nedeniyle kireçlenmenin kontrolü,
Kimyasal Stabilizasyon	Arıtılmış Çıkış suyunun Stabilizasyonu,
İyon Değişimi	Amonyum (NH ₄ ⁺), Ağır metal ve Toplam Çözünmüş Katıların giderimi

Atıksu içerisinde bulunan kirlilik uygun bir kimyasal arıtma ünitesi veya bunlardan oluşan bir proses seçimi yapılarak giderilebilir. Şekil 2,1’de Fosfor arıtımına ilişkin proses akım şeması bulunmaktadır [5].



Şekil 2.1 Fosfor Çöktürmesine İlişkin Proses Düzeni Örnekleri [5]

2.5.3. Biyolojik Arıtma

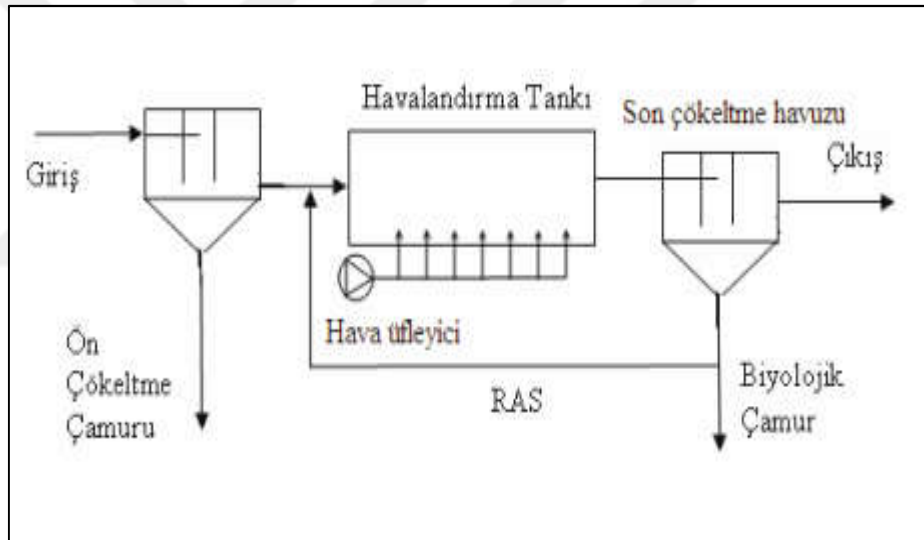
Biyolojik arıtma atıksuyun içinde bulunan askıda veya çözülmüş organik maddelerin bakterilerce parçalanması ve çökebilen biyolojik floklarla sıvının içinde kalan veya gaz olarak atmosfere kaçan sabit inorganik bileşiklere dönüşmesidir. Biyolojik arıtmanın esası organik kirleticilerin doğada yok edilmeleri için yer alan biyoflokülasyon ve mineralizasyon proseslerinin kontrolü ile çevrede ve optimum şartlarda tekrarlanmasıdır [12].

Biyolojik arıtma sistemleri sistemi yürüten mikroorganizmaların çeşitlerine bağlı olarak askıda büyüyen, tutunarak büyüyen ve kombine prosesler olabilmektedir. Biyolojik arıtmanın gerçekleştiği reaktör içerisinde bulunan oksijen miktarına veya kullanılan mikroorganizmanın metabolik fonksiyonlarına bağlı olarak da aerobik, anaerobik, anoksik prosesler olarak sınıflandırılmaktadır. Diğer taraftan atıksuyun içerisinde bulunan organik kirliliğin giderilmesi fonksiyonlarına bağlı olarak da Biyolojik Nitrit giderimi, Biyolojik Fosfor giderimi, Karbon Giderimi, Nitritifikasyon, Denitritifikasyon, Stabilizasyon ve Subsrat giderimi olarak arıtma tipleri

sınıflandırılmaktadır [1]. Biyolojik arıtmada en yaygın olarak kullanılan arıtma prosesi askıda büyüme prensibine bağlı olarak çalışan Aktif Çamur prosesidir.

2.5.3.1. Aktif Çamur Prosesi

Aktif çamur süreci, arıtımı gerçekleştiren mikroorganizmaların askıda büyüme özelliklerine sahip olduğu bir aerobik biyolojik arıtma yöntemidir. Arıtım olgusu, oksijen ihtiyacına sahip olan maddelerin mikroorganizmaların metabolik faaliyetleri ile son ürünlere dönüştürülmesi ve yüksek kalitede çıkış suyunun eldesine yöneliktir [13]. Mikroorganizmaların organik substratlar üzerindeki etkisi, substratlar yavaş yavaş tükenirken daha fazla mikroorganizmanın oluşmasına sebep olur. Üreyen yeni hücreler, sonunda bozunamayan bir kalıntı oluşana kadar endojen respirasyona uğrar mühendislik terimleriyle ifade edilirse, substrat atıksuyu, mikroplar ise çamuru teşkil eder [14]. Şekil 2.2’de tipik bir aktif çamur sisteminin akım şeması bulunmaktadır.



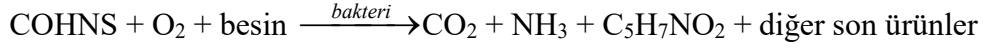
Şekil 2.2 Klasik Aktif Çamur Prosesinin Tipik Akım Şeması [5]

Akım şeması incelendiğinde giriş ile ön çökeltme tankından çıkan atıksu Havalandırma Tankına ulaşmaktadır. Havalandırma tankında üfleyiciler, blowerları marifetiyle hetotrofik bakteriler için gerekli oksijen sağlanmaktadır. Burada organik maddelerin oksidasyonu sağlanıp bakteri üretimi artmaktadır. Üretilen bakteriler havalandırma havuzu devamında son çökeltme havuzunda çöktürülerek arıtılan sudan ayrılmaktadır. Çöktürülen çamurun büyük kısmı havalandırma havuzundaki çamur, bakteri (MLSS) konsantrasyonunu sağlamak üzere havalandırma havuzu başına geri döndürülür. Sistemde fazla olan çamur miktarı hesaplanarak son çökeltme tankı dip çamurundan çekilerek çamur tasfiye ünitelerine gönderilir. Aktif çamur prosesi,

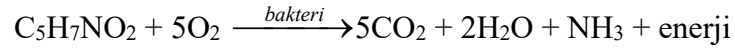
karbonlu maddelerin biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) giderimi, amonyağın okside edilerek nitrata dönüştürülmesi, azotlu bileşiklerin giderimi ya da fosfor giderimi amaçlı kullanılır [5].

Aktif çamur prosesinde karbonlu maddelerin biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) giderimi aşağıdaki reaksiyonlar ile özetlenebilir;

Oksidasyon ve sentez;

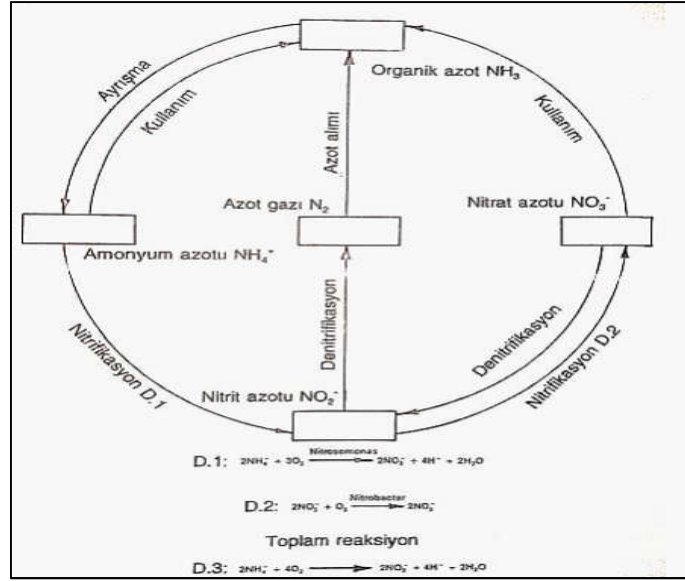


İç solunum



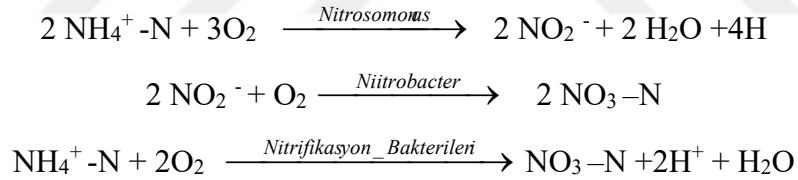
Bu denklemlerde görülen COHNS, atık sudaki organik materyali temsil etmektedir. Bu reaksiyonlar sonucunda son ürünler ve enerji elde edilir. İkinci denklemde ise oluşan bakteri hücresi (burada $\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2$ formülü ile verilmiştir) iç solunum fazına girerek oksitlenmektedir [1].

Atıksu içerisindeki Amonyum Azotunun NH_4^+ N çevreye olan zararları bilinmektedir. Aktif çamur prosesinde azot bileşikleri arıtılarak çevreye zararsız halde deşarj edilebilmektedir. Atıksu karakterine bağılı olarak klasik aktif çamur sisteminde azotun arıtılması mümkündür. Son kararlı ürünün Azot Gazı (N_2) haline getirilmesi için Aktif Çamur Sistemi üzerinde modifikasyonlar yapılmış ve çeşitli prosesler geliştirilmiştir. Amonyum Azotunun (NH_4^+ -N) kararlı Azot Gazı (N_2) haline gelmesi için nitrifikasyon ve denitrifikasyon basamaklarının gerçekleşmesi gerekmektedir. Şekil 2.3' de atıksu içerisinde azot çevriminin şematik olarak gösterimi bulunmaktadır.



Şekil 2.3 Atıksudaki Azot Çevrimi [13].

Nitrifikasyon, amonyak azotunun nitrat azotuna dönüştürüldüğü biyolojik bir prosestir. İlk adım olarak, Nitrosomonas bakterileri tarafından amonyak azotu nitrit azotuna oksitlenir. Daha sonra Nitrobacter bakterileri tarafından nitrit azotuna yükseltgenir. Reaksiyonlar şu şekildedir.

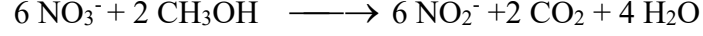


Nitrifikasyon genellikle komple bir reaksiyon olarak gerçekleşir. Ya hızlı bir şekilde ilk reaksiyon gerçekleşip ikinci reaksiyona geçilir ya da direk olarak nitrat azotu da elde edilebilir [5].

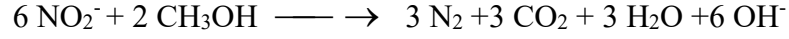
Denitrifikasyon, atıksuda bol miktarda bulunan fakültatif mikroorganizmalar tarafından yapılır. Bu mikroorganizmalar, çok çeşitli çevre şartlarında etkinlik gösterebilirler. Nitratın indirgenerek bozulmasıyla ortaya çıkan oksijeni kullanan bu mikroorganizmaların anoksik şartlara ihtiyacı vardır. Denitrifikasyon oluşması için elektron verici bir karbon kaynağının da bulunması gereklidir. Atıksuyun içerisindeki karbon kaynağı kullanılabilirliği gibi dışardan takviye de yapılabilir (örneğin, metanol, CH₃OH) [14].

Reaksiyonlar şu şekildedir;

Nitratın İndirgenmesi:



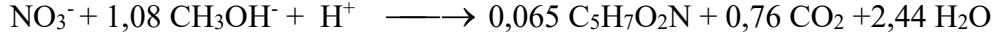
Nitritin İndirgenmesi:



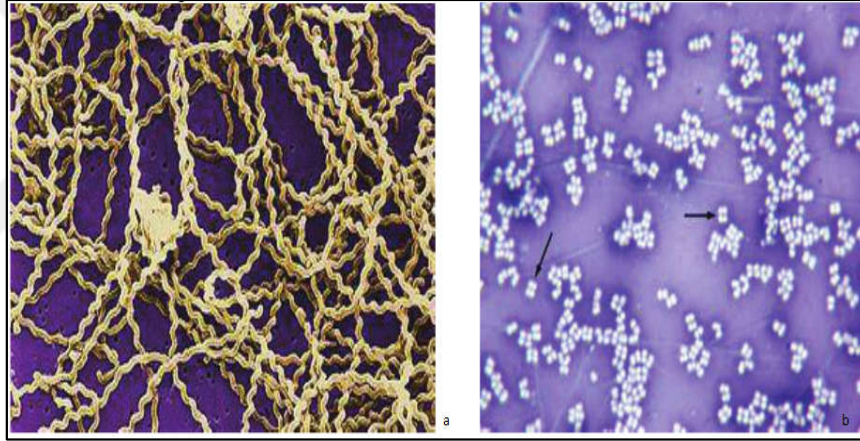
Biyokütle Sentezi:



Genel Reaksiyon:



BOİ₅ giderimi, nitrifikasyon ve denitrifikasyon aynı tankta meydana geldiği tek çamurlu sistemde, anoksik bölgeye bazen oksijen girişi olacağı için denitrifikasyon hızı daha düşük olur [8]. Havalandırma havuzunda aktif çamur içerisinde bulunan nitrifikasyon ve denitrifikasyon bakterileri Şekil 2.4'de gösterilmiştir.

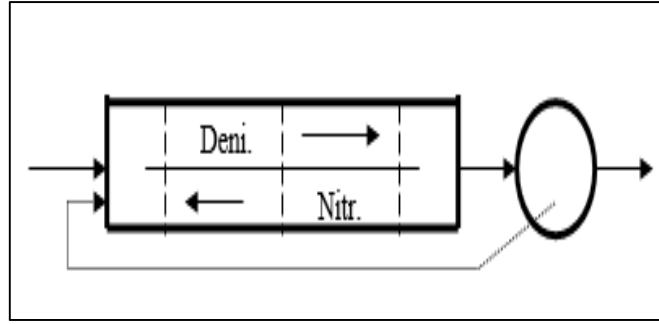


Şekil 2.4 a Nitrifikasyon b Denitrifikasyon Bakterileri [5].

Konvansiyonel aktif çamur sistemlerinde fosfor giderimi mikroorganizmaların yeni hücre oluşumunda kullandığı çözülmüş fosfor sayesinde gerçekleşir. 100 mg BOİ harcandığında 1 mg fosfor giderilmiş olur. Konvansiyonel yöntemler ile 1-2 mg/L fosfor giderilir [5]. Konvansiyonel yöntemlerin verimini artırmak ve atıksu içerisindeki belirgin bir parametre gideriminin artırılması için mevcut aktif çamur sistemlerinde modifikasyonlar yapılmıştır. Yapılan müdahaleler ile karbon, azot vb. parametrelerde arıtma yükseltilmiş daha temiz çıkış suyu kalitesi yakalanabilmiştir.

2.5.3.2. Aktif Çamur Prosesi Modifikasyonları, Eşzamanlı Nitrifikasyon/ Denitrifikasyon Prosesi,

Azot giderimi için askıda büyüme yöntemine göre uygulanan prosesler aşağıdaki gibidir. Ludzack Ettinger, Modifiye edilmiş Ludzack Ettinger (MLE), Basamaklı Besleme (Step Feed), Ardışık Kesikli Reaktör (Sequencing Batch Reactor: SBR), Bio-denitro TM, NitroxTM, Tek Çamur (Single-Sludge), Bardenpho (4-stage), Oksidasyon Hendeği (Oxidation Ditch), İki basamaklı ekstra karbon kaynaklı, OrbalTM Prosesi, Sharon (Nitrit üzerinden yüksek aktiviteli amonyak giderimi için tekli reaktör sistemi) ve Eş Zamanlı Nitrifikasyon / Denitrifikasyon prosesidir [1]. Ülkemizde son yıllarda Bio-P havuzu ile birlikte kullanımı yaygınlaşan eş zamanlı nitrifikasyon-denitrifikasyon prosesi uygun çamur yaşı ile nitrifikasyon ve denitrifikasyon proseslerinin aynı hacim içinde gerçekleşmesi prensibine dayanmaktadır. Bunun için çözülmüş oksijen seviyesinin reaktör içinde etkin olarak kontrol edilmesi gerekmektedir. Nitrifikasyon ve denitrifikasyon prosesleri ayrı reaktörlerde gerçekleşen proseslere göre eş zamanlı N/D prosesinde hem nitrifikasyon hem de denitrifikasyon prosesleri aynı tankın içinde gerçekleştiğinden dolayı diğer proses modifikasyonlarına göre içsel geri devir pompasına ihtiyaç olmaması sebebi ile işletme ve ilk yatırım avantajı içerir. Reaktör tipi olarak yarış parkuru geometrisinde tasarlanır ve karışım sıvısı tank içinde sürekli döngü içerisindedir. Havuz içine yerleştirilen mikserler ile havuz içindeki su hızı 0.30 m/sn olacak şekilde işletilerek katı madde çökmesi engellenir. Eş zamanlı N/D prosesi aynı reaktör içindeki farklı bölgelerde anoksik ve aerobik koşulların oluşturulması (oksidasyon havuzları vb.) ve/veya aynı reaktör içinde oksijenin düşük seviyelerde kontrolü ile de sağlanabilmektedir. Reaktörün düşük oksijen konsantrasyonlarında işletilmesi durumunda ise, reaktöre verilen düşük oksijen seviyesi nedeniyle, oksijenin flokların tüm derinliğine kadar nüfuz etmesi mümkün olmaz ve nitrifikasyon flok dış yüzeyinde, denitrifikasyon ise flok iç yüzeyinde gerçekleşir [15]. Şekil 2.5'de eş zamanlı nitrifikasyon denitrifikasyon prosesine ait akım şeması verilmiştir.



Şekil 2.5 Eş zamanlı Nitrifikasyon Denitrifikasyon Prosesi Akım Şeması [16]

Eş zamanlı nitrifikasyon denitrifikasyon prosesinin önünde anaerobik tank yapılarak fosfor gideriminin de artırılması sağlanmaktadır. Yukarıda verilen akım şemasında ön çöktirmeden gelen atıksu havalandırma havuzuna gelmektedir. Havalandırma havuzunda nitrifikasyon ve denitrifikasyon gerçekleştiği zonlar bulunmaktadır. Burada azot giderim basamakları gerçekleşmekte olup oluşan mikroorganizma ile tüm çamur son çöktirme tankına gelmektedir. Son çöktirme tankında arıtılmış su çamurdan gravite prensibi ile ayrılır. Devamında arıtılmış su tesis çıkışına yönlendirilirken tank dip çamuru havalandırma havuzu başına mikroorganizma dengesini sağlamak için geri devredilir.

2.6. YSA İle Arıtma Tesisi Performansının Değerlendirilmesi

Yapay sinir ağları, yapay zeka genel tanımı içerisinde bir alt bileşen olarak değerlendirilmiştir [17]. Yapay sinir ağları olgusu bilgisayar tabanlı yorumlama, değerlendirme uygulamaları günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknolojik gelişme normal yollarla yapılması zaman alan işlemi daha kısa sürede ve en yakın olasılıkla sonuçlandırabilmektedir. Kullanım alanlarını incelediğimizde endüstrilerde, finansal uygulamalarda, askeri ve savunma uygulamalarında, sağlık alanındaki uygulamalarda ve diğer birçok alanda yaygınca kullanılmaktadır. Yapay sinir ağlarını yukarıdaki alanlarda kolaylık sağladığı fonksiyonlar; tahmin edebilme, verilerin sınıflandırılması, verilerin ilişkilendirilmesi, verilerin filtrelenmesi, tanıma ve eşleştirme, teşhis edebilme ve yorumlamadır [17].

Atıksu arıtma tesislerinde proses performansının değerlendirilmesi yukarıda verilen kolaylık fonksiyonlarından tahmin edebilme yeteneğine dayanmaktadır. Oluşturulan yapay sinir ağına daha önce elde edilen veriler belirli bir düzenleme, normalizasyon işleminden sonra sunulur. Modellenen ağ daha önce tanımlanmış öğrenme metotlarına

göre verileri değerlendirir. Değerlendirme sonunda doğrulama ve test prosedürleri ile çıktı elde edilir. Model çıktıları ile saha şartlarında elde edilen veriler mukayese edilerek ağın doğruluğu, modelin başarısı belirlenir.

Çevre mühendisliği uygulamalarında yapay sinir ağları ile yapılmış olan çalışmalar ve yapay sinir ağlarına ilişkin bilgiler aşağıda verilmiştir.

2.6.1. Yapay Sinir Ağları

YSA temel olarak biyolojik bir hücre sisteminin matematiksel olarak modellenmiş halidir. Yapay sinir ağları insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir [17]. Yapay sinir ağları, paralel bağlı çok sayıda basit elemanın, gerçek dünyanın nesnelileriyle biyolojik sinir sisteminin benzeri yolla etkileşim kuran hiyerarşik bir organizasyondur [18]. YSA'lar insan beyninin aktivitesi örnek alınarak geliştirilmeye çalışılmıştır ve aralarında yapısal olarak benzerlikler vardır. Biyolojik sinir ağlarının sinir hücreleri olduğu gibi yapay sinir ağlarının da yapay sinir hücreleri vardır. YSA'lar birbirine bağlı doğrusal ve/veya doğrusal olmayan birçok elemandan oluşurlar. Biyolojik sinir sistemi ile yapay sinir sistemi arasındaki benzerlikler Çizelge 2.4'de verilmiştir [19].

Çizelge 2.4 Biyolojik Sinir Sistemi İle YSA'ların Benzer Özellikleri [19].

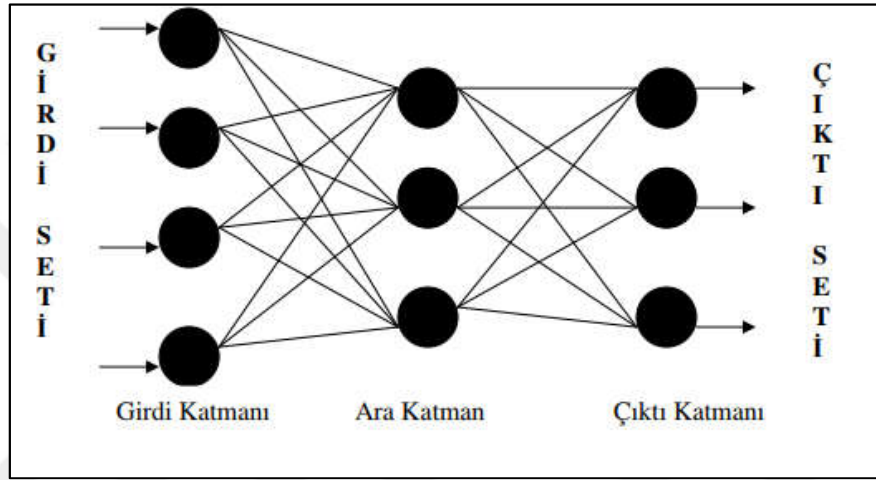
Biyolojik Sinir Sistemi	Yapay Sinir Ağları
Nöron	Yapay Nöron (İşlemci Eleman)
Dendrit	Toplama Fonksiyonu
Hücre Gövdesi	Transfer Fonksiyonu
Aksonlar	Yapay Nöron Çıkışı
Sinapslar	Ağırlıklar

Yapay sinir hücreleri bir araya gelerek yapay sinir ağlarını oluştururlar. Sinir hücrelerinin bir araya gelmesi rastgele olmaz. Genel olarak hücreler üç katman halinde ve her katman içinde paralel şekilde bir araya gelerek ağı oluştururlar [17]. Bu katmanlar aşağıda belirtilmiştir;

Girdi katmanı: Bu katmandaki proses elemanları dış dünyadan bilgileri alarak ara katmanlara transfer etmekle sorumludurlar. Bazı ağlarda bilgi katmanında herhangi bir bilgi işleme olmaz.

Ara katmanlar: Girdi katmanından gelen bilgiler işlenerek çıktı katmanına gönderilir. Bilgilerin işlenmesi ara katmanlarda gerçekleştirilir. Bir ağ içinde birden fazla ara katman bulunabilir.

Çıktı katmanı: Bu katmandaki proses elemanları ara katmandan gelen bilgileri işleyerek ağın girdi katmanından sunulan girdi seti için üretilmesi gereken çıktıyı üretirler. Şekil 2.6'da bu üç katmanın her birinde bulunan proses elemanları ve katmanlar arası ilişkiler bir yapay sinir ağı olarak verilmiştir [20].



Şekil 2.6 Katmanlarıyla yapay sinir ağı [20]

Yapay sinir ağları ağ içerisinde veri akışına bağlı olarak sınıflandırılabilir. Girdi katmanında ara katmana ve oradan da çıktı katmanına akış olan bir ağ ileri beslemeli olarak tanımlanmaktadır. Katmanlar arasında veri akışının çift yönlü olarak devam etmesi durumunda geri beslemeli ağ olarak tanımlanmaktadır. Geri beslemeli ağlar yaygın olarak kullanılmaktadır.

Yapay sinir ağları öğrenme aşamasında yapılan algoritmalarına bağlı olarak da sınıflandırılmaktadır. Öğrenme işlemi bir süpervizör, uzman tarafından yapılmaktadır. Uzman yapay sinir ağına girdi verilerini ve hedef verilerini vererek bir çıktı elde etmektedir. Bu verilerin girilmesi ve elde edilen çıktıların gerçeğe daha yakın olması için yapılan işlemlere göre Danışmalı, Danışmasız ve Destekleyici öğrenme şeklinde sınıflandırma yapılabilmektedir. Yapay sinir ağlarının sayısız çeşitlerinin olduğu unutulmamalıdır. Çizelge 2.5'de genel olarak sınıflandırma ve açıklamaları verilmiştir.

Çizelge 2.5 Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması [17,20]

Sınıflandırma Kriteri	Yapay Sinir Ağı	Tanımlama
Bağlantı Düzeni	İleri Beslemeli	Veri akışı katmanlar arasında tek taraflı ilerler, Hızlı eğitim süresine sahiptir.
	Geri Beslemeli	Ağ içinde çıktı verileri giriş katmanı verisi kabul edilebilir. Katmanlar arası çift yönlü veri akışı vardır. Eğitim süresi ileri beslemeliye oranla uzundur.
Öğrenme Durumu (Algoritma)	Danışmalı Öğrenme	Hedef değer ile çıktı arasındaki hatayı en aza indirilmesi için bir süpervizör sinir ağını geliştirmektedir. En az hata oranı bulunana kadar öğretme devam eder.
	Danışmasız Öğrenme	Hedef verilmeksizin girdi değerleri verilerek çıktı değerler elde edilir. Ağ verilen değerler ile öğrenme işlemini gerçekleştirerek çıktı elde eder. Süpervizör çıktıların hedefle yakınlığını değerlendirir.
Katman Sayısı	Destekleyici Öğrenme	Girdi Değerleri verilir. Ağın bulduğu çıktı değerlerin doğruluk oranları verilerek ağ eğitilir.
	Tek Katmanlı	Girdi ve çıktı katmanlarından oluşan, ara katmanları bulunmayan sinir ağlarıdır.
	Çok Katmanlı	Girdi, çıktı ve ara katmalardan oluşan sinir ağlarıdır. Bir ağ içerisinde birden fazla katman bulunabilmektedir.

Yapay sinir ağlarının dizayn edilmesinde seçilecek olan ağ tipi önemlidir. Birçok ağ tipinin farklı problem tiplerinde başarılı olduğu bilinmektedir. Ağ tipi seçimi deneme yöntemiyle ve daha önce yapılmış olan çalışmalardan edinilen bilgiler ışığında yapılacaktır. Seçilecek ağ tipi kadar ağa girilecek olan verilerinde düzenli şekilde tetkik edilip işlenebilir hale getirilmesi gerekmektedir.

Giriş-hedef verileri genellikle programa verilmeden düzenlenerek öğrenme işleminin daha iyi olması ve tahminlerin daha doğru olması sağlanır. Yapay sinir ağları

sisteminde veriler genellikle üç alt kısma bölünür; Öğrenme, Güvenilirlik, Test. Öğrenme verisi, ağ sisteminin öğrenme basamağında kullanılır. Öğrenme sırasında ANN ağırlıkları optimize ederek en düşük hatanın elde edilmesini sağlar. Backpropagation, bir öğrenme tekniği olup bu amaç için en çok kullanılan yöntemdir. Bu öğrenme sisteminde, duruma spesifik hata fonksiyonun eğimi ileri beslemeli ağdaki ağırlıklara karşılık hesaplanır. Daha sonra, geçerlilik verileri kullanılarak ağ sisteminin performansı kıyaslanır. Son olarak, test verileri kullanılarak sistemin girdi verilerini kullanarak çıktığı verilerini ne kadar iyi tahmin edebildiği ölçülür [21].

