

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ATIKSU ARITMA TESİSİ VERİMİNİN YAPAY SİNİR  
AĞLARI İLE TAHMİN EDİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Çevre. Müh. Sebile AÇIKALIN**

**Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Recep İLERİ**

**Haziran 2007**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ATIKSU ARITMA TESİSİ VERİMİNİN YAPAY SİNİR  
AĞLARI İLE TAHMİN EDİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Çevre. Müh. Sebile AÇIKALIN**

**Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**

**Bu tez 01/06/2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.**

**Prof. Dr. Recep İLERİ**  
**Jüri Başkanı**

**Yrd. Doç. Dr. Nurtaç ÖĞLENİ**  
**Üye**

**Yrd. Doç. Dr. Naci ÇAĞLAR**  
**Üye**

## TEŞEKKÜR

Hayatım boyunca bana her konuda destek olan babama ve anneme her şey için sonsuz teşekkür ederim.

Çevre mühendisliğinin ne demek olduğunu bize öğreten ve her zaman bilgi birikimini paylaşan Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Recep İLERİ' ye ve yapay sinir ağları konusunda bana yol gösteren Doç. Dr. Fatih ÜSTEL' e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmada verileri kullanılan ADASU Genel Müdürlüğü Karaman Atıksu Arıtma Tesisi çalışanlarına teşekkür ederim.

Sakarya Üniversitesi İdari ve Mali İşler Dairesi Başkanı Mustafa YAZICI' ya, Sayın Patronum Osman Nuri BAYRAK' a, İdari ve Mali İşler Genel Hizmetler Şefi Mehmet KUMBAŞLI' ya, Personel Şefim Yakup SAY' a ve tüm çalışma arkadaşlarıma yüksek lisans eğitimim boyunca gösterdikleri destek ve anlayış için çok teşekkür ederim.

:

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xi
BÖLÜM 1.	
TESİSİN TANITIMI.....	1
BÖLÜM 2.	
YAPAY ZEKA.....	15
2.1. Yapay Zeka Tanımı.....	15
2.2. Yapay Zeka Teknolojileri.....	16
BÖLÜM 3.	
YAPAY SİNİR AĞLARI.....	18
3.1. Yapay Sinir Ağlarının Genel Tanımı.....	18
3.2. Yapay Sinir Ağı ve En Temel Görevi.....	18
3.3. Yapay Sinir Hücresi.....	19
3.4. Yapay Sinir Ağının Yapısı.....	20
3.5. Yapay Sinir Ağlarının Çalışması .....	22
3.6 Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri.....	22
3.7. Yapay Sinir Ağının Kullanımı.....	23
3.7.1. YSA'nın amacına karar verme.....	23
3.7.2. YSA'yı eğitme.....	23

3.7.3. YSA'yı test etme.....	24
3.7.4. YSA'yı kullanma.....	25
BÖLÜM 4.	
YAPAY SİNİR AĞI MODELLERİ.....	26
4.1. Çok Katmanlı Algılayıcı (Öğretmenli Öğrenme).....	26
4.1.1. Çok katmanlı algılayıcı (ÇKA).....	26
4.1.2. ÇKA modelinin yapısı.....	26
4.1.3. ÇKA ağının öğrenme kuralı.....	28
4.1.4. ÇKA Ağının çalışma prosedürü.....	28
4.2. LVQ Modeli (Destekleyici Öğrenme).....	30
4.2.1. LVQ ağının özellikleri.....	30
4.2.2. LVQ ağının yapısı.....	30
4.3. Adaptif Rezonans Teori (ART) Ağları (Öğretmensiz öğrenme).....	31
4.3.1. ART ağlarının yapısı.....	31
BÖLÜM 5.	
UYGULAMA ÇALIŞMALARI.....	33
5.1. Herhangi Bir Uygulama İçin Ağ Seçimi.....	33
5.2. Çalışma İçin YSA Simülatörü (Paket Programı) Seçimi.....	34
5.3. Çalışılan Parametrelerin Tanımı Ve Önemi.....	35
5.3.1. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ).....	35
5.3.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ).....	36
5.3.3. Askıda Katı Madde (AKM).....	36
5.4. YSA' nın Çevre Mühendisliğinde Bazı Uygulamaları.....	36
5.5. Deneysel Çalışma.....	37
5.5.1. NeuroSolutions Microsoft Excel eklentisi ile uygulama.....	39
5.5.1.1. Yapay sinir ağının oluşturulması.....	41
5.5.1.2. Yapay sinir ağının eğitimi.....	45
5.5.1.3. Yapay sinir ağının test edilmesi.....	47
5.6. Çalışmada Kullanılan Değerlerin Neurosolutions İle Analizi.....	47
5.6.1. BOİ çıkış değerlerinin Neurosolutions ile analizi.....	48
5.6.2. KOİ çıkış değerlerinin Neurosolutions ile analizi .....	54

5.6.3. AKM çıkış değerlerinin Neurosolutions ile analizi .....	65
5.7. YSA İle Elde Edilen Değerlerle Verimin Hesaplanması.....	76
5.7.1. BOİ için gerçek değerler ve YSA çıktılarına bağlı verimin karşılaştırılması.....	77
5.7.2. KOİ için gerçek değerler ve YSA çıktılarına bağlı verimin karşılaştırılması.....	78
5.7.3. AKM için gerçek değerler ve YSA çıktılarına bağlı verimin karşılaştırılması.....	80
BÖLÜM 6.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	82
KAYNAKLAR.....	84
EKLER.....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	123

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

BOİ	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
AKM	: Askıda Katı Madde
YSA	: Yapay Sinir Ağları
ÇKA	: Çok Katmanlı Algılayıcı
ART	: Adaptif Rezonans Teori
TAKM	: Toplam Askıda Katı Madde
MAE	: Ortalama Mutlak Hata
RMSE	: Ortalama Hata Karesi Kökü
MSE	: Ortalama Karesel Hata
E	: Verim %
$S_o$	: Giriş değeri
$S_e$	: Çıkış değeri

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Adapazarı atıksu arıtma tesisi akım şeması.....	14
Şekil 2.1.	Yapay zekayı oluşturan bileşenler.....	15
Şekil 3.1.	Bir yapay sinir ağı örneği.....	19
Şekil 3.2.	Yapay sinir hücresinin yapısı.....	19
Şekil 3.3.	Yapay sinir ağı katmanlarının birbirleri ile ilişkileri.....	21
Şeki 3.4.	Bir yapay sinir örneği .....	21
Şekil 4.1.	ÇKA modeli.....	27
Şekil 4.2.	LVQ ağıının topolojik yapısı.....	31
Şekil 4.3.	ART ağıının genel yapısı.....	32
Şekil 5.1.	NS Microsoft eklenti menüsü.....	41
Şekil 5.2.	Girdi sütunlarının programa tanıtılması.....	42
Şekil 5.3.	Çıktı sütunlarının programa tanıtılması.....	42
Şekil 5.4.	Eğitim setinin programa tanıtılması.....	43
Şekil 5.5.	Test setinin programa tanıtılması.....	43
Şekil 5.6.	Test setinin programa tanıtılması.....	44
Şekil 5.7.	İterasyon sayısı ve ağırlık güncellemelerinin belirlenmesi.....	45
Şekil 5.8.	Program tarafından oluşturulan sinir ağıının ekran görüntüsü.....	45
Şekil 5.9.	“Train...” menüsünün ekran görüntüsü.....	46
Şekil 5.10.	“Training...” menusunun ekran görüntüsü.....	46
Şekil 5.11.	“Test” menusunun ekran görüntüsü.....	47
Şekil 5.12.	BOİ Çıkış değerleri ile tahmin değerlerinin karşılaştırılması.....	53
Şekil 5.13.	YSA- istenen sonuçların BOİ test seti için $x = y$ grafiği üzerinde gösterimi.....	53
Şekil 5.14.	KOİ Çıkış değerleri ile tahmin değerlerinin karşılaştırılması.....	63
Şekil 5.16.	AKM Çıkış değerleri ile tahmin değerlerinin karşılaştırılması....	74



Şekil 5.17. YSA- istenen sonuçların AKM test seti için $x = y$ grafiği üzerinde gösterimi.....	75
Şekil 7.1. BOİ için YSA çıktılarıyla hesaplanan verim ile gerçek verimin karşılaştırılması.....	77
Şekil 7.2. KOİ için YSA çıktılarıyla hesaplanan verim ile gerçek verimin karşılaştırılması.....	78
Şekil 7.3. AKM için YSA çıktılarıyla hesaplanan verim ile gerçek verimin karşılaştırılması.....	80

## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 5.1.	Ağların başarılı oldukları alanlar.....	33
Tablo 5.2.	Bazı YSA simülatörleri ve adresleri.....	35
Tablo 5.3.	BOİ çıkış tahmini için uygulamanın girdi ve çıktıları.....	38
Tablo 5.4.	KOİ çıkış tahmini için uygulamanın girdi ve çıktıları.....	38
Tablo 5.5.	AKM çıkış tahmini için uygulamanın girdi ve çıktıları.....	39
Tablo 5.6.	BOİ Çıkış değerlerinin tahmininde kullanılan girdi değerleri...	48
Tablo 5.7	BOİ Çıkış tahmin performans değerleri.....	53
Tablo 5.8.	BOİ Çıkış değerleri ve program ile elde edilen sonuçlar.....	54
Tablo 5.9.	KOİ Çıkış Değerlerinin Tahmininde Kullanılan Girdi Değerleri.....	55
Tablo 5.10.	KOİ Çıkış tahmin performans değerleri.....	63
Tablo 5.11.	KOİ Çıkış değerleri ve program ile elde edilen sonuçlar.....	64
Tablo 5.12.	AKM Çıkış Değerlerinin Tahmininde Kullanılan Girdi Değerleri.....	66
Tablo 5.13.	AKM Çıkış tahmin performans değerleri.....	74
Tablo 5.14.	AKM Çıkış değerleri ve program ile elde edilen sonuçlar.....	75
Tablo 7.1.	BOİ için YSA çıktılarıyla ve gerçek değerlerle hesaplanan verimler.....	77
Tablo 7.2.	KOİ için YSA çıktılarıyla ve gerçek değerlerle hesaplanan verimler.....	79
Tablo 7.3.	AKM için YSA çıktılarıyla ve gerçek değerlerle hesaplanan verimler.....	80

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Kentsel Atıksu Arıtma, Parametre, Yapay Sinir Ağları, Çok Katmanlı Algılayıcı

Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve askıda katı madde (AKM) kentsel atıksu arıtma sistemlerinin performansının ölçülmesinde kullanılan önemli parametrelerdir. Bu çalışmada, atıksu arıtma tesisi kirlilik parametrelerinden biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve askıda katı madde (AKM) çıkış değerlerini tahmin etmek için Yapay Sinir Ağları (YSA) metodu kullanılmıştır.

Model geliştirmede kullanılan veriler, atıksu sıcaklığı, pH, ortalama debi, KOİ, BOİ ve AKM parametrelerinden oluşmaktadır. Adapazarı Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi verileri kullanılarak oluşturulan modellerden Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA) modeli gerçek verilere oldukça iyi bir sonuçla uyum sağlamıştır.

# **ESTIMATION OF EFFICIENCY URBAN WASTEWATER TREATMENT PLANT BY ARTIFICIAL NEURAL NETWORK**

## **SUMMARY**

Key Words: Urban Wastewater Treatment, Parameter, Artificial Neural Network, Multilayer Perceptron

Biological oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD) and suspended solids (SS) are parameters which are used for measuring the performance of urban wastewater treatment system. In this study, Artificial Neural Network (ANN) model is used to estimate the effluent of the BOD, COD, SS which are the pollution parameters of wastewater treatment plant.

The data which are used to develop the model consists of parameters that are the temperature of the wastewater, pH, mean flowrate, BOD, COD and SS. Multilayer Perceptron model which was formed by using data for Adapazarı urban wastewater treatment plant is suitable with the real data.

## **BÖLÜM 1. TESİSİN TANITIMI**

Adapazarı Atıksu Arıtma Tesisleri Adapazarı'nın bugüne kadar ki en büyük yatırımdır. 223.800.000DM bedelle ihale edilen bu proje 2015 yılında Adapazarı nüfusunun 750.000 kişi olacağı düşünülerek yapılmıştır. Tesisin yapımına başlanmasının en önemli sebebi Adapazarı'nın gelişmekte olan bir kent olması, atıkların gün geçtikçe artması ve doğaya küçümsenemez zararlar veriyor olmasıdır. Tesis yapılmadan önce Çark Deresi'ne deşarj edilen atıklar Sakarya Nehri yoluyla Karadeniz'e ulaşmakta, Karadeniz'e ulaşırken de geçtiği bölgelerde tarım alanlarını etkilediği gibi Karadeniz'i de kirleterek büyük bir çevre felaketine neden olmaktaydı. Tesisin yapımına başlanmadan birkaç yıl önce Karadeniz'de ki toplu balık ölümlerini hepimiz hatırlamaktayız.

Adapazarı Atıksu Arıtma Tesisleri çok yüksek meblağlar harcanarak yapılmış olmasına rağmen daha tam olarak faaliyete sokulamamıştır. Tabii bundaki en önemli sebebin 17 Ağustos 1999 tarihinde Adapazarı ve Marmara Bölgesi'nin bir çok ilini etkileyen depremin olduğu bir gerçektir. Depremden sonra Adapazarı'nın atık miktarı önemli derecede azalmış ve tesisin çalışması için gerekli olan atık miktarı henüz tesise giriş yapamamıştır.

Gerekli miktarda atığın tesise girememesinin ana nedeni deprem sırasında Adapazarı'nın altyapısının tamamen çökmüş olmasıdır. Depremden üzerinden yeni bir şehir inşa edecek kadar zaman geçmesine rağmen kanalizasyon sistemi tamamlanamamış, bu yüzden de tesise bağlantı yapılamamıştır. Şu anda Atıksu Arıtma Tesisi tam kapasiteyle çalışmaktadır.

Tesisin yapımına yaklaşık 6 sene önce başlanmış ama 24 ay sürmesi gereken inşaat araya depremin girmesi sebebiyle uzamıştır. Tesisin yapılması için etüd ve proje çalışmaları yapılmış ve uluslar arası bir ihale açılmıştır. 4 Mart 1996 tarihinde medya vasıtasıyla canlı yayında Adapazarı'ların huzurunda ihale yapılmıştır. En uygun teklifi sunan İngiliz-Alman-Türk firmasından oluşan konsorsiyum projeyi üstlenmiştir. Bu konsorsiyum Balfour Beatty(İngiltere), Preussag Noell(Almanya) ve Metiş(Türkiye) firmalarından oluşuyordu.