Yapay sinir ağları uygulamaları daha önce hazırlanmış paket programlar vasıtasıyla yapılmaktadır. Bu programlar ticari veya bilimsel açık kaynaklı yazılımlar olarak yaygın halde kullanılmaktadır. Birçok kaynak olmakla beraber bazı örnekleri Çizelge 2.6'da verilmiştir [19].

Çizelge 2.6 Yapay sinir ağları yazılımları [19]

Ücretsiz Yazılımlar	Ticari Yazılımlar
GENESIS	NN/XNN
SNNS	SAS
ASPIRIN/MIGRAİNES	Neural Works
WinNN	MATLAB Neural Network Toolbox
BIOSIM	NuTank
PDP++	NeuroSolutions
XERION	WAND
THE BRAİN	
NeuDL	
NeoC Explorer	
AINET	

2.6.2. YSA ile daha önce yapılmış çalışmalar

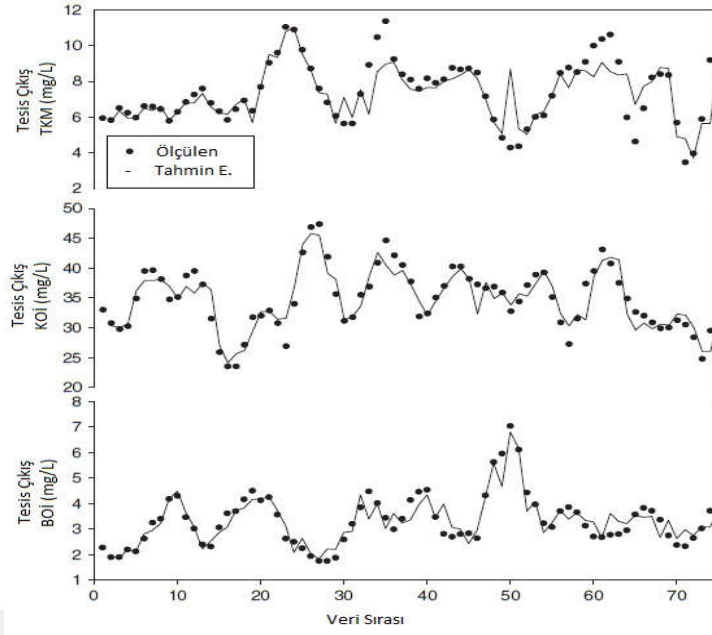
Yapay sinir ağlarının kullanım alanları ve sağladığı kolaylıklar nedeniyle birçok alanda sayısız çalışmaya ulaşmak mümkündür. Çevre Mühendisliği uygulamalarında da yaygın olarak araştırma amaçlı kullanıldığı görülmektedir. Yapılan araştırmalar genel olarak derlendiğinde hava kirliliğinden deniz, göl kıyı kirliliğinin tahmin ve tespitine kadar yaygın yelpazede kullanılmaktadır. Özel olarak bu çalışmanın da konusu olan arıtma tesisi performansının değerlendirilmesi göz önünde bulundurulduğunda arıtma tesisleri üzerine yapılan yapay sinir ağları çalışmalarına odaklanılmıştır. Yurtdışında ve ülkemizde yapılan çalışmalardan ilgili olan çalışmalar aşağıda incelenmiştir.

Mjalli ve ark. (2007) tarafından bir atıksu arıtma tesisinin performansının yapay sinir ağları kullanılarak tahmin edilmesi amacıyla çalışma yapılmıştır [21]. Çalışmada kullanılan veriler Doha West Atıksu Arıtma Tesisin'den toplanılmıştır. Bir yıllık veriler kullanılmıştır. Toplanan veriler üzerinde yapılan incelemelerde lineer bir ilişkinin olmadığı görülmüş ve yapay sinir ağları ile performans değerlendirilmesi işlemi kararlaştırılmıştır. Toplanan veriler seçilen ağın eğitilmesi, doğrulanması ve test edilmesi maksadıyla 4:2:1 oranında gruplandırılmıştır. Her bir ağ daha önceki deneyimler ve denemeler üzerinden seçilmiştir. Yapılan denemelerle ağın yapısı en iyi çıktıyı sağlamak üzere geliştirilmiştir. Tek girişli ağlarda üçlü katman çoklu giriş ağlarda dörtlü katman kullanılmıştır. Üçlü katman giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanında oluşan ağ yapısıdır. Çoklu giriş olan ağ yapısında bir giriş ve çıkış katmanı ile iki gizli katman bulunmaktadır. Ağlardaki nöron sayıları denemeler yapılarak en iyi sonuca göre optimize edilmiştir.

Yapay sinir ağının eğitiminde Levenberg- Martquardt (trainlm) algoritması kullanılmıştır. Bu öğrenme algoritması diğer algoritmalara göre daha fazla bellek gerektirmesine rağmen en hızlı geri yayılım algoritmasıdır [22]. Ağ eğitiminde diğer ayarlar epoch 1000, performans hedefi 1×10^{-3} ve öğrenme oranı 0,01 olarak seçilmiştir. Yapay sinir ağının performansı hedef ile çıktı verileri arasındaki hatanın karekökü (MSE) dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Yapılan denemeler sonucunda 12 farklı model oluşturulmuştur. Bu modeller Son Çökeltim Çıkış TKM, BOİ, KOİ değerlerinin tahmin edilmesi üzerine yapılmıştır. Modellerde son çökeltim çıkış verisinin tahmin edilmesi için ham giriş verileri tek tek ve toplu olarak yapay sinir ağına verilmiş ve model çıktı verileri elde edilmiştir.

Çalışmadaki modelleme yaklaşımı tekli ve çoklu giriş verilerinin karşılaştırılabilir tesis performans değerlerinin elde edilmesi amaçlıdır. Elde edilen değer üzerinden tek girişli modellerde daha yüksek verimlilik elde edilmiş fakat çok girişli modellerde de makul sonuçlar elde edilebilmiştir. Tekli girişlerde TKM, KOİ ve BOİ, en yüksek R değerleri sırasıyla; 0.987, 0.924 ve 0.924 olarak bulunmuştur. Çok girişli ve tek çıktı alınan model sonuçları Şekil 2.7'de verilmiştir.



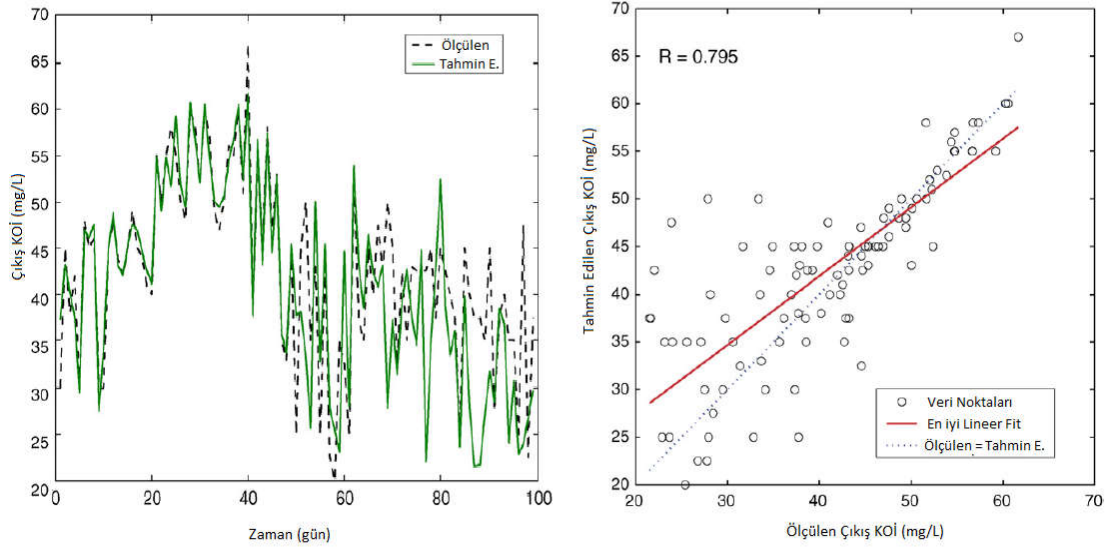
Şekil 2.7 Doha West AAT YSA Modelleme Çıktıları [21]

Moral (2004) yaptığı çalışmada [23] aktif çamur prosesinin yapay sinir ağları ile modellenmesini araştırarak iki farklı durum için modelleme çalışması gerçekleştirmiştir. Birinci durumda Aktif Çamur Model No 1 (ASM1) ikinci durumda gerçek tesis verileri kullanılarak modelleme işlemi gerçekleştirmiştir. Kullanılan tesisler Ankara Merkez Atıksu Arıtma Tesisi ve İskenderun Atıksu Arıtma Tesisidir. Modelleme işleminde ağ tasarımı; verilerin seçilmesi, eğitim algoritmalarının belirlenmesi ve transfer fonksiyonlarının tanımlanması, ağın oluşturulması ve çeşitli kombinasyonların gösterilmesi dahil tüm işlemleri içeren Matlab scripti (kodlama metni) ile yazılmış ve bu script üzerinden geliştirmeler yapılmıştır. Script içerisinde 13 eğitim algoritması, 2 transfer fonksiyonu bulunmaktadır. 2 farklı gizli katman (1 ve 2) ile (1-13) gizli nöron ile her bir katman test edilmiştir.

Birinci durumda ASM1 modeli ile sanal tesis zamana bağlı olarak çalıştırılmış ve elde edilen veriler script ile oluşturulan YSA üzerinden tahmin edilmeye çalışılmıştır. Sanal tesis ile yapılan bu modellemede yüksek korelasyon katsayısı ($R=0,980$) elde edilmiştir.

İkinci durumda gerçek tesis verilerinin oluşturulan YSA ile tahmin edilmesine çalışılmıştır. Gerçek veriler YSA'a uygulanmadan önce istatistiksel analizden geçirilmiştir. İskenderun AAT ye ait iki set veri hazırlanmış, ilk set veri korelasyonunun düşük olmasından dolayı ikinci set veriler model geliştirmede kullanılmıştır. Veriler [0-1] ve [-1,1] aralığında normalizasyon işleminden geçirilerek

modelin gelişiminde kullanılmıştır. Modelde çıkış KOİ değerinin tahmin edilmesi için 9 veriyi girdi olarak kullanmıştır. Bu girdi parametreleri; çamur yası, giriş atıksu debisi, giriş pH, atıksu sıcaklığı, giriş KOİ, havalandırma havuzunda AKM, çıkış AKM ve ön çökeltme havuzunda oluşan atık çamur miktarı değerleridir. Çıkış KOİ değerinin tahmini için script üzerinden bu parametreleri tek olarak veya birbirleriyle beraber olarak denenmiştir. En iyi kombinasyon Giriş Atıksu Debisi ($Q_{giriş}$), Havalandırma Havuzu AKM değeri MLSS ve Çıkış AKM değeri ile yapılan denemede gerçekleşmiştir. Tahmin edilen değer ile çıkış KOİ değeri arasındaki korelasyon katsayısı 0,795 olarak bulunmuş ve Şekil 2.8’de gösterilmiştir.

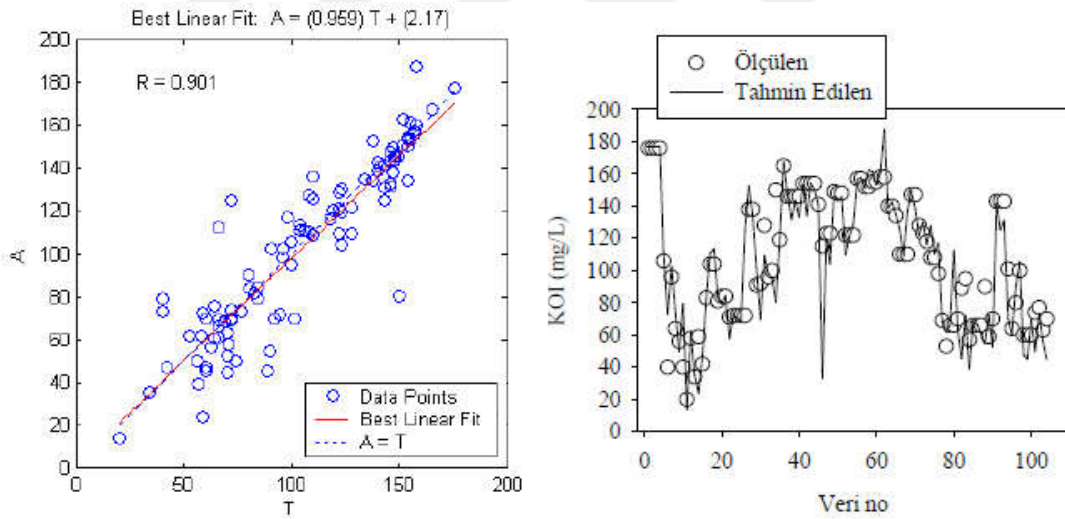


Şekil 2.8 YSA ile aktif çamur prosesi modellemesine ilişkin yapılmış çalışma çıktıları [23]

Yıldız (2009) Denizli (Merkez) Atıksu Arıtma Tesisinin Performansının Yapay sinir ağları Kullanılarak Modellenmesi çalışmasını gerçekleştirmiştir. Yapılan çalışmada tüm veriler Denizli Merkez Atıksu Arıtma Tesisi’nden sağlanmıştır. Tesisin işletilmesinde rutin analizleri yapılan pH, sıcaklık, iletkenlik, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam azot ve toplam fosfat analizleri yanında havalandırma havuzunda çözülmüş oksijen, askıda katı madde (AKM) ve çamur hacim indeksi (ÇHI) parametreleri tesis çıkış parametrelerinin tahmin edilmesi amacıyla kullanılmıştır.

Tesis verileri hazırlanarak istatistiki incelemeden geçirilmiştir. Yapılan inceleme sonucunda veriler arasında lineer ilişki olmadığı görülmüştür. Lineer ilişki olmaması YSA giriş verilerinin deneme yanılma ile belirlenmesini gerektirmiştir. Her bir parametrenin tahmini için giriş (input) verilerinin bulunduğu senaryolar belirlenmiştir. Oluşturulan yapay sinir ağı ile senaryolar denenmiş ve korelasyon katsayıları bulunmuştur. Çıktı değeri göz önünde bulundurularak öğrenme fonksiyonları denenmek suretiyle en iyi öğrenme fonksiyonu belirlenmiştir. Diğer aşamada gizli katmandaki nöron sayısı ile çalışılarak en iyi korelasyon katsayısını veren yapay sinir ağının geliştirilmesi tamamlanmıştır.

Yapay Sinir Ağları ile oldukça iyi sonuçlar alınmıştır. Çıkış KOİ, BOİ, toplam azot, toplam fosfat ve havalandırma havuzu ÇHİ parametreleri için ölçülen ve tahmin edilen parametreler arasındaki korelasyon katsayıları sırasıyla; 0.90, 0.83, 0.74, 0.75 ve 0.84 olarak bulunmuştur. KOİ parametresine ilişkin korelasyon katsayısı ve kıyaslama bilgileri Şekil 2.9’ da verilmiştir [24].



Şekil 2.9 YSA ile Çıkış KOİ parametresi Korelasyon ve mukayese grafikleri [24].

Subaşı (2010) yılında bir arıtma modeli olan yapay sulak alan (doğal arıtma) verilerinin Yapay Sinir Ağları kullanılarak modellenmesini ve performansını belirlenmesini çalışmıştır. Çalışmada kullanılan veriler daha önce yapılmış olan yapay sulak alan (Marahatta 2004) üzerinde ölçümü yapılan verilere dayanılarak yapılmıştır. Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmeleri yapılmış ve YSA modeli girdi verilerin belirlenmesine çalışılmıştır. Uygun olmayan veriler, veri setinden çıkartılmıştır. Girdi parametrelerinin temel değerlendirme kriterinin çıkış KOİ değeri

ile olan ilişkisi olarak belirtilmiştir. Giriş verisi olarak belirtilen birçok parametreden giriş kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), Uçucu askıda katı madde (UAKM), Toplam katı madde (TKM) ve sıcaklık parametreleri seçilmiştir. Arıtma çıkışı kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), Uçucu askıda katı madde (UAKM), Toplam katı madde (TKM) parametreleri tahmin edilmeye çalışılmıştır.

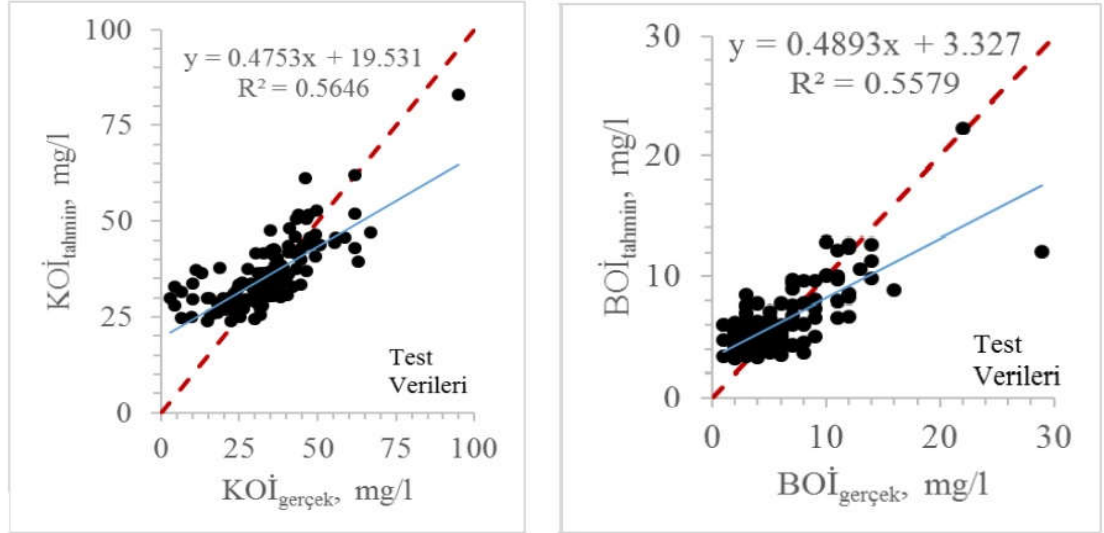
Yapay sinir ağı, Matlab 2008a yazılımı ile kurulmuş geri beslemeli ağ olarak belirlenmiştir. Belirlenen yapay sinir ağında girdi verileri kullanılarak performans değerleri elde edilmiştir. Elde edilen en iyi değerler sırasıyla $KOİ_{Çıkış}$, $TKM_{Çıkış}$, $UAKM_{Çıkış}$ parametreleri için; R^2 değerler, 0.931, 0.988, 0.974 dir [25].

Özel (2011) yapmış olduğu çalışmada Hurma (Antalya) Atıksu Arıtma Tesisinin performansını ileri matematiksel modeli olan yapay sinir ağları ile modellemesini yapmıştır. Çalışmada kullanılan veriler Hurma (Antalya) atıksu arıtma tesisinden alınan gerçek verilerdir. Tesisten bir yıllık işletme verileri kullanılmıştır. Bu parametreler Kütleli debi, AKM (askıda katı madde) giriş, BOİ giriş, TKN giriş, P giriş, KOİ(kimyasal oksijen ihtiyacı) giriş, KOİ çıkış, pH giriş dir. İstatistiksel hesaplamalar ile sabit parametrenin, değişken parametreleriyle arasında doğru bir orantı bulunup; Matlab programı yardımıyla yapay sinir ağı modellenmesi araştırılmıştır [26].

İki tür çalışma gerçekleştirilmiş; ilkinde, giriş KOİ konsantrasyonuna bağlı olarak gruplandırma yapılmış ve bu gruplar tek tek girdi olarak değerlendirilmiş, ikincisinde on iki aylık veri girdi olarak değerlendirilerek çalışılmıştır. Değerler arasındaki ilişki SPSS programı ile incelenmiş ve optimum doğru orantı kurulamadığı için modellemeye geçilememiştir.

Özen (2018) yapmış olduğu çalışmada KASKİ Atıksu Arıtma Verilerinin Yapay Sinir ağları ve Bulanık Mantık Yöntemleriyle tahmin edilmesini yapmıştır. Çalışmada kullanılan veriler gerçek bir tesis olan Kayseri Su ve Kanalizasyon İdaresi atıksu arıtma tesisine aittir. 724 veri 4 yıllık bir periyodu kapsadığı için tesisin atıksu kirlilik karakterini ve verimini tam manasıyla ifade etmektedir. Veriler hem yapay sinir ağları kodlarının hem de bulanık mantık yöntemleri kodlarının uyumlu çalışması nedeniyle Matlab yazılımı tercih edilmiştir.

Tesiste düzenli olarak ölçümü yapılan parametrelerden BOİ ve KOİ parametrelerinin tahmininin yapılması amaçlanmıştır. KOİ değişkeni tahmininde ölçülen akış debisi (Q), pH, BOİ, askıda katı maddeler (AKM) ve azot (N) değerleri; BOİ değişkeni tahmininde ise KOİ, AKM, fosfor (P), Q, pH değerleri bağımsız değişken olarak kullanılmıştır [27]. Yapılan YSA çalışmasında ve bulanık mantık çalışmasında elde edilen tahmin verilerinin birbirlerine yakın değerler çıkardığı ve birbirlerine üstünlük sağlamadığı görülmüştür. Daha sonra Excel - çözücü ile modeller oluşturmuş ve modeller içerisinde 1 numaralı modelin BOİ tahmininde tercih edilebileceğini bildirmiştir. Yapay sinir ağları ile yapmış olduğu tahminlerde sırasıyla en yüksek determinasyon katsayısı KOİ ve BOİ için 0.565 ve 0.558 olarak bulunmuştur. İki sonuca ilişkin dağılım grafiği Şekil 2.10'da verilmiştir.



Şekil 2.10 Kaski AAT verilerinin YSA ile Tahmin edilmesi R^2 değerleri [27].

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Tokat Atıksu Arıtma Tesisi

Tokat (Merkez) Atıksu Arıtma Tesisi Projesi, Türkiye Avrupa Birliği Uyum süreci kapsamında Yüksek Maliyetli Çevre Yatırımlarının Planlanması başlığında 2006 yılı Mali İşbirliği Programı kapsamında projelendirilmiş ve 2008 yılında Merkezi Finans ve İhale Birimi tarafından yapım ve müşavirlik ihaleleri yapılmıştır. 2008 yılında başlayan proje 2010 yılında tamamlanarak işletmeye alınmıştır. 2010 yılından 2012 yılına kadar yüklenici ve belediye tarafından ortak işletilen tesisi 2012 yılından itibaren belediye tarafından işletilmektedir. Tesis Genel Yerleşimi Şekil 3.1' de verilmiştir.



Şekil 3.1 Tokat Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi

3.1.1. TAAT Tasarım Kriterleri

Tokat Atıksu Arıtma Tesisi iki faz olarak tasarlanmıştır. Birinci faz, 2020 yılı için 33.000 EN endüstriyel atıksu ve 200.000 EN evsel atıksuyu arıtabilecek kapasitededir. İkinci faz, 2035 yılı için 44.000 EN endüstriyel atıksu ve 270.000 EN evsel atıksuyu arıtabilecek kapasitede tasarlanmıştır.

Yerel mevzuat yanında AB Kentsel Atıksu Arıtma Direktifi (91/271/EC)'ne göre, Tokat'ta arıtılmış atıksuyun deşarj edileceği Yeşilirmak Nehri, hassas olmayan bölge olarak belirtilmiştir. Arıtılmış atıksuların Yeşilirmak Nehri'ne deşarj edilmesi

nedeniyle giderilmesi gereken, BOİ₅, KOİ, TAKM ve pH parametreleri ile birlikte alıcı ortamlardaki canlı yaşamını korumak amacıyla amonyak azotu parametresinin de giderilmesi öngörülmüştür. Bu noktadan hareketle tasarıma esas olacak deşarj standartlarına amonyum azotu ve oksijen parametreleri ilave edilmiştir [28]. Tesis tasarım kriterlerine ilişkin bilgiler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Atıksu Arıtma Tesisi Tasarım Kirlilik Yükleri

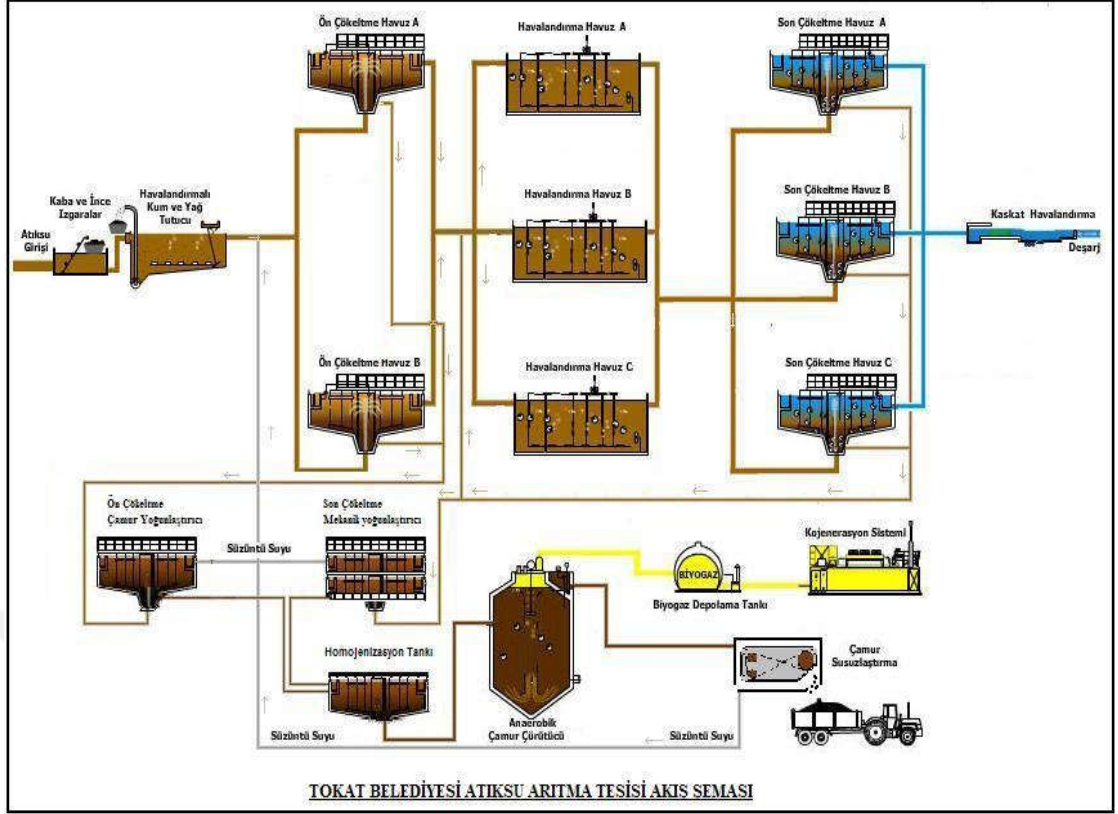
Parametre	Birimi	2020	2035
Ortalama Debi (Q _{ort})	m ³ /saat	1.380	1810
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	kg/gün	20,000	27,000
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	kg/gün	10,000	13,500
Toplam Askıda Katılar (TAKM)	kg/gün	10,000	13,500
Toplam Azotu (TN)	kg/gün	1,900	2,600
Toplam Fosfor (TP)	kg/gün	350	470

Tokat Atıksu Arıtma Tesisi arıtılmış suyu alıcı ortama deşarj ederken tabii olduğu deşarj standartları 2018 yılı itibariyle 08/01/2006 tarih ve 26047 sayılı Kentsel Atıksu Arıtma Yönetmeliği’dir. Bu yönetmelikten önce Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Tablo 21-4 değerlerine tabi bulunmaktadır. Tokat Atıksu Arıtma tesisi tasarım deşarj standartları Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Atıksu Arıtma Tesisi Tasarım Deşarj Limitleri

Parametre	Birimi	Limit Değer
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/lt	90
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	mg/lt	25
Toplam Askıda Katılar (TAKM)	mg/lt	25
Toplam Azotu (TN)	mg/lt	10
Amonyum Azotu (NH ₄ -N)	mg/lt	2
Çözülmüş Oksijen	Doygunluk	>%60

Atıksu arıtma tesisi ön arıtma üniteleri, biyolojik arıtma üniteleri, çamur arıtma üniteleri ve yardımcı üniteler olmak üzere bölümlere ayrılmaktadır. Tesise ait iş akım şeması Şekil 3.2’de verilmiş olup üniteler sırasıyla açıklanacaktır.