Adapazarı Atıksu Arıtma Tesisi yapıldığında etrafında yerleşim olmayıp, boş bir arazide kurulmuştu. Fakat daha sonra kalıcı konutların Karaman'a yapılması sonucu yerleşim birimlerinin çok yakınında kalmıştır. Kalıcı konutlar yapılırken, Bayındırlık'a konutların tesisten yaklaşık 700-800m uzağa yapılması gerektiğini bildirmiştir, fakat bu öneri Bayındırlık Müdürlüğü tarafından dikkate alınmamıştır. Tesiste ağaçlandırma çalışmaları hızla sürmektedir. Bunun amacı tesisten yayılacak kötü kokuların ağaçlar tarafından bertaraf edilecek olmasıdır. Tesis, Türkiye 'nin sayılı Atıksu Arıtma Tesislerinden olup tam kapasite ile çalışmaktadır. Çevre Kirliliğinin önlenmesi hiç kuşkusuz Arıtma Tesislerinin kurulması ve rasyonel bir şekilde işletilmesine bağlıdır. Uygun işletmenin sağlanamaması, yatırım, enerji ve kimyasal madde kayıplarının yanında her şeyden önce kirliliği önleyememe boyutuyla çevreye büyük zararlar vermektedir.

Adapazarı Atıksu Arıtma tesisin yapısı ve elemanları aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

**Giriş Yapısı:** Ana toplayıcı kolektörden gelen atık su, giriş ünitesine gelmekte olup, buradan kaba ızgaralara geçmektedir. Tesis çalışmadığı zaman giriş, savak işlerini görmektedir. Giriş suyu dağıtım kanalının işlevi, giriş kanalı ND2400'den kaba elek tesisine kadar düzenli bir atıksu akışı sağlamaktadır.

**Kaba Izgaralar:** Burada 50mm ve üzerindeki kaba maddeler tutulmaktadır. Girişten gelen su 4 diziye ayrılır. Bu düzenleme, bu üç kanal aracılığı ile mümkün olan en yüksek hacimde suyun uzaklaştırılmasına olanak vermek amacıyla planlanmıştır. Dördüncü kanal, bir yedek kanal olarak planlanmaktadır. Kanalın kaba elek öncesi

ve sonrasındaki eni 1.8m olup, eleğe geldiğinde 2.00m'ye genişlemektedir. Her bir kanaldaki kaba elekler genişliği 2m, buçuk aralıkları 50mm olan kafeslerden oluşmaktadır. Eleklerin tırmıklanması zaman anahtar kumandası ile otomatik olarak denetlenebilmektedir. Kaba elekte takılan materyal, yatay bir yürüyen hat aracılığı ile doğrudan doğruya bekleyen bir konteynere konulur. Kaba eleklerden biri arızalanırsa, yedek elek devreye sokulur.

Arşimetler: Tesiste 4 adet Arşimet bulunmakta olup, her birinin kapasitesi 1500lt/sn, basma yüksekliği 11.4m'dir. Her bir Arşimet in dış çapı 2.65m, toplam hava uzunluğu 21.27m'dir. 4 Arşimet in aynı anda çalışma zorunluluğu olmayıp, genellikle bir tanesi yedekte bekletilir.

İnce Izgaralar: İnce ızgaraların temel işlevi, atık suyun içinde bulunan katı partikülleri, pompalar vs. gibi bir sonraki tesis birimlerindeki olumsuz etkilerini en alt düzeye indirecek şekilde almaktır. İnce ızgaralar dört diziye ayrılmış olup, daha önceki aşamalarda olduğu gibi, bu dizilerden bir tanesi yedek işlevi görmektedir. İnce ızgaralarda çubuklar arası mesafe 6mm'dir. Burada katı maddeler önemli ölçüde tutulacağı gibi yüzen köpük de azaltılmaktadır. İnce eleklerin arkasındaki ve önündeki pis su giriş ve çıkış kanallarının enleri 1.8m olup, eleklerin olduğu kesimde 2.4 metreye kadar genişlemektedir. İnce eleklerin etrafındaki kanallar, bütün eleklere kolayca erişebilmek için kafesle örtülüdür. İnce ızgaralarda toplanan malzeme taşıma bandıyla sabit konteynere aktarılmaktadır.

Havalandırılmalı Kum Tutucu Ünitesi: Havalandırılmalı kum tutucuların işlevi, kum ve askıda katı madde gibi çökebilecek materyalleri alarak, Atıksu Arıtma Tesisinin atıksu ve çamur arıtımının daha ileri aşamalarında bunların yaratacağı olumsuz etkileri önlemektir. Kum tutucunun uzun kenarı boyunca verilen basınçlı hava, kum tutucunun içinde boyuna giden su akışını spiral bir harekete döndürerek ağır mineraller ve suyun içindeki kum bu durumda dibe çöker ve atık suyun içinde daha hafif olan organik maddeler kalır. Dibe çöken kumlar bir itici ile ince ızgaraların hemen arkasındaki boşlukta toplanır. Bu toplanan kumlar helezonlar yardımı ile çekilip, borular sayesinde konteynerlere boşaltılırlar.

Yağ Tutucu: Yağ tutucunun işlevi sudaki yağ ve yüzen maddeleri tutmak ve bu yolla tesiste ileride karşılaşılabilecek sorunları en alt düzeye indirmektir. Köpük ve yukarı doğru yüzen yağı kum tutucudaki sıyırıcıya tutturulan ve aşağı indirilebilen bir yağ sıyırıcı ile temizlenecek ve gene aşağıya indirilebilen bir sızıntı vanası ile yağ hunusine doldurulacaktır. Bu toplanan yağlar borular vasıtası ile tekrar ince ızgaraların önüne verilirler. Böylece yağlar hep ince ızgaralar ile yağ tutucu arasında gidip gelir. Bunun amacı yağın incelmesini sağlamaktır. Etkili bir yağ ayrıştırması için kum tutucu ve yağ tutucunun tabanları arasında 40 derecelik bir eğim olup, katmanlar arasındaki serbest mesafe 5cm'dir.

Dağıtım Odası: Planlanan dağıtım odasının işlevi gelen su hacmi ile çökeltme tankından dönen çamuru işleyen dört havalandırma tankı dizisine eşit olarak dağıtmaktır. Atıksu dağıtım odasına kum tutucuların atık su toplama kanalından bir kanal borusu ile gelmektedir. Bu su daha sonra akış ölçerden geçerek dağıtım binasındaki ilk kabul alanına ulaşacaktır. Atık su bu ilk kabul alanından sonra, suyun altındaki dört saptırma duvarı ve dört indirilebilir sızıntı vanasından geçerek dört tane hacim büyüklüğü eşit akışa ayrıştırılarak ve dört giriş suyu odasından havalandırma tanklarına ulaşır.

Atıksu ve dönen çamur karışımı bu aşamadan sonra, tek tek besleme odalarından alınarak kanal borusu ile izleyen dört havalandırma havuzuna yollanır. Ayrıca, dağıtım odasına gömülme duvarlarının konması ile, dört havuz dizisine de eşit ve iyi bir dağıtım sağlanmış olur.

Dönen çamurun giren atık su ile entegre olmasını ve karışmasını sağlamak için bu odaya, dönen çamurla atık suyun yoğun bir şekilde karışmasını sağlayacak iki tane çalkalayıcı yerleştirilmiştir.

Havalandırma Havuzları: Bu prosesin amacı, atıksudaki kirleticilerin biyogenik olarak ayrıştırılmasıdır. Bu biyolojik proses aşaması için toplam hacmi 150.000m<sup>3</sup> olan toplam dört Carrousel tankı inşa edilmiştir. Dört tanktan her birinde nitrifikasyon için bir havalandırma sistemi ve sirkülasyon için suya batabilen motorlu çırpıcılar bulunmaktadır. Tankların alacağı giriş suyu, dağıtım odasından kanal



boruları ile gelecek ve bu boruların konumu tanklara giren suyun su seviyesinin altından boşaltılmasını sağlayacak şekilde ayarlanacaktır. Tank hacminin %54'lük bir oranı nitrifikasyon için ayrılmıştır. Tankın tasarımı, her halkada iç genişliğin 11 metre olduğu çok halkalı bir oda ve 6.3m lik bir su derinliğinden oluşmaktadır.

Havalandırma tanklarından çıkacak akıntı için her havalandırma tankında yaklaşık 13m uzunluğundaki taşma savakları olacaktır. Ayrıca havalandırma havuzuna gelen suyun burada KOİ, BOİ, ph ve AKM sine ayrıca fosfat ve organik maddesine bakılır.

Su havalandırma havuzunun içinde hareket ederek suyun içindeki çamurların şişmesini sağlar. Şişmiş olan bu çamurlar içlerine su emmeye başlarlar. İçine su emen bu çamurlar eskimiş su olarak adlandırılırlar ve bu su yeni suyun üst kısmında kalır. Eskimiş su savaklardan aşarak önce burada birikir. Ve bir süre sonra da toplama havuzunda toplanır. Bu işlem 8 günde tamamlanır.

Havalandırma tanklarında sirkülasyon sağlanabilmesi için, toplam 10 tane karıştırıcı takılmış olup, bunlar tanklarda enine giden operasyon köprülerine bağlanmıştır. Karıştırıcı tesisi, kıyma gerektirmeyen karıştırma işlemine göre, yavaş dönen pervaneleri olan yatay karıştırıcılardan oluşmaktadır. Her havalandırma tankında basınçlı havalandırma aletleri bulunacak ve böylelikle bu konuda boş bırakılan bir alan olmaktadır.

Havalandırma tanklarından çıkan atıksu savaklardan ND 1400'lük boruyla dağıtım odsına verilir. Tankların tabanına döşenmiş difüzler ile atık suya hava verilmektedir.

Blowerlar (Hava Üfleyiciler): Blowerların amacı havalandırma aşamasında atıksudaki kirleticilerin oksidasyonu için yeterli hava oksijenini sağlamaktır. 86700 Nm<sup>3</sup>/saat düzeyindeki istenen maksimum hava hacmi, ya da 35 °C endüksiyon ısısında 99.100 m<sup>3</sup>/saat hava üfleyicisi aracılığı ile sağlanmaktadır. Hava üfleyicileri, havalandırma tankının hemen yanında ve dönüş çamuru ve dağıtım tesislerine bitişik, ayrı bir mekana konmuştur. Hava üfleyicileri için gürültü azaltıcı örtüler sağlanmıştır. İçeri üflenen havanın 6m lik derinliği nedeniyle, gerekli hava hacmini sağlamak için, dönen hava üfleyicilere kıyasla %15 düzeyinde daha az enerji

kullanılmaktadır. Bu da daha yüksek bir verim değeri vermektedir. ND 1200'lük ana kolektörden hava tanklarına hava dağılımı yapılmaktadır.

**Son Çökeltme Dağıtıcısı:** Son çökeltme dağıtıcısının görevi, atık su ve aktif çamur karışımının planlanmış olan sekiz adet çökeltme tankına eşit olarak dağıtılmasını sağlamaktır. Sekiz son çökeltme tankı için, iki tane son çökeltme dağıtıcısı yapılmıştır. Bu iki dağıtım yapısına atık su ND200'lük bir kanal boru ile sağlanmakta ve iki havalandırma tankı bu boruya bağlanmış olarak bağlanmış olarak bulunmaktadır. Son çökeltme tankları dağıtıcıları yay şeklinde şaftlar olarak tasarlanmıştır ve atık su ve aktif çamur karışımı buradan DN1000 kanal boruları ile son çökeltme tanklarına ulaşacaktır.

Bir çökeltme tankına giden bütün kanal borular dağıtım odasında elektrikli sürücülü penstok valflerinden kapatılabilmektedir. Bu yolla, her çökeltme tankı tek tek ve ayrı olarak devre dışına alınabilir.

Son çökeltme dağıtım odalarındaki üst eşik dağıtım kenarları ayarlanabilir metal eşikler olarak inşa edilmiştir. Distribütörler bütünü ile ızgaralarla örtülmüştür. Son çökeltme tanklarından herhangi birinin kapatılmasının zorunluluğu halinde, o çökeltme tankına gelen akış, dağıtım tesisinden kapatılabilmektedir.

**Son Çökeltme Havuzları:** Çamur ve su karışımındaki aktif çamuru deşarj edilecek sudan ayırıştırmak son çökeltmenin görevidir. Bu proseste, aktif çamur yer çekiminin etkisiyle son çökeltme tankının dibine çöker ve oradan da döner bir tırmıkla tankın ortasına doğru itilerek çamuru atılmaya hazırlanacaktır.

Proses, yatay akışı olan iç çapı 48m lik sekiz son çökeltme tankından oluşmaktadır. Tanklar 3.6 m kenar suyu ve çamur hunisinde 5.7 m lik derinliklerle yeterince derin olmuştur. Son çökeltmeye su, dağıtım odasından ND 1000 kanal borusu aracılığı ile gelir ve tankların besleme kuyularına ulaşır. Bu arıtma işleminin sonucunda çamur, suyun altında kalır ve üstte kalan temiz su savaklardan borulara geçirilerek önce Çark deresi'ne oradan Karadeniz'e verilir.

Çıkan Akış Ölçüm İstasyonu: Belirlenen atıksu, alıcı ortam olan Çark suyu'na verilmeden önce, atık su verilerini saptamak ve kontrol edebilmek için bir çıkan su ölçüm istasyonu konmuştur. Bu istasyonda; ph değerleri, kondüktive ve atık su ısı kaydedilmektedir. Hava koşullarına karşı yalıtılmış, soğutulan bir örnekleme kabininin içersine, bir adet akışla orantılı otomatik örnek alıcı yerleştirilmiştir. Böylelikle herhangi bir zamanda 2-24 saatlik kompazit örnek hacimleri ile atık su örnekleri almak mümkündür. Örnekleme aletinin kontrolü, giriş suyu akış ölçümleri aracılığı ile yapılmaktadır.

Dönen Çamur Pompalama İstasyonu: Dağıtım tesisi içindeki dönen çamur pompalama istasyonunun işlevi, havalandırma tanklarındaki katı madde muhtevasını koruyabilmek için istenen aktif çamuru son çökeltme tanklarından buraya aktarmaktır. Çamur, dağıtım yapısındaki karşılama odasına gelebilmesi için gerekli yüksekliğe kaldırılmaktadır.

Dikey boruları içine dört tane suya bataabilen pervaneli pompa takılmıştır. Dört dönen çamur pompasının her birinin maksimum 4.500 m<sup>3</sup>/saatlik bir iletme kapasitesi bulunmaktadır. Pompalama istasyonunun kontrolü, dönüş çamuru pompalarının, giriş suyu hacmine göre sisteme sokulması ve sistemden çıkartılmasa olanak veren sürekli bir su seviyesi regülatörü ile yapılmaktadır.

Fazla Çamur Pompalama İstasyonu: Fazla çamur pompalama istasyonunun görevi, havalandırma tesisin operasyonu tarafından talep edildiği şekilde, atık su biyolojik arıtma aşamasında çoğalan biyomasın belirli bir düzeyde tutulmasını sağlamaktır. Fazla çamur, dönen çamur çekilmektedir. Pompalama istasyonunun yapıcı dönen çamur pompalama istasyonu ile havalandırma tesisi dağıtıcısını içine tek bir binadan oluşmaktadır.

Fazla çamurun çekilmesi dönen çamur kabul alanından almakta, buradan dört dönem çamur pompalama odalarına dağıtım gerçekleşmektedir. Bu amaçla, dönen çamur kabul alanından taban hizasında fazla çamur pompalama istasyonuna kadar gidecek bir drenaj kanalı bulunmaktadır.