Şekil 3.2 Tesise Ait Akım Şeması

3.1.2. TAAT Ön Arıtma Üniteleri

Ön arıtma üniteleri; Izgara Binası ve pompa terfi istasyonu, Havalandırılmalı Kum ve Yağ Tutucu, Giriş Parshall Savağı, Ön Çökeltim Tanklarından oluşmaktadır.

Izgara Binası ve Pompa terfi istasyonunda atıksu içerisinde gelen katı maddelerin ayrıştırılma işlemleri ve suyun hidrolik olarak terfi ettirilmesi işlemi gerçekleştirilmektedir. Atıksuda bulunan 0.5 mm den büyük askıda katı maddeler, giriş pompa istasyonuna girmeden önce kaba ve ince ızgaraların yardımıyla tutulmaktadır. Böylece büyük partiküllerin daha sonraki aşamalarda proses ekipmanlarına zarar vermesi ve havalandırma havuzu gibi diğer arıtma ünitelerinde birikmesi engellenmiş olur. Büyük partiküllerin havalandırma havuzuna girmeden önce giderilmesi, biyolojik parçalanmanın verimliliğinin sağlanması için gereklidir.

Kaba ızgaralar paralel çalışacak şekilde yerleştirilmiş olup her ızgaranın kapasitesi 1055 m³/sa' tir. Toplanan ızgara atıkları bant konveyörler ile taşınıp, konteynır de toplanmaktadır.

İnce ızgaralar, paralel çalışacak şekilde yerleştirilmiş olup her ızgaranın kapasitesi 1055 m³/sa' tir. Toplanan ızgara atıkları bant konveyörler ile taşınıp, ızgara presten

geçtikten sonra konteynır da toplanmaktadır. Manüel kaba ızgara orta kanalda bulunmaktadır. Kaba ve ince ızgaralarda bakım olduğu durumlarda, manüel kaba ızgara kullanılmaktadır.

Mekanik kaba ve ince ızgara, fark seviye ölçer ile otomatik olarak çalışmaktadır. Pompa istasyonu, ızgaralardan gelen atıksuyun, pompa istasyonu çıkış yapısına terfilendirilmesini ve buradan da atıksuyun havalandırmalı kum ve yağ tutucu ya iletilmesini sağlamaktadır. Pompa istasyonun da 4 adet dalgıç pompa bulunmaktadır.

Pompa istasyonu kapalı dikdörtgen bir betonarme yapıdır. Haznede 4 adet dalgıç pompa ve 2 adet ultrasonik seviye ölçer bulunmaktadır. Ayrıca ultrasonik seviye ölçerlerde bir arıza oluşması durumunda pompaların kuruda çalışmasını önlemek amacı ile 2 adet şamandıra bulunmaktadır.

Havalandırmalı kum ve yağ tutucu da inorganik partiküller (kum) çökecek ve sistemden uzaklaştırılacaktır. Ayrıca yağ ve köpük te bu yapıda toplanacaktır. Çöken partiküllerin çamur çukuruna toplanmasını sağlamak için bir doğrusal sıyırıcı köprü bulunmaktadır. Çöken kum, 2 adet kum pompası ile kum ayırıcıya pompalanmaktadır. Kum ayırıcıdan sonra kum, konteynırlarda toplanmaktadır. Kum ayırıcıdaki süzüntü suyu, havalandırmalı kum ve yağ tutucunun giriş yapısına geri iletilmektedir. Sistemdeki yağın yüzeyde toplanması, kum ve yağ tutucu blower binasında bulunan 3 adet blower ile sağlanmaktadır. Basınçlı hava çubuk tipi difüzörler ile sisteme dağıtılmaktadır. Doğrusal sıyırıcı üzerinde, yüzeyde toplanan yağ ve köpüğü toplamak için bir yağ sıyırıcı bulunmaktadır. Toplanan yağ ve köpük, yağ toplama haznesine iletilir. Yağ haznesinde 2 adet yağ pompası bulunmaktadır. Buradan yağ Çamur Homojenizasyon Tankına pompalanmaktadır.

Kum ve yağ tutucu atıksudaki kumun çökmesini sağlarken yağın yüzeyden toplanmasını gerçekleştiren özel tasarlanmış betonarme bir yapıdır.

Atıksuyun giriş debisi parshall savağında ölçülmektedir. Parshall savağındaki suyun yüksekliğini ölçen bir ultrasonik seviye ölçer ile giriş debisi hesaplanmaktadır. Hesaplanan değer online olarak SCADA sisteminde görülmekte ve saklanmaktadır. Parshall savağı özel tasarlanmış betonarme bir yapıdır. Parshall savağının orta bölümünde akış ölçümünün yapıldığı bir kısım bulunmaktadır.

Ön çöktürme tanklarının amacı atıksuda bulunan askıda katı maddelerin durağan hidrolik şartlarda sistemden uzaklaştırılmasıdır. Çöken çamurun toplanması dairesel bir sıyırıcı yardımıyla sağlanır. Çöken çamur, ön çöktürme çamur pompaları ile çamur yoğunlaştırma havuzuna pompalanmaktadır.

Ön çöktürme tankları dairesel betonarme bir yapıya sahiptir. Havuzun tabanı, çöken maddelerin orta emiş çukuruna ulaşmasını sağlamak üzere konik bir yapıdadır. Havuzun ortasında bulunan betonarme dağıtma yapısı, giriş atıksuyunu dağıtmakta ve dairesel sıyırıcı köprüyü taşımaktadır. Fazla Çamur Pompaları, çamur pompa istasyonunda bulunmaktadır. Çamur pompa istasyonu ön çöktürme havuzlarının yanında bulunan beton bir kaideden ibarettir.

Atıksu Ön Çöktürme Tankının orta bölümünde bulunan dağıtım yapısından havuzun içine dağıtılmaktadır. Çöken çamur, sıyırıcının da yardımıyla havuzun merkezinde bulunan çamur çukuruna iletilmektedir. Buradan alınan çamur ön çöktürme çamur pompalarıyla Çamur Yoğunlaştırma Havuzuna pompalanmaktadır. Arıtılan atıksu savaklar üzerinden toplandıktan sonra cazibe ile Dağıtım Yapısına iletilir. Yüzeyde oluşan köpük, sıyırıcı ile toplandıktan sonra ve köpük rögarına iletilir ve buradan da Çamur Homojenizasyon Tankına pompalanır.

3.1.3. TAAT Biyolojik Arıtma Üniteleri

Biyolojik arıtma üniteleri, Havalandırma Havuzları ve Son Çöktürme Tanklarından oluşmaktadır. Kısmi olarak arıtılan atıksu, havalandırma havuzlarında aktif çamur ile aerobik dekompozisyona uğramaktadır. Arıtma verimi için gerekli olan bekleme süresi ve havalandırma bu havuzlarda sağlanmaktadır.

Havalandırma havuzları, 3 adet carrousel yapısına sahip betonarme tanktan oluşmaktadır. Oksidasyon hendeği tipinde inşa edilmiş olan havalandırma tankları, nitrifikasyon-denitrifikasyon proseslerinin gerçekleştiği sistemde biyolojik olarak karbon, azot ve fosfor giderimi sağlanmaktadır. Herhangi bir tankta arıza olması durumunda sadece o tank devre dışı bırakılıp, diğer tankların paralel olarak çalışması mümkün olmaktadır. Tankların tümünün tabanına yerleştirilmiş membran tipi disk difüzörler ile oksik ve anoksik bölgeler ayarlanmaktadır. Havalandırma sistemi, blower ve ince kabarcıklı difüzör sistemi ile sağlanmaktadır. Bu sistem 4 adet Turbo Blower ve membran difüzörleri içermektedir. Dört adet blower'ın 3 ü asıl 1 i yedek

olarak çalışmaktadır. Toplamda 6 adet mikser bulunmakta olup (Her havuzda 2 adet) bu mikserleri amacı, atıksu hızını 0.3 m/sn değerinde tutarak çamurun havuzun tabanına çökmesini önlemek ve yeterli karışmayı sağlamaktır. Her havalandırma havuzunda bulunan 2 adet oksijen metre blower LCP'una 2 ppm oksijen değerini sağlamak için sinyal göndermektedir. Böylece havalandırma havuzundaki oksijen miktarı kontrol edilmektedir. Atıksu Arıtma Tesisinde, Proses tankındaki minimum sıcaklık 10°C'de için dizayn edilmiştir. Bununla birlikte Toplam N ihtiyacı için 12°C'dir.

Son çöktürme tanklarının amacı aktif çamurda bulunan bakteri floklarının durağan hidrolik şartlarda çöktürülmesini sağlamaktır. Çöken çamurun toplanması dairesel bir sıyırıcı yardımıyla sağlanır. Bir kısım çamur, bekleme süresini arttırmak, biyolojik verimi yükseltmek için mikroorganizma konsantrasyonunu kontrol etmek amacıyla aerobik arıtmanın başına geri devir ettirilir. Geri kalan çamur ise çamur susuzlaştırma sistemine gönderilmektedir.

Son çöktürme tankları dairesel betonarme bir yapıya sahiptir. Havuzun tabanı, çöken maddelerin orta emiş çukuruna ulaşmasını sağlamak üzere konik bir yapıdadır. Havuzun ortasında bulunan betonarme dağıtma yapısı, giriş atıksuyunu dağıtmakta ve dairesel sıyırıcı köprüyü taşımaktadır.

Geri devir pompaları, geri devir ve fazla çamur pompa istasyonunda bulunmaktadır. Atıksu, Son Çöktürme Havuzunu orta bölümünde bulunan dağıtım yapısından havuzun içine dağıtılmaktadır. Çöken çamur, sıyırıcının da yardımıyla havuzun merkezinde bulunan çamur çukuruna iletilmektedir. Buradan alınan çamur geri devir pompalarıyla havalandırma havuzu toplama yapısına pompalanır. Çöken çamurun bir kısmı ise susuzlaştırma amaçlı Mekanik Yoğunlaştırıcılara iletilir.

Arıtılan atıksu savakları üzerinden toplandıktan sonra cazibe ile Dağıtım Yapısına iletilir. Yüzeşte oluşan köpük, sıyırıcı ile toplandıktan sonra ve köpük toplama ve pompa istasyonuna iletilir ve buradan da köpük pompaları ile Çamur Homojenizasyon Tankına pompalanır.

Atıksuyun çıkış debisi parshall savağında ölçülmektedir. Parshall savağındaki suyun yüksekliğini ölçen bir ultrasonik seviye ölçer ile giriş debisi hesaplanmaktadır. Hesaplanan değer online olarak SCADA sisteminde görülmekte ve saklanmaktadır.

Yapısı, Parshall savağı özel tasarlanmış betonarme bir yapıdır. Parshall savağının orta bölümünde akış ölçümünün yapıldığı bir kısım bulunmaktadır.

3.1.4. TAAT Çamur Arıtma Üniteleri

Ön Çöktürme Çamur Yoğunlaştırma Havuzunun amacı, Ön Çöktürme havuzlarından gelen çamurun katı madde içeriğini arttırmaktır. Bu sayede ön çöktürme çamuru çürütücü ye girmeden önce konsantrasyonu artırılmış olur. Durağan hidrolik şartlardan çamur havuz tabanına çökelmekte ve bir Dairesel Sıyırıcı Köprü ile toplanmaktadır. Konsantre çamur, Homojenizasyon besleme pompaları ile Çamur Homojenizasyon Tankına pompalanır.

Ön Çöktürme Çamur Yoğunlaştırma Havuzu dairesel betonarme bir yapıya sahiptir. Havuzun tabanı, çöken maddelerin orta emiş çukuruna ulaşmasını sağlamak üzere konik bir yapıdadır. Havuzun ortasında bulunan betonarme dağıtma yapısı, giriş atıksuyunu dağıtmakta ve dairesel sıyırıcı köprüyü taşımaktadır.

Ön Çöktürme Çamur Yoğunlaştırma Havuzunda çöken çamur, sıyırıcının da yardımıyla havuzun merkezinde bulunan çamur çukuruna iletilmektedir. Buradan alınan çamur Homojenizasyon besleme pompalarıyla Çamur Homojenizasyon Havuzuna pompalanmaktadır. Fazla su savaklar üzerinden toplandıktan sonra cazibe ile Süzüntü Suyu Pompa İstasyonuna iletilir.

Son Çöktürme Fazla Çamur Mekanik Yoğunlaştırma Ünitesinin amacı, Son Çöktürme havuzlarından gelen çamurun katı madde içeriğini arttırmaktır. Bu sayede son çöktürme çamuru çürütücü ye girmeden önce konsantrasyonu artırılmış olur. Çamur mekanik olarak bantlar üzerinden geçirilmekte, bantların üzerinde bulunan çamurun suyu bantlardan geçerek süzülmemektedir. Aynı zamanda çamurun yumaklaşması için katyonik poli elektrolit ilavesi yapılmaktadır. Yoğunlaşmış çamur, Homojenizasyon besleme pompaları ile Çamur Homojenizasyon Tankına pompalanır.

Son Çöktürme Çamur Mekanik Yoğunlaştırma Üniteleri mekanik bir ünedir. Saatte 45m³ çamur yoğunlaştırma kapasitesine sahip olup saate 190 kg katı madde kapasitesine sahiptir. Tesiste iki adet mekanik yoğunlaştırıcı bulunmaktadır.

Fazla su Bantlardan süzülerek alt kısımda bulunan haznedeki toplanarak cazibe ile Süzüntü Suyu Pompa İstasyonuna iletilir.

Havalandırılmalı kum ve yağ tutucu ünitesinden gelen yağ ve köpükleri, ön çöktürme havuzu köpükleri, son çöktürme havuzu köpükleri, yoğunlaştırılmış ön arıtma ve yoğunlaştırılmış son çöktürme havuzu çamuru Çamur Homojenizasyon Tankına iletilmektedir. Çamur yoğunlaştırma tankında homojen durumda bir karışım sağlamak için bir adet dalgıç karıştırıcı bulunmaktadır. Homojen hale gelmiş çamur buradan Çürütücü Besleme Pompaları ile Çürütücü Sistemine pompalanmaktadır. Çamur Homojenizasyon Tankı düz yapıda zemini olan dairesel betonarme bir tanktır.

Çamur Çürütücü, anaerobik mezofilik çürütme 33 - 37°C arasında sağlanmaktadır. Yoğunlaştırılmış çamur, ortalama 35°C içsel sıcaklığa sahip büyük bir çürütücü tankın içerisinde, anaerobik mezofilik çürütme ile stabilize hale gelmektedir. Yoğunlaşmış çamur sürekli olarak digester sistemini beslemektedir. Digester' in içindeki çamurun sıcaklığı, çamur resirkülasyon sistemi ile sabit tutulmaktadır. Bunun için 2 adet pompa ve bir ısı eşanjörü kullanılmaktadır. Termal kayıpları minimuma indirmek için tüm borulara ısı yalıtımı uygulanmıştır. Kararlı bir çürütme performansı sağlamak için bir karıştırma sistemi gerekmektedir. Burada yavaş mekanik karıştırıcı kullanılmaktadır. Betonarme giriş yapısı çamurun sisteme beslenmesini ve sistemden uzaklaştırılmasını sağlar. Taze çamur geri devir ettirilen çamur ile karıştırılır. Giriş ve Çıkış yapısında teleskopik vanalar ve savaklar bulunmaktadır.

Çürütme sisteminden sonra çamur, çamur depolama tankına pompalanmaktadır. Üretilen biyogaz çürütücü tankının üst kısmında toplanır ve gaz depolama tankına iletilir. Besleme ve Çamur Alımı, Homojenizasyon tankından pompalanan taze çamur, tank üzerinde bulunan betonarme giriş yapısında, ısıtılmış geri devrettirilen çamur ile karışmaktadır. Normal işletmede, çamur alımı teleskopik vana ile sağlanmaktadır. Manüel olarak çalışan teleskopik vana seviye kontrolünü ve çamur alımını ve ayrıca hidrolik korumayı sağlamaktadır. Tahliye edilen çamur betonarme hazneye deşarj edilerek buradan da cazibe ile çamur depolama tankına iletilmektedir.

Teleskobik vana birbiri içine geçen iki adet silindirik yapıdan oluşmaktadır. Sabit olan silindir çamur alım hattına bağlı olup hareketli silindir manüel olarak kontrol edilir. Bu sistem, operatöre çürütücü içinden farklı seviyelerden çamur alımını sağlar ve çürütücü işletmesine yüksek esneklik kazandırır. Çürütücüde her iki yöne de dönebilen dikey bir yavaş karıştırıcı bulunmaktadır.

Kağıt, paçavra vs gibi atıkların mikser kanatlarına takılmasını önlemek için mikser periyodik olarak ters çalıştırılmalıdır. Sistemde bir çamur sirkülasyon pompası ve ısı eşanjörü bulunmakta olup çamur resirkülasyonu gerçekleşmektedir. Resirkülasyon çürütücü içindeki çamuru, taze çamur girişi ve genel çürütücü yapısı kaynaklı ısı kayıplarını gidermek, sistemi 35 °C de tutmak için uygulanmaktadır.

Resirkülasyon pompası çürütücüden çamuru alır ve doğrudan su/çamur ısı eşanjörüne pompalar ve oradan da tekrar taze çamur ile karışacağı çürütücü giriş yapısına iletir. Isı iletimi çürütücü dışında bulunan bir ısıtma sisteminden kaynaklanan sıcak su ile sağlanmaktadır. Çürütücü altında resirkülasyon pompaları ile tankı boşaltmak için bir emiş borusu bulunmaktadır. Çamur depolama tankına yönlendirilmektedir. Emniyet supabı, çürütücü sistemini yüksek basınç ve vakuma karşı korumaktadır. Bu sistemde, emniyet supabı (normal işletmede) alev tutucunun donmaması için bir emniyete sahiptir. İşletme odasında bir CH₄ gaz detektörü bulunmaktadır. Eşik değeri aşıldığı zaman, otomatik olarak havalandırma sistemi çalışacaktır. Sistem, betonarme Çürütücü Tankı, Reaktör dağıtım boruları, Yavaş Karıştırıcı, Anaerobik Çamur Sirkülasyon Pompaları, Isı Eşanjörü ve ilgili Enstrümanlardan oluşmaktadır. Tokat Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi çürütücü binası ve gaz depolama tankı Şekil 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.3 Çürütücü Binası ve Biyogaz Deposu

3.1.5. TAAT Yardımcı Üniteler

Çıkış suyunun oksijen konsantrasyonu kaskat havalandırma havuzu ile arttırılmaktadır. Bu durum çıkışta anaerobik şartların oluşmasını engellemekle beraber ayrıca alıcı ortamın (Yeşilirmak Nehri) oksijen konsantrasyonu dengesini sağlamada yardımcı olur. Kaskat havalandırma havuzu bir tarafı kaskat basamaklı betonarmedir. Atıksuyun, kaskat basamaklarından düşmesi ile hava teması sonucu oksijen konsantrasyonu arttırılmaktadır.

Koku kontrol sistemi Izgara ve Pompa İstasyonu ve Çamur Susuzlaştırma Ünitesinde oluşabilecek kötü kokuları önlemek için tasarlanmıştır. Izgara ve Pompa İstasyonunda bulunan fanı ve Çamur Susuzlaştırma Ünitesinde bulunan fanı, yapı içindeki havayı toplayacak ve havadaki H₂S gazını absorbe eden biofiltrelere göndermektedir. Arıtılmış hava atmosfere salınmaktadır. Biofiltre Kullanma Suyu Hidroforları ve sprinkler sistemi ile temizlenmektedir. Biofiltre yıkama suyu pH değeri bir pH metre ve Kostik Dozaj Pompaları ile kontrol edilmektedir. Yıkama suyu kapasitesi Nem Ölçer ve Otomatik Vanalar ile kontrol edilmektedir.

Servis Suyu Üniteleri, Atıksu Arıtma Tesisi çıkış suyu, kalan katı partiküllerinden arındırılmak üzere Kaskat Havalandırma Havuzundan alınarak Filtre Besleme Pompaları ile Kum Pompalarına pompalanmaktadır. Kum Filtreleri pnömatik vanalar ile kontrol edilen otomatik geri yıkama sistemine sahiptir. Filtrelenmiş su, depolanma amacı ile servis suyu tankına gönderilmektedir.

Servis Suyu Hidroforu, Mekanik Yoğunlaştırıcı, Belt Filtre Pres, Otomatik PE Hazırlama Üniteleri ve Koku Kontrol Sistemine servis suyu sağlamaktadır, ayrıca bu su yıkama ve sulama amaçlıda kullanılmaktadır. Servis Suyu Tankı betonarme prizmatik bir yapıdadır.

Kojenerasyon Santralinde bir adet 330 kW gaz jeneratörü bulunmaktadır. Biyogaz tankından gelen biyogaz Kojenerasyon motoruna basılmaktadır. Kojenerasyon motoru biyogazı yakarak elektrik enerjisine çeviren bir sistemdir. Yanma Sonucunda oluşan elektrik enerjisi sisteme beslenmektedir. Sistemde genel elektrik tüketiminden kazanım sağlanmaktadır. Motorun ceket soğutma suyu, sıcak su kaynağı olarak kullanılmaktadır. Sıcak su çamur çürütücünün ısıtılmasının yanında tesisteki idari bina ve atölyenin ısıtılmasında kullanılmaktadır. Yanma sonucu oluşan baca gazı üniteye bağlı olan baca ile atmosfere bırakılmaktadır.

Havalandırma Havuzları Blower Binası, Trafo Binası, Acil durum Gaz Jeneratör Binaları betonarmedir. Ana bina bir yapı olup bölümlere ayrılmıştır. Bunlar Elektronik Kontrol odası, Trafo bölümü, acil durum dizel jeneratörü kısmı bulunmaktadır. Binada hava üretmesi için kullanılan blowerları özellikleri $Q= 7350 \text{ m}^3/\text{h}$ $H_m= 700 \text{ mbar}$ hava beslemektedir. Binada Blowerların birim gücü 200 kW, toplam güc 800 kW'dır.

3.1.6. TAAT Yönetim ve Personel

Arıtma Tesisi 2010 yılından işletmeye alınmıştır. Tesis yapım ihalesi kapsamında Hata giderme/bildirme periyodunda (Defect Notification Period) 2012 yılına kadar yüklenici ve belediye tarafından ortak işletilen tesisi 2012 yılından itibaren belediye tarafından işletilmektedir. Belediye işletme faaliyetlerini yerine getirecek yetkinlikte personeli tesise görevlendirerek tesisin işletilmesini sağlamaktadır.

3.1.7. TAAT Ölçüm ve Analiz Metodları

Tokat Atıksu Arıtma Tesisinde tesisin verimli bir şekilde işletilmesi için gerekli olan tüm analizlerin yapıldığı laboratuvar bulunmaktadır. Tesiste periyodik olarak alınan giriş ham atıksu, arıtılmış atıksu, çamur keki ve diğer çamur numunelerin analizleri düzenli olarak yapılmaktadır. Ölçümler konvansiyonel metotlar ve hazır kitler kullanılmaktadır [29,30]. Tokat Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi laboratuvarı Şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.4 Tesis Laboratuvarı

3.2. 24 Saatlik Debi ve Kirlilik Değişim Tespit Çalışması

Atıksu Arıtma tesisine gelen atıksuların kirliliğinin tespit edilmesi ve arıtılan suyun kalitesinin belirlenmesi amacıyla alınan numuneler, tesis giriş ve çıkışında otomatik numune alma cihazları ile 24 saatlik kompozit olarak toplanmaktadır. Her bir saatte belirli bir hacimde numune alınmakta ve bu soğutmalı özel kabinde analiz saati gelene kadar bekletilmektedir. 24 Saatlik Debi ve Kirlilik Değişim Tespit Çalışması tesise gelen atıksuyun özelliklerinin değişimini detaylı olarak belirlenmesini amaçlamıştır. Bu amaçla her saat başında elle anlık numune alınmıştır. Alınan numunelerden tesis giriş debisine ağırlıklı olarak belirlenen hacimlerle 24 saatlik debi ağırlıklı kompozit numune oluşturulmuştur. Her saat başı alınan numuneler analiz edilmiş ve tabloya kaydedilmiştir. 24 saatlik debi ağırlıklı kompozit numune ve saatlik numune analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Saatlik numuneler 24 adet giriş ve 24 adet çıkış olmak üzere toplam 48 adet 1,5 lt'lik kaplarda alınmıştır. Kompozit numune 1 adet giriş ve 1 adet çıkış olmak üzere 2 Adet 20 lt'lik numune kabında oluşturulmuştur.

3.3. Yapay Sinir Ağı Çalışması

Yapay sinir ağı ile tesis performansının belirlenmesi çalışmasında esas amaç tesiste kayıtları yapılan analiz sonuçları ile tesis çıkışında elde edilen verilerin tahmin edilebilirliğinin araştırılmasıdır. Bu çalışma eldeki mevcut veriler ışığında tesis çıkışında ölçülen ve sonuçlarının çıkması zaman alan parametrelerin önceden tahmin edilmesidir. Tahmin değerlerinin yüksek oranlarda çıkması işletmede kolaylık sağlayacaktır.

Yapay Sinir ağları ile tesis performansının belirlenmesine ilişkin yapılan çalışmaların ortak noktası, yapay sinir ağı kurulum aşamasına bağlı olarak; YSA tipinin belirlenmesi, ağda kullanılacak verilerin derlenmesi, veriler üzerinde yapılan uyumlulaştırma ve verilerin ağa tatbik edilip ağın optimize edilmesidir. Bu kapsamda Tokat Atıksu Arıtma Tesisinden elde edilen veriler gerekli düzenleme işlemleri sonrasında MATLAB üzerinde oluşturulan YSA modeline tatbik edilmiş ve sonuçları değerlendirilmiştir. Yapılan işleme ilişkin metot sırasıyla açıklanmıştır.

3.3.1. Yapay Sinir Ağının Belirlenmesi

Çalışmada gizli ve çıkış katmanı olan çift katmanlı ileri beslemeli bir ağ kullanılacaktır. Gizli tabaka için tan-sigmoid transfer fonksiyonu ve çıkış tabakası için doğrusal transfer fonksiyonu kullanılacaktır.

3.3.2. Verilerin Toplanması ve Veri Ön Araştırma,

Atıksu arıtma tesisinin işletilmesinde kimyasal analizler haftada 3 kez bakılmaktadır. Tesis atıksu giriş debisinin ölçülmesi, pH, çözülmüş oksijen, sıcaklık gibi parametreler çevrimiçi ölçülmekte ve çamur analizleri de hafta içi günlerde düzenli olarak yapılmaktadır. Tesis numune alma ve verilerin kayıt edilmesine ilişkin haftalık olarak izlenen takvim Çizelge 3.3’de verilmiştir. Çalışmada kullanılan veriler, belirtilen aralıklarla yapılan analizler sonucu elde edilen sonuçlardır. Bu değerler öncelikle incelenmiş aşırı salınım yapan pik değerler yapay sinir ağı çıktı verilerinde ezberleme gibi problemlerin önüne geçmek adına çıkarılmıştır.

Çizelge 3.3 Tesis Analiz ve Veri Kayıt Düzeni.