Fazla çamur pompalama istasyonu, suya gömülen pompalı ve 2+(1yedek) pompası olan pompalama istasyonu olarak yapılmıştır. Yanındaki dönen çamur pompalama istasyonu ve dağıtım odası gibi, fazla çamur pompalama tesisi de ızgaralarla örtülmüştür. Pompalar, çıkartılmak ve yerine konmak amacıyla, bir kılavuz çubuğa monte edilen kaldırma gereçlerinin yardımı ile pompalama çukurlarından kaldırılabilirler.

Çamur Yoğunlaştırıcıları: Çamur yoğunlaştırıcıları, çekilen fazla çamurun içindeki suyu azaltmak için kullanılırlar. Bu işlem, ardından gelen proses arıtma işlemlerinin yükünü ölçüde azaltmaktadır.

Statik çamur yoğunlaştırma işlemi için toplam hacmi  $5.348 \text{ m}^3$  yada sırası ile her bir yoğunlaştırıcının  $1.337 \text{ m}^3$ 'lük bir hacmi olan dört adet yoğunlaştırıcı kullanılmaktadır. Her iki yoğunlaştırıcı birbirlerine köprülerle bağlıdır. Yoğunlaştırıcıların iç hacimleri, kenarda 4.4 m lik bir maksimum çamur hacminde, 19 m'dir. Yoğunlaştırıcıların birbirine bağlandıkları köprü 2m genişliğindedir. Her yoğunlaştırıcıda ayrıca bu kontrol köprüsüne takılmış telörgü türünden bir çamur tırnağı bulunmaktadır. Bu telörgü, çamur suları için drenaj yolları oluşturmakta ve böylelikle yoğunlaştırma işlemi daha iyi bir hale getirilmektedir.

Yoğunlaştırıcılardaki yüzey sularının alınması, acil durum taşma düzeneğinden yapılacak bir tartışma yolu ile veya elle ayarlanabilmekte ve yükseklikten bağımsız olan bir çamur çekme gereci ile gerçekleştirebilmektedir. Çamur suyunun alınması, kontrol köprüsünden ayarlanmaktadır.

Yüzey suyunun alınması, merkezi kaoama valfi şaftındaki bir örnek alma vanası çıkışında çamur gözle görülünceye kadar, elle yönetilebilmektedir.

Her dört yoğunlaştırıcıdan gelen yüzey su çekme boruları merkezi bir konuma yerleştirilmiştir bir kapama valfi şaftında birbirine bağlanmış olup, içeridekiler ortak bir boru aracılığı ile ve yerçekimi sayesinde tesis girişindeki dağıtım odasına ulaşmaktadır.

Yoğunlaştırıcıların her birinin çamurun çekilmesi işlemi, bir çamur çekme hunisi ve bir çamur çekme borusu aracılığı ile yapılmaktadır. Çekme boruları her yoğunlaştırıcıdan tekrar kapama valfi şaftına dönmektedir. Yedi günlük bir dönemi esas olan tüm yoğunlaştırıcı hacmi yaklaşık 2 günlük bir ortalama tutma süresine olanak vermektedir. Tırmığa giden güç, merkezi bir tahrik elemanından sağlanmaktadır.

Çamur yoğunlaştırıcıları ile çekilen fazla çamurun içindeki suyu azaltılarak proses arıtma işlemlerinin hidrolik yükü azaltılmaktadır. Çamur yoğunlaştırıcılardan çıkan su tekrar girişe verilmektedir. Çökeltme havuzlarında biriken çamurun sadece bir kısmı çamur yoğunlaştırıcılara gelmektedir. Diğer kısım havalandırma havuzlarına verilir. Havalandırma havuzuna, çamur verilmesinin nedeni toksikleri ve organik maddeleri parçalayacak olan bakterileri beslemektir.

Çamur Depolama Tankı: Çamur depolama tankının işlevi, istenen miktarda yoğunlaştırılmış çamur elde etme sürecinde tampon vazifesi görmektir. Bu tampon aracılığı ile, ardından gelen çamur kurutma aşamasına kesintisiz bir çamur akışı sağlanabilmektedir.

Dört yoğunlaştırıcının ardından, bu dizinin bir halkası olarak 1337 m<sup>3</sup> hacimli çamur depolama tankı, bir önceki yoğunlaştırıcılarınkine benzer bir şekilde inşa edilmiş ve beton bir kontrol köprüsü vardır. Depolama tankında bulunan malzemeyi homojenleştirebilmek için iki adet suya batırabilen karıştırıcı vardır ve bunlar kontrol köprüsüne monte edilmiştir. Çamur depolama tankına çamur, yoğunlaştırıcıdan sonra gelen çamur pompalama istasyonu vasıtası ile ulaşır. Çamur depolama tankından çamur alınması işlemi merkezi bir konumdaki çamur hunisinden ND300'lük bir boru aracılığı ile olmakta ve bu boruya mekanik çamur kurutma ünitesinin giriş boruları doğrudan bağlanmaktadır.

Yoğunlaştırılmış fazla çamurun katı madde konsantrasyonuna bağlı olması koşuluyla %2.2 TS'lik bir katı madde konsantrasyonundan, yaklaşık bir günlük tampon işlevi kapasitesi sağlanabilmektedir.

Mekanik Çamur Kurutma Ünitesi: Mekanik kurutmanın amacı yoğunlaştırma sonrası hala çamurun içinde bulunan suyu bir kademe daha atabilmek ve böylelikle deşarjda maksimum miktarda katı maddeye sahip bir çamur elde edebilmektir.

Mekanik çamur kurutma işlemi için, kurutma üniteleri olarak toplam üç adet bant filtre presi sağlanacaktır. Çamur kurutma ünitelerinin deşarj aşamasında %22 ile %25 TS arasında bir katı madde konsantrasyonu sağlanabilmektedir. Makine, haftada altı günlük ve günde nominal on üç saatlik çalışma esasına göre tasarlanmıştır. Bant filtre preslerine malzeme beslemesi her biri bir makineye ayrılmış üç adet eksantrik pompa aracılığı ile sağlanmaktadır. Her makinede elle işletilebilen bir kumanda düzeneği bulunmakta ve böylelikle kurutulması gereken çamur hacmine göre ayarlanabilmektedir. Giren akışta çamurun katı madde muhtevası 20-40 kg TS/m<sup>3</sup> (%2-4 TS) arasında olduğu zaman, bant filtre preslerinin maksimum aktarma kapasitesi 875 kg TS/saat olarak belirlenmiştir. Bu durumda, giren materyalin katı madde oranına bağlı olarak, bant filtre preslerinin her birine beslenecek maksimum çamur hacmi saatte 25-40 m<sup>3</sup> olacaktır. Çamurun suyundan yeterince arındırılmasını sağlamak için, bir yoğunlaştırıcı madde eklenmesi gerekir ve gerçekte ortaya çıkan çamur özelliklerine göre, 3-5 kg PE/t katı madde miktarlarında polielektrolit eklenmektedir. Bu amaçla iki adet polielektrolit dozlama istasyonu yerleştirilmiştir. Bu istasyonlardan toz halindeki yoğunlaştırıcı katkı maddesinin proses edilmesi ve dozajın ayarlanması sağlanmaktadır. Dolayısıyla istasyonların ikisinde de kuru madde dozaj düzeneği bulunmaktadır.

Tesiste, kurutma makinelere sayısına denk gelmek üzere toplam üç tane dozaj pompası vardır. Yoğunlaştırıcı katkı maddesinin dozajı her bir çamur kurutma makinesinin besleme borularına verilmektedir. Çamur yoğunlaştırıcı katkı maddesinin yoğun olarak birbirine karışabilmesi için boruların içinde karıştırma enjektörleri bulunmaktadır. Kurutma makinelere aktarılan çamur, bant filtrenin genişliği boyunca yayılır ve bundan sonraki kurutma prosesine aktarılır.

Presler yardımı ile küçük topaçlar haline getirilen çamur, konteynerlere yüklenir. Oluşturulan bu çamur ağaçlık ve yeşillik olanlarda kullanılabilir. Fakat içinde toksit maddeler bulunacağından gıda bitkilerinde kesinlikle kullanılamaz. Kullanılmayan

çamurlar ise çöp döküm yerleri gibi yerlere boşaltılıp, etkili uzaklatırılmaları sağlanmış olur.

Proses Suyu Temini: Atıksu Arıtma Tesisi'nin proses suyu, proje alanı içindeki bir kesme musluğu noktasında son bulacak şekilde Belediye'nin su şebekesinden sağlanmaktadır. İki basınçlı tankı ve iki pompası olan su basıncı yükseltme tesisi, bu noktadan sonra gerekli performansı sağlamak üzere, çamur kurutma binası içinde yer almaktadır. Tesis 5-6 bar'lık bir işletme basıncı ve pompa başına en az saatte 50 m<sup>3</sup> bir akış aktarma kapasitesine göre tasarlanmıştır. Sağlanacak maksimum proses suyu hacmi pompa başına saatte 100 m<sup>3</sup> olmaktadır.

İçme Suyu Temini: Atıksu Arıtma Tesisi'nin içme suyu bağlantısı, tesis alanı içinde bulunan bir kesme musluğu noktasında Belediye'nin içme ve kullanma suyu şebekesine doğrudan bağlanması şeklindedir.

Aşağıdaki tesis kısımlarında içme suyu bağlantısı sağlanmaktadır:

- 1- Çamur kurutma binası
- 2- İdare binası

Elektrik Enerjisi Temini: Atıksu arıtma tesisi prosesinde aşağıdaki başlıca elektrik tüketicileri bulunmaktadır.

- a) Her biri yaklaşık 315 kw(mek.) olan dört adet giriş pompası
- b) Biyolojik arıtma kısmında her biri yaklaşık 510 kw(mek.) olan beş adet vantilatörlü körük
- c) İdare binası
- d) Çamur Arıtma Binası

Tesisin işletmesi , ya da tam bir kapatmaya gerek kalmadan işletir durumda tutabilmek için gerekli elektrik enerjisi aşağıdaki üç enerji kaynağının birinden sağlanmaktadır.

- 1- 34.5 kv'lık Kent şebekesi'nden alınacak Ana Enerji
- 2- İki (2) adet 800 KVA Diesel güçlü jeneratörden elde edilecek olan ve Kent şebekesinde meydana gelebilecek her hangi bir arıza sırasında gerekli geçici gücü sağlayacak olan Yedek Enerji

3- Kent şebekesi'nde meydana gelecek herhangi bir arızada, bütün PLC istasyonlarına ve Merkezi Kumanda ekipmanına anında ancak kısa süreli olarak enerji sağlayacak olan Kesintisiz Güç Kaynağı (UPS) 34.5 kv'lık kamu şebekesi elektriği Tesis'in Ana Şalter/Trafo istasyonu'na gelir ve burada 6.6 kv'lık orta düzeyde voltaj dağıtımına düşürülerek tali dağıtım panolarına, havalandırma körüklerine ve Arşimidyen Sarmak Giriş Pompalarına aktarılmaktadır. Havalandırma körükleri ve Arşimidyen Sarmal Giriş pompaları dışında, geri kalan tesis/ekipman elektrik güç dağıtımı 0.4 kv 9 fazlı bir Alçak Voltaj sistemi ile sağlanmaktadır. Beklenmemekle birlikte, Kent elektrik şebekesinde meydana gelecek bir kesinti durumunda gereken acil durum gücü, Jeneratör Binası içine konacak olan iki adet 800 kva dizel jeneratör seti ile sağlanacaktır. Bu acil durum gücü iki Arşimedeyen sarmal pompanın çalışmasına ve şehir şebekesinden gelen elektriğin kesilmesi durumunda biyolojik kısmın mevcut durumunu 'tutma'sına olanak vermektedir.

Tesis'in acil durum enerjisiyle çalıştığı bu dönemlerde, giren su akışı çok yüksekse, akış fazlası Atıksu Arıtma Tesisi'ni bypass yapmakta ve doğrudan Çark Suyu'na verilmektedir.

Otomasyon Sistemi: Tesiste kullanılan otomasyon sistemleri şunlardır.

1.Kumanda Kademeleri:Tesis kontrolü amacıyla her bir sürücü birimi için üç kademe bulunmaktadır.

-Yerinden Kumanda:Yerinden kumanda anahtar kutusu hem daha yapılabilir hem de daha pratik olduğu için, ilgili sürücü birimine bitişik konmuştur. Yerinden kumanda doğrudan doğruya 23 VAC düzeyi ile çalıştığından, PLC sisteminin arızalanması durumunda acil durum kumandası olarak ta kullanılabilir.

-Programlanabilir Lojik Kumandası (PLC): PLC üniteleri tüketicilerin otomatik kumandası için kullanılacak ve koşullar uygun ya da bu konum gerekli ise tali dağıtım borularında yer alacaktır.

-Merkezden Kumanda: İdare binasında bulunan mimik şemadaki kumanda sistemi, Atıksu Arıtma Tesisi'nin denetlenmesi ve manuel olarak kumanda edilmesi için gerekli her türlü enstrümanla donatılmıştır.