Parametre	Giriş	Çıkış	Hav. Tankı	Geri Devir	Fazla Çamur	Yoğun. Çamur	Çamur Çürütücü	Çamur Keki
Debi	Sürekli	Sürekli		Hesap ile	Hesap ile	Hesap ile	Hesap ile	Hesap ile
Gaz Debisi							Sürekli	
Sıcaklık							Sürekli	
pH							Sürekli	
BOİs mg/L	3/hafta	3 /hafta						
KOI mg/L	3 /hafta	3 /hafta						
TAKM mg/L	3 /hafta	3 /hafta						
TN mg/L	3 /hafta	3 /hafta						
TP mg/L	3 /hafta	3 /hafta						
Amonyum N	3 /hafta	3 /hafta						
Nitrat N		3 /hafta						
Nitrit N		3 /hafta						
Çöz. Oksijen		Günlük						
Alkalinite							Günlük	
Yağ Asitleri							3 Kez/hafta	
ÇHI			Günlük					
Toplam Kuru Madde				Günlük	Günlük	Günlük	Günlük	Günlük

Gerçek sistemden elde edilen ölçüm değerleri YSA modelinde kullanılabilecek yapıya sahip değillerdir. Verilerin normalizasyonu, girdi setindeki her bir parametrenin modelin tahmin işlemine eşit ölçüde katkıda bulunmasını sağlar [24]. Bu kapsamda verilerin normalizasyonu yapılmıştır. Yaygın olarak kullanılan (0-1) aralığı seçilmiştir. Kullanılan normalizasyon formülü aşağıda verilmiştir.

$$X \text{ norm} = (X_{\text{gerçek}} - X_{\text{min}}) / (X_{\text{max}} - X_{\text{min}})$$

Tesis giriş ve çıkış verileri arasında ilişki araştırılmıştır. Yapay Sinir Ağı Girdi verilerinin belirlenmesi için veriler arasındaki korelasyon değerleri çıkarılmıştır.

Değerlerin sonuçlarına göre yapay sinir ağı giriş veri setleri ve parametreler belirlenmiştir. Tahmini yapılacak olan parametreler, Çıkış Kimyasal Oksijen İhtiyacı KOİ, Çıkış Biyolojik Oksijen İhtiyacı BOİ₅, Toplam Azot TN, Toplam Fosfat ve tesisin tasarım parametrelerinden olan Amonyum Azotu NH₄-N'dur. Sayılan çıkış parametrelerinin tahmini için tesiste analizi yapılan tüm parametreler denenecek ve en yakın çıktı değerleri olan parametreler giriş parametresi olarak nitelendirilecektir.

3.3.3. Yapay Sinir Ağının Eğitim ve Sınanması,

Yapay sinir ağının eğitimi ve sınanması tahmin değerinin yükseltilmesi için gerekli bir basamaktır. Eğitim, sına-doğrulama işlemi hazırlanan veri setlerinin belirli oranlar üzerinden sinir ağına tatbik edilmesi ile yapılmaktadır. Tesisten alınan 385 verinin %60'lık kısmı eğitim için, %20'lik kısmı doğrulama işlemi için ve kalan %20'lik kısım ise test verisi olarak kullanılacaktır. Eğitim işlemi belirli eğitim algoritmaları ile yapılmaktadır. Bilinen 13 eğitim algoritmasından her bir algoritma uygun tahmin değerinin elde edilmesi için yapay sinir ağının eğitiminde ayrı ayrı kullanılacaktır. Yapay sinir ağında bulunan nöron sayısı da ağın daha iyi sonuç vermesi adına arttırmak ve azaltmak suretiyle optimize edilecektir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Tokat Atıksu Arıtma Tesisi Atıksu Karakterinin Belirlenmesi,

Tokat Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi evsel atıksu arıtma tesisi olarak tasarlanmıştır. Endüstriden kaynaklanan atıksuların ön arıtma şartlarını sağlayarak kanalizasyona bağlanacağı kabulü ile kurgulanmıştır. Bu şartlarda tesis evsel nitelikli atıksuları arıtarak alıcı ortama yasal mevzuat limitlerinde deşarj edecektir. Tesisin atıksu karakterinin belirlenmesi için tesiste tutulan kayıtlar incelenmiş ve ayrıca 24 saatlik debi ve kirlilik değişim çalışması yapılmıştır.

4.1.1. 24 Saatlik Debi ve Kirlilik Değişim Çalışması

Tesis giriş ve çıkışından bir gün boyunca her saat alınan numuneler soğutmalı ortamda muhafaza edilerek analizleri yapılmıştır. Yine oluşturulan kompozit numunenin analizleri yapılmıştır. Toplam kirlilik yükünün debiye oranlanması ile bulunan debi ile ilişkilendirilmiş konsantrasyon değerleri de elde edilmiştir. Tüm bu sonuçlar değerlendirildiğinde analiz sonuçlarının birbirine yakın olduğu görülmektedir. En büyük fark giriş TAKM parametresinde olduğu görülmüştür. Bu durumun nedeninin numune saklama kaplarının (1,5 lt) uzunlamasına olmasından ve tam dolu olmasından dolayı kompozit numune hazırlanırken tam karışımın sağlanamamış olmasından kaynaklanmıştır. Ölçüm ve analiz sonuçları Çizelge olarak Ek-1’de verilmiştir.

4.1.2. Atıksu Karakter Değerlendirmesi

Tesiste rutin yapılan analiz sonuçlarından Ocak 2015 ve Mart 2018 tarihleri arasındaki 385 sonuç incelenmiş ve tesisin giriş atıksu karakteri bulunmuştur. Ayrıca 10.04.2018 tarihinde 24 saatlik kirlilik değişim çalışması da yapılarak bir günlük atıksu kirlilik incelemesi yapılmıştır. Bu iki çalışma sonuçları atıksu karakteri olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca tesisin tasarım parametreleri ile bu iki çalışma sunucunun aralarındaki yakınlık görülmüştür. Tesisin Ocak 2015 ve Mart 2018 tarihleri arasında kabul ettiği atıksu kirlilik parametre değerleri ortalama olarak sırasıyla; BOİ₅ 208±105 mg/L, KOI 449±152 mg/L, TAKM 200±105 mg/L, TN 55±13 mg/L, TP 5,60±1,1 mg/L dir. 10.04.2018 tarihinde yapılan 24 saatlik kirlilik izleme çalışmasında çıkan değerler sırasıyla; BOİ₅ 279±126 mg/L, KOI 427±156 mg/L, TAKM 197±92 mg/L, TN 73±30 mg/L, TP 5,41±1,47 mg/L dir. İki veri grubu arasındaki ilişki incelendiğinde; BOİ₅ değerinin 24 saatlik veride diğerine nazaran daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum uzun dönemde alınan verinin 24 saatlik veriye oranla

ortalama değerinin yaklaşık % 40 oranında az gelmesi, 24 saatlik verinin yukarı salınım yaptığı anlamına gelmektedir. Aynı durum toplam azot (TN) parametresi için de geçerli olup bu parametrede 24 saatlik veride genel veri grubuna oranla yaklaşık % 33 fazla çıkmıştır. KOİ, TAKM ve TP parametrelerin değerleri oldukça yakındır.

Tokat Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisinin tasarım değerleri Qortalama debi üzerinden 2020 yılı için sırasıyla; BOİ₅ 305 mg/L, KOI 605 mg/L, TAKM 300 mg/L, TN 57,3 mg/L, TP 10,4 mg/L dir [32]. Tasarım değerleri ve diğer değerler mukayese edildiğinde genel olarak tasarım değerlerinin yakalanamadığı görülmektedir. Tasarım değerleri parametre bazında uzun dönem verilerinden yüksek olarak görülmektedir. Tokat Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisine gelen atıksuların uzun dönemde, 24 saatlik ve tasarım parametreleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Atıksu Arıtma Tesisinin tasarımında birinci faz 2020 yılı ve ikinci faz 2035 yılı için günlük kişi başı evsel kirlilik miktarları sırasıyla; BOİ₅ 40 gr/kişi/gün, KOI 80 gr/kişi/gün, TAKM 45 gr/kişi/gün, TN 8 gr/kişi/gün, TP 1,5 gr/kişi/gün dür [32]. Bu değerler 33.000 sanayi eşdeğer nüfusu ve 33.120 m³/gün ortalama debi üzerinden hesaplandığında sırasıyla; BOİ₅ 43,35 gr/kişi/gün, KOI 85,99 gr/kişi/gün, TAKM 42,64 gr/kişi/gün, TN 8,14 gr/kişi/gün, TP 1,47 gr/kişi/gün dür. 24 saatlik debi ve kirlilik değişim çalışmaları 10.04.2018 tarihinde yapılmıştır. Debi 30.440,14 m³/gün olarak ölçülmüştür. 2018 Tokat Merkez nüfusu 154.495 kişidir [33]. Bu tarihteki mevcut nüfus değeri ve 33.000 kişi ayi nüfusu kabulü 187.495 kişidir. Bu değer üzerinden hesaplandığında kirlilik miktarı sırasıyla; BOİ₅ 45,29 gr/kişi/gün, KOI 69,16 gr/kişi/gün, TAKM 32,31 gr/kişi/gün, TN 11,85 gr/kişi/gün, TP 0,87 gr/kişi/gün dür. BOİ₅ ve TN parametresinin 2020 değerinden fazla olduğu diğer parametrelerde oranın % 60 - 80 arasında olduğu görülmüştür.

Atıksu arıtma tesisinin tasarımında kişi başı günlük su tüketimi 130 litre ’dir. Ortalama debinin 26.000 m³ kısmı evsel, 3.664 m³ kısmı sanayi ve 3456 m³ kısmı sızma debisi olarak alınmıştır [32]. 24 saatlik debi çalışmasında elde edilen debi değeri 30.440,14 m³/gün’ dür. Bu değerden sızma ve sanayi değerlerini çıkardığımızda 23.320,14 m³/gün değer elde edilir. Bu değer güncel nüfusa 154.495’e bölündüğünde kişi başı günlük tüketim yaklaşık olarak 151 litre olarak bulunmaktadır. Tasarım değeri 130 litre iken güncel kişi başı üretilen atıksu miktarının 151 litre/kişi/gün olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.1 Atıksu Arıtma Tesisi Ham Atıksu Tasarım ve Gerçekleşen Değerleri.

Parametre	Birimi	2015-2018	24 Saatlik	Tasarım Q_{maks}
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	mg/lt	208	279	305
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/lt	449	426	605
Toplam Askıda Katılar (TAKM)	mg/lt	200	199	300
Toplam Azot (TN)	mg/lt	55	73	57,3
Toplam Fosfor (PO ₄ ⁻³ -P)	mg/lt	5,6	5,41	10,4

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yaptırılan TÜRAAT Projesi kapsamında 332 adet AAT'nde 2015 yılı için bildirilen 1 yıllık ortalama atıksu analiz sonuçlarına göre değer hesaplanmış ve Türkiye için Evsel Atıksu Karakterizasyonu belirlenmiştir [15]. Bu değerler Çizelge 4.2'de verilmiştir. Türkiye için Evsel Atıksu Karakterizasyonu değerleri ile Tokat Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisine gelen uzun dönem verilerinin benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Çizelge 4.2 Türkiye için Evsel Atıksu Karakterizasyonu [15].

Parametre	Birimi	Konsantrasyon
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	mg/lt	191
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/lt	444
Toplam Askıda Katılar (TAKM)	mg/lt	232
Toplam Azotu (TN)	mg/lt	46
Toplam Fosfor (PO ₄ ⁻³ -P)	mg/lt	6

Arıtılmamış, ham evsel atıksuyun kompozisyonu zayıf, orta ve yoğun konsantrasyon olarak üç kategoriye ayrılmıştır[1]. Çizelge 4.3'de Evsel Atıksu Kompozisyonu verilmiştir. Tokat Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisine gelen atıksu bu kategorizasyona tabi tutulduğunda: 2015 - 2018 yılları arasındaki verilerde orta konsantrasyonda bir karakter olduğu görülmektedir. 24 saatlik araştırmada genel olarak orta konsantrasyonda olduğu görülmektedir. Ancak toplam azot değerinin yoğun konsantrasyon değerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Ayrıca tasarım değerlerinin bu skalada incelenmesi durumunda tesisin orta ve yoğun atıksu karakterine hizmet edecek özellikte tasarlandığı görülmektedir.

Çizelge 4.3 Ham Evsel Atıksuların Tipik Kompozisyonu [1].

Parametreler	Birimi	Konsantrasyon		
		Zayıf	Orta	Yoğun
Toplam Katılar	mg/lt	390	720	1230
Çözünmüş Katılar	mg/lt	270	500	860
İnorganik	mg/lt	160	300	520
Organik	mg/lt	110	200	400
Askıda Katılar	mg/lt	120	210	400
İnorganik	mg/lt	25	50	85
Organik	mg/lt	95	160	315
Çökelebilen Katılar	mg/lt	5	10	20
BOİ ₅ 20°C	mg/lt	110	190	350
Toplam organik Karbon	mg/lt	80	140	260
KOİ	mg/lt	250	430	800
Toplam Azot	mg/lt	20	40	70
Organik	mg/lt	8	15	25
Serbest Amonyak	mg/lt	12	25	45
Nitrit	mg/lt	0	0	0
Nitrat	mg/lt	0	0	0
Toplam Fosfor	mg/lt	4	7	12
Organik	mg/lt	1	2	4
İnorganik	mg/lt	3	5	8
Klorür	mg/lt	30	50	90
Sülfat	mg/lt	20	30	50
Yağ ve Gres	mg/lt	50	90	100
Toplam koliform	Sayı/100mL	10 ⁶ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹	10 ⁷ -10 ¹⁰
Fekal koliform	Sayı/100mL	10 ³ -10 ⁵	10 ⁴ -10 ⁶	10 ⁵ -10 ⁸
Cryptosporidium ookist	Sayı/100mL	10 ⁻¹ -10 ⁰	10 ⁻¹ -10 ¹	10 ⁻¹ -10 ²
Giardia lamblia kistleri	Sayı/100mL	10 ⁻¹ -10 ¹	10 ⁻¹ -10 ²	10 ⁻¹ -10 ³

4.2. Tokat Atıksu Arıtma Tesisi Arıtma Performansı,

Atıksu Arıtma tesisine gelen atıksuyun arıtılarak alıcı ortam olan Yeşilırmak Nehrine deşarj edilmesi arıtma tesisinin esas amacını oluşturmaktadır. Tesise gelen atıksuyun karakteri tesis tasarımı ile birebir uyumlu olmayıp farklılık gösterdiği uzun dönem analiz verilerinde ve 24 saatlik debi ve kirlilik değişim çalışmasında görölmüştür. Verimli bir işletme şartı için tasarım değerlerine uyumluluk önem arz etmektedir. Tesise gelen parametreler sırasıyla Debi, Sıcaklık, pH, BOİ, KOİ, TAKM, TN,

Amonyum Azotu ve TP olarak hem uzun dönem verisi hem 24 saatlik değişim çalışması olarak incelenecektir.

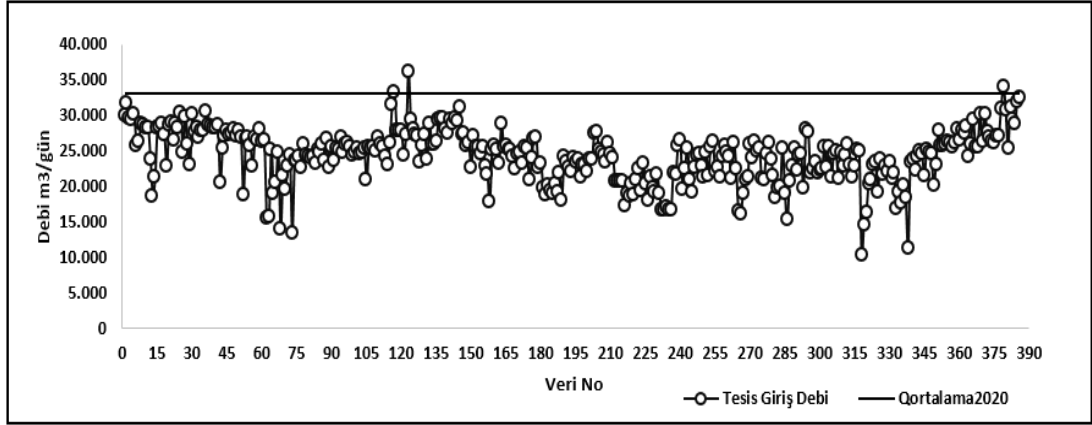
Tokat Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi, deşarj limitleri olarak Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine tabidir. 01.01.2018 tarihi ile ilgili yönetmelikte yapılan yenileme ile tesis, Kentsel Atıksu Arıtma Yönetmeliğine tabi olmuştur. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde 2 saat ve 24 saatlik kompozit numuneler ile değerlendirme yapılırken Kentsel Atıksuların Arıtılması Yönetmeliği 24 saatlik kompozit numune veya % Verim ile değerlendirme yapmaktadır. Her iki yönetmeliğin sınır değerleri Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.4 Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (a) ve Kentsel Atıksu Arıtma Yönetmeliği (b) Deşarj Limit değerleri [4,11].

Parametre	(a)		(b)	
	2 saat	24 saat	24 saat	Verim %
BOI ₅ mg/L	40	35	25	70-90
KOI mg/L	120	90	125	75
TAKM mg/L	40	25	35	90
TN mg/L			10	70-80
TPmg/L			2	80
pH	6-9	6-9	6-9	6-9

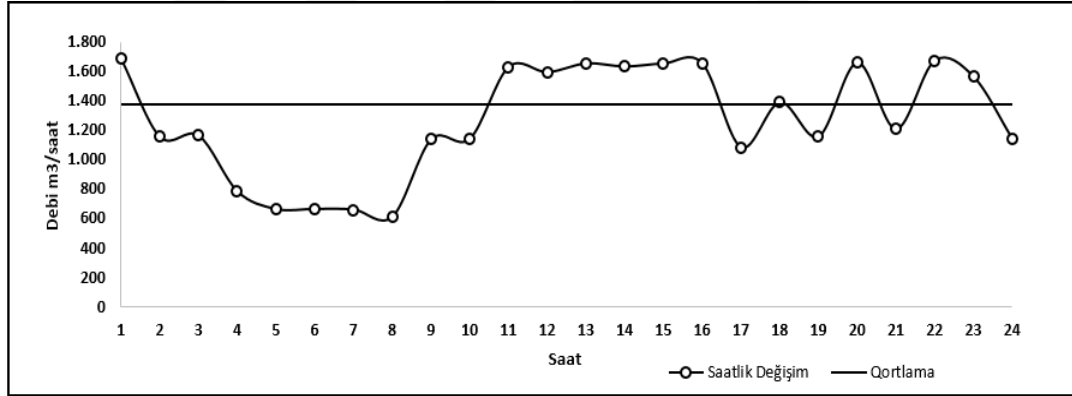
4.2.1. Atıksu Debisinin İncelenmesi,

2015- 2018 yılları arasında tesiste yapılan ölçüm sonuçlarına göre tesise gelen atıksu debisi Şekil 4.1'de verilmiştir. Tesise gelen debi arıtılıp deşarj edildiğinden hesaplamalarda giriş debisi esas kabul edilmektedir. Tesise gelen debi $Q_{ortalama}$ 2020 debisinin altında gelmektedir. Tesis hidrolik tasarım maksimum debi üzerinden yapıldığından tesisi hidrolik olarak zorlayacak debi bulunmamaktadır. 2015 - 2018 yılları arasındaki veriler incelendiğinde debi olarak en yüksek ve en düşük debi değerleri sırasıyla 36.218,84 m³/gün ve 10.405,22 m³/gün dür. Ortalama değer 24.379,86±3.805 m³/gün dür. Şekil 4.1'de verilen ortalama 2020 yılı debisi 33.120 m³/gün dür.



Şekil 4.1 Tesis Giriş Atıksu Debi (2015 - 2018 yılları arasında tesiste yapılmış olan ölçüm değerleri)

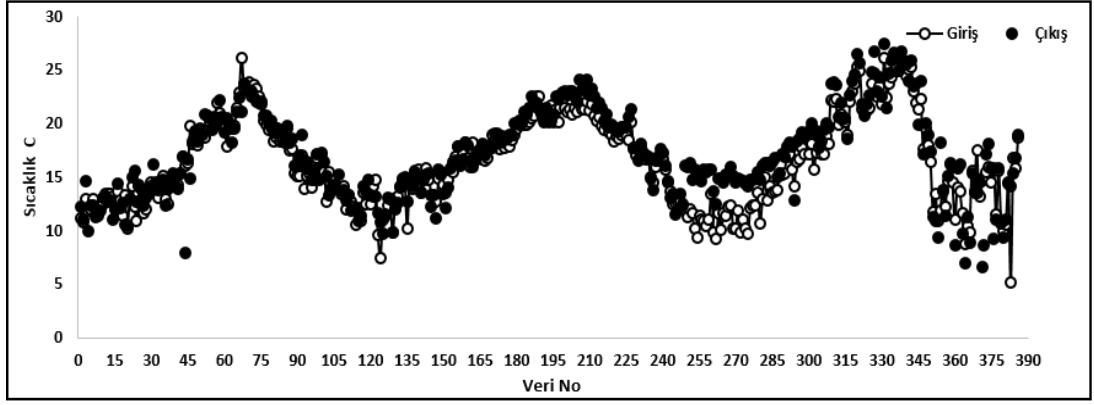
24 saatlik debi incelemesi çalışmasında bir gün içerisinde tesise ulaşan saatlik debi de görülmüştür. Bu debi salınımı Şekil.4.2’de görülmektedir. Ölçülen debi 30.440,14 m³/gün’ dür. Şehirdeki saatlik su kullanımına bağlı olarak tesise ulaşan debi açıkça şekilde görülebilmektedir. Şekil 4.2’de verilen ortalama 2020 yılı debisi 1380 m³/saat tir.



Şekil 4.2 Günlük Debi Değişim Grafiği (10.04.2018 tarihinde yapılan ölçüm sonuçları)

4.2.2. Sıcaklık parametresinin incelenmesi,

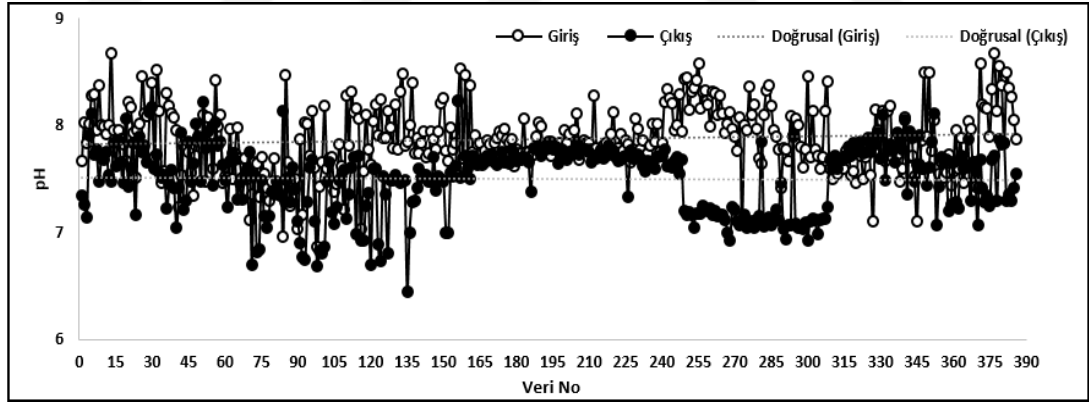
Sıcaklık parametresi atıksuyun biyolojik olarak arıtılmasında önemli bir parametredir. Tesise gelen atıksuyun 2015-2018 yılları arasında yapılmış olan ölçüm sonuçlarına göre olan sıcaklık değişimi Şekil 4.3.’de verilmiştir. Çıkış sıcaklık değerleri girişe paralel olarak ilerlemektedir.



Şekil 4.3 Tesis Giriş, Çıkış Sıcaklık Değişim Grafiği (2015 - 2018 yılları arası ölçülen veriler)

4.2.3. pH parametresinin incelenmesi,

pH parametresi tesise giriş atıksuyu ve çıkış deşarj suyunda düzenli olarak bakılmaktadır. Değerler incelendiğinde pH'ın belirli oranda düşürülerek deşarj edildiği görülmektedir. Genel olarak pH verilerindeki dalgalanmaların yoğun olması tesise gelen atıksuyun muhtemel endüstriyel atıksu karışımından kaynaklanabileceği değerlendirilmektedir. pH parametresinin veri setindeki değişimi Şekil 4.4'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Tesis Giriş, Çıkış pH Değişim Grafiği (2015 - 2018 yılları arası ölçülen veriler)

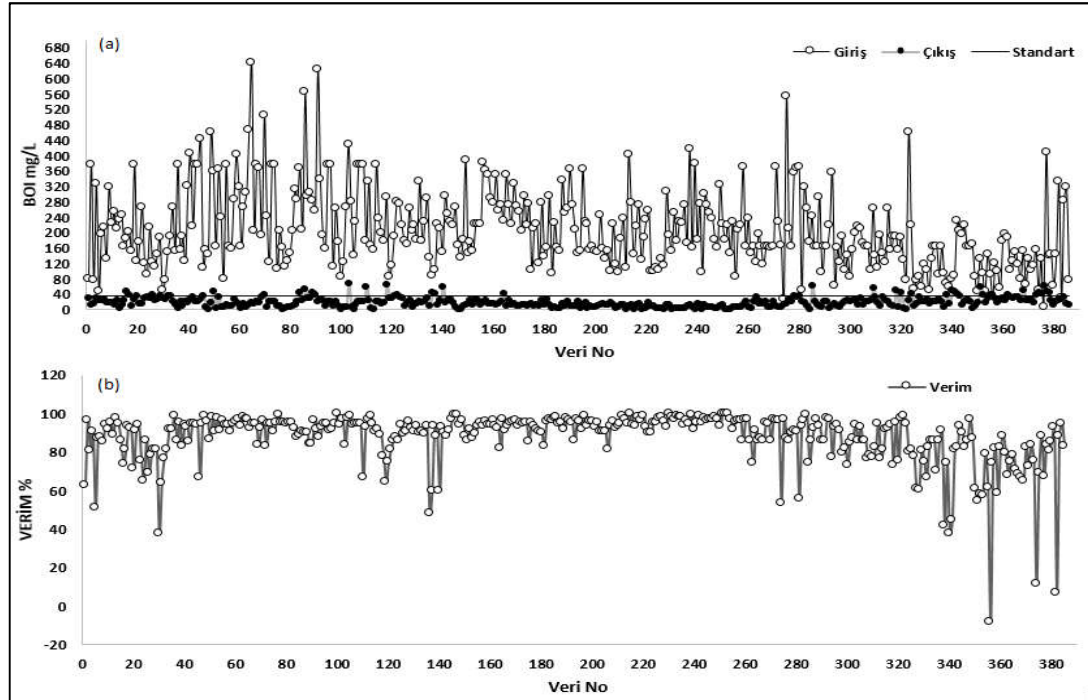
4.2.4. BOİ₅ parametresinin incelenmesi,

Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ₅), parametresi yönünden tesisin performansı değerlendirildiğinde aşağıdaki durum görülmektedir. Tesisin tasarım parametresi 305 mg/L olarak kabul edilmiştir. Ön çöktürme tanklarında %25 giderim ve öncesinde süzüntü suyu ile %10 oranında artarak havalandırma havuzu girişinde 249,09 mg/L olarak verilmiştir[16,28]. Bu değer üzerinden %90 verim ile 25 mg/L çıkış değeri kabul edilmiştir. Tesise giriş atıksu değeri ortalama BOİ₅ 208±104 mg/L, ortalama

çıkış değeri $19,28 \pm 13$ mg/L'dir. Giriş değeri ile çıkış değeri üzerinden verim hesaplandığında % 91 olarak bulunmuştur. Giriş atıksu değeri tasarım değerinin altındadır. Çıkış değeri ise Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ve Kentsel Atıksuların Arıtımı Yönetmeliğinin tanımladığı limitlerin altındadır. Tesis giriş değerlerinin zamanla en yüksek 642 değerini en küçük 28 değerini görmesi ciddi dalgalanmaların olduğunu ifade etmektedir. Dalgalanmalar sonucu tesis arıtma faaliyeti ve bakteri çeşitliliği etkilenmekte ve arıtma verimini olumsuz etkilemektedir. Dalgalanmaların ana nedeninin endüstriyel ham atıksuyun kanalizasyona deşarjının yapılmasından ötürü olduğu değerlendirilmiştir. 24 saatlik yapılan atıksu karakter çalışmasında da gelen ve arıtılan atıksu değerleri uzun dönem verisi ile Çizelge 4.5'de verilmiştir. Bu çizelgede de görüldüğü üzere stabil bir atıksu girişi tesiste izlenmemiştir. Giriş ve çıkış değerleri ile bu iki değere bağlı giderim yüzdesi Şekil 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Tokat AAT BOI_s parametre verileri

BOI mg/L	2015-2018		24 saatlik	
	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış
Ortalama	208,8	19,28	279	15
En Yüksek	642	69	546	46
En Küçük	28	0	105	6
St. Sapma	104,47	13,04	126	6
Verim %	91		95	



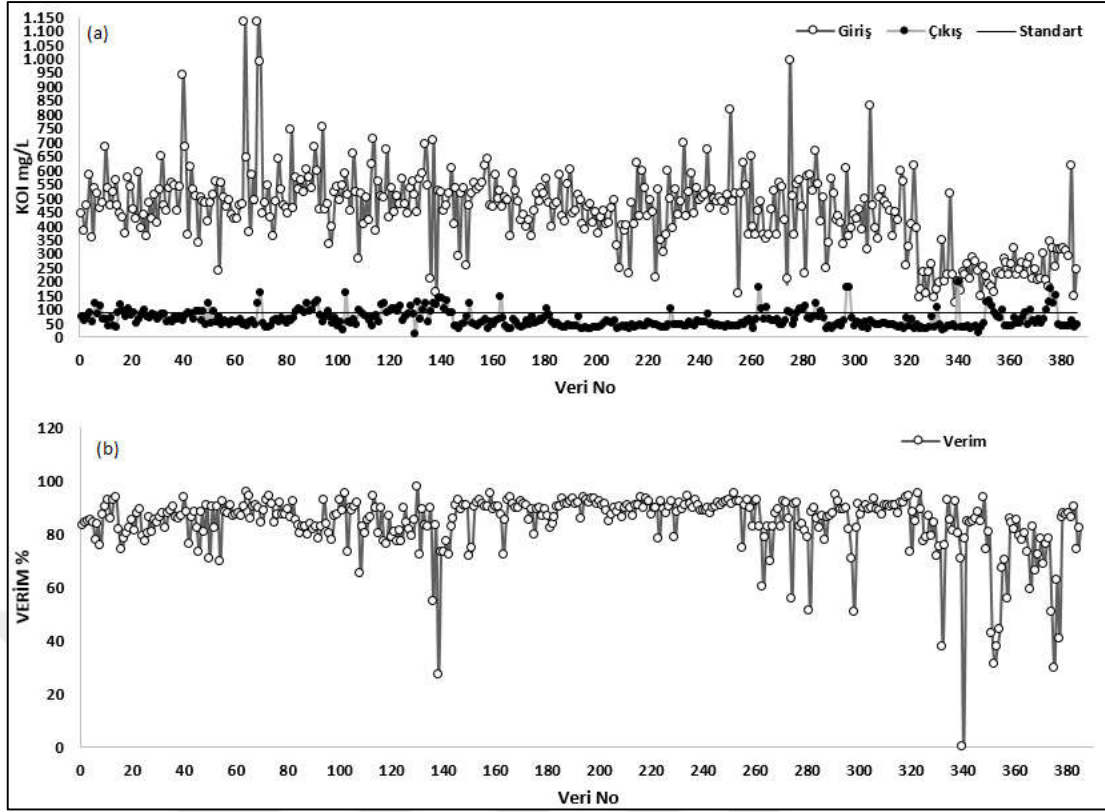
Şekil 4.5 Tesis Giriş, Çıkış BOI Değişim (a), Verim Grafiği (b). (2015 - 2018 yılları arası veriler)

4.2.5. KOİ parametresinin incelenmesi,

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) parametresinin atıksu arıtma tesisinde kullanılan tasarım değeri olan 605 mg/L'dir. 2015 - 2018 yılları arasında gelen değerler incelendiğinde ortalama olarak 449,07±152 mg/L olarak gelmektedir. Bu değer tasarım değerinin % 75 ine denk gelmektedir. Tesis ortalama değeri tasarım değerinin altında olması nedeniyle rahatlıkla arıtılabilecek durumdadır. En yüksek değer 1130mg/L olması en düşük değer 152,2 mg/L olması Şekil 4.6 da görülebileceği gibi farklılık göstermektedir. Değişkenlik giriş atıksu karakterinin Çizelge 4.3'de verilen ham su karakterlerinde kolaylıkla yoğun, orta ve zayıf kategoride olabileceğini göstermektedir. Bu durum havalandırma havuzunda arıtma gerçekleştiren bakterilerin stresini artırmakta ve çıkış suyu kalitesinin stabilitesini olumsuz etkileyebilecek niteliktedir. Çıkış suyu değerleri incelendiğinde ortalama 63,93±30,61 mg/L olduğu görülmektedir. Bu değer her iki yönetmelik limit değerleri altında bulunmaktadır. Şekil 4.6'da verilen giriş çıkış verileri ve verim grafiği incelendiğinde çıkış parametresinin zaman zaman giriş atıksuyuna bağlı olarak belirlenen deşarj limitini aştığı görülmektedir. Ayrıca 10.04.2018 tarihinde günlük atıksu değişiminin izlenmesi için yapılan atıksu karakter çalışması sonucunda da (Çizelge 4.6) görüldüğü üzere bir gün içerisinde karakterin orta ve yoğun kirlilikte olduğu görülmüştür. Tesiste alınan numunelerin bir günlük gelen atıksuyu ifade eden kompozit numune olduğu göz önünde bulundurulduğunda uzun dönem verilerinde en yüksek değer olan 1130 mg/L değerinin bir günlük kirlilik değerlerinin ortalaması ve seyrelmesi sonucunda olduğu anlaşılmaktadır. Bu verinin edinildiği kompozit numunedeki saatlik veya anlık yüklemenin çok yüksek konsantrasyonda olduğu muhtemel seyrelme etkisi ile kestirilebilmektedir. Biyolojik bir arıtma tesisinin yüksek KOİ yüklerine, pik değerler maruz kalması çıkış kalitesini ciddi olarak olumsuz yönde etkilemektedir.

Çizelge 4.6 Tokat AAT KOİ parametre verileri

KOİ mg/L	2015-2018		24 saatlik	
	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış
Ortalama	449,07	63,93	426,96	46,51
En Yüksek	1.130	198	745,00	74,30
En Küçük	123	11,5	178,00	30,50
St. Sapma	152,2	30,61	155	10,08
Verim %	86		89	



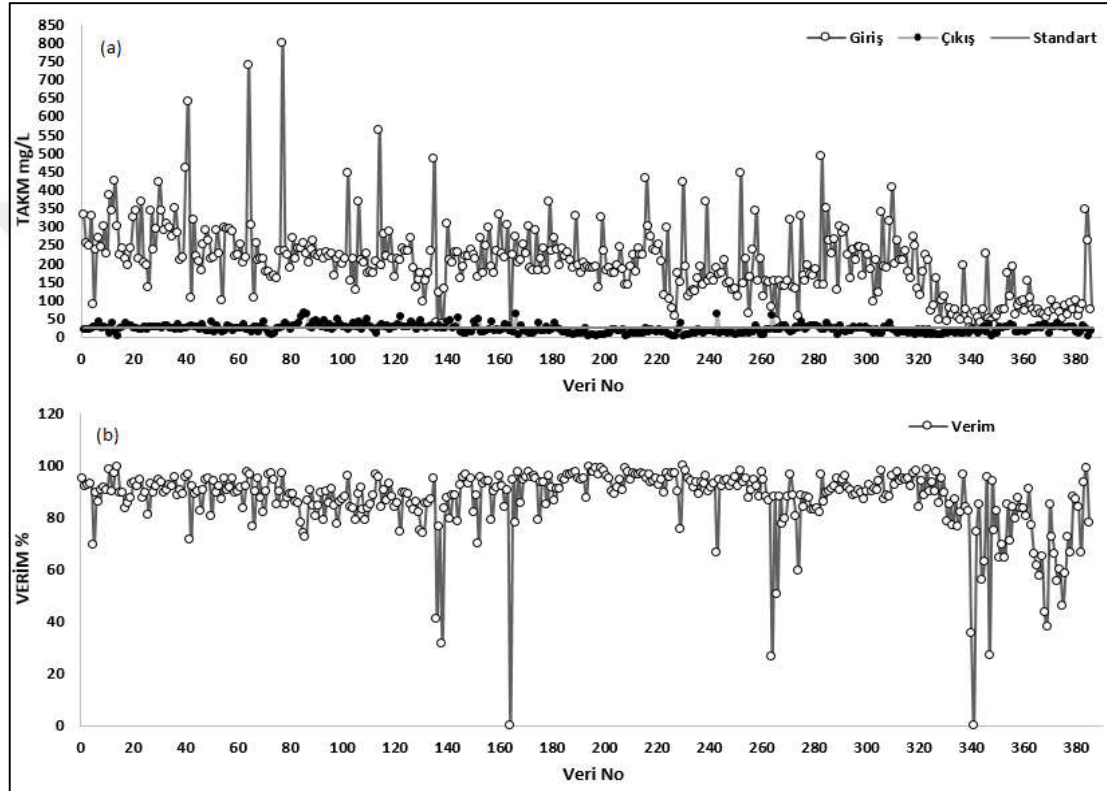
Şekil 4.6 Tesis Giriş, Çıkış KOİ Değişim (a), Verim Grafiği (b) (2015 - 2018 yılları arası veriler)

4.2.6. TAKM parametresinin incelenmesi,

Toplam Askıda Katı Madde parametresinin tasarım verisi 305 mg/L'dir. 2015-2018 yılları arasında alınan verilerde ortalama değer 200 ± 105 mg/L'dir. Tesis tasarım gereği rahatlıkla bu kirlilikteki bir atıksuyu arıtabilecek kapasitede olup çıkış ortalama değer $20,87 \pm 12$ mg/L olup standart değerler altındadır. Tesiste ayrıca ön çökeltim ünitesinin bulunması havalandırma havuzlarına giden TAKM yükünü düşürmektedir. Tesis giriş ve çıkış değerleri ve verim Şekil 4.7'de verilmiştir. Şekil incelendiğinde arıtma veriminin her iki araştırma sonucuna göre % 90 ve üzerinde olduğu görülmektedir. Yine şekilde verilen standart çıkış, limit değerinin zaman zaman aşıldığı görülmektedir. Bunun esas nedeni tesiste suyun toplam askıda katı madde olarak arıtılmamasından değil proses performansına, aşırı pik endüstriyel atıksu yüklemelerine bağlı çamur yükselmesi vb. nedenler ile savaklardan kaçan çamurlardan ileri gelmektedir. Yapılan detaylı düzenleyici, önleyici faaliyetlerle bu gibi problemlerin önüne geçilebilir.

Çizelge 4.7 Tokat AAT TAKM parametre verileri.

TAKM mg/L	2015-2018		24 saatlik	
	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış
Ortalama	200	20,87	197,2	18
En Yüksek	798	67,2	388	40
En Küçük	14,4	1,2	68	8,4
St. Sapma	105	12	92	8
Verim %	90		91	



Şekil 4.7 Tesis Giriş, Çıkış TAKM Değişim (a), Verim Grafiği (b) (2015 - 2018 yılları arası veriler)

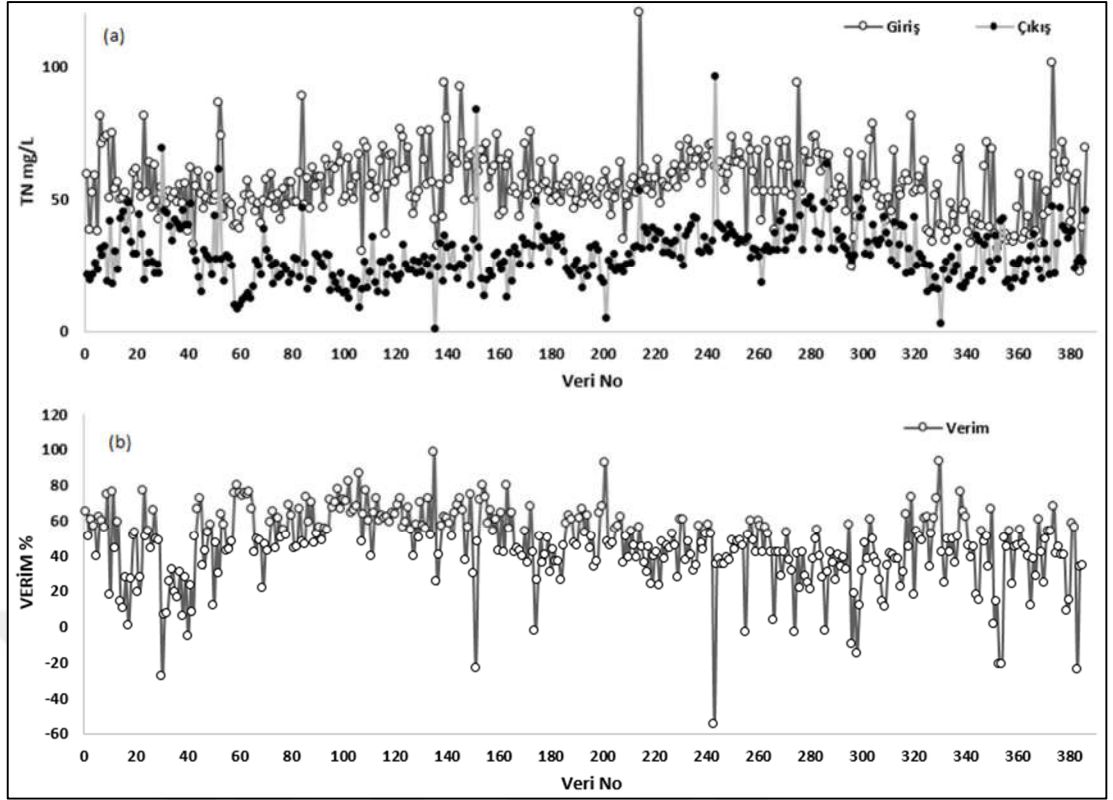
4.2.7. TN parametresinin incelenmesi,

Toplam Azot parametresi, Organik azot (N_{org}), Amonyum Azotu NH_4-N , Nitrit NO_2-N ve Nitrat NO_3-N azotlarının toplamından oluşmaktadır. Tokat Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi toplam azot parametresinin arıtılmasının yanında projenin özel amacına yönelik Amonyum azotunun arıtılmasına yönelik tasarlanmıştır[32]. Tesiste yapılan ölçümlerde azot değerleri, giriş, çıkış ve 24 saatlik günlük atıksu karakterinin incelenmesi çalışması sonucu ile belirlenmiştir. Bu değerler tesisin atıksu azot karakterini göstermektedir. Tesisin tasarım parametresi 57,3 mg/l'tir. 2015- 2018 yılları arasında gelen ortalama TN konsantrasyonu $55,29 \pm 12,75$ mg/L'dir. Bu değer

tasarım değerine yakındır. 24 saatlik debi incelemesi sonucunda bulunan ortalama konsantrasyonu $72,61 \pm 29,67$ mg/L'dir. Değerler tasarım değerlerine göre arıtma tesisi tarafından kütleli yük olarak bakıldığında azdır ($1347,56$ kg/gün $<$ $1901,214$ kg/gün). Arıtılabilir olarak görülebilir, fakat atıksuyun biyolojik olarak arıtılabilmesi için belirli oranlarda kirliliği ihtiva etmesi gerekmektedir[34]. Bu durum Karbon, Azot, Fosfor oranı olarak bilinmektedir. Tokat Atıksu Arıtma Tesisine gelen atıksu karakteri biyolojik arıtma için anılan literatür değerlerinin dışına çıkmaktadır. 100:10:1 bilinen değer ortalama atıksu karakteri için yaklaşık 200:50:5 dolayında, 100:25:2,5 olduğu görülmektedir. Ön çökeltim çıkışı, aerobik tank öncesi Karbon Azot oranının 100:20 üzerinde olması denitrifikasyon basamağının verimli çalışmamasına neden olmaktadır. Görüldüğü üzere karbon azot dengesinin istenilen seviyelerde gelmemesi azot parametresinin yüksek verimli arıtılmasına engel olmaktadır. Çıkış deşarj atıksu değerleri ve parametreleri incelendiğinde toplam azot değerini yükselten verinin nitrat azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$) olduğu görülmüştür. Bu durum havalandırma havuzlarındaki nitrifikasyon ve denitrifikasyon basamaklarından denitrifikasyonun istenilen ölçüde olmamasından kaynaklanmaktadır. Tesise gelen karbon kaynağının nitratın azot gazına denitrifiye edilmesi için yeterli olmadığı görülmektedir. Tesiste bulunan çamur çürütücünün verimli işletilmesi için kurulan ön çökeltim tanklarının çalışması denitrifikasyon için gerekli olan karbonun azalmasına neden olmaktadır. Diğer taraftan tesise gelen BOI_5 kabullenilen değerden azdır. Denitrifikasyon işlemi için ilave karbon kaynağı veya azot deşarjını artıran spesifik atıksu deşarjlarının araştırılması gerekmektedir. 2015-2018 tarihleri arasında ve 24 saatlik yapılan inceleme sonucunda bulunan toplam azot değerleri Çizelge 4.8'da verilmiştir. Tesise uzun dönem gelen toplam azot ve verim değerleri Şekil 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8 Tokat AAT TN parametre verileri

TN mg/L	2015-2018		24 saatlik	
	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış
Ortalama	55,29	29,33	72,61	28,06
En Yüksek	120	96,2	176	36,40
En Küçük	22,3	0,74	32,3	12,8
St. Sapma	12,75	11,16	29,67	6,08
Verim %	47		63	



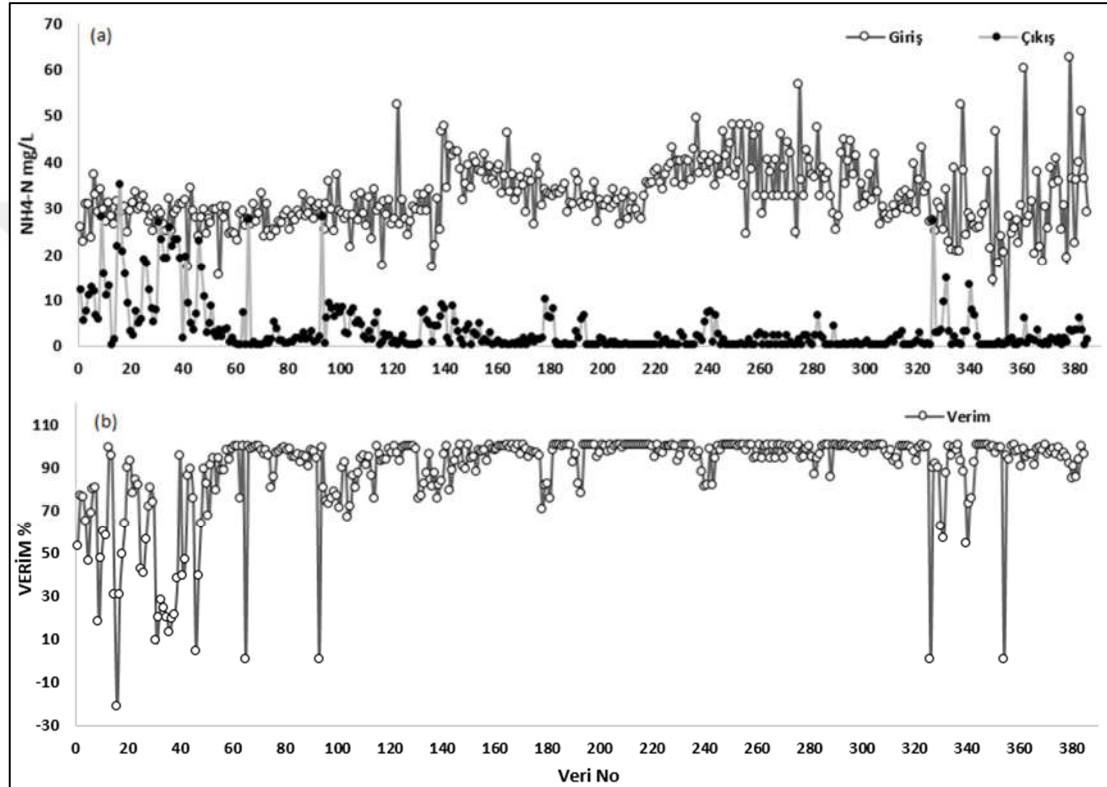
Şekil 4.8 Tesis Giriş, Çıkış TN Değişim(a), Verim Grafiği (b) (2015 - 2018 yılları arası veriler)

4.2.8. $\text{NH}_4\text{-N}$ parametresinin incelenmesi,

$\text{NH}_4\text{-N}$ parametresinin tesis deşarj limit değeri 2 mg/L 'dir. Bu parametre limiti aynı zamanda AB Atıksu Arıtma Direktifleri (91/271/EEC) çıkış standartlarına göre uyumludur[28]. 2015 - 2018 yılları arasında tesise ulaşan atıksu Amonyum azotu değeri ortalama $32.19 \pm 7.46 \text{ mg/L}$ 'dir. Çıkış amonyum azotu değeri ise $3.44 \pm 5.90 \text{ mg/L}$ 'dir. Değerler çıkış limit değerlerinin üzerindedir. Toplam azot parametresi için geçerli olan yüksek azot girişi değerleri azot fraksiyonlarından olan amonyum azotu parametresi için de arıtma güçlüğüne sebebiyet vermektedir. Uzun dönem ölçüm değerlerinde olduğu gibi 24 saatlik yapılan araştırmada yüksek azot girişi bulunmaktadır. Ayrıca Amonyum azotu parametresi de atıksuyun yoğun konsantrasyona sahip olduğu karakterdedir. Tesise ulaşan Amonyum Azotu parametresinin 2015-2018 arası ve 24 saatlik verileri Çizelge 4.9'de verilmiştir. Parametrelerin zamana ve verilere bağlı değişimi ve verimleri Şekil 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9 Tokat AAT NH₄-N parametre verileri

NH ₄ -N mg/L	2015-2018		24 saatlik	
	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış
Ortalama	32,19	3,44	44,68	2,54
En Yüksek	62,4	35,2	71,3	7,87
En Küçük	0,47	0,02	28	1
St. Sapma	7,46	5,90	11,33	0,82
Verim %	89		94	



Şekil 4.9 Tesis Giriş, Çıkış NH₄-N Değişim (a), Verim Grafiği (b) (2015 - 2018 yılları arası veriler)

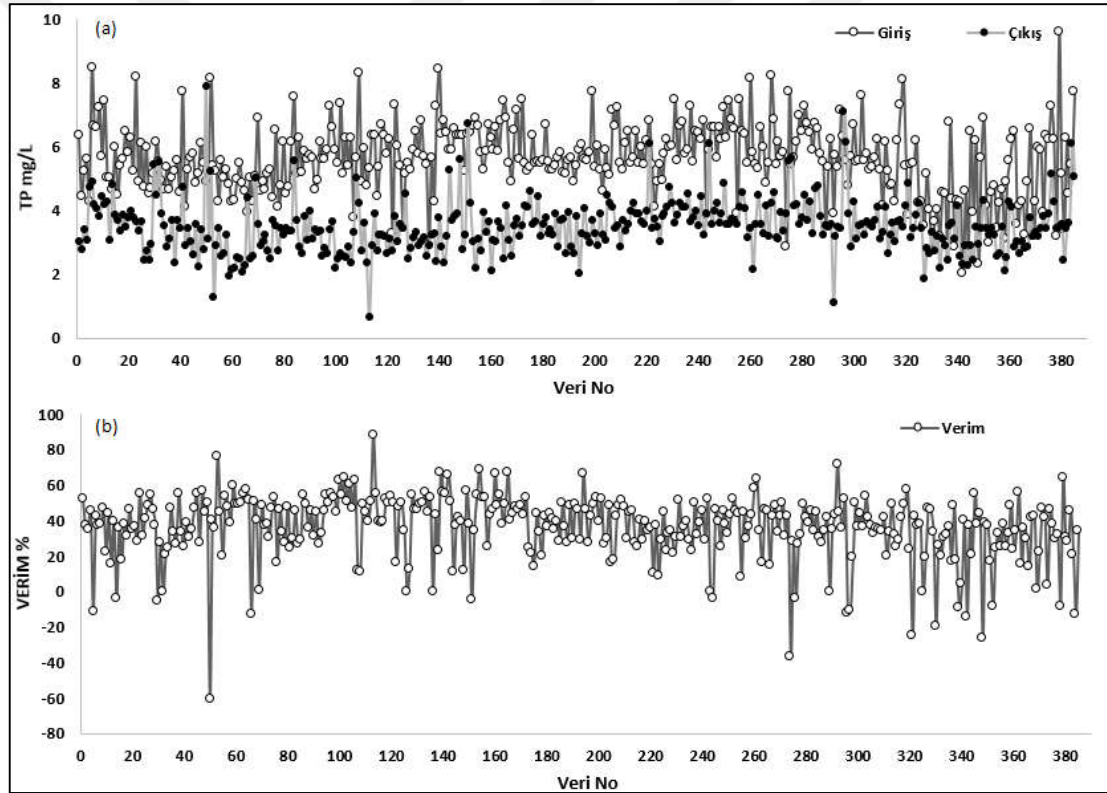
4.2.9. TP parametresinin incelenmesi,

Toplam Fosfor Parametresi Atıksu arıtma tesisinin tasarım parametreleri arasında bulunmamaktadır. Tesiste fosforun giderilmesi için biyolojik fosfor giderim tankları inşa edilmemiştir. Eş zamanlı nitrifikasyon-denitrifikasyon prosesinde biyokütle oluşumuna ve sistemden uzaklaştırılan çamur bünyesinde tutulan fosforun sistemden eliminasyonu ile yapılabilmektedir. Bu işlem yaklaşık olarak giriş BO₅ parametresinin %1 kadar bir oranda fosfor parametresinin giderimine neden olmaktadır. 2015-2018 yılları arasında gelen Toplam fosfor değeri ortalama $5,59 \pm 1,1$ mg/L'dir. Çıkış toplam fosfor değeri ise $3,47 \pm 0,71$ mg/L'dir. Atıksu Kirlilik karakteri

toplam fosfor parametresinde orta konsantrasyonda kirlilik özelliği göstermektedir. Tokat Atıksu Arıtma Tesisine ulaşan ve arıtılıp deşarj edilen TP parametresi değerleri Çizelge 4.10’da verilmiştir. Şekil 4.10’da 2015 - 2018 yılları arası tesis giriş, çıkış TP değişim (a), Verim Grafiği (b) verilmiştir.

Çizelge 4.10 Tokat AAT TP parametre verileri

TP mg/L	2015-2018		24 saatlik	
	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış
Ortalama	5,59	3,47	5,42	1,02
En Yüksek	9,6	7,87	8,78	1,50
En Küçük	1,82	0,64	2,90	0,51
St. Sapma	1,10	0,71	1,47	0,27
Verim %	39		81	



Şekil 4.10 Tesis Giriş, Çıkış TP Değişim (a), Verim Grafiği (b) (2015 - 2018 yılları arası veriler)

4.3. Çıkış parametrelerinin Yapay Sinir Ağları İle Tahmin Değerleri

Tokat Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi 2010 yılında işletmeye alınmıştır. İlk yıl yüklenici tarafından işletilmiş, ikinci yılında yüklenici gözetimli belediye tarafından işletilmiştir. 2012 yılından itibaren Tokat Belediye Başkanlığı Su ve Kanalizasyon Müdürlüğü tarafından işletilmektedir. 2017 yılı sonuna kadar tesis çıkış atıksuyu Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği deşarj kriterlerine tabi bulunmaktadır. Bu yönetmelikte deşarj edilen alıcı ortam, Yeşilirmak hassas alıcı ortam statüsünde olmadığından sadece pH, BOİ₅,KOİ, AKM parametrelerine tabi olarak işletilmiştir. Azot ve Fosfor deşarjı yönetmelikçe istenilmemiştir. Hali hazır uygulamada Kentsel Atıksu Arıtma Yönetmeliği kapsamında benzer statü gereği mevcut parametrelerin takibi yapılmaktadır. Alıcı ortam statüsünde olası bir değişiklikte Azot ve Fosfor parametreleri tesis için zorlayıcı parametreler olabilecektir. Bu çalışmada tesisin işletilmesine yönelik kolaylıklar sağlamak ve mevcut parametre tahminlerinin önceden bilinebilmesi için yapay sinir ağları ile çalışma yapılmıştır.