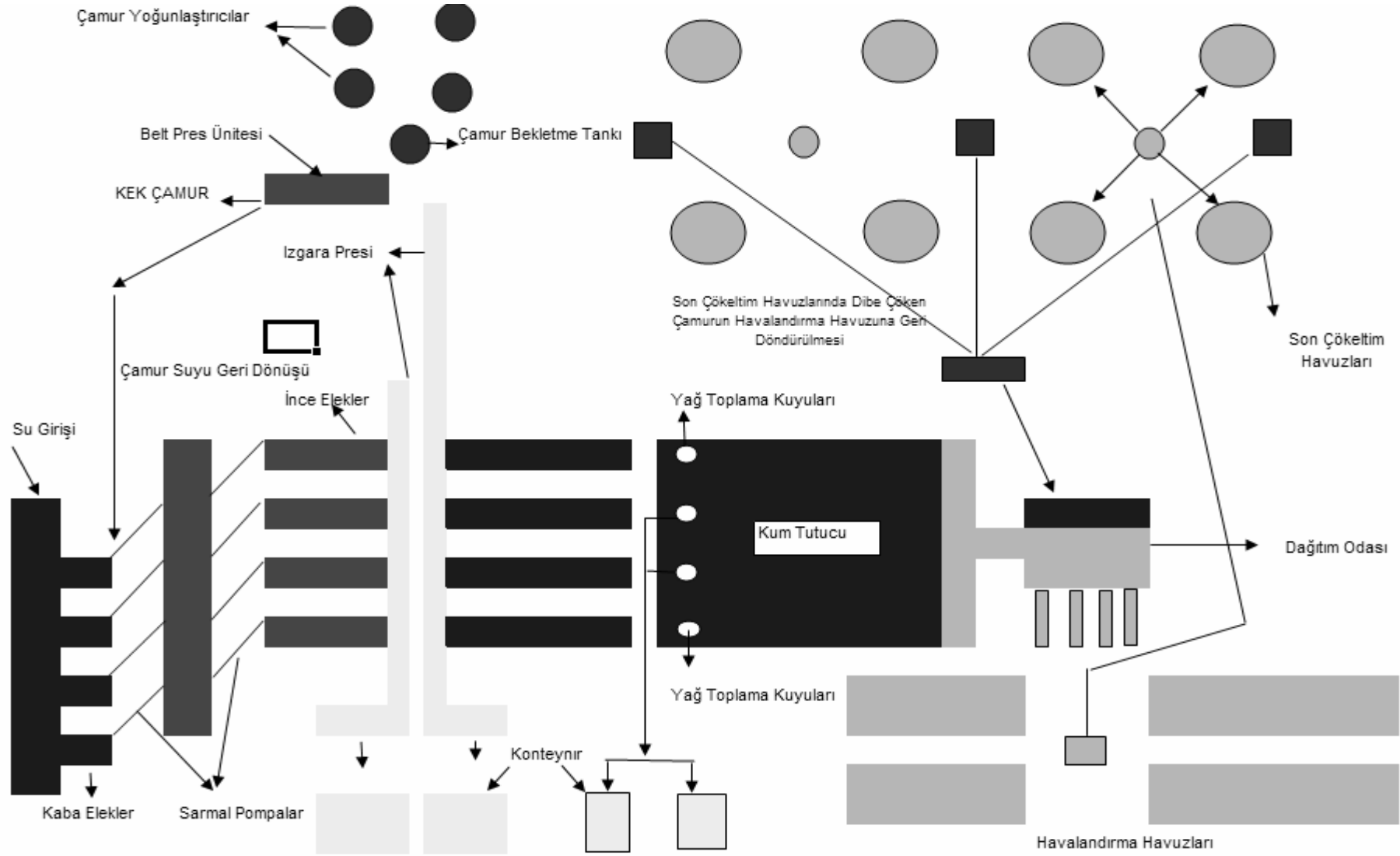
Sürücülerin çoğu 'otomatik' veya 'manuel' kumandaya geçilerek çalıştırılabilir.



2.PLC Sistemi: Atık su Arıtma Tesisi'nin otomatik olarak kontrolü, aynı zamanda Depolanmış ve Programlı Kumandalar (SPC) de denilen Programlanabilir Lojik Kumandaları (PLC) ile sağlanmaktadır. PLC üniteleri tesis içindeki LV (düşük voltaj) tali dağıtım panolarına takılmaktadır.

Grup PLC düzeyleri, optik fiber kablolarla körük istasyonundaki merkezi bir aktif yıldız kuplaşa bağlanmış ve yıldız şeklinde bir bora sistemi oluşturulmuştur.Bu, Grup PLC üniteleri arasında kullanılmaktadır. Bütün ünitelerde ihtiyaç duymadan ayar noktalarını, sınırlarını vs. ayarlayabileceği operatör panolara bulunmaktadır.

3.Mimik Şema: İdare binasında, merkezden denetim amacıyla aktif bir mimik şema yapılmıştır. Bu ışıklı panoda şematik bir görüntü olarak Atıksu Arıtma Tesisi'nin bütünüyle enerji sağlama sistemi görülmektedir. Mimik şemanın altında duran ve şekli piyanoya benzeyen bir anahtar panosunda bütün göstergeler ve sürücü anahtarları bulunmaktadır. Her sürücü için bir 'otomatik' veya manuel anahtar olmakla ve gene her sürücünün elle çalıştırılabilmesi için gereken diğer elemanlarda burada yer almaktadır. Eğer sürücülerden biri, yerinden kumanda biriminden , 'yerinden kumanda ' konumuna getirilmişse, bu sürücüyü başka herhangi bir kumanda düzeyinden etkilemek mümkün değildir. Bu durum mimik şemada bir işaret vasıtası ile görülebilmektedir. Tesisin acil durum enerjisi ile çalıştığı dönemlerde, UPS acil durum enerji kaynağından beslenmektedir.



Şekil 1.1 Adapazarı Atıksu Arıtma Tesisi Akım Şeması

## BÖLÜM 2. YAPAY ZEKA

### 2.1. Yapay Zeka Tanımı

Yapay zeka, insanın düşünme yapısını anlamak ve bunun benzerini ortaya çıkaracak bilgisayar işlemlerini geliştirmeye çalışmak olarak tanımlanır. Yani programlanmış bir bilgisayarın düşünme girişimidir. Daha geniş bir tanıma göre ise, yapay zeka, bilgi edinme, algılama, görme, düşünme ve karar verme gibi insan zekasına özgü kapasitelerle donatılmış bilgisayarlardır [1].

Yapay zekayı oluşturan bileşenleri ortak bir şemada toplayabiliriz[2]:



Şekil 2.1. Yapay zekayı oluşturan bileşenler[2]

Yapay zeka, bilgisayarları akıllı yapma bilimidir ve hem bilgisayarları daha faydalı hale getirmek isteyenler, hem de zekanın doğasını anlamak isteyenler tarafından uygulanmaktadır. Zekanın doğası ile ilgili olanların amacı, zekayı taklit etmek değil ama programları zeki hale getirmektir[3].

Ayrıca yapay zeka, bilgisayar biliminin akıllı, yani dili kullanabilme, öğrenme, akıl yürütme, problem çözme gibi niteliklere sahip bilgisayar sistemleri tasarımıyla uğraşan koludur[4].

Tüm bu tanımların benzerliği ve/veya farklılığından hareketle Yapay Zeka'nın iki temel fikri yapıyla ilgili olduğu söylenebilir: Bunlardan birincisi; zekanın ne olduğunun anlaşılabilmesi için insan düşünce sürecinin araştırılması, ikincisi ise bu sürecin bilgisayarlar, robotlar vb. aracılığıyla gösterilmesi, somutlaştırılmasıdır.

Bu noktadan itibaren Yapay Zeka'nın en çok kabul edilen tanımı şu şekilde ortaya konabilir: Yapay Zeka, insan tarafından yapıldığında zeka olarak adlandırılan davranışların (akıllı davranışların) makine tarafından da yapılmasıdır; ya da Yapay Zeka, insan aklının nasıl çalıştığını gösteren bir kuramdır[2].

## 2.2. Yapay Zeka Teknolojileri

Yapay zeka çalışmaları değişik teknolojilerin doğmasına neden olmuştur. Çünkü günlük olaylar ve problemler sürekli değişmektedir. Değişik yerlerde olayların farklı yönleri insanları ilgilendirebilmektedir. Bir olay, değişik insanlar tarafından değişik şekillerde yorumlanmaktadır. Karşılaştıkları sorunlar farklı bölge ve kişilerce farklı şekillerde çözülebilmektedir. Bilgisayarların insanların karar verme ve problem çözme mekanizmalarını taklit etmesinin sağlanması da dolayısıyla farklı teknolojilerin doğmasına neden olmaktadır. Günümüzde 60'tan fazla yapay zeka teknolojisinden bahsedilmektedir. Bu teknolojilerin çoğu henüz laboratuvar çalışmaları düzeyindedir. Bu teknolojilerin günümüzde günlük hayatta en yaygın olarak kullanılanları şunlardır[5].

- Uzman sistemler: Bir uzmanın problemleri çözdüğü gibi problemlere çözümler üreten sistemlerdir. Uzmanlık bilgisi ile donatılırlar. Çıkarım mekanizmaları bilgiler arasındaki ilişkileri kurarak kararlar verirler.

- Yapay sinir ağları: Örneklerden olaylar arasındaki ilişkileri öğrenerek daha sonra hiç görmediği örnekler hakkında öğrendikleri bilgileri kullanarak karar veren sistemlerdir.

- Genetik algoritmalar: Geleneksel optimizasyon teknolojisi ile çözülemeyen problemleri çözmek üzere geliştirilmişlerdir. Problemlerin çözümlerini birleştirerek daha iyi çözümler üretmek felsefesine dayanmaktadır.
- Bulanık önermeler mantığı: Belirsiz bilgileri işleyebilme ve kesin rakamlar ile ifade edilemeyen durumlarda karar vermeyi kolaylaştıran bir teknolojidir.
- Zeki etmenler: değişik yapay zeka tekniklerini kullanabilen ve bağımsız olarak çalışabilen sistemlerdir. Esnek bir şekilde programlanmaktadır.

Yapay zeka teknolojisi her geçen gün daha fazla gelişmektedir. Yeni ürünler ortaya çıkmakta ve daha çok günlük hayatta kendisini göstermektedir. Otomasyon sistemleri de yapay zeka teknolojisi ile donatılarak bilgisayarın karar verme gücünden faydalanılmaktadır. Her geçen gün daha yeni ticari sistemler ortaya çıkmakta ve sistemlerin fonksiyonel özellikleri artmaktadır. Bu teknolojiler günlük hayatta insanlara faydalı ürünlerin oluşmasına katkıda bulunmaktadır. Bunlardan yapay sinir ağları bilgisayarın öğrenmesini sağlamaktadır[5].

## **BÖLÜM 3. YAPAY SİNİR AĞLARI**

### **3.1. Yapay Sinir Ağlarının Genel Tanımı**

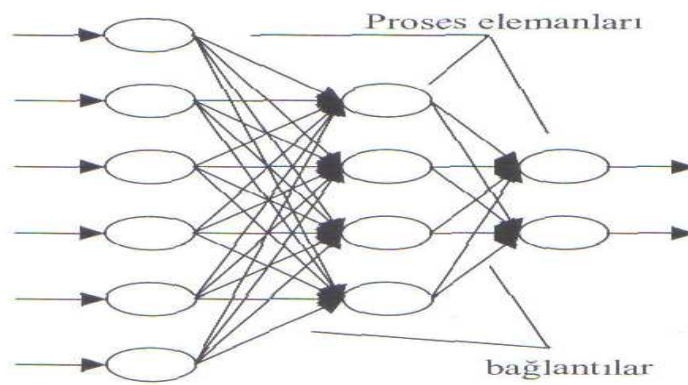
Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler üretebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir. Bu yetenekleri geleneksel programlama yöntemleri ile gerçekleştirmek oldukça zor veya mümkün değildir. O nedenle, yapay sinir ağlarının, programlanması çok zor veya mümkün olmayan olaylar için geliştirilmiş adaptif bilgi işleme ile ilgilenen bir bilgisayar bilim dalı olduğu söylenebilir[5].

Yapay sinir ağları, yapay sinir hücrelerinin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmasından oluşur ve genellikle katmanlar şeklinde düzenlenir. Donanım olarak elektronik devrelerle ya da bilgisayarlarda yazılım olarak gerçekleştirilebilir. Beynin bilgi işleme yöntemine uygun olarak yapay sinir ağları, bir öğrenme sürecinden sonra bilgiyi toplama, hücreler arasındaki bağlantı ağırlıkları ile bu bilgiyi saklama ve genelleme yeteneğine sahip paralel dağılmış bir işlemcidir. Öğrenme süreci, arzu edilen amaca ulaşmak için YSA ağırlıklarının yenilenmesini sağlayan öğrenme algoritmalarını ihtiva eder[2].

### **3.2. Yapay Sinir Ağı ve En Temel Görevi**

Yapay sinir ağları, insanlar tarafından gerçekleştirilmiş örnekleri (gerçek beyin fonksiyonlarının ürünü olan örnekleri) kullanarak olayları öğrenebilen, çevreden gelen olaylara karşı nasıl tepkiler üreteceğini belirleyebilen bilgisayar sistemleridir.

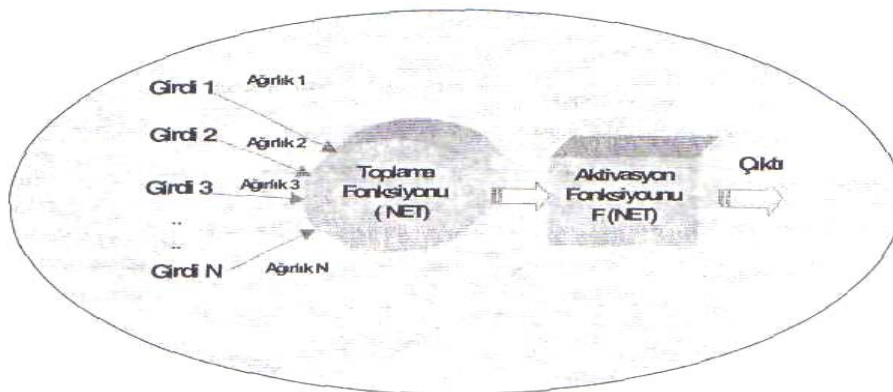
Yapay sinir ağı günümüzde birçok probleme çözüm üretebilecek yeteneğe sahiptir. Yapay sinir ağların birbirine hiyerarşik olarak bağlı ve paralel olarak çalışabilen yapay hücrelerden oluşmaktadır. Proses elemanları da denilen bu hücrelerin birbirlerine bağlandıkları ve her bağlantının bir değerinin olduğu kabul edilmektedir. Bilginin öğrenme yolu ile elde edildiği ve proses elemanlarının bağlantı değerlerinde saklandığı dolayısıyla dağıtık bir hafızanın söz konusu olduğu da ortak noktaları oluşturmaktadır. Proses elemanlarının birbirleri ile bağlanmaları sonucu oluşan ağa yapay sinir ağı denmektedir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Bir yapay sinir ağı örneği[5]

### 3.3. Yapay Sinir Hücresi

Biyolojik sinir ağlarının sinir hücreleri olduğu gibi yapay sinir ağlarının da yapay sinir hücreleri vardır. Yapay sinir hücreleri mühendislik biliminde proses elemanları olarak da adlandırılmaktadır.



Şekil 3.2 Yapay sinir hücresinin yapısı[5]

Her proses elemanının 5 temel elemanı vardır (Şekil 3.2). Bunlar:

1. Girdiler
2. Ağırlıklar
3. Toplama fonksiyonu
4. Aktivasyon fonksiyonu
5. Hücrenin çıktısı

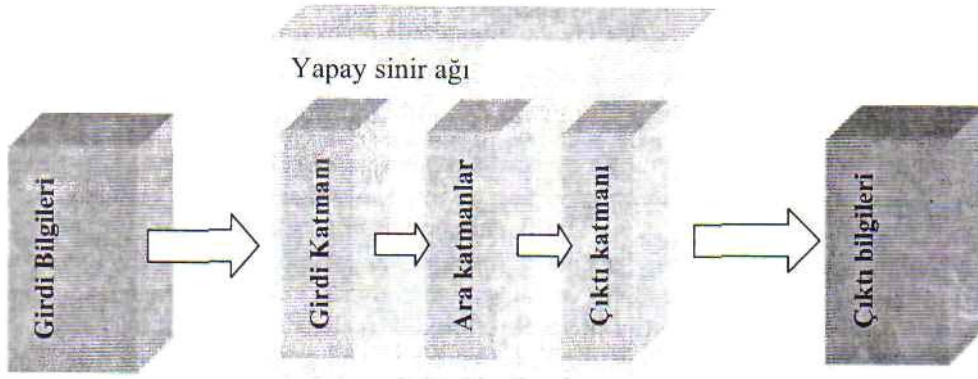
### **3.4. Yapay Sinir Ağının Yapısı**

Yapay sinir hücreleri bir araya gelerek yapay sinir ağını oluştururlar. Sinir hücrelerinin bir araya gelmesi rasgele olmaz. Genel olarak hücreler 3 katman halinde ve her katman içinde paralel olarak bir araya gelerek ağı oluştururlar. Bu katmanlar:

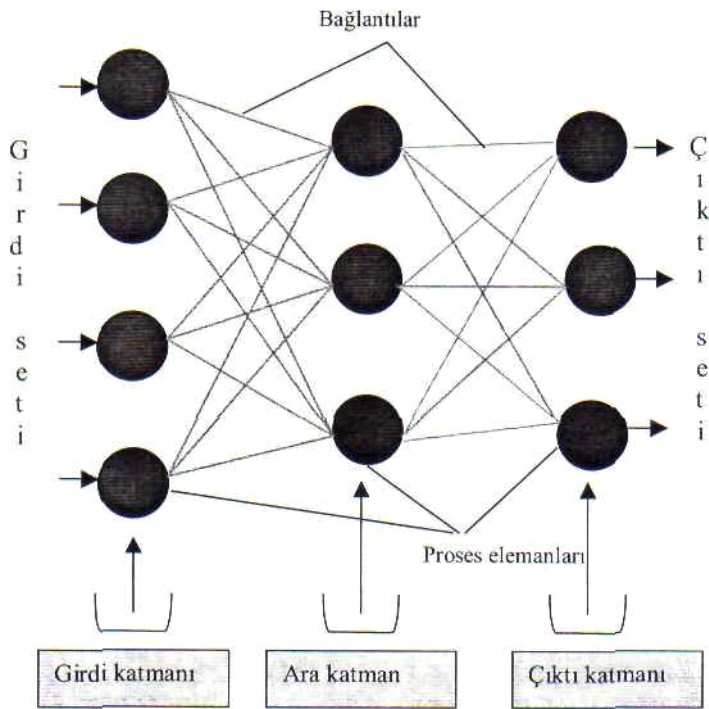
- Girdi katmanı: Bu katmandaki proses elemanları dış dünyadan bilgileri alarak ara katmanlara transfer etmekle sorumludurlar. Bazı ağlarda girdi katmanında herhangi bir bilgi işleme olmaz.
- Ara katmanlar: Girdi katmanından gelen bilgiler işlenerek çıktı katmanına gönderirler. Bu bilgilerin işlenmesi ara katmanlarda gerçekleştirilir. Bir ağ için birden fazla ara katmanı olabilir.
- Çıktı katmanı: Bu katmandaki proses elemanları ara katmandan gelen bilgileri işleyerek ağın girdi katmanından sunulan girdi seti (örnek) için üretmesi gereken çıktıyı üretirler. Üretilen çıktı dış dünyaya gönderilir.

Şekil 3.3, bu üç katmanın birbiri ile ilişkisini göstermektedir:





Şekil 3.3 Yapay sinir ağı katmanlarının birbirleri ile ilişkileri[5]



Şekil 3.4 Bir yapay sinir örneği[5]

Bu üç katmanın her birinde bulunan proses elemanları ve katmanlar arası ilişkileri şematik olarak Şekil 3.4 te gösterilmektedir. Şekildeki yuvarlak şekiller proses elemanlarını göstermektedir. Her katmanda birbirine paralel elemanlar söz konusudur. Proses elemanlarını birbirlerine bağlayan çizgiler ise ağın bağlantılarını göstermektedir. Proses elemanları ve bağlantıları bir yapay sinir ağını oluştururlar.

Bu bağlantıların ağırlık değerleri Öğrenme sırasında belirlenmektedir. Öğrenmenin nasıl gerçekleştiği ve ağırlıkların nasıl belirlendiği ilerideki bölümlerde örnekler ile anlatılacaktır[5].

### 3.5. Yapay Sinir Ağlarının Çalışması

Şekil 3.3' te gösterildiği gibi yapay sinir ağlarının genel çalışma prensibi, bir girdi setini (örnekleri) alarak onları çıktı setine çevirmek olarak açıklanabilir. Bunun için ağın kendisine gösterilen girdiler için doğru çıktıları üretecek hale gelmesi (yani eğitilmesi) gerekmektedir. Bir yapay sinir ağı, herhangi bir girdi vektörünü çıktı vektörüne nasıl dönüştürdüğü konusunda bir bilgi vermez. Mühendislik açısından bakıldığında yapay sinir ağları "kara kutu" gibi görülebilirler. Kara kutu, dışarıdan bilgileri alıp, dışarıya ürettiği çıktıları vermektedir. İçeride neler olduğu ise bilinmemektedir. Diğer bir deyişle, yapay sinir ağının sonuçları nasıl oluşturduğunu açıklama yeteneği yoktur[5].

### 3.6. Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri

Yapay sinir ağlarının karakteristik özellikleri uygulanan ağ modeline göre değişmektedir. Burada bütün modeller için geçerli olan genel karakteristik özellikler verilmiştir. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Yapay sinir ağları makine öğrenmesi gerçekleştirirler.
- Programları çalışma stili bilinen programlama yöntemlerine benzememektedirler.
- Bilginin saklanması sağlarlar.
- Yapay sinir ağları örnekleri kullanarak öğrenirler.
- Yapay sinir ağlarının güvenle çalıştırılabilmesi için önce eğitilmeleri ve performanslarının test edilmesi gerekmektedir.
- Görülmemiş örnekler hakkında bilgi üretebilirler.

- Algılamaya yönelik olaylarda kullanılabilirler.
- Şekil (örüntü) ilişkilendirme ve sınıflandırma yapabilirler.
- Örüntü tamamlama gerçekleştirebilirler.
- Kendi kendini organize etme ve öğrenebilme yetenekleri vardır.
- Eksik bilgi ile çalışabilmektedirler.
- Hata toleransına sahiptirler.
- Belirsiz, tam olmayan bilgileri işleyebilmektedirler.
- Dereceli bozulma (Graceful degradatian) gösterirler.
- Dağıtık belleğe sahiptirler.
- Sadece nümerik bilgiler ile çalışabilmektedirler.

### **3.7. Yapay Sinir Ağının Kullanımı**

#### **3.7.1. YSA'nın amacına karar verme**

Verdiğiniz karara göre YSA'yı eğitmek üzere örnek veriler toplanır. Bazı durumlarda, bu veriler üzerinde bir ön işlem yapılması gerekebilir. Bu ön işlemin amacı, aynı şeyi temsil eden verilerin birbirine benzer, farklı şeyleri temsil eden verilerin ise farklı hale getirilmesidir. Ama eğer veriler zaten bu şekilde ise ön işleme gerek yoktur [1].

#### **3.7.2. YSA'yı eğitme**

Bu esnada giriş ve çıkış diye ayrılan veriler, arasında doğru bir bağlantı kurulana kadar YSA'nın içindeki bağlantı ağırlıkları (weights) ayarlanacaktır. Bu işlem hata

belli bir oranın altına düşene ya da eğitime işlemi belli bir tekrar sayısına ulaşana kadar devam eder.

Test verileriniz ile eğitime verileriniz aynı ise aşırı eğitim ile karşılaşmazsınız. Ancak bu bir aldanmacadır çünkü test verileriniz ile eğitime verileriniz ayrı olmalıdır. Bunun sebebi şu; yapay sinir ağları genelleştirilmiş çıkarımlar yaparlar, yani tıpatıp aynı olmayan iki şeyin benzerliklerinden aynı türden olduklarını söyleyebilirler. Eğer siz bir yapay sinir ağını aynı verilerle çok fazla eğiterseniz bu sefer YSA sadece o verileri tanır hale gelir, işte buna aşırı eğitime denir.

Bu durumdan kurtulmanın yolu eğitime için çok sayıda örnek kullanmaktır. Ama elimizdeki bütün örnekleri de eğitime için kullanmamalıyız bazılarını (mesela yarısını ya da 1/3'ünü) test aşaması için saklamalıyız. Böylece YSA'yı daha Önce hiç karşılaşmadığı verilerle test etme imkânımız olur. Bu şekilde çalışırsak test sonuçlarına bakarak aşırı eğitime yapıp yapmadığımızı anlayabiliriz, zaten bunu anlamanın da başka pratik bir yolu yoktur [1].

### 3.7.3. YSA'yı test etme

YSA'nızı iyi eğitip eğitemediğinizi anlamak için, YSA'ya daha önce hiç görmediği verileri vermelisiniz. Eğer hiç eğitilmediği ve daha önce karşılaşmadığı verilerle de doğru sonuçlar veriyorsa, o zaman YSA'nız veriler arasındaki bağlantıları doğru kurmuş ve kullanılmaya hazır demektir. Eğer büyük bir hata oluşuyorsa daha çok ya da daha iyi veriler ile YSA'nızı yeniden eğitmeniz gerekecektir. Ayrıca YSA'nın yapısını yani düğüm sayılarını değiştirmek de işe yarayabilir. Çok az düğüm sayısı öğrenme oranını düşürdüğü gibi çok fazla düğüm veya katman sayısı da hem öğrenmeyi yavaşlatacak hem de bazı durumlarda öğrenmeyi zorlaştıracaktır. Bu sayılar öğrenilesi istenen bağlantıya bağlıdır, ancak henüz nasıl belirleneceklerine dair kesin bir yöntem yoktur. Şimdilik en uygun yöntem deneme-yanılmadır [1].

#### 3.7.4. YSA'yı kullanma

Yeni veriler girilir ve sonuçları görülür. Başarılı bir YSA geliştirmenin sırrı yeterli miktarda iyi veriye sahip olmaktır. Çünkü YSA da bir insan gibi tecrübe ederek öğrenir. Yani geçmişteki sonuçlardan faydalanıp geleceği tahmin ederler. YSA için tecrübenin esası da geçmişteki verilerdir. Bu veriler ne kadar çok, çeşitli ve sağlam olursa öğrenme de o kadar etkin olur [1].

## **BÖLÜM 4. YAPAY SİNİR AĞI MODELLERİ**

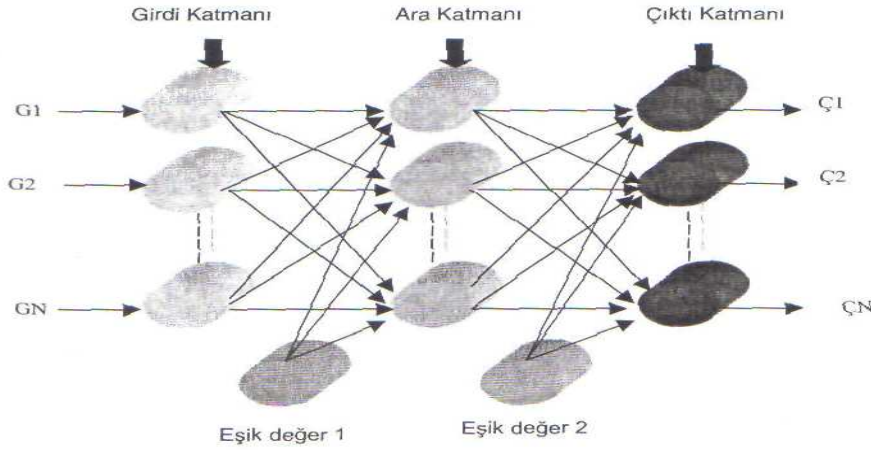
### **4.1. Çok Katmanlı Algılayıcı (Öğretmenli Öğrenme)**

#### **4.1.1 Çok katmanlı algılayıcı (ÇKA)**

Bir yapay sinir ağının öğrenmesi istenen olayların girdi ve çıktıları arasındaki ilişkiler doğrusal olmayan ilişkiler olursa o zaman daha önce anlatılan modeller ile öğrenme gerçekleştirmek mümkün değildir. Bu tür olayların öğrenilmesi için daha gelişmiş modellere ihtiyaç vardır. Burada anlatılan Çok Katmanlı algılayıcı modeli bunlardan birisidir. ÇKA modeli yapay sinir ağlarına olan ilgiyi çok hızlı bir şekilde arttırmış ve yapay sinir ağları tarihinde yeni bir dönemin başlamasına neden olmuştur. Bu model günümüzde mühendislik problemlerinin hemen hemen hepsine çözümler üretebilecek bir güce sahiptir. Özellikle sınıflandırma, tanıma, ve genelleme yapmayı gerektiren problemler için çok önemli bir çözüm aracıdır. Bu model Delta Öğrenme Kuralı denilen bir Öğrenme yöntemini kullanmaktadır. Temel amacı ağın beklenen çıktısı ile ürettiği çıktı arasındaki hatayı en aza indirmektir. Bunu hatayı ağa yayarak gerçekleştirdiği için bu ağa hata yayma ağı da denmektedir[5].

#### **4.1.2. ÇKA modelinin yapısı**

ÇKA ağlarının yapısı Şekil 4.1'de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.1. ÇKA modeli[5]

Şekilden de görüldüğü gibi ÇKA ileriye doğru bağlantılı ve 3 kalmında oluşan bir ağdır. Bunlar:

- Girdi katmanı: Dış dünyadan gelen girdileri ( $G_1, G_2, \dots, G_N$ ) olarak ara katmana gönderir. Bu katmanda bilgi işleme olmaz. Gelen her bilgi geldiği gibi bir sonraki katmana gider. Birden fazla girdi gelebilir. Her proses elemanın sadece bir tane girdisi ve bir tane çıktısı vardır. Bu çıktı bir sonraki katmanda bulunan bütün proses elemanlarına gönderilir. Yani, girdi katmanındaki her proses elemanı bir sonraki katmanda bulunan proses elemanlarının hepsine bağlıdır.
- Ara katmanlar: Ara katmanlar girdi katmanından gelen bilgileri işleyerek bir sonraki katmana gönderir. Bir ÇKA ağında birden fazla ara katman ve her katmanda birden fazla proses elemanı olabilir. Ara katmandaki her proses elemanı bir sonraki katmandaki bütün proses elemanlarına bağlıdır.
- Çıktı katmanı: Ara katmandan gelen bilgileri işleyerek ağa girdi katmanından verilen girdilere karşılık ağın ürettiği çıktıları ( $\Ç_1, \Ç_2, \dots, \Ç_N$ ) belirleyerek dış dünyaya gönderir. Bir çıktı katmanında birden fazla proses elemanı olabilir. Her proses elemanı bir önceki katmanda bulunan bütün proses elemanlarına bağlıdır. Her proses elemanın sadece bir tane çıktısı vardır.

ÇKA ağında bilgiler girdi katmanından ağa sunulur ve ara katmanlardan geçerek çıktı katmanına gider ve ağa sunulan girdilere karşılık ağın cevabı dış dünyaya iletilir.

ÇKA ağı öğretmenli öğrenme stratejisini kullanır. Ağ, hem örnekler hem de örneklerden elde edilmesi gereken çıktılar (beklenen çıktı) verilmektedir. Ağ kendisine gösterilen örneklerden genellemeler yaparak problem uzayını temsil eden bir çözüm uzayı üretmektedir. Daha sonra gösterilen benzer örnekler için bu çözüm uzayı sonuçlar ve çözümler üretebilmektedir[5].