4.3.1. Parametreler Arasındaki İlişkinin Araştırılması,

Tesiste sahada bulunan ölçüm cihazları ve laboratuvarında yapılan analizler ile birçok parametre periyodik olarak takip edilmektedir. Bu takip edilen parametrelerden sarf miktarı az olan, yapılması alet ile basit olan ve kısa zamanda sonuca ulaşılabilen parametreler yapay sinir ağlarında giriş verisi olarak kullanılmaya çalışılmıştır. Tüm giriş parametrelerinin tespit edilmesi için aralarındaki ilişki araştırılmıştır. Değerler arasındaki lineer ilişki SPSS ve Matlab curve fitting tool ile araştırılmıştır. Değerler Çizelge 4.11’de verilmiştir. Değerler arasında lineer ilişki olmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.11 Parametreler Arasındaki Lineer İlişki.

Ünite	Parametre	R ²				
		BOİ ₅	KOİ	TN	NH ₄ -N	TP
Giriş Atıksu	Debi	0,0399	0,0634	0,0065	0,0861	0,0048
	Sıcaklık	0,0067	0,0796	0,0440	0,0175	0,0167
	pH	0,0028	0,0004	0,0293	0,0027	0,0179
	KOİ	0,0128	0,0180	0,0124	0,0032	0,0045
	BOİ ₅	0,0044	0,0084	0,0002	0,0000	0,0001
	TAKM	0,0074	0,0001	0,0010	0,0244	0,0025
	TN	0,0029	0,0077	0,0636	0,0005	0,0608
	TP	0,0087	0,0032	0,0268	0,0026	0,0961
	NH ₄ -N	0,0315	0,0043	0,0648	0,0151	0,0685
	Çıkış Deşarj	Sıcaklık	0,0162	0,0945	0,0227	0,0358
pH		0,0005	0,0189	0,0031	0,0109	0,0002
KOİ		0,2715	1	0,0209	0,0326	0,0335
BOİ ₅		1	0,2715	0,0018	0,0225	0,0029
TAKM		0,1569	0,2768	0,0133	0,0290	0,0136
TN		0,0018	0,0209	1	0,0026	0,2558
NH ₄ -N		0,0225	0,0326	0,0026	1	0,0001
NO ₂ -N		0,0380	0,0148	0,0002	0,0180	0,0006
NO ₃ -N		0,0188	0,0318	0,0814	0,2205	0,0395
TP		0,0029	0,0335	0,2558	0,0001	1
Havalandırma	Sıcaklık	0,0089	0,0723	0,0419	0,0228	0,0166
	pH	0,0060	0,0003	0,0075	0,0163	0,0095
	MLSS	0,0000	0,0006	0,0231	0,0065	0,0025
	İmhoff	0,0382	0,0415	0,0130	0,0249	0,0208
	SVİ	0,0105	0,0036	0,0004	0,0089	0,0011
Geri Devir	Debi	0,0305	0,0273	0,0015	0,0244	0,0196
	TAKM	0,0007	0,0001	0,0007	0,0009	0,0003
	DS %	0,0013	0,0052	0,0013	0,0023	0,0199

4.3.2. KOİ Parametresi Tahmin Değeri,

Atıksu Arıtma tesisi Çıkış Kimyasal Oksijen İhtiyacı KOİ parametresinin tahmini için model giriş parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda tesiste kayıtları yapılan ilgili parametrelerin birbirleriyle olan doğrusal ilişkileri incelenmiştir. İnceleme sonucunda lineer ilişki oranlarının düşük olduğu görülmüştür. Öncelikle ilişki oranlarının en azdan çok olana göre model planlaması yapılmıştır. Bu planlamalar ile yakın regresyon değerleri elde edilmediğinde deneme yanılma yolu ile model oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu yöntem ile elde edilen modeller arasında model 6 ile en yüksek regresyon verisine ulaşılmıştır. Diğer modellerin çıktığı ve hedef veri arasında korelasyon olan R değerleri Çizelge 4.12’de verilmiştir. Modellerin eğitim, doğrulama ve test değerlerine ilişkin korelasyon katsayıları ve performans değerleri (MSE) Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çalışmada eğitim algoritması olarak ilk etapta 13 algoritmadan Levenberg Marquardt Öğrenme Algoritması kullanılmıştır. Veri setinde öğrenme, doğrulama ve test verisi oranı sabit tutulmuştur. Gizli katmandaki nöron sayısı 20 olarak ayarlanmıştır.

Çizelge 4.12 KOİ parametresi Tahmin Modelleri ve test R değerleri

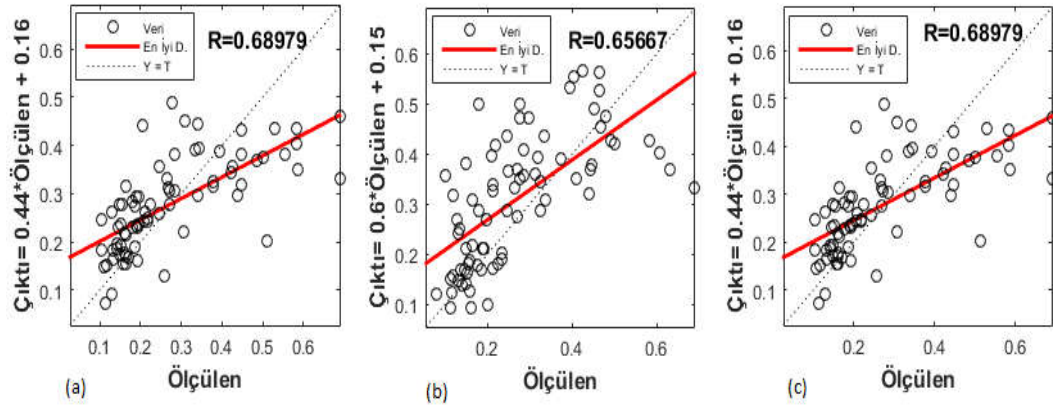
	Parametre	Model					
		1	2	3	4	5	6
R		0,6857	0,6567	0,6898	0,7040	0,7240	0,8080
Giriş Atıksu	Debi	X					
	Sıcaklık	X	X	X			
	pH	X		X			
	KOİ			X			
	BOİ₅						
	TAKM						
	TN	X					
	TP						
Çıkış Deşarj	NH₄-N	X					
	Sıcaklık	X	X	X	X	X	X
	pH	X	X	X		X	X
	KOİ						
	BOİ₅					X	
	TAKM	X	X	X	X	X	X
	TN	X	X				
	NH₄-N	X	X				
	NO₂-N	X	X		X		
	NO₃-N						
TP	X	X					

Hav. Havuz	Sıcaklık	X	X		X
	pH	X	X		
	MLSS			X	
	İmhoff	X	X		X
	SVİ	X	X		
Geri Devir	Debi			X	
	TAKM			X	
	DS %				

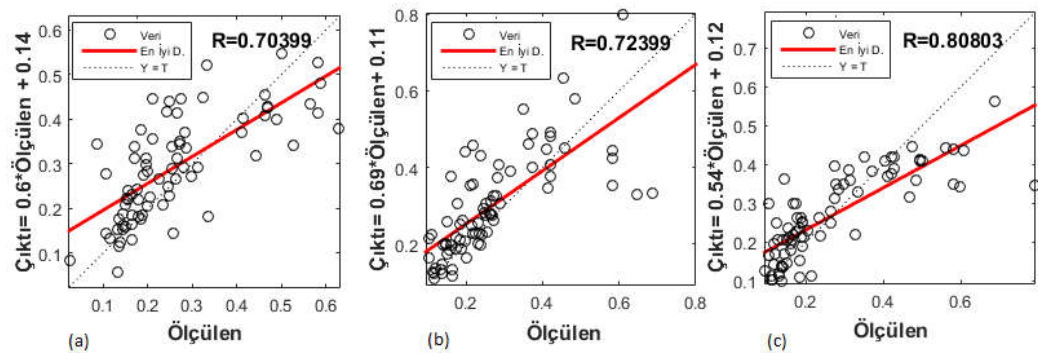
Çizelge 4.13 KOİ tahmini YSA Model Performans ve R değerleri

Model	Eğitim		Doğrulama		Test	
	MSE	R	MSE	R	MSE	R
1	0,0079	0,7996	0,0415	0,3911	0,0126	0,6857
2	0,0126	0,7545	0,0197	0,4329	0,0142	0,6567
3	0,0153	0,6547	0,0169	0,5734	0,0214	0,6898
4	0,0158	0,6772	0,0196	0,4271	0,0110	0,7040
5	0,0168	0,6636	0,0130	0,6200	0,0111	0,7240
6	0,0099	0,7453	0,0247	0,5284	0,0096	0,8080

Modellerin test verilerini grafiksel gösterimi Şekil 4.11 'de ve Şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.11 KOİ tahmin Model 1 (a), Model 2 (b) ve Model 3 (c) Test Sonuçları.



Şekil 4.12 KOİ tahmin Model 4 (a), Model 5 (b) ve Model 6 (c) Test Sonuçları.

En uygun Model 6 tespit edilmiştir. Bu model üzerinden ağı geliştirilmesi için diğer öğrenme algoritmaları denenmiştir. Deneme aşamasında nöron sayısı 20 olarak sabit tutulmuştur. Data setleri oranları da sabit tutulmuştur. Görüldüğü üzere en yüksek korelasyon değerine sahip olan eğitim algoritması Levenberg Marquardt' tir. Ortalama karesel hata ve R değerleri her bir eğitim algoritması için Çizelge 4.14'de verilmiştir. Matlab Neurol Fitting aracı öğrenme algoritması olarak üç algoritmayı desteklemektedir. Diğer algoritmaların denenmesi için aynı araç ile script oluşturulmuştur. Oluşturulan scrip üzerinde gerekli basamaklar düzenleyerek diğer algoritmaların denenmesi mümkün hale getirilmiştir. Uygulanan script EK-2'de verilmiştir.

Çizelge 4.14 KOİ, YSA Modelinin Diğer Eğitim Algoritmaları ile değerleri

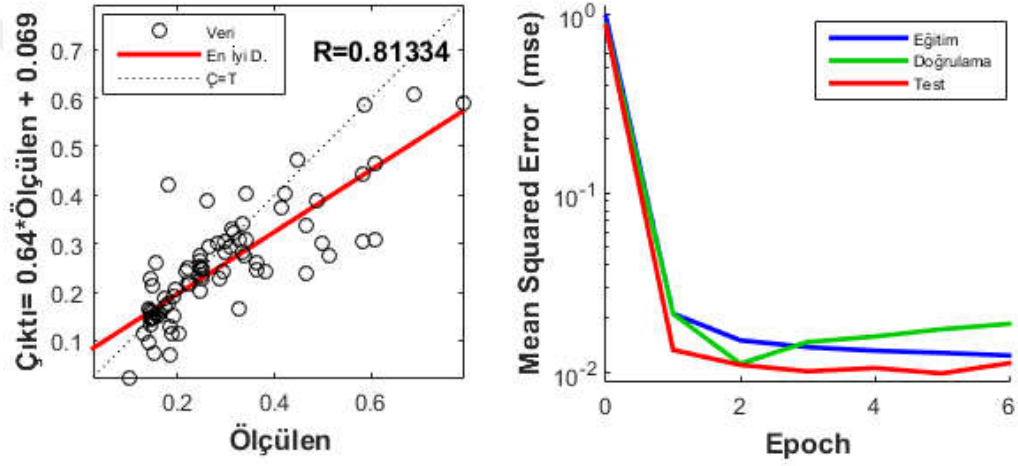
Eğitim Algoritması	Kimyasal Oksijen İhtiyacı	
	MSE	R
Trainlm	0,0071	0,7944
Trainbr	0,0082	0,7787
Trainbfg	0,0112	0,7198
Trainrp	0,0156	0,6700
Trainscg	0,0145	0,6884
Traincgb	0,0100	0,6989
Traincgf	0,0097	0,7485
Traincgp	0,0127	0,7148
Trainoss	0,0147	0,6930
Traingdx	0,0137	0,6830
Traingdm	0,0721	0,4993
Traingd	0,0246	0,4794
Traingda	0,0213	0,5881

Eğitim Algoritmalarından 'trainlm' Levenberg-Marquardt'in en iyi sonuç veren algoritma olduğu görülmüştür. Oluşturulan modelin nöron sayılarına olan etkisinin araştırılması aşağıda yapılmıştır. Nöron sayısı ilk denemelerde 20 olarak sabit tutulmuştur. Yapay sinir ağı ile oluşturulan modelin eğitim algoritması ve girdi veri setleri değiştirilmeden nöron sayıları sırasıyla 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 ve 50 olarak denenmiştir. Elde edilen veriler Çizelge 4.15'da verilmiştir. Çizelgede görüldüğü üzere en yüksek R değerine 20 nöron ile ulaşılabilmektedir.

Çizelge 4.15 KOİ, YSA Modelinin Nöron sayısı İle Değişimi

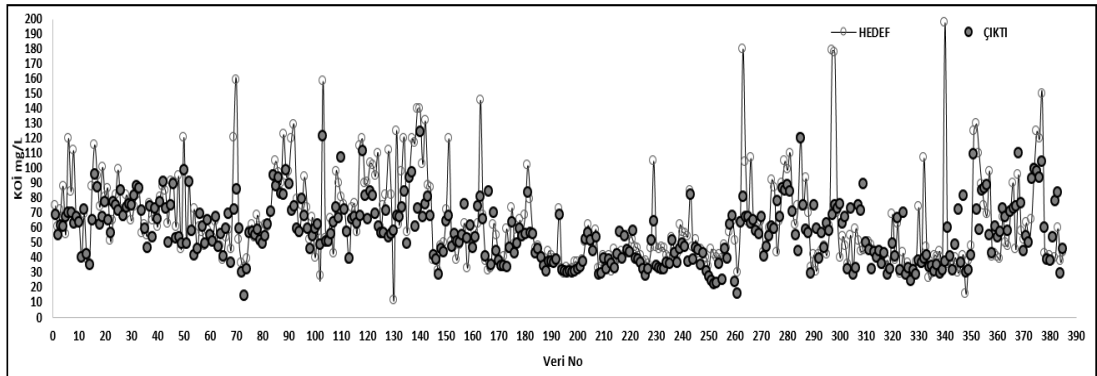
Nöron Sayısı	Kimyasal Oksijen İhtiyacı	
	MSE	R
5	0,0105	0,7793
10	0,0076	0,7747
15	0,0175	0,7269
20	0,0081	0,8133
25	0,0961	0,6960
30	0,0147	0,6264
40	0,0216	0,6148
50	0,0243	0,7017

Nöron sayısı ve eğitim algoritması ile optimize edilmiş olan yapay sinir ağı modelinin hata fonksiyonu ve değerler arası korelasyon R değeri Şekil 4.13’de verilmiştir.



Şekil 4.13 KOİ Çıktı Model 6 Test korelasyon Değeri R (a), Hata fonksiyonu (b)

Optimize edilen yapay sinir ağı ile oluşturulmuş modele ait giriş, atıksu arıtma tesisi çıkış değerleri ile model çıktı değerleri Şekil. 4.14’de verilmiştir.



Şekil 4.14 KOİ Çıktı Model 6 Test Çıktı Değerleri İle Ölçülen Değerler

4.3.3. BOİ Tahmin Değeri,

Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı BOİ₅ parametresinin tahmini için model giriş parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda kimyasal oksijen miktarı tahmin değerlerinin bulunması için uygulanan yöntem biyokimyasal oksijen ihtiyacı değeri tahmini için de uygulanmıştır. Modeller oluşturulmuştur. Modeller arasında Model 2 ile en yüksek regresyon verisine ulaşılmıştır. Diğer modellerin çıktısı ve hedef veri arasında korelasyon olan R değerleri Çizelge 4.16’de verilmiştir. Modellerin eğitim, doğrulama ve test değerlerine ilişkin korelasyon katsayıları ve performans değerleri (MSE) Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çalışmada eğitim algoritması olarak ilk etapta 13 algoritmadan Levenberg Marquardt Öğrenme Algoritması kullanılmıştır. Veri setinde öğrenme, doğrulama ve test verisi oranı sabit tutulmuştur. Gizli katmandaki nöron sayısı 20 olarak ayarlanmıştır.

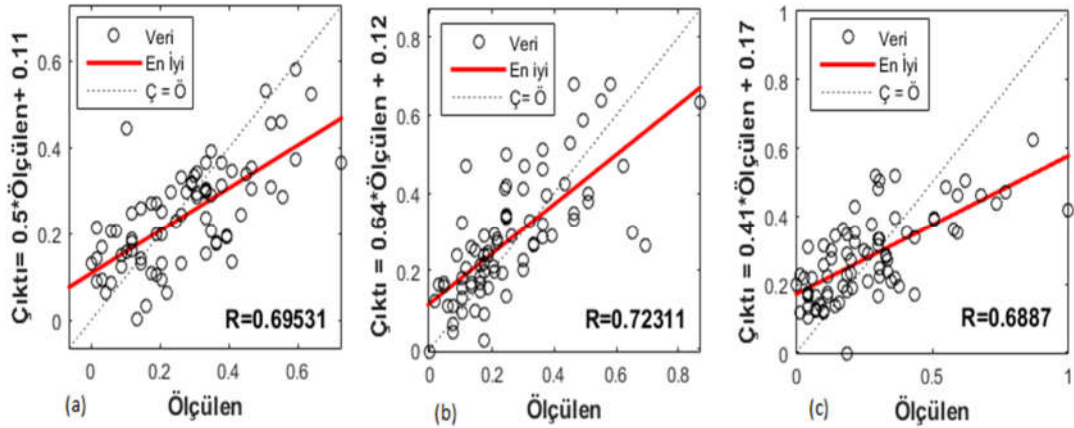
Çizelge 4.16 BOİ₅ parametresi Tahmin Modelleri ve test R değerleri

Parametre	Model					
	1	2	3	4	5	6
R	0,6953	0,7231	0,6887	0,7095	0,7006	0,6849
Giriş Atıksu	Debi					
	Sıcaklık	X		X		
	pH	X	X			
	KOİ	X				
	BOİ₅			X		
	TAKM	X		X		
	TN	X	X			
	TP	X				
Çıkış Deşarj	NH₄-N	X				
	Sıcaklık	X		X		
	pH	X	X		X	
	KOİ	X	X	X	X	X
	BOİ₅					
	TAKM	X			X	X
	TN	X				
	NH₄-N	X				
	NO₂-N	X				
	NO₃-N	X				
TP	X					
Hav. Havuz	Sıcaklık	X	X			
	pH	X	X		X	
	MLSS	X				
	İmhoff	X				
	SVİ	X	X		X	X
Geri Devir	Debi					
	TAKM	X				X
	DS %	X				X

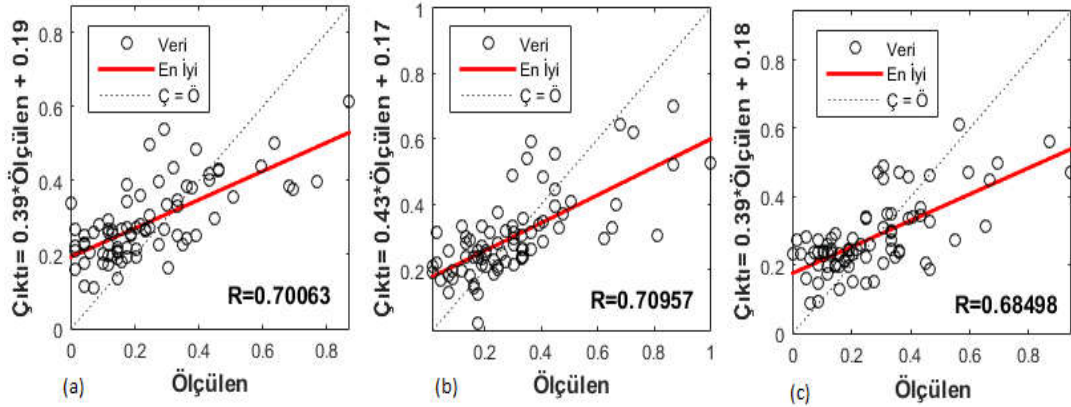
Çizelge 4.17 BOİ₅ tahmini YSA Model Performans ve R değerleri

Model	Eğitim		Doğrulama		Test	
	MSE	R	MSE	R	MSE	R
1	0,0117	0,8119	0,0312	0,5417	0,0150	0,6953
2	0,0138	0,7318	0,0310	0,6412	0,0155	0,7231
3	0,0203	0,6216	0,0299	0,4748	0,0214	0,6887
4	0,0179	0,6592	0,0203	0,5960	0,0222	0,7095
5	0,0204	0,6162	0,0299	0,4346	0,0201	0,7006
6	0,0203	0,6021	0,0299	0,4748	0,0201	0,6849

Modellerin test verilerini grafiksel gösterimi Şekil 4.15’de ve Şekil 4.16’de verilmiştir.



Şekil 4.15 BOİ₅ tahmin Model 1 (a), Model 2 (b) ve Model 3 (c) Test Sonuçları.



Şekil 4.16 BOİ₅ tahmin Model 4 (a), Model 5 (b) ve Model 6 (c) Test Sonuçları.

En uygun Model 2 tespit edilmiştir. Bu model üzerinden ağırların geliştirilmesi için diğer öğrenme algoritmaları denenmiştir. Deneme aşamasında nöron sayısı 20 olarak sabit tutulmuştur. Data setleri oranları da sabit tutulmuştur. Görüldüğü üzere en yüksek

korelasyon değerine sahip olan eğitim algoritması Levenberg Marquardt'tir. Ortalama karesel hata ve R değerleri her bir eğitim algoritması için Çizelge 4.18'de verilmiştir. Matlab Neurol Fitting aracı öğrenme algoritması olarak üç algoritmayı desteklemektedir. Diğer algoritmaların denenmesi için aynı araç ile script oluşturulmuştur. Oluşturulan scrip üzerinde gerekli basamaklar düzenleyerek diğer algoritmaların denenmesi mümkün hale getirilmiştir.

Çizelge 4.18 BOİ₅, YSA Modelinin Diğer Eğitim Algoritmaları ile değerleri

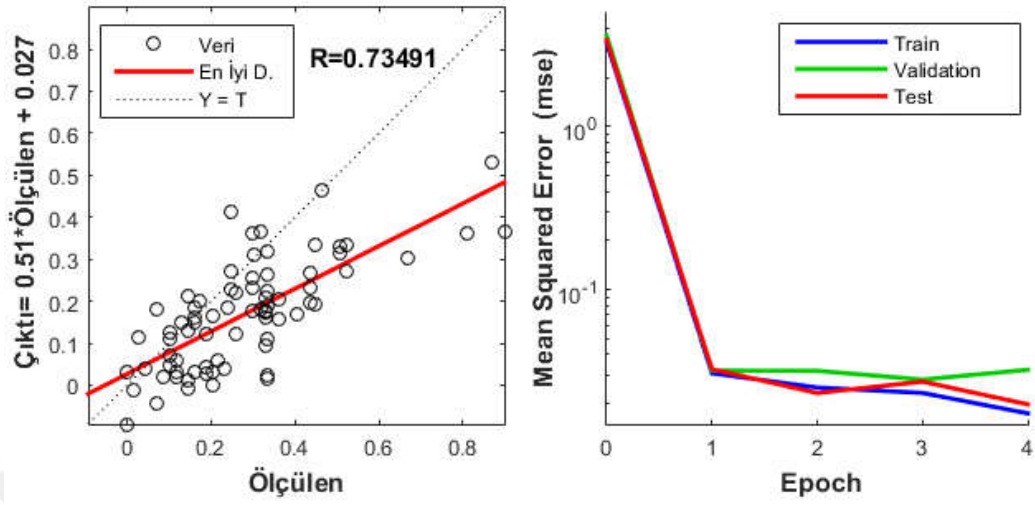
Eğitim Algoritması	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı	
	MSE	R
Trainlm	0,0149	0,7702
Trainbr	0,0266	0,5990
Trainbfg	0,0290	0,5819
Trainrp	0,0173	0,5154
Trainscg	0,0226	0,5185
Traincgb	0,0184	0,6661
Traincgf	0,0221	0,5999
Traincgp	0,0205	0,6017
Trainoss	0,0203	0,6121
Traingdx	0,0687	0,1004
Traingdm	0,0552	0,3861
Traingd	0,0406	0,4648
Traingda	0,0342	0,5142

Eğitim Algoritmalarından 'trainlm' Levenberg-Marquardt'in en iyi sonuç veren algoritma olduğu görülmüştür. Oluşturulan modelin nöron sayılarına olan etkisinin araştırılması aşağıda yapılmıştır. Nöron sayısı ilk denemelerde 20 olarak sabit tutulmuştu. Yapay sinir ağı ile oluşturulan modelin eğitim algoritması ve girdi veri setleri değiştirilmeden nöron sayıları sırasıyla 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 ve 50 olarak denenmiştir. Elde edilen veriler Çizelge 4.19'da verilmiştir. Çizelgede görüldüğü üzere en yüksek R değerine 20 nöron ile ulaşılabilmektedir.

Çizelge 4.19 BOİ₅, YSA Modelinin Nöron sayısı İle Değişimi

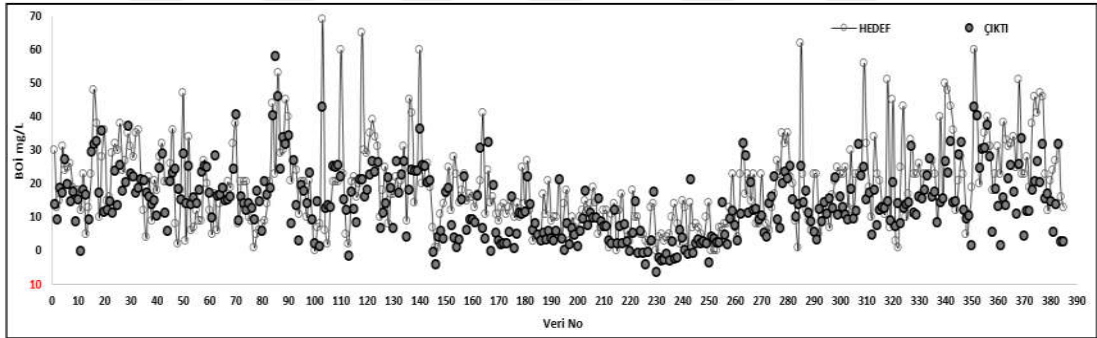
Nöron Sayısı	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı	
	MSE	R
5	0,0293	0,6252
10	0,0173	0,6166
15	0,0227	0,6461
20	0,0273	0,7349
25	0,0167	0,6910
30	0,0177	0,6776
40	0,0167	0,6835
50	0,0188	0,6463

Nöron sayısı ve eğitim algoritması ile optimize edilmiş olan yapay sinir ağı modelinin hata fonksiyonu ve değerler arası korelasyon R değeri Şekil 4.17’de verilmiştir.



Şekil 4.17 BOİ₅ Çıktı Model 2 Test korelasyon Değeri R (a), Hata fonksiyonu (b)

Optimize edilen yapay sinir ağı ile oluşturulmuş modele ait giriş, atıksu arıtma tesisi çıkış değerleri ile model çıktı değerleri Şekil. 4.18’de verilmiştir.



Şekil 4.18 BOİ₅ Çıktı Model 2 Test Çıktı Değerleri İle Ölçülen Değerler

4.3.4. Toplam Azot Tahmin Değeri,

Toplam Azot parametresinin tahmini için model giriş parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda kimyasal oksijen miktarı ve biyokimyasal oksijen ihtiyacı tahmin değerlerinin bulunması için uygulanan yöntem toplam azot değeri tahmini için de uygulanmıştır. Modeller oluşturulmuştur. Modeller arasında Model 4 ile en yüksek regresyon verisine ulaşılmıştır. Diğer modellerin çıktı ve hedef veri arasında korelasyon olan R değerleri Çizelge 4.20’de verilmiştir. Modellerin eğitim,

doğrulama ve test değerlerine ilişkin korelasyon katsayıları ve performans değerleri (MSE) Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çalışmada eğitim algoritması olarak ilk etapta 13 algoritmadan Levenberg Marquardt Öğrenme Algoritması kullanılmıştır. Veri setinde öğrenme, doğrulama ve test verisi oranı sabit tutulmuştur. Gizli katmandaki nöron sayısı 20 olarak ayarlanmıştır.