#### **4.1.3. ÇKA ağının öğrenme kuralı**

ÇKA ağları öğretmenli öğrenme stratejisine göre çalışırlar. Yani; bu ağlara eğitim sırasında hem girdiler hem de o girdilere karşılık üretilmesi gereken (beklenen) çıktılar gösterilir. Ağın görevi her girdi için o girdiye karşılık gelen çıktıyı üretmektir. ÇKA ağının öğrenme kuralı en küçük kareler yöntemine dayalı Delta Öğrenme Kuralının genelleştirilmiş halidir. O nedenle öğrenme kuralına Genelleştirilmiş Delta Kuralı'da denilmektedir. Ağın öğrenebilmesi için eğitim seti adı verilen ve örneklerden oluşan sete ihtiyaç vardır.

#### **4.1.4. ÇKA Ağının çalışma prosedürü**

ÇKA ağlarının çalışması şu adımları içermektedir.

- Örneklerin toplanması: Ağın çözmesi istenilen olay için daha önce gerçekleşmiş örneklerin bulunması adımıdır. Ağın eğitilmesi için örnekler toplandığı gibi (eğitim seti) ağın test edilmesi için de örneklerin (test seti) toplanması gerekmektedir. Ağın eğitilmesi sırasında test seti ağa hiç gösterilmez. Eğitim setindeki örnekler tek tek gösterilerek ağın olayı öğrenmesi sağlanır. Ağ, olayı öğrendikten sonra test setindeki örnekler gösterilerek ağın performansı ölçülür. Hiç görmediği örnekler karşısındaki başarısı ağın iyi öğrenip öğrenmediğini ortaya koymaktadır.



- Ağın topolojik yapısının belirlenmesi: Öğrenilmesi istenen olay için oluşturulacak olan ağın topolojik yapısı belirlenir. Kaç tane girdi ünitesi, kaç tane ara katman, her ara katmanda kaç tane proses elemanı ve kaç tane çıktı elemanı olması gerektiği bu adımda belirlenmektedir.
- Öğrenme parametrelerinin belirlenmesi: Ağın öğrenme katsayısı, proses elemanlarının toplama ve aktivasyon fonksiyonları, momentum katsayısı gibi parametreler bu adımda belirlenmektedir.
- Ağırlıkların başlangıç değerlerinin atanması: Proses elemanlarını birbirlerine bağlayan ağırlık değerlerinin ve eşik değer ünitesinin ağırlıklarının başlangıç değerlerinin atanması yapılır. Başlangıçta genellikle rasgele değerler atanır. Daha sonra ağ uygun değerleri öğrenme sırasında kendisi belirler.
- Öğrenme setinden örneklerin seçilmesi ve ağa gösterilmesi: Ağın öğrenmeye başlaması ve yukarıda anlatılan öğrenme kuralına uygun olarak ağırlıkları değiştirmesi için ağa örnekler (Girdi/Çıktı değerleri) belirli bir düzeneğe göre gösterilir.
- Öğrenme sırasında ileri hesaplamaların yapılması: Yukarıda anlatıldığı şekil de sunulan girdi için ağın çıktı değerleri hesaplanır
- Gerçekleşen çıktının beklenen çıktı ile karşılaştırılması: Ağın ürettiği hata değerleri bu adımda hesaplanır.
- Ağırlıkların değiştirilmesi: Yukarıda anlatıldığı gibi geri hesaplama yöntemi uygulanarak üretilen hatanın azalması için ağırlıkların değiştirilmesi yapılır.

Yukarıdaki adımlar ÇKA ağının öğrenmesi tamamlanıncaya, yani gerçekleşen çıktılar ile beklenen çıktılar arasındaki hatalar kabul edilir düzeye ininceye, kadar devam eder. Ağın öğrenmesi için bir durdurma kriterinin olması gerekmektedir. Bu ise genellikle üretilen hatanın belirli bir düzeyin altına düşmesi olarak alınmaktadır[5].

## 4.2 LVQ Modeli (Destekleyici Öğrenme)

Öğretmenli öğrenme modellerinde eğitim sırasında ağı hem girdi değerleri hem de o girdi değerleri için üretilecek çıktı değerinin ne olması gerektiği konusunda bilgiler verilmektedir. Bazı durumlarda ağı çıktının ne olduğunu vermek mümkün olamamaktadır; fakat ağı üretmiş olduğu çıktının doğru veya yanlış olduğu belirtilebilmektedir. Destekleyici öğrenme olarak belirlenen bu yöntemi kullanan modellerin bir tanesi de doğrusal vektör parçalama modeli diyebileceğimiz LVQ (Linear Vektör Quantization) modelidir[5].

### 4.2.1. LVQ ağıının özellikleri

LVQ ağıları genel olarak sınıflandırma problemlerinin çözümünde kullanılmaktadırlar. Çıktılardan sadece birisi 1 diğerleri 0 değerlerini almaktadırlar. Çıktı değerinin 1 olması girdinin ilgili çıktının temsil ettiği sınıfa ait olduğunu göstermektedir. Diğer ağılarda olduğu gibi LVQ ağıında da ağıın ağırlıkları öğrenme katsayısına göre değiştirilmektedir. Kullanılan öğrenme katsayısının zaman içerisinde sıfır olacak şekilde monoton olarak azaltılması istenmektedir.

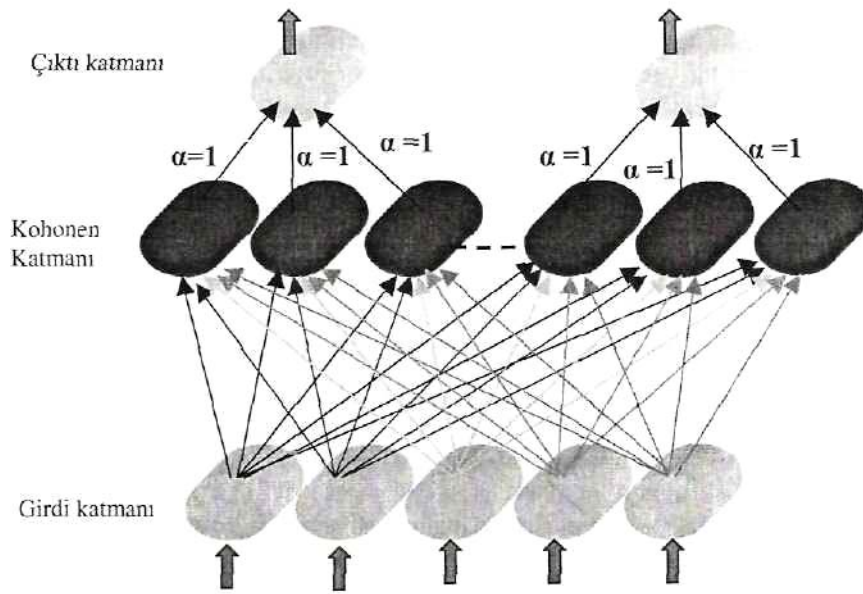
LVQ ağıının öğrenme hızı ÇKA gibi ağılara göre daha yüksektir. Yani LVQ ağıları bir olayı ÇKA ağılarından daha kısa zamanda öğrenebilmektedir[5].

### 4.2.2. LVQ ağıının yapısı

ÇKA'larda olduğu gibi LVQ ağıları da üç katmandan oluşmaktadır. Şekil 4.2 bu katmanları göstermektedir. Bunlar:

- Girdi katmanı: Bu katmanda bilgi işleme olmaz. Dış dünyadan alınan örneklerin ağı gösterilmesi bu katmanda sağlanmaktadır. Gelen bilgiler girdi vektörünü oluşturur.
- Kohonen katmanı (ara katman da denmektedir): Bu katmanda girdi setine en yakın olan ağırlık vektörü belirlenmektedir. Bu katmandaki her eleman bir referans vektörünü göstermektedir. Girdi vektörü, girdi katmanı ile Kohonen katmanı arasındaki ağırlıkların oluşturduğu referans vektörlerine haritalanmaktadır.

- Çıktı katmanı: Bu katmanda ise girdinin ait olduğu sınıf belirlenir.



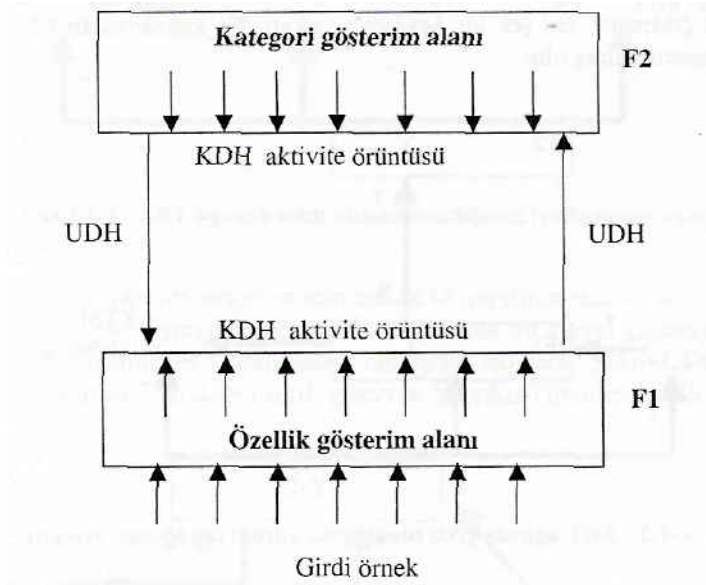
Şekil 4.2 LVQ ağıının topolojik yapısı[5]

### 4.3. Adaptif Rezonans Teori (ART) Ağları (Öğretmensiz öğrenme)

Bu kısımda öğretmensiz öğrenmeye dayalı ART ağlarına değinilecektir. Bu konuyu iyi anlamak için öncelikle hafıza ve bilgilerin hafızada saklanması kavramları açıklanacaktır. Çünkü burada ağ dışarıdan herhangi bir destek almaksızın Örneklerle bakarak bilgileri kendisi keşfetmek ve hafızasında saklamak durumundadır[5].

#### 4.3.1. ART ağlarının yapısı

Adaptif Rezonans Teorisi (ART) ağları genel olarak iki katmandan oluşmaktadır. Bu katmanlar F1 ve F2 olarak isimlendirilmiştir. F1 katmanı girdinin özelliklerini gösterirken F2 katmanı kategorileri (ayrıştırılmış sınıfları) göstermektedir. Bu iki katman birbirlerine UDH ile bağlanmaktadır. Girdi bilgileri F1 katmanından alınır ve sınıflandırma ise F2 katmanında yapılır. Modelin genel yapısı Şekil 4.3'de verilmektedir.



Şekil 4.3. ART ağının genel yapısı[5]

ART ağlarında girdiler direkt olarak sınıflandırılmazlar. Öncelikle girdilerin özellikleri incelenerek F1 katmanının aktivasyonu belirlenir. UDH'da ki bağlantı değerleri ile gelen bilgiler kategorilere ayrılarak F2 katmanına gönderilir. F2 katmanındaki sınıflandırma ile F1 katmanından gelen sınıflandırma birbirleri ile eşleştirilerek, eğer örnek belirlenmiş bir sınıfa uyuyorsa o kategoride gösterilir. Aksi takdirde, ya yeni bir sınıf oluşturulur veya girdinin sınıflandırılması yapılmaz[5].

## BÖLÜM 5. UYGULAMA ÇALIŞMALARI

### 5.1. Herhangi Bir Uygulama İçin Ağ Seçimi

Ağların hangi alanlarda kullanılabileceğinin bilinmesi kadar hangi problem için hangi ağın daha uygun olacağını bilmesi de önemlidir. Yukarıdaki bazı alanlarda hangi ağların daha başarılı olarak uygulandıkları Tablo 5.1'de verilmiştir:

Tablo 5.1. Ağların başarılı oldukları alanlar[5]

Kullanım Amacı	Ağ Türü	Ağın Kullanımı
Tahmin	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ÇKA</li> </ul>	Ağın girdilerinde bir çıktı değeri tahmin edilmesi.
Sınıflandırma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LVQ</li> <li>• ART</li> <li>• Counterpropagation</li> <li>• Olasılık sinir ağları(PNN)</li> </ul>	Girdilerin hangi sınıfa ait olduğunun belirlenmesi.
Veri ilişkilendirme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hopfield</li> <li>• Boltzmann Machine</li> <li>• Bidirectional associative memory (BAM)</li> </ul>	Girdilerin içindeki hatalı verilerin bulunması ve eksik bilgilerin tamamlanması

Görüldüğü gibi her ağın iyi olduğu kullanım alanları vardır. Bu alanları belirleyerek uygulamalar geliştirmek başarılı sonuçları elde etmeye neden olur. Bazı durumlarda yanlış ağ seçimi yüzünden haftalarca ağını eğitemeyen ve yapay

sinir ağlarının becerisinin bazı olaylar için yetersiz olduğunu iddia edenler görülmektedir. Bu doğru bir yaklaşım değildir. Doğru ağ, doğru örnek seti ve doğru bir öğrenme algoritmasının çözemeyeceği problem yok denecek kadar azdır[5].

Bu tez kapsamında Atık Su Arıtma Tesisi kirlilik parametrelerin çıkış değerleri ağa öğretilmeye çalışılmıştır. Bu işlem sırasında ağ verilen değerlere göre tahminde bulunmak durumunda olması nedeniyle, amaca yönelik ağın ÇKA ağı olduğuna karar verilmiştir.

## **5.2. Çalışma İçin YSA Simülatörü (Paket Program) Seçimi**

Yapay sinir ağlarının bilgisayar programları yazılmış ve birçok modeli çözebilen hazır sistemler geliştirilmiştir. Yapay sinir ağı simülatörü denilebilen bu sistemler kullanıcıdan sadece örnek seti, test setinin hazırlamasını ve ağın modelini belirleyerek ilgili modeller için gereken parametre ve sabit değerlerin (öğrenme katsayısı gibi) belirlemesini istemektedir. Böylece sistem problemi çözecek ağı otomatik olarak oluşturmakta ve ağı eğitebilmektedir. Bu sistemler aynı zamanda ağın hatasının da bir grafiğini çizerek eğitimin zaman içindeki iyileşmesini göstermektedir[5].