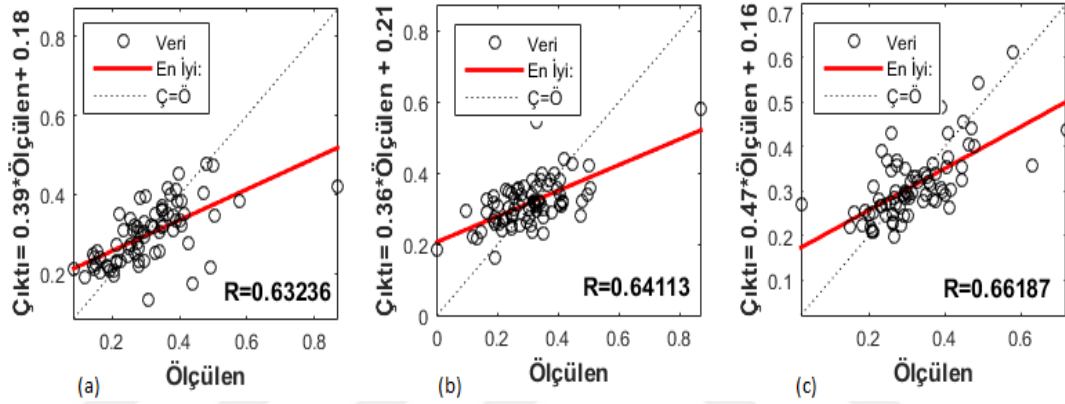
Çizelge 4.20 TN parametresi Tahmin Modelleri ve test R değerleri

Parametre	Model					
	1	2	3	4	5	
R	0,6324	0,6411	0,661 9	0,6764	0,5713	
Giriş Atıksu	Debi					
	Sıcaklık	X	X			
	pH	X	X			
	KOİ					
	BOİ₅					
	TAKM					
	TN	X		X		
	TP					
	NH₄-N	X				
	Çıkış Deşarj	Sıcaklık	X	X		X
pH		X	X		X	
KOİ					X	
BOİ₅		X				
TAKM					X	
TN						
NH₄-N						
NO₂-N						
NO₃-N		X	X	X	X	X
TP		X	X	X	X	X
Hav. Havuz	Sıcaklık		X			
	pH					
	MLSS	X				
	İmhoff SVİ					
Geri Devir	Debi					
	TAKM	X		X		
	DS %	X				

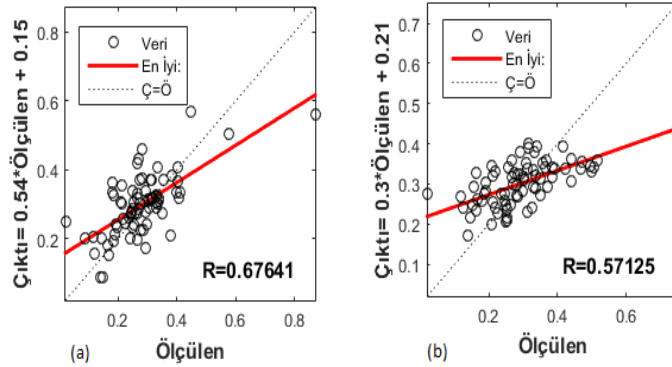
Çizelge 4.21 TN tahmini YSA Model Performans ve R değerleri

Model	Eğitim		Doğrulama		Test	
	MSE	R	MSE	R	MSE	R
1	0,0060	0,7242	0,0089	0,3936	0,0087	0,6324
2	0,0075	0,6466	0,0076	0,3954	0,0084	0,6411
3	0,0077	0,5952	0,0075	0,6522	0,066	0,6619
4	0,0077	0,6325	0,0109	0,4011	0,0071	0,6764
5	0,0080	0,6516	0,0059	0,6093	0,0068	0,5713

Modellerin test verilerini grafiksel gösterimi Şekil 4.19’de ve Şekil 4.20’de verilmiştir.



Şekil 4.19 TN tahmin Model 1 (a), Model 2 (b) ve Model 3 (c) Test Sonuçları.



Şekil 4.20 TN tahmin Model 4 (a), Model 5 (b) Sonuçları.

En uygun Model 4 tespit edilmiştir. Bu model üzerinden ağırların geliştirilmesi için diğer öğrenme algoritmaları denenmiştir. Deneme aşamasında nöron sayısı 20 olarak sabit tutulmuştur. Data setleri oranları da sabit tutulmuştur. Görüldüğü üzere en yüksek korelasyon değerine sahip olan eğitim algoritması Levenberg Marquardt'tir. Ortalama

karesel hata ve R değerleri her bir eğitim algoritması için Çizelge 4.22’de verilmiştir. Matlab Neurol Fitting aracı öğrenme algoritması olarak üç algoritmayı desteklemektedir. Diğer algoritmaların denenmesi için aynı araç ile script oluşturulmuştur. Oluşturulan scrip üzerinde gerekli basamaklar düzenleyerek diğer algoritmaların denenmesi mümkün hale getirilmiştir.

Çizelge 4.22 TN, YSA Modelinin Diğer Eğitim Algoritmaları ile değerleri

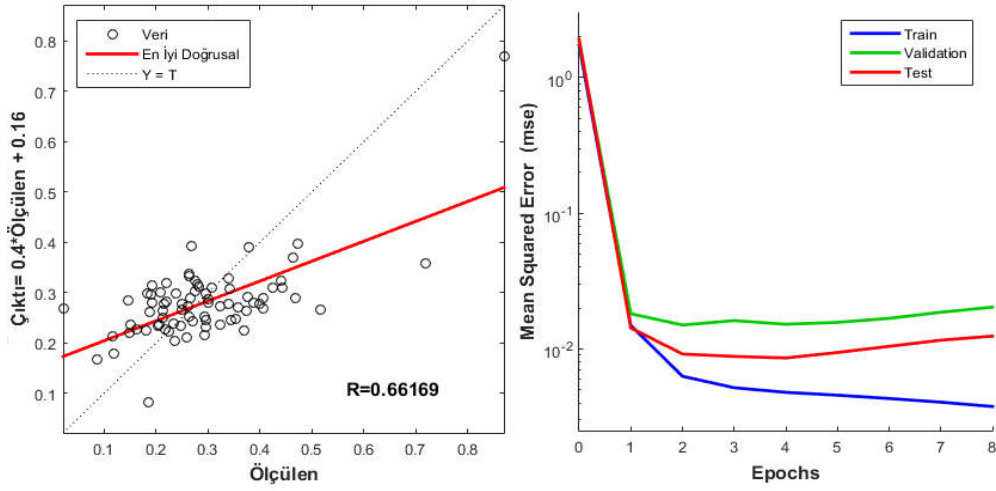
Eğitim Algoritması	Toplam Azot	
	MSE	R
Trainlm	0,0087	0,6883
Trainbr	0,0080	0,5645
Trainbfg	0,0068	0,5519
Trainrp	0,0093	0,5183
Trainscg	0,0136	0,5506
Traincgb	0,0128	0,6669
Traincgf	0,0094	0,5937
Traincgp	0,0086	0,5831
Trainoss	0,0198	0,5367
Traingdx	0,0123	0,4834
Traingdm	0,0155	0,2998
Traingd	0,0158	0,2920
Traingda	0,0119	0,3845

Eğitim Algoritmalarından ‘trainlm’ Levenberg-Marquardt’in en iyi sonuç veren algoritma olduğu görülmüştür. Oluşturulan modelin nöron sayılarına olan etkisinin araştırılması aşağıda yapılmıştır. Nöron sayısı ilk denemelerde 20 olarak sabit tutulmuştu. Yapay sinir ağı ile oluşturulan modelin eğitim algoritması ve girdi veri setleri değiştirilmeden nöron sayıları sırasıyla 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 ve 50 olarak denenmiştir. Elde edilen veriler Çizelge 4.23’da verilmiştir. Çizelgede görüldüğü üzere en yüksek R değerine 20 nöron ile ulaşılabilmektedir.

Çizelge 4.23 TN, YSA Modelinin Nöron sayısı İle Değişimi

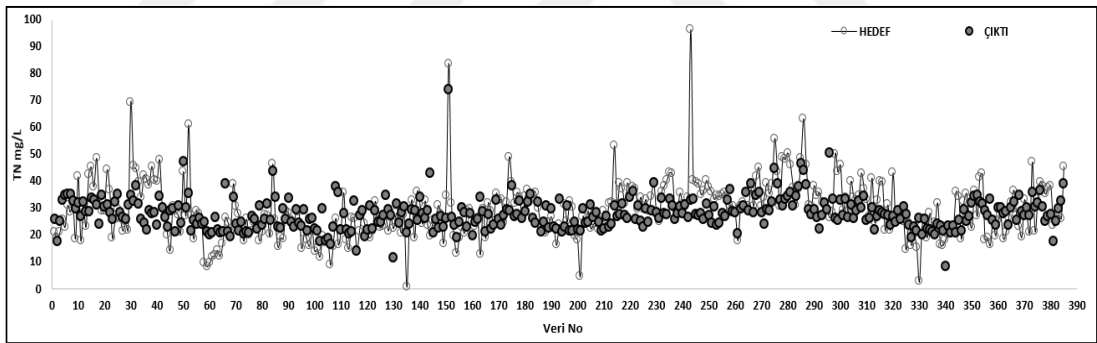
Nöron Sayısı	Toplam Azot	
	MSE	R
5	0,0078	0,5918
10	0,0094	0,6527
15	0,0086	0,6105
20	0,0092	0,6617
25	0,0073	0,5799
30	0,0090	0,4966
40	0,0074	0,5212
50	0,0128	0,5201

Nöron sayısı ve eğitim algoritması ile optimize edilmiş olan yapay sinir ağı modelinin hata fonksiyonu ve değerler arası korelasyon R değeri Şekil 4.21’de verilmiştir.



Şekil 4.21 TN Çıktı Model 4 Test korelasyon Değeri R (a), Hata fonksiyonu (b)

Optimize edilen yapay sinir ağı ile oluşturulmuş modele ait giriş, atıksu arıtma tesisi çıkış değerleri ile model çıktı değerleri Şekil. 4.22’de verilmiştir.



Şekil 4.22 TN Çıktı Model 4 Test Çıktı Değerleri İle Ölçülen Değerler

4.3.5. Toplam Fosfat Tahmin Değeri,

Toplam Fosfat parametresinin tahmini için model giriş parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda parametre tahmin değerlerinin bulunması için uygulanan yöntem toplam fosfat değeri tahmini için de uygulanmıştır. Modeller oluşturulmuştur. Modeller arasında Model 3 ile en yüksek regresyon verisine ulaşılmıştır. Diğer modellerin çıktı ve hedef veri arasında korelasyon olan R değerleri Çizelge 4.24’de verilmiştir. Modellerin eğitim, doğrulama ve test değerlerine ilişkin korelasyon katsayıları ve performans değerleri (MSE) Çizelge 4.25’de verilmiştir.

Çalışmada eğitim algoritması olarak ilk etapta 13 algoritmadan Levenberg Marquardt Öğrenme Algoritması kullanılmıştır. Veri setinde öğrenme, doğrulama ve test verisi oranı sabit tutulmuştur. Gizli katmandaki nöron sayısı 20 olarak ayarlanmıştır.

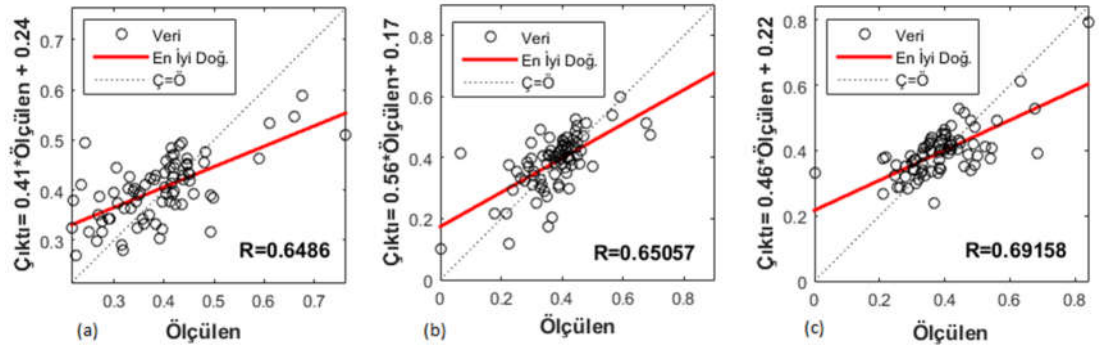
Çizelge 4.24 TP parametresi Tahmin Modelleri ve test R değerleri

	Parametre	Model				
		1	2	3	4	5
R		0,6486	0,6506	0,691	0,6721	0,6237
Giriş Atıksu	Debi					
	Sıcaklık					
	pH					
	KOİ	X	X	X		
	BOİ₅					
	TAKM					
	TN	X	X	X	X	X
	TP	X	X	X		
	NH₄-N	X	X	X	X	X
Çıkış Deşarj	Sıcaklık					
	pH					
	KOİ	X				
	BOİ₅					
	TAKM		X			
	TN	X	X	X	X	X
	NH₄-N					
	NO₂-N	X	X			
	NO₃-N					
Hav. Havuz	TP					
	Sıcaklık	X				
	pH	X	X	X		X
	MLSS	X				X
	İmhoff	X				X
Geri Devir	SVİ	X				
	Debi					
	TAKM					
	DS %					

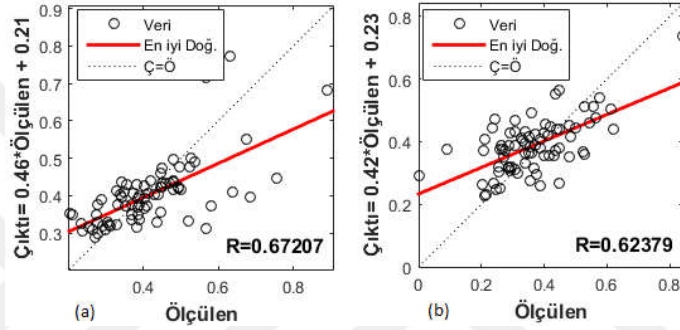
Çizelge 4.25 TP tahmini YSA Model Performans ve R değerleri

Model	Eğitim		Doğrulama		Test	
	MSE	R	MSE	R	MSE	R
1	0,0078	0,6889	0,0089	0,5895	0,0061	0,6486
2	0,0074	0,7037	0,0125	0,4683	0,0069	0,6506
3	0,0093	0,6160	0,0082	0,4295	0,0073	0,6916
4	0,0071	0,6469	0,0144	0,4202	0,0088	0,6721
5	0,0075	0,6288	0,0161	0,2111	0,0103	0,6238

Modellerin test verilerini grafiksel gösterimi Şekil 4.23’de ve Şekil 4.24’de verilmiştir.



Şekil 4.23 TP tahmin Model 1 (a), Model 2 (b) ve Model 3 (c) Test Sonuçları.



Şekil 4.24 TP tahmin Model 4 (a), Model 5 (b) Sonuçları.

En uygun Model 3 tespit edilmiştir. Bu model üzerinden ağırlık geliştirilmesi için diğer öğrenme algoritmaları denenmiştir. Deneme aşamasında nöron sayısı 20 olarak sabit tutulmuştur. Data setleri oranları da sabit tutulmuştur. Görüldüğü üzere en yüksek korelasyon değerine sahip olan eğitim algoritması Levenberg Marquardt'tir. Ortalama karesel hata ve R değerleri her bir eğitim algoritması için Çizelge 4.26'de verilmiştir. Matlab Neurol Fitting aracı öğrenme algoritması olarak üç algoritmayı desteklemektedir. Diğer algoritmaların denenmesi için aynı araç ile script oluşturulmuştur. Oluşturulan scrip üzerinde gerekli basamaklar düzenleyerek diğer algoritmaların denenmesi mümkün hale getirilmiştir.

Çizelge 4.26 TP, YSA Modelinin Diğer Eğitim Algoritmaları ile değerleri

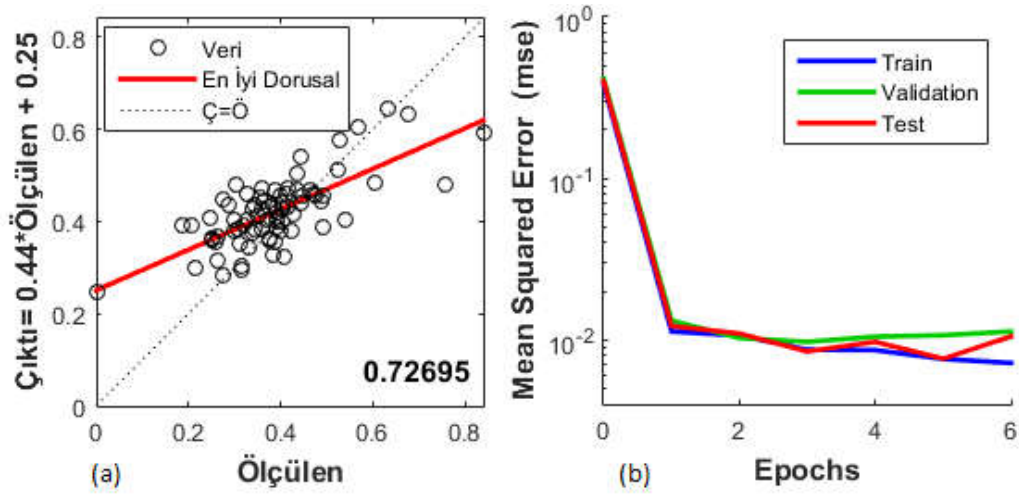
Eğitim Algoritması	Toplam Fosfor	
	MSE	R
Trainlm	0,0043	0,7142
Trainbr	0,0088	0,6470
Trainbfg	0,0088	0,5448
Trainrp	0,0098	0,4678
Trainscg	0,0068	0,6279
Traincgb	0,0120	0,5512
Traincgf	0,0091	0,5562
Traincgp	0,0100	0,5789
Trainoss	0,0116	0,6216
Traingdx	0,0100	0,5273
Traingdm	0,0182	0,2522
Traingd	0,0250	0,2388
Traingda	0,0058	0,5636

Eğitim Algoritmalarından ‘trainlm’ Levenberg-Marquardt’in en iyi sonuç veren algoritma olduğu görülmüştür. Oluşturulan modelin nöron sayılarına olan etkisinin araştırılması aşağıda yapılmıştır. Nöron sayısı ilk denemelerde 20 olarak sabit tutulmuştu. Yapay sinir ağı ile oluşturulan modelin eğitim algoritması ve girdi veri setleri değiştirilmeden nöron sayıları sırasıyla 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 ve 50 olarak denenmiştir. Elde edilen veriler Çizelge 4.27’de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü üzere en yüksek R değerine 20 nöron ile ulaşılabilmektedir.

Çizelge 4.27 TP, YSA Modelinin Nöron sayısı İle Değişimi

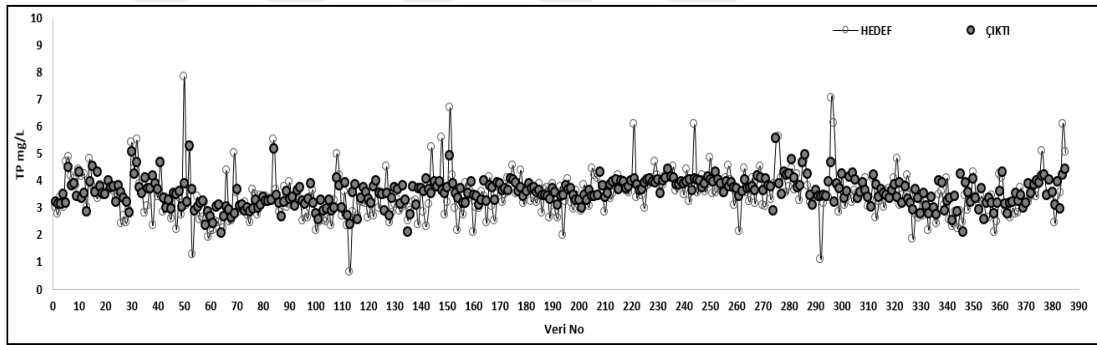
Nöron Sayısı	Toplam Fosfor	
	MSE	R
5	0,0078	0,6888
10	0,0075	0,7077
15	0,0080	0,6445
20	0,0084	0,7269
25	0,0071	0,6639
30	0,0076	0,7021
40	0,0093	0,6211
50	0,0133	0,5791

Nöron sayısı ve eğitim algoritması ile optimize edilmiş olan yapay sinir ağı modelinin hata fonksiyonu ve değerler arası korelasyon R değeri Şekil 4.25’de verilmiştir.



Şekil 4.25 TP Çıktı Model 4 Test korelasyon Değeri R (a), Hata fonksiyonu (b)

Optimize edilen yapay sinir ağı ile oluşturulmuş modele ait giriş, atıksu arıtma tesisi çıkış değerleri ile model çıktı değerleri Şekil 4.26’de verilmiştir.



Şekil 4.26 TP Çıktı Model 4 Test Çıktı Değerleri İle Ölçülen Değerler

4.3.6. Amonyum Azotu (NH₄-N) Tahmin Değeri,

Amonyum Azotu parametresi esasında toplam azot parametresi içinde bulunmaktadır. Toplam azot parametresinin yapay sinir ağı ile tahmin edilmesi amacıyla çalışma yukarıda yapılmış olmasına rağmen bu parametre tesis tasarımı için özel amaç parametrelerinden birisi olduğu için ayrıca çalışılma ihtiyacı duyulmuştur. Bu parametresinin tahmini için model giriş parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda parametre tahmin değerlerinin bulunması için uygulanan yöntem toplam fosfat değeri tahmini için de uygulanmıştır. Modeller oluşturulmuştur. Modeller arasında Model 5 ile en yüksek regresyon verisine ulaşılmıştır. Diğer modellerin çıktı ve hedef veri arasında korelasyon olan R değerleri Çizelge 4.28’de verilmiştir.

Modellerin eğitim, doğrulama ve test değerlerine ilişkin korelasyon katsayıları ve performans değerleri (MSE) Çizelge 4.29’de verilmiştir.

Çalışmada eğitim algoritması olarak ilk etapta 13 algoritmadan Levenberg Marquardt Öğrenme Algoritması kullanılmıştır. Veri setinde öğrenme, doğrulama ve test verisi oranı sabit tutulmuştur. Gizli katmandaki nöron sayısı 20 olarak ayarlanmıştır.

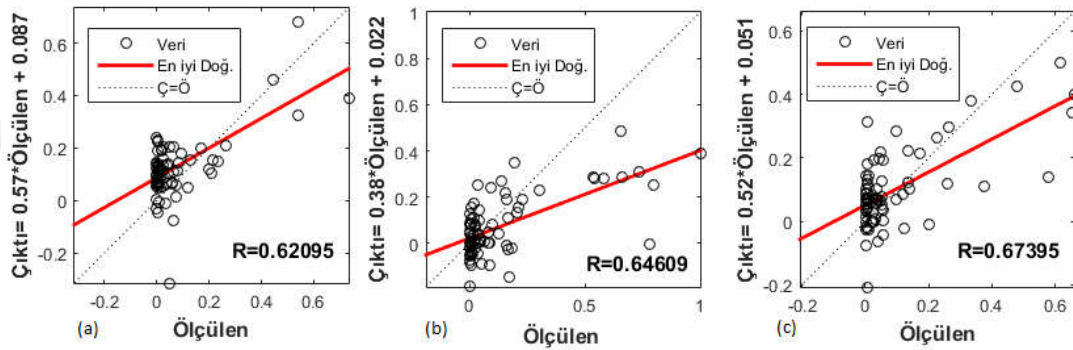
Çizelge 4.28 NH₄-N parametresi Tahmin Modelleri ve test R değerleri

Parametre	Model				
	1	2	3	4	5
R	0,6209	0,6461	0,673 9	0,7008	0,7282
Giriş Atıksu	Debi	X	X		X
	Sıcaklık	X			
	pH	X			
	KOİ				
	BOİ₅	X			X
	TAKM	X	X	X	X
	TN				
	TP	X			
	NH₄-N	X	X	X	X
Çıkış Deşarj	Sıcaklık	X			X
	pH	X	X		X
	KOİ	X	X		X
	BOİ₅				
	TAKM	X	X		X
	TN	X			X
	NH₄-N				
	NO₂-N	X	X		X
	NO₃-N	X	X	X	X
	TP				
Hav. Havuz	Sıcaklık	X			
	pH	X	X	X	X
	MLSS	X			
	İmhoff	X	X		X
	SVİ	X			
Geri Devir	Debi	X	X	X	X
	TAKM	X			X
	DS %	X			

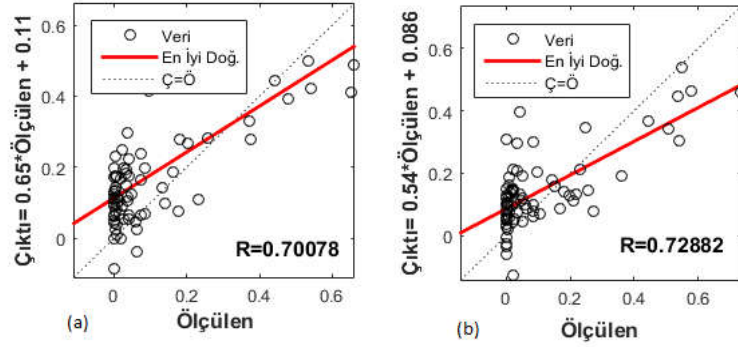
Çizelge 4.29 NH₄-N tahmini YSA Model Performans ve R değerleri

Model	Eğitim		Doğrulama		Test	
	MSE	R	MSE	R	MSE	R
1	0,0133	0,7515	0,0312	0,4970	0,0155	0,6209
2	0,0110	0,7171	0,0180	0,4109	0,0323	0,6461
3	0,0109	0,7862	0,0241	0,3095	0,0135	0,6739
4	0,0261	0,4269	0,0308	0,4226	0,0200	0,7008
5	0,0172	0,5730	0,0245	0,5215	0,0142	0,7288

Modellerin test verilerini grafiksel gösterimi Şekil 4.78’de ve Şekil 4.28’de verilmiştir.



Şekil 4.27 NH₄-N tahmin Model 1 (a), Model 2 (b) ve Model 3 (c) Test Sonuçları.



Şekil 4.28 NH₄-N tahmin Model 4 (a), Model 5 (b) Sonuçları.

En uygun Model 5 tespit edilmiştir. Bu model üzerinden ağız geliştirilmesi için diğer öğrenme algoritmaları denenmiştir. Deneme aşamasında nöron sayısı 20 olarak sabit tutulmuştur. Data setleri oranları da sabit tutulmuştur. Görüldüğü üzere en yüksek korelasyon değerine sahip olan eğitim algoritması Levenberg Marquardt'tir. Ortalama karesel hata ve R değerleri her bir eğitim algoritması için Çizelge 4.30’de verilmiştir. Matlab Neurol Fitting aracı öğrenme algoritması olarak üç algoritmayı desteklemektedir. Diğer algoritmaların denenmesi için aynı araç ile script

oluşturulmuştur. Oluşturulan script üzerinde gerekli basamaklar düzenleyerek diğer algoritmaların denenmesi mümkün hale getirilmiştir.