Yazılım pazarında sayısız YSA simülatörü bulmak mümkündür. Ancak bu tez çalışması kapsamında bütün bu yazılımları incelemek; mümkün olmadığı gibi, esas amacın YSA ile kirlilik parametrelerini tahmin etmek olduğu düşünüldüğünde gereksiz olduğu da görülebilir. Bu nedenle burada yalnızca örnek olması bakımından birkaç tanesi ve ulaşım adresleri Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.2. Bazı YSA simülörleri ve adresleri

Simülör Adı	Web Adresi
NeuroSolutions	<a href="http://www.nd.com">http://www.nd.com</a>
Matlab-Neural Network Tool box	<a href="http://www.mathworks.com">http://www.mathworks.com</a>
NeusDS	<a href="ftp://gatekeeper.dec.com/pub/DEC">ftp://gatekeeper.dec.com/pub/DEC</a>
Mactivation	<a href="ftp://ftp.cs.colorado.edu/pub/cs/misc/">ftp://ftp.cs.colorado.edu/pub/cs/misc/.</a>
Xerion	<a href="ftp://ftp.cs.toronto.edu/pub/xerion/">ftp://ftp.cs.toronto.edu/pub/xerion/</a>
Brain Wave	<a href="http://www2.psyuq.edu.au/~brainwav/Manual/WhatIs.html">http://www2.psyuq.edu.au/~brainwav/Manual/WhatIs.html</a>
PDP++	<a href="http://www.cnbc.cmu.edu/PDP++/manual/pdp-user_20.html">http://www.cnbc.cmu.edu/PDP++/manual/pdp-user_20.html</a>
Z-Solutions	<a href="http://www.zsolutons.com/software.htm">http://www.zsolutons.com/software.htm</a>
STATSOFT	<a href="http://www.statsoftinc.com">www.statsoftinc.com</a>

Bu çalışma sırasında bu simülörlerden NeuroSolutions(NS), içerdiği çok sayıda ağ çeşidi ve kolay kullanımı nedeniyle seçilmiştir. NS en yaygın office yazılımlarından olan Microsoft Excel ile ortak çalışabilmektedir.

### 5.3. Çalışılan Parametrelerin Tanımı Ve Önemi

#### 5.3.1. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ)

Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) aerobik koşullarda mikroorganizmaların sudaki organik maddeleri ayrıştırılmaları için gerekli oksijen miktarı olarak tanımlanmaktadır. Alıcı ortamlara verildiklerinde, evsel ve endüstriyel atıksuların tüketilecekleri çözünmüş oksijen miktarının belirlenmesiyle, kirlenme potansiyelinin ve alıcı ortamın özümleme kapasitesinin tayininde kullanılan bir parametredir. BOİ parametresi biyolojik olarak ayrışabilen organik maddelerin toplamını gösteren kolektif bir parametredir. BOİ parametresi, arıtma sistemlerinin tasarımı ve

işletilmesi, alıcı ortama atıksu deşarj limitlerine uygunluğunun kontrol edilmesi ve biyolojik arıtma sistemlerinin performansının ölçülmesinde kullanılmaktadır.

### **5.3.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)**

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), su örneğinin asidik ortamda kuvvetli bir kimyasal oksitleyiciyle oksitlenebilen organik madde miktarının oksijen eşdeğeri cinsinden ifadesidir. KOİ, organik maddelerin türleri arasında ayırım yapmadığı için kollektif bir parametredir. KOİ, su ve atıksuların karakterizasyonunda önemli ve çabuk sonuç veren bir parametredir. Bir suya ait KOİ değeri, BOİ' den farklı olarak biyolojik yollarla ayrışmayan bazı maddeleri de içerebilmektedir. KOİ, organik maddelerin oksidasyon basamağının bir göstergesi olduğu için, biyokimyasal reaksiyonlardaki bileşenler arasında elektron eşdeğeri açısından bir denge kurulmasını sağlamaktadır.

### **5.3.3. Askıda Katı Madde (AKM)**

Ölçüm prensibine göre su numunelerinin standart cam elyafı filtreden süzülmesi ve filtrenin kurutulması sonucu elde edilen kalıntılar, askıda katı maddeler (AKM) olarak adlandırılır. Askıda katı maddeler suların estetik, içme, endüstriyel kullanım gibi çeşitli amaçlar için yararlanılmasını doğrudan etkiler. Doğal sularda, ışık geçirgenliğini azaltıp dip birikintilerine yol açarak ya da doğrudan zarar vererek su canlılarını etkiler. Kanallarda ve arıtma sistemlerinde önlem alınması ihtiyacını ortaya koyar. Bu özellikleri ile AKM yüzey suları ve atık sularda önemli bir parametredir..

## **5.4 YSA' Nın Çevre Mühendisliğinde Bazı Uygulamaları**

- Nehirlerdeki çözünmüş oksijen konsantrasyonunun değişiminin modellenmesinde yapay sinir ağlarına (YSA) dayanan bir yaklaşımı üzerinde çalışılmıştır. Su kalitesi modellenmesinde ekonomik çözümler araştırılmıştır[7].
- Hidrolojide uygulamalar mevcuttur. Buharlaşma tahminine alternatif bir yaklaşım olarak, Eğirdir Gölü'nden meteorolojik parametrelerle günlük tava buharlaşmasını



tahmin etmek için Yapay Sinir Ağları (YSA) metodu kullanılarak modeller geliştirilmiştir[8].

- Uçucu organik bileşiklerin seviyesini belirlemek için YSA kullanılmıştır. Konsantrasyona bağlı frekans ölçüleri ile çalışma yapılmıştır[9].
- Balık havuzlarından kaynaklanan su kirliliğinin Yapay sinir ağları(YSA) ile modellenmesini incelenmiştir[10].
- Kohonen Özörgütlemeli Harita Ağı metoduyla çıkış parametrelerinden 5 günlük biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ5), toplam askıda katı madde (TAKM) ve fekal koliformdaki yüksek konsantrasyonlara yol açan sebepler araştırılmıştır[11].
- Kimyasal arıtma tesisleri için kontrol ve YSA modelleme çalışmaları yapılmıştır. Çözünmüş Oksijen, Nutrient, Sıcaklık değerleri için sensörlerle kontrol sistemi tasarlanmıştır[12].
- Günlük su sıcaklığını tahmin etmek için günlük hava sıcaklığı, güneş ışınımı ve nisbi nem parametreleri kullanılarak YSA modelleri geliştirilmiştir[13].
- On-line olarak güncellenebilen kontrol sistemleri geliştirilmeye çalışılmıştır. Biyolojik arıtma sistemini kontrol etmek için deneylerin azalmasını ve çalışmanın kolaylaşmasını amaçlamaktadır[14].

### 5.5 Deneysel Çalışma

Atıksu arıtma tesisi için önemli kirletici parametrelerden BOİ, KOİ ve AKM çıkış değerlerinin tahmini NeuroSolutions (NS) paket programı deneme sürümü ile gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışma aşamasında ilk olarak yapay sinir ağını eğitmek ve test etmek için veri gereklidir. Bu çalışmada Adapazarı Atıksu Arıtma Tesisi verileri kullanılmıştır[15].

Elde edilen verilerde çalışmada BOİ çıkış değeri tahmininde 6 girdi (BOİ giriş, KOİ giriş, AKM giriş, pH, Ortalama debi, Atıksu sıcaklığı) ve 1 çıktı (BOİ çıkış) bloğu bulunmaktadır. KOİ değerleri için 5 girdi (KOİ giriş, AKM giriş, pH, Ortalama debi, Atıksu sıcaklığı) ve 1 çıktı (KOİ çıkış) bloğu bulunmaktadır. AKM değerleri için ise 5 girdi (KOİ giriş, AKM giriş, pH, Ortalama debi, Atıksu sıcaklığı) ve 1 çıktı (AKM çıkış) bloğu bulunmaktadır.

Tablo 5.3. BOİ çıkış tahmini için uygulamanın girdi ve çıktıları

Girdiler	Çıktılar
BOİ Giriş (mg/lt)	BOİ Çıkış (mg/lt)
KOİ Giriş (mg/lt)	
AKM Giriş (mg/lt)	
pH	
Atıksu Sıcaklığı (°C)	
Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /h)	

Tablo 5.4. KOİ çıkış tahmini için uygulamanın girdi ve çıktıları

Girdiler	Çıktılar
KOİ Giriş (mg/lt)	KOİ Çıkış (mg/lt)
AKM Giriş (mg/lt)	
pH	
Atıksu Sıcaklığı (°C)	
Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /h)	

Tablo 5.5. AKM çıkış tahmini için uygulamanın girdi ve çıktıları

Girdiler	Çıktılar
KOİ Giriş (mg/l)	AKM Çıkış (mg/l)
AKM Giriş (mg/l)	
pH	
Atıksu Sıcaklığı (°C)	
Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /h)	

BOİ Çıkış değerleri tahmininde toplam 123 veri kullanılmıştır. Yapılan çalışmada bu verilerin 80 adedi eğitim seti, 43 adet ise test seti olarak kullanılacaktır. BOİ değeri 5 günlük olduğu için veri sayısı diğer parametrelere göre daha azdır. BOİ Çıkış değerlerinin tahmininde BOİ değerlerinin ölçüldüğü günlerdeki veriler kullanılmıştır.

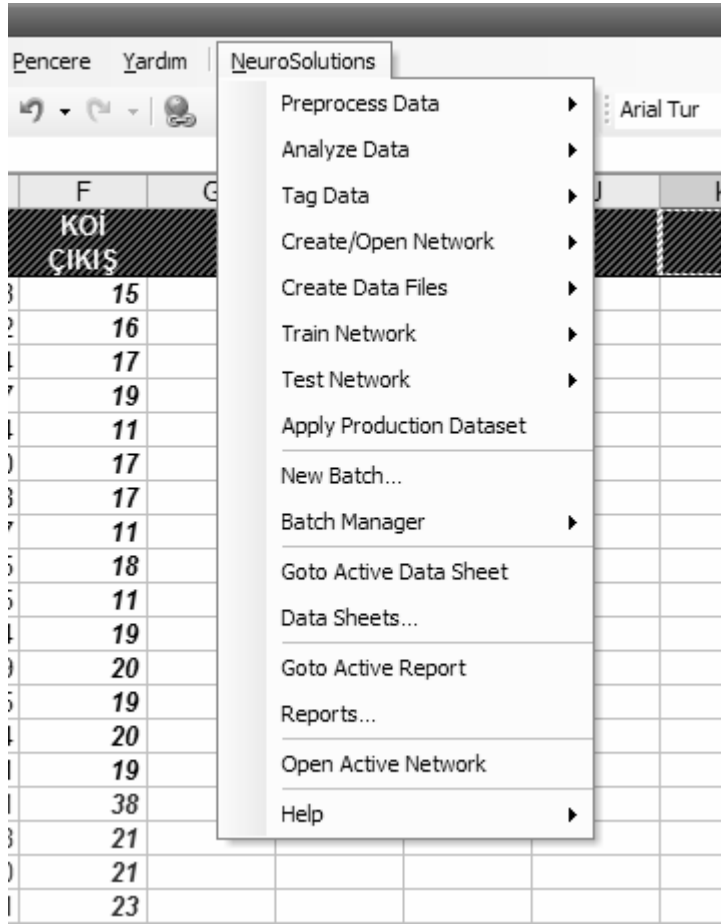
AKM ve KOİ Çıkış değerleri tahmininde toplam 265 veri kullanılmıştır. Yapılan çalışmada bu verilerin 180 adedi eğitim seti, 85 adet ise test seti olarak kullanılacaktır. Burada BOİ değerlerinin girdi olarak kullanılmamasının nedeni veri sayısı arttıkça eğitimin daha başarılı olmasıdır. Verilerin eğitim seti ve test seti olarak bölünmesinde ağın performansı ve verilerin optimum şekilde dağılmasına dikkat edilmiştir.

### 5.5.1. NeuroSolutions Microsoft Excel eklentisi ile uygulama

NeuroSolutions v 4.30; Microsoft Excel'in alt yapısını kullanarak çok çeşitli sinir ağlarının kolaylıkla oluşturulmasına yardımcı olur. Bu program özel Microsoft Excel eklentisi kullanılarak; mevcut tablolar halindeki verilerin kolaylıkla "Girdi", "Çıktı", "Eğitim Seti" ve "Test Seti" şeklinde işaretlenebilmesini; bu veriler yoluyla da istenilen algoritma ile herhangi bir sinir ağının oluşturulmasını kolaylıkla sağlar. Oluşturulan sinir ağının performansı oluşturulan çeşitli raporlarla kolaylıkla izlenebilir.

Microsoft Excel için hazırlanmış olan bu eklenti 8 farklı modülden oluşmaktadır. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz;

1. Ön İşlem Verisi: Sinir ağında girdi olarak kullanılacak olan verilerin düzenlenmesine yardımcı olur.
2. Verinin Analizi: Ön işlem seviyesinde veriler hakkında çeşitli bilgiler elde etme ya da sinir ağının çıktısının analizinde bu modülden faydalanılır.
3. Verilerin İşaretlenmesi: Grafikselleştirilerek verilerin "Girdi", "Çıktı", "Eğitim Verisi" ya da "Test Verisi" şeklinde işaretlenmesine yardımcı olur.
4. Veri Dosyalarının Oluşturulması: Mevcut verilerin sınırlı oranda ASCII formatına dönüştürülmesine yardımcı olur.
5. Sinir Ağının Oluşturulması: NeuroSolutions ara yüzünden faydalanarak istenilen algoritma ve ağ türüne sahip bir sinir ağı oluşturulabilir.
6. Ağın Eğitilmesi: Çeşitli eğilim prosesleri yoluyla ağın eğitilmesi sağlanır. Bu modülün en güçlü yanlarından bir tanesi de özel bir problem için optimum sonucu kolaylıkla bulabilmesidir.
7. Ağın Test Edilmesi: Eğitim modülü kullanılarak elde edilen optimum ağın test edilmesini sağlar.
8. Üretim Veri Setine Uygulanması: Çıktının bilinemediği veri setlerine çıktının tahmin edilebilmesi amacıyla uygulanır.



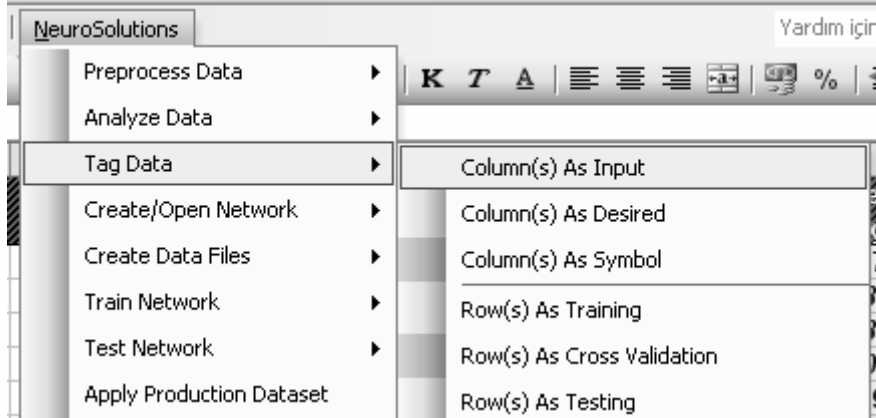
Şekil 5.1. NS Microsoft eklenti menüsü

NeuroSolutions programı ağı oluştururken aktivasyon fonksiyonu olarak “sigmoid” ve “tanjant” fonksiyonlarını kullanabilmektedir. Yapılan denemeler sonucu görüldüğü kadarıyla ve Bölüm 3’de de anlatıldığı üzere kullanılan ÇKA modeli ağ için en yaygın fonksiyon olan sigmoid fonksiyonunun kullanılmasına yapılan çalışmalar doğrultusunda karar verilmiştir.