Çizelge 4.30 NH₄-N, YSA Modelinin Diğer Eğitim Algoritmaları ile değerleri

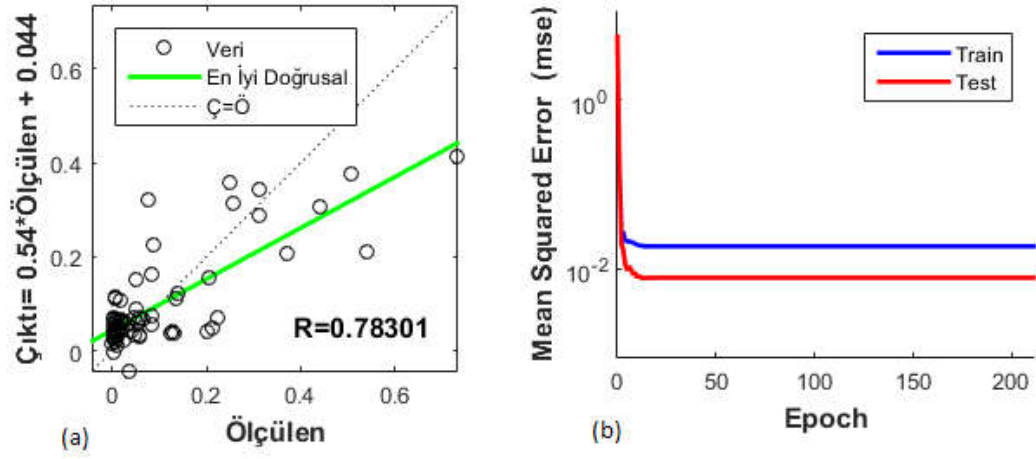
Eğitim Algoritması	Amonyum Azotu	
	MSE	R
Trainlm	0,0131	0,7382
Trainbr	0,0165	0,7438
Trainbfg	0,0171	0,5630
Trainrp	0,0154	0,6797
Trainscg	0,0137	0,6955
Traincgb	0,0100	0,7391
Traincgf	0,0117	0,7061
Traincgp	0,0154	0,6382
Trainoss	0,0128	0,6718
Trainidx	0,0118	0,6847
Traingdm	0,0284	0,3526
Traingd	0,0313	0,4345
Traingda	0,0240	0,4865

Eğitim Algoritmalarından ‘trainbr’ Bayesian Regularization’ın en iyi sonuç veren algoritma olduğu görülmüştür. Oluşturulan modelin nöron sayılarına olan etkisinin araştırılması aşağıda yapılmıştır. Nöron sayısı ilk denemelerde 20 olarak sabit tutulmuştu. Yapay sinir ağı ile oluşturulan modelin eğitim algoritması ve girdi veri setleri değiştirilmeden nöron sayıları sırasıyla 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 ve 50 olarak denenmiştir. Elde edilen veriler Çizelge 4.31’de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü üzere en yüksek R değerine 10 nöron ile ulaşılabilmektedir.

Çizelge 4.31 NH₄-N, YSA Modelinin Nöron sayısı İle Değişimi

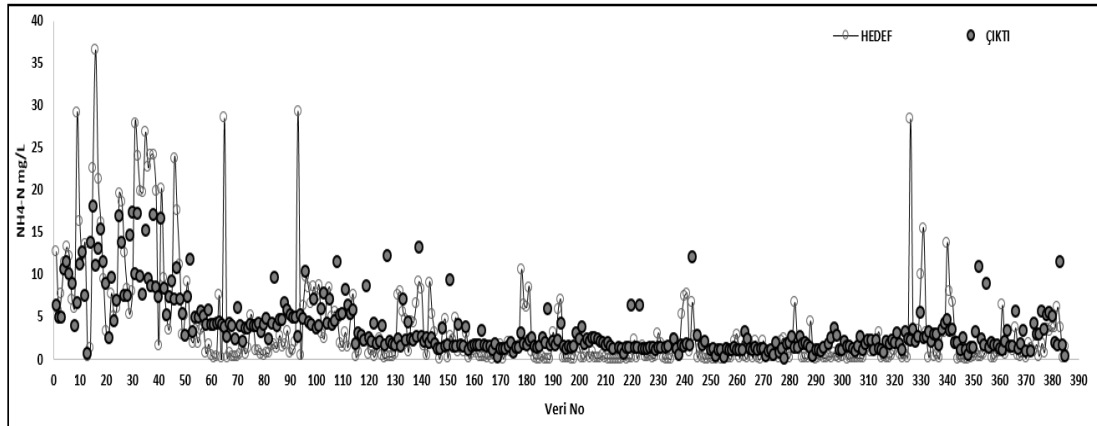
Nöron Sayısı	Amonyum Azotu	
	MSE	R
5	0,0185	0,7060
10	0,0077	0,7830
15	0,0117	0,7632
20	0,0260	0,7129
25	0,0144	0,6832
30	0,0152	0,7187
40	0,0137	0,7566
50	0,0091	0,7771

Nöron sayısı ve eğitim algoritması ile optimize edilmiş olan yapay sinir ağı modelinin hata fonksiyonu ve değerler arası korelasyon R değeri Şekil 4.29’de verilmiştir.



Şekil 4.29 NH4-N Çıktı Model 4 Test korelasyon Değeri R (a), Hata fonksiyonu (b)

Optimize edilen yapay sinir ağı ile oluşturulmuş modele ait giriş, atıksu arıtma tesisi çıkış değerleri ile model çıktı değerleri Şekil. 4.30'de verilmiştir.



Şekil 4.30 NH4-N Çıktı Model 4 Test Çıktı Değeri İle Ölçülen Değerler

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Tokat Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisinin İşletme ve Performans yönünden değerlendirilmesi amacıyla yapılan bu tez çalışında tesiste kayıt altına alınan veriler ile tesisin işletme verimi ortaya çıkarılmıştır. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı parametresinde % 91, Kimyasal Oksijen İhtiyacı parametresinde % 86, Toplam Askıda Katı Madde parametresinde % 90 oranında verimle arıtma gerçekleştirdiği görülmüştür. Toplam Azot ve Toplam Fosfor parametresinde arıtma verimlerinin sırasıyla % 47 ve % 39 olduğu görülmüştür. Toplam Azot ve Toplam Fosfor parametresinde verimin düşük olması tesise kanalizasyon sistemi ile gelen atıksuyun karakterinin endüstriyel nitelik taşıyor olmasından kaynaklandığı görülmektedir.

Tesis tasarım sırasında baz alınan atıksu özellikleri ile tesise gerçekte gelmekte olan atıksu özelliklerinin uyumluluğu araştırılmıştır. Bu kapsamda 24 saatlik debi ve 24 saat süresince saatlik örnekleme çalışması yapılarak alınan kompozit numunenin tesise gelen atıksuyun tamamını temsil edebilme kabiliyetine bakılmıştır. Saatlik analiz ortalaması, kompozit numune analiz sonuçları ve debi ile ilişkilendirilmiş sonuçların KOİ, BOİ₅, TP parametrelerinde oldukça yakın olduğu, tesise gelen kirliliği temsil kabiliyetine sahip olduğu görülmüştür. 2015 – 2018 arası uzun dönem kirlilik değerleri ile 24 saatlik çalışma sonucunda elde edilen değerlerin birbirlerine yakın olduğu fakat her iki değerinde TN parametresi hariç tasarım değerlerinin altında olduğu görülmüştür. Örnek olarak TAKM parametresinde uzun dönem verisi 200 mg/L, 24 saatlik çalışma da 199 mg/L, tasarım parametre değeri 300 mg/L'dir.

Tesise gelen atıksulara bakılarak tesisin işletilmesi için önemli olan deşarj parametrelerin tahmin edilmesi için yapay sinir ağları ile modelleme çalışması yapılmıştır. Modelleme çalışmasında tesis çıkış parametrelerinin en iyi korelasyon katsayısına sahip olan model girdileri araştırılmıştır. BOİ₅, KOİ, TN, TP ve Amonyum Azotu için yapay sinir ağları çalışması yapılmıştır.

KOİ parametresi tahmini için oluşturulan model giriş parametreleri, deşarj suyu sıcaklık, pH ve Toplam Askıda Katı Madde parametrelerinden oluşmaktadır. Model çıktı korelasyon katsayısı R, 0,8133 olarak bulunmuştur. BOİ₅ parametresi tahmini için oluşturulan model giriş parametreler, giriş atıksu pH, TN, çıkış atıksuyu pH ve KOİ, havalandırma havuzu sıcaklık, pH, SVI parametrelerinden oluşmaktadır. Model

çıkış korelasyon katsayısı R, 0,7702 olarak bulunmuştur. TN parametresi tahmini için oluşturulan model giriş parametreler, çıkış deşarj suyu sıcaklık, pH, KOİ, TAKM, NO₃-N ve TP parametrelerinden oluşmaktadır. Model çıkış korelasyon katsayısı R, 0,6617 olarak bulunmuştur. TP parametresi tahmini için oluşturulan model giriş parametreler, giriş atıksu KOİ, TN, TP ve NH₄-N, çıkış deşarj suyu TN ve havalandırma havuzu pH parametrelerinden oluşmaktadır. Model çıkış korelasyon katsayısı R, 0,7142 olarak bulunmuştur. Ayrıca tesisin yapım projesi özel amaçlarından olan amonyum azotunun alıcı ortama deşarjının izlenebilmesi kapsamında Amonyum Azotunun da tahmin çalışması yapılmıştır. NH₄-N parametresi tahmini için oluşturulan model giriş parametreler, çıkış deşarj suyu sıcaklık, pH, KOİ, TAKM, TN, NO₂-N ve NO₃-N parametrelerinden oluşmaktadır. Model çıkış korelasyon katsayısı R, 0,7830 olarak bulunmuştur.

5.2. Öneriler

Deşarj yeri, alıcı ortamın hassas alan olmamasından dolayı Toplam Azot ve Toplam Fosfor parametrelerinin mevzuatta istenilmemiş olması tesisin mevcut parametreleri olarak işletmesinde problem oluşturmamaktadır. Yapılması muhtemel mevzuat güncellemesi için bu parametreler bazında hazırlıkların yapılması gerekmektedir. Atıksu Arıtma tesisi birinci faz kapasitesi 2020 yılında dolacaktır. Tesisin ikinci faz yapım işlerinde prosesin özellikle azot ve fosfor arıtımı için gözden geçirilmesi gerekmektedir.

Tesiste giriş ve çıkıştan alınan numunelerin tesise gelen kirliliği temsil ettiği 24 saatlik debi değişim ve kirlilik çalışması ile görülmüştür. 24 saatlik debi değişim çalışması işletme açısından kirliliğin belirlenmesi adına yıl içerisinde birkaç kez tekrarlanmalıdır.

Tesise gelen organik kirliliğin işletme ve tasarım açısından az olduğu gerek BOİ₅ parametresi gerek KOİ parametresi olarak görülmüştür. Tesiste bulunan ön çökeltim tankları ile çürütücü sistem beslendiğinden denitrifikasyon için gerekli olan organik kaynak azalmaktadır. Bu kapsamda tesis işletmecisinin deşarj kalitesinin yükseltilmesi veya üretilen elektrik enerjisinin artırılması ikileminde kalmaması amacıyla ilave organik kaynağın bulunması için çalışma başlatılabilir.

Deşarj çıkış suyundaki önemli parametrelerin tahmin edilmesi amacıyla yapay sinir ağları ile yapılan çalışmada belirli oranlarda yakınlık sağlanmıştır. Bu oranların daha yüksek seviyelere çıkarılması için veri setlerindeki salınımların minimize edilmesi gerekmektedir.

Uzun dönem verileri ile yapılan çalışmalarda tesis gelen atıksu değerlerinin önemli olduğu kadar değerin bulunduğu prosedürler, kimyasallar, enstrümanlar hatta personel dahi önem arz etmektedir. Laboratuvar personellerinin değişimleri sırasında oryantasyonlarının tamamlanması kişiye bağlı hata etkisini minimuma indireceğinden sonuçları daha yüksek doğrulukla elde edilmesini sağlayacaktır. Diğer yandan çevrimiçi ölçüm aletlerinin bakımları ve kalibrasyonları talimatlarına uygun olarak zamanında yapılmalıdır. Tüm aşamalarda atlanan, ihmal edilen basamaklar bağlı hata olarak sonucu etkilemektedir. Dolayısıyla korelasyon değerlerinin değişmesine sebep olmaktadır.

Yapay sinir ağı modellerinde giriş verileri 27 parametre içerisinde seçilmiştir. Bu parametreler Tokat Atıksu Arıtma Tesisinin işletilmesi için yeterli olan parametrelerdir. Daha detaylı bir işletme ve izleme için bu parametre sayısı artırılabilir. İşletme için önemli parametreler arasına iletkenlik parametresinin de eklenmesi durumunda korelasyon katsayısının Yıldız (2009) Denizli (Merkez) Atıksu Arıtma Tesisinin Performansının Yapay sinir ağları Kullanılarak Modellenmesi çalışmasında görüldüğü üzere artacağı değerlendirilmiştir. Ayrıca bu parametre Laboratuvar kayıt düzeni içerisine eklenmeli ve rutin olarak takibinin yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR:

- [1] Tchobanoglous, G., Burton, L.F., Stensel, H.D. (2004) Wastewater Engineering, Treatment and Reuse Fourth Edition. *Metcalf & Eddy Mc Graw Hill Inc.*, 1819s, USA
- [2] Anonim (2004) Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (25687). *TC. Resmi Gazete*, 31 Aralık, 1.
- [3] Samsunlu, A., , 2006. “Atık Suların Arıtılması”, *Birsen Yayınevi*, 647s, İstanbul.
- [4] Anonim (2006) Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (26047). *TC. Resmi Gazete*, 08 Ocak, 1.
- [5] Koyuncu, İ., Öztürk, İ., Mutlu, B.K., Yıldız, O. (2016) Atıksu Arıtma Tesisleri İşletimi El Kitabı. *Yorum Basın Yayın Sanayi Ltd. Şti*, 368s, Ankara
- [6] Samsunlu, A. (2008) Çevre Mühendisliği Kimyası. *Birsen Yayınevi*, 6. Baskı, 396s, İstanbul
- [7] Peker, İ. (2007) Çevre Mühendisliği Kimyası. *Birsen Yayınevi*, 239s, İstanbul
- [8] Eroğlu, V. (2014) Atıksuların Tasfiyesi. *Orman ve Su İşleri Bakanlığı Yayını*, 3. Baskı, 412s, Ankara
- [9] Url-1 < <https://www.su.gen.tr/atik-sularin-aritilmasi.html> >, alındığı tarih: 30.11.2018.
- [10] Tünay, O. (1996) Çevre Mühendisliğinde Kimyasal Prosesler, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, 89s. İstanbul
- [11] Anonim (1991) Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği (20748). *TC. Resmi Gazete*, 07 Ocak 1. (yürürlükten kalkmış tebliğ)
- [12] Öztürk, İ., Timur, H., Koşkan, U. (2005) Atıksu Arıtımının Esasları Eysel, Endüstriyel Atıksu Arıtımı ve Arıtma çamurlarının Kontrolü . *T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları*, 459s, Ankara
- [13] Toprak, H. (2000) Aktif Çamur Sürecinin İşletilmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi*. 2. Baskı, 460s. İzmir
- [14] Arceivala, S.J., Balman, A.H., Balman, V. (2002). Çevre Kirliliği Kontrolünde Atıksu Arıtımı. *Tata McGraw-Hill*, 473s.
- [15] Nas, B. (2017). Atıksu Arıtma Tesislerinde İşletme Sorunları ve Çözümleri. *T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, 103s, Ankara
- [16] Anonim (2000). ATV - DVWK - A 131 E: Tek Aşamalı Aktif Çamur Tesislerinin Boyutlandırılması. *ATV-DVWK, Su, Atıksu, Atık Basım Şirketi*, 63s, Hennef

- [17] **Öztemel, E.** (2006). Yapay Sinir Ağları. *Papatya Yayıncılık* 2. Baskı, 232s, İstanbul
- [18] **Kohonen, T.**, (1988). An Introduction to Neural Computing, Neural Networks, Sayı 1, 3- 16. USA
- [19] **Sağıroğlu, Ş., Beşdok, E., Erler, M.**, (2003). Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları I, Yapay Sinir Ağları, *Ufuk Yayıncılık*, 423s, Kayseri
- [20] **Civelekoğlu, G.** (2006). Arıtma proseslerinin yapay zeka ve çoklu istatistiksel yöntemler ile modellenmesi. *S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Doktora Tezi). 155s, Isparta.
- [21] **Mjalli, F.S., Al-Asheh, S., Alfadala, H.E.**, (2007). Use of artificial neural network black-box modeling for the prediction of wastewater treatment plants performance, *Elsevier Journal of Environmental Management* 83. 329–338
- [22] **Url-2** < https://ch.mathworks.com/help/deeplearning/ref/trainlm.html?s_tid=srchtitle>, alındığı tarih: 20.12.2018.
- [23] **Moral, H.** (2004). Aktif çamur prosesinin yapay sinir ağları kullanılarak modellenmesi. *O.D.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Yüksek Lisans Tezi). 126s, Ankara.
- [24] **Yıldız, S.P.** (2009). Denizli (Merkez) atıksu arıtma tesisi performansının yapay sinir ağları kullanılarak modellenmesi. *H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Yüksek Tezi). 100s, Şanlıurfa.
- [25] **Subaşı, H.** (2010). Yapay Sinir Ağı ile atıksu Arıtma Tesisi Performansının Modellenmesi. *Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Yüksek Lisans Tezi). 113s, Adana.
- [26] **Özel, O.** (2011) Hurma (Antalya) Atıksu Arıtma Tesisi performansının modellenmesi. *Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Yüksek Lisans Tezi). 106s, Adana.
- [27] **Özen S.B.** (2018) KASKİ Atıksu Arıtma Verilerinin Yapay Sinir ağları ve Bulanık Mantık Yöntemleriyle Tahmin Edilmesi, *E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Yüksek Lisans Tezi). 97s, Kayseri.
- [28] **Okumuşoğlu G.** (2008). Tokat Atıksu Arıtma Tesisi Proses Hesap Raporu, Hidrotek - Otv France Ortak Girişimi. İstanbul
- [29] **APHA**, (1999). Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th ed. American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington, DC, USA.

- [30] **Url-3** Hach- Lange Küvet Test Sistemi < <https://tr.hach.com/asset-get.download-en.jsa?code=197594>>, alındığı tarih: 21.01.2019.
- [31] **Güçlü, D.** (2007) Tam ölçekli kentsel atık su arıtma tesislerinin bilgisayar programı kullanılarak modellenmesi ve arıtma performanslarının incelenmesi, *S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Doktora Tezi). 167s, Konya.
- [32] **Durusu, A., Dalgaard, O., Çokgör, E.U.**, (2005) Merkezi Finans ve İhale Birimi Ref.: Sözleşme TR/0203.03/001 Çevre ve Orman Bakanlığı Yüksek Maliyetli Çevre Yatırımlarının Planlanması için Teknik Yardım, Türkiye Tokat Atıksu Arıtma Tesisi Projesi Fizibilite Raporu, Envest Planners, 161s , İstanbul
- [33] **Url-4** Türkiye İstatistik Kurumu Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Veri Hizmeti <<https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>>, alındığı tarih: 26.04.2019.
- [34] **Winkler, M.** Laboratuvar Analizi & Proses Analizi, Atıksu Arıtma Nütrientler Uygulama Raporu. 8s.



EKLER

EK-1 10.04.2018 24 saatlik Kirlilik İzleme Çalışması.

Saat	Giriş										Giriş Yüğü					Çıkış							Çıkış Yüğü						
	Debi	Sıcaklık	pH	İletkenlik	KOI <605	BOİ ₅ <305	TAKM <300	TN <57,3	TP <10,4	NH ₄ -N	KOI <11500 kg/day	BOİ ₅ <5400 kg/day	TAKM <8000 kg/day	TN <1100 kg/day	TP <165 kg/day	Sıcaklık	pH	İletkenlik	KOI <90 mg/l	BOİ ₅ <25 mg/l	TAKM <25 mg/l	TN <10 mg/l	(NH ₄ - N) <2 mg/l	TP	KOI	BOİ ₅	TAKM	Total-N <1100 kg/day	Phosphate P <165 kg/day
	m ³ /day	°C		µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	kg/day	kg/day	kg/day	kg/day	kg/day	°C		µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	kg/day	kg/day	kg/day	kg/day	kg/day
01:00	1688	19	7	1371	745	329	382	178	7	39	1257	555	611	297	12	20	7	1375	48	29	13	13	2	1	81	49	22	22	2
02:00	1158	19	8	1282	613	170	222	82	7	39	710	197	257	72	8	19	7	1442	49	22	14	30	3	1	57	25	16	35	1
03:00	1186	19	8	2594	558	226	220	95	8	43	651	264	257	111	7	19	7	1459	48	18	13	33	4	1	56	21	15	38	1
04:00	785	18	8	2318	348	150	170	74	8	46	273	118	134	58	4	19	7	1468	44	24	13	28	3	1	34	19	10	22	1
05:00	665	18	8	1512	346	126	126	70	5	47	230	84	84	47	3	19	8	1456	43	13	8	30	2	1	28	9	6	20	1
06:00	667	18	8	1330	303	112	94	73	5	38	202	75	63	49	4	19	7	1459	41	11	11	27	3	2	27	7	7	18	1
07:00	662	18	8	1209	245	132	80	63	3	47	162	87	53	42	2	19	7	1464	42	11	11	23	2	1	28	7	7	15	1
08:00	614	18	9	1933	221	105	68	53	3	42	136	64	42	33	2	19	7	1488	42	9	19	28	3	1	26	6	12	17	1
09:00	1141	18	8	1444	227	120	102	68	3	62	259	137	116	77	3	19	7	1456	49	8	15	32	4	1	56	9	17	36	1
10:00	1145	18	8	1415	194	482	90	58	3	29	222	552	103	66	4	19	7	1431	37	6	12	35	3	1	42	7	13	40	1
11:00	1634	18	8	1618	237	285	156	103	6	64	387	466	255	168	9	19	7	1414	33	6	14	25	4	1	54	10	22	41	1
12:00	1598	19	9	1828	421	268	168	111	9	71	673	428	269	177	14	19	7	1350	31	7	12	34	3	1	49	11	19	54	2
13:00	1658	19	8	1610	477	287	322	88	7	66	791	476	534	147	12	19	7	1453	43	8	14	23	4	1	71	13	23	38	2
14:00	1637	19	8	1408	509	395	388	84	7	53	833	647	635	137	11	20	7	1706	43	9	16	27	3	1	70	15	27	44	1
15:00	1658	19	8	1580	178	168	266	73	7	49	295	279	441	121	11	19	7	1478	65	13	35	16	2	1	107	22	58	27	1
16:00	1658	19	8	1639	531	318	266	52	6	42	880	527	441	85	9	20	7	1580	47	11	23	31	2	1	78	18	38	51	1
17:00	1087	19	7	1544	543	448	126	102	6	44	590	487	137	111	6	20	7	1490	41	12	16	28	3	1	45	13	17	28	1
18:00	1393	19	7	1257	586	312	290	52	5	28	816	434	404	73	7	18	7	1544	48	11	28	16	2	1	66	15	40	23	1
19:00	1160	19	7	1348	581	546	134	32	5	37	674	633	155	37	6	19	7	1418	39	8	17	36	3	1	45	9	19	42	1
20:00	1663	17	7	1284	574	422	280	50	5	33	955	702	432	83	8	18	7	1348	43	14	21	20	2	1	71	23	35	33	2
21:00	1211	18	8	1489	452	340	156	47	5	36	547	412	189	57	6	19	8	1515	63	16	40	28	2	1	77	19	48	33	2
22:00	1678	17	8	1329	414	276	242	63	4	38	695	463	406	105	7	18	8	1570	41	18	11	31	1	1	68	30	19	52	2
23:00	1568	18	8	1354	456	325	172	47	5	40	715	510	270	74	8	18	8	1600	74	20	28	30	2	1	117	31	43	47	2
00:00	1145	17	7	1749	488	362	292	60	6	39	559	415	334	68	7	18	7	1466	59	16	28	31	1	1	67	18	32	35	1
KOMPOZİT	30440		8	1540	439	314	158	59	6	47	13363	9558	4810	1802	174			1418	53	46	20	25	8	1	1613	1408	609	767	26
DEBİ İLE İLİŞK.					444	296	218	75	6									47	13	19	27		1						
ortalama	2435	18	8	1580	427	279	197	73	5	45	1075	743	457	164	14	19	7	1474	47	15	18	27	3	1	121	73	47	63	2
en yüksek	30440	19	9	2594	745	546	388	178	9	71	13363					20	8	1706	74	46	40	36	8	2	1613				
en düşük	614	17	7	1209	178	105	68	32	3	28	136					18	7	1348	31	6	8	13	1	1	28				

EK-2 BOİs Parametresi Eğitim Algoritması Örnek Script

```
% Solve an Input-Output Fitting problem with a Neural Network
% Script generated by Neural Fitting app
% Created 21-Jan-2019 13:17:37
%
% This script assumes these variables are defined:
%
% ZBOI1 - input data.
% mcikisBOI - target data.

x = ZBOI1';
t = mcikisBOI';

% Choose a Training Function
% For a list of all training functions type: help nntrain
% 'trainlm' is usually fastest.
% 'trainbr' takes longer but may be better for challenging problems.
% 'trainscg' uses less memory. Suitable in low memory situations.
trainFcn = 'trainlm'; % Levenberg-Marquardt.

% 'trainlm' Levenberg-Marquardt.
% 'trainbr' Bayesian Regularization.
% 'trainscg' Scaled conjugate gradient backpropagation.
% 'trainbfg' BFGS Quasi-Newton.
% 'trainrp' Resilient Backpropagation.
% 'traincgb' Conjugate Gradient with Powell/Beale Restarts.
% 'traincgf' Fletcher-Powell Conjugate Gradient.
% 'traincgp' Polak-Ribière Conjugate Gradient.
% 'trainoss' One Step Secant.
% 'traingdx' Variable Learning Rate Gradient Descent.
% 'traingdm' Gradient Descent with Momentum.
% 'traingd' Gradient Descent.
% 'traingda' Gradient Descent with Adaptive Learning Rate.

% Create a Fitting Network
hiddenLayerSize = 20;
net = fitnet(hiddenLayerSize,trainFcn);

% Choose Input and Output Pre/Post-Processing Functions
% For a list of all processing functions type: help nnprocess
net.input.processFcns = {'removeconstantrows','mapminmax'};
net.output.processFcns = {'removeconstantrows','mapminmax'};

% Setup Division of Data for Training, Validation, Testing
% For a list of all data division functions type: help nndivide
net.divideFcn = 'dividerand'; % Divide data randomly
net.divideMode = 'sample'; % Divide up every sample
net.divideParam.trainRatio = 60/100;
net.divideParam.valRatio = 20/100;
net.divideParam.testRatio = 20/100;

% Choose a Performance Function
% For a list of all performance functions type: help nnperformance
net.performFcn = 'mse'; % Mean Squared Error

% Choose Plot Functions
% For a list of all plot functions type: help nnplot
net.plotFcns = {'plotperform','plottrainstate','ploterrhist', ...
```

```

    'plotregression', 'plotfit'});

% Train the Network
[net,tr] = train(net,x,t);

% Test the Network
y = net(x);
e = gsubtract(t,y);
performance = perform(net,t,y)

% Recalculate Training, Validation and Test Performance
trainTargets = t .* tr.trainMask{1};
valTargets = t .* tr.valMask{1};
testTargets = t .* tr.testMask{1};
trainPerformance = perform(net,trainTargets,y)
valPerformance = perform(net,valTargets,y)
testPerformance = perform(net,testTargets,y)

% View the Network
% view(net)

% Plots
% Uncomment these lines to enable various plots.
%figure, plotperform(tr)
%figure, plottrainstate(tr)
%figure, ploterrhist(e)
%figure, plotregression(t,y)
%figure, plotfit(net,x,t)

% Deployment
% Change the (false) values to (true) to enable the following code
blocks.
% See the help for each generation function for more information.
if (false)
    % Generate MATLAB function for neural network for application
    % deployment in MATLAB scripts or with MATLAB Compiler and Builder
    % tools, or simply to examine the calculations your trained neural
    % network performs.
    genFunction(net,'myNeuralNetworkFunction');
    y = myNeuralNetworkFunction(x);
end
if (false)
    % Generate a matrix-only MATLAB function for neural network code
    % generation with MATLAB Coder tools.
    genFunction(net,'myNeuralNetworkFunction','MatrixOnly','yes');
    y = myNeuralNetworkFunction(x);
end
if (false)
    % Generate a Simulink diagram for simulation or deployment with.
    % Simulink Coder tools.
    gensim(net);
end

```



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı Alim ÇİĞDEM
Doğum Yeri ve Tarihi Tokat, 07.03.1983
Medeni Hali Evli
Yabancı Dil İngilizce
İletişim Adresi Karşyaka Mah. Geksi Cd. 8.Sokak
N0:21/12 60200 Tokat
E-posta Adresi alimcigdem@gmail.com

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise Almus Çok Programlı Lise, 2001
Lisans Harran Üniversitesi, 2005
Yüksek Lisans Cumhuriyet Üniversitesi, 2013

İş Tecrübesi

Tidap Çevre Analiz Lab. Deney Sorumlusu, 2007
Hakser-Ata Çevre Analiz Laboratuvarı Laboratuvar Müdürü, 2008
Tokat Belediyesi Proje & Kontrol Mühendisi, 2008
Atıksu Arıtma Tesis Sorumlusu, 2010 – devam ediyor