#### 5.5.1.1. Yapay sinir ağının oluşturulması

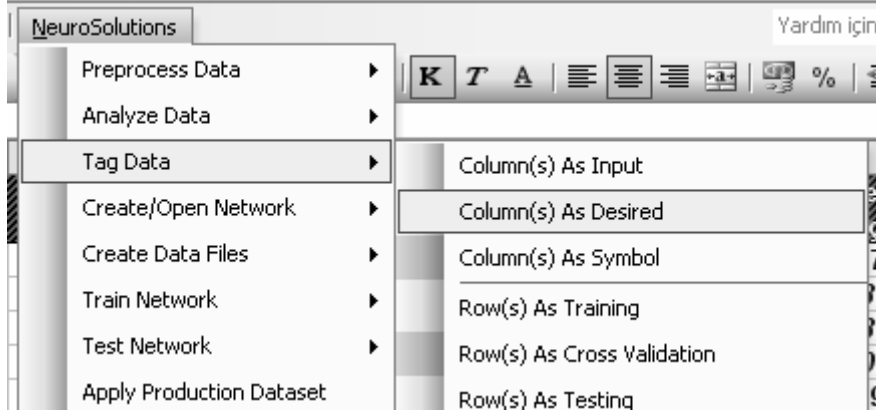
Daha önce de anlatıldığı gibi NS, Microsoft Excel’e girilmiş tabloları veri olarak kullanabilmektedir. Bu şekilde ağ oluşumu için yapılması gereken birkaç işlem vardır.

- Girdilerin seçilmesi: Bu adımda girdi olarak kullanılacak değerler sütun halinde seçilmeli ve programa tanıtılmalıdır(Şekil 5.2).



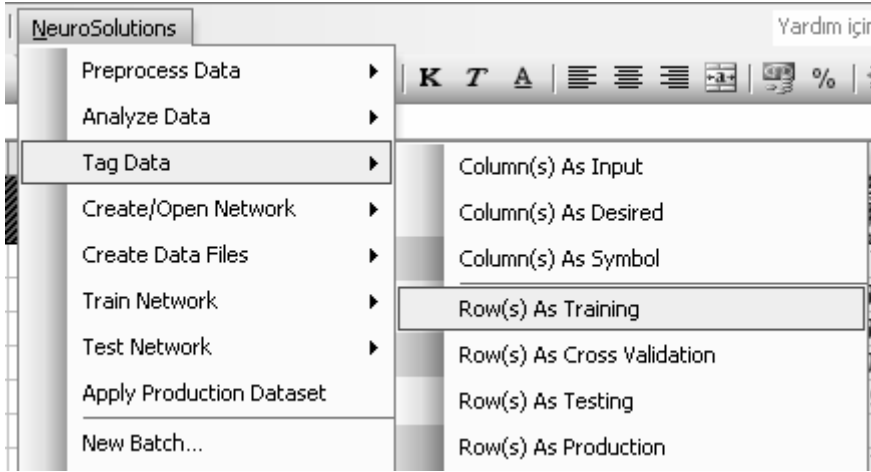
Şekil 5.2. Girdi sütunlarının programa tanıtılması

- Çıktıların seçilmesi: Girdi değerleri seçildikten sonra aynı yolla çıktı değerlerinin bulunduğu sütunlar seçilmeli ve tanıtılmalıdır(Şekil 5.3).



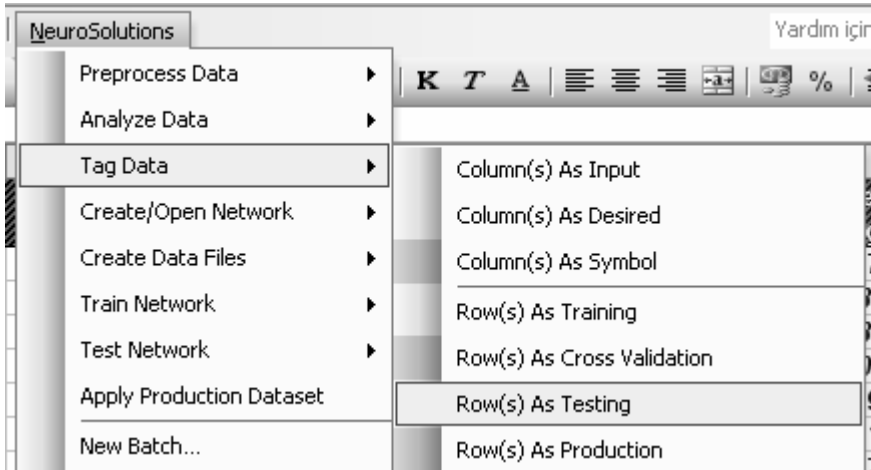
Şekil 5.3. Çıktı sütunlarının programa tanıtılması

- Eğitim setinin seçilmesi: Girdi ve çıktı değerlerinin seçilmesinin ardından bu değerlerin ne kadarının eğitim, ne kadarının test için kullanılacağı programa tanıtılmalıdır. Bunun için eğitim seti olarak seçilen satırlar NeuroSolutions menüsünden tanıtılır(Şekil 5.4).



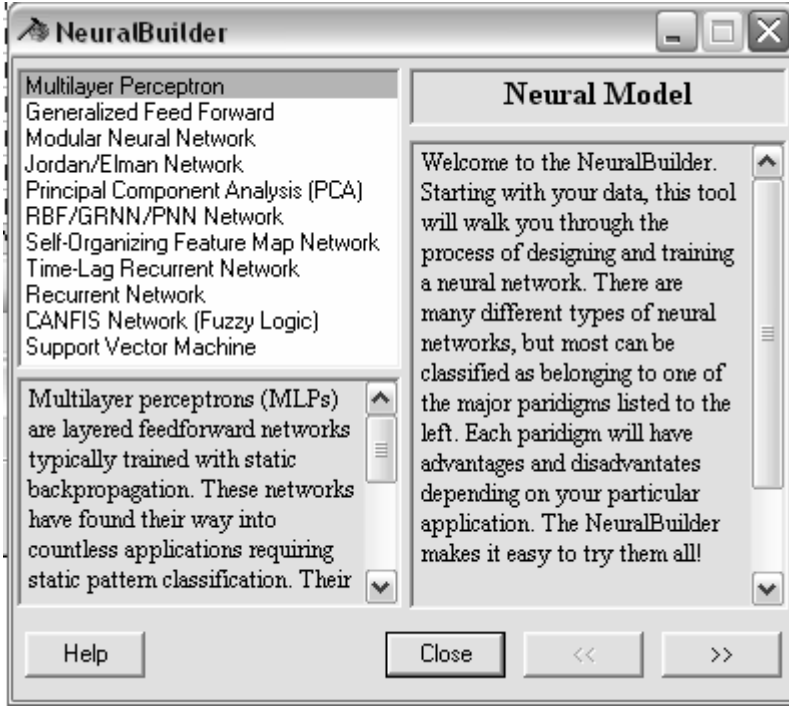
Şekil 5.4. Eğitim setinin programa tanıtılması

- Test setinin seçilmesi: Eğitim seti seçildikten sonra geriye kalan değerler aynı yolla test seti olarak programa tanıtılır(Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Test setinin programa tanıtılması

- Yapay sinir ağının oluşturulması: Bu işlem için daha önceki adımlarda da yararlandığımız NeuroSolutions menüsünden "Create/Open Network" ve onun altındaki "New" seçeneği kullanılarak ekrana NS programının arayüzü getirilir(Şekil 5.6.). Bu arayüzden kullanmak istediğimiz ağ modelini seçip yapılandırabiliriz.



Şekil 5.6. Test setinin programa tanıtılması

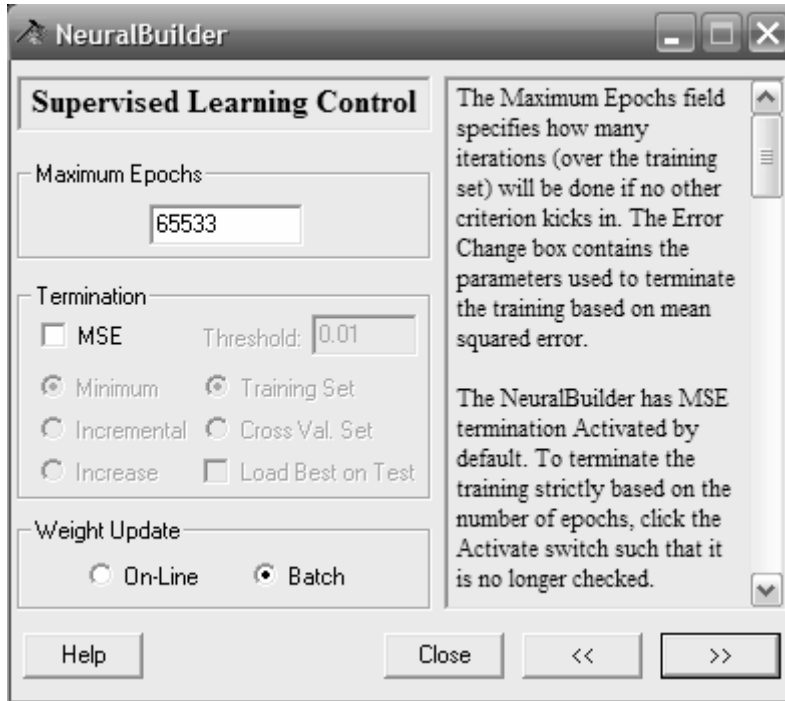
Bu arayüzden görülebileceği gibi NS birçok ağ modeli içermektedir. “Herhangi Bir Uygulama İçin Ağ Seçimi” başlığı altında belirtildiği gibi bu çalışmada ÇKA(Çok katmanlı algılayıcı) modeli kullanılacaktır. NS içerisindeki “Multilayer Perceptron”(Çok katmanlı algılayıcı), “Generalized Feed Forward” (Genellenmiş ileri besleme) ve “Modular Neural Network”(Modüler sinir ağı) modelleri ÇKA yapısındadır. Ancak yapılan denemelerde en iyi sonucu “Multilayer Perceptron”(MLP) verdi.

Ağ modelinin seçiminin ardından ağın kaç adet gizli katman (hidden layer) içereceği belirlenir. Bu çalışmada iki gizli katmanlı bir ağ yapısı seçildi. Seçilen gizli katmanlar için de işlem elemanı sayısının belirlenmesi gerekmektedir.

Ağ oluşumunun son adımında iterasyon sayısının ve ağırlık güncellemesinin nasıl olacağını belirlenmesi gerekir(Şekil 5.7). NS paket programındaki en büyük kısıt maksimum iterasyon sayısının 65533 ile sınırlandırılmış olmasıdır. Ancak bu çalışma için bu değer yeterince makuldür. Ağırlık güncellemesinin nasıl olacağına gelindiğinde ise iki seçenek bulunmaktadır. Birincisi olan On-Line seçeneğinde her bir örneklemeden sonra ağırlıklar güncellenir, diğer seçenek olan

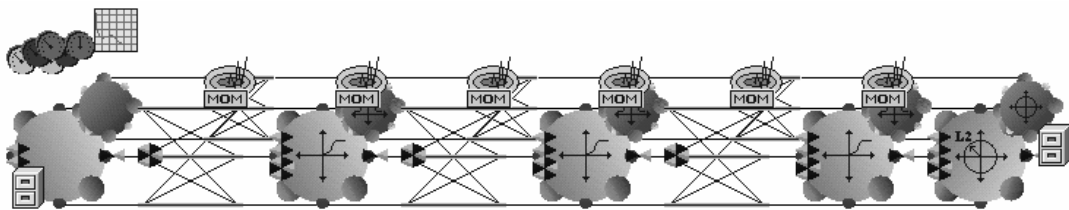


Batch’da ise tüm eğitim setinin gösteriminden sonra güncelleme yapılır. Bu çalışmada Batch seçeneği daha doğru sonuçlara ulaşmıştır.



Şekil 5.7. İterasyon sayısı ve ağırlık güncellemelerinin belirlenmesi

Bu işlemler sonucunda sinir ağı oluşturulur ve program görsel olarak ağın görüntüsünü size verir(Şekil 5.8).

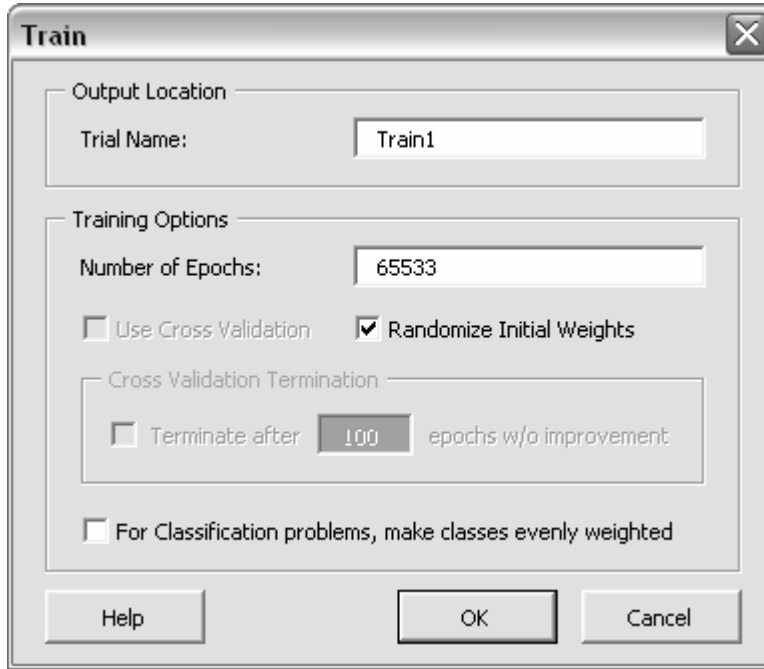


Şekil 5.8. Program tarafından oluşturulan sinir ağının ekran görüntüsü

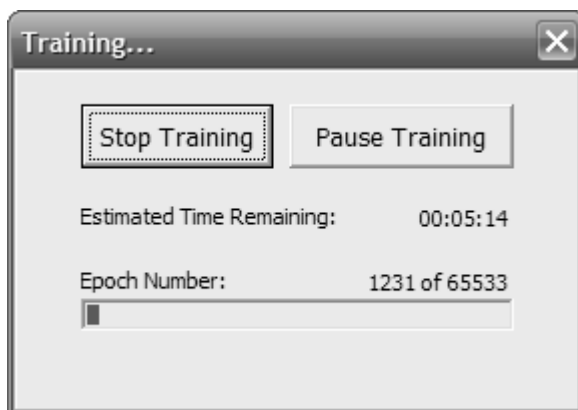
### 5.5.1.2. Yapay sinir ağının eğitimi

Eğitimin başlatılabilmesi için Excel içerisindeki NeuroSolutions menüsünden “Train Network” seçeneği ve onun altından da “Train...” ile eğitime başlanır. Program bu kademede eğitime bir isim verilmesi, iterasyon sayısının seçilmesi

ve ağırlıkların rasgele girilip girilmeyeceğini ister(Şekil 5.7). Bu verilerin girilmesinin ardından eğitimin ilerleyişi “Training...” arayüzünden izlenebilir(Şekil 5.9).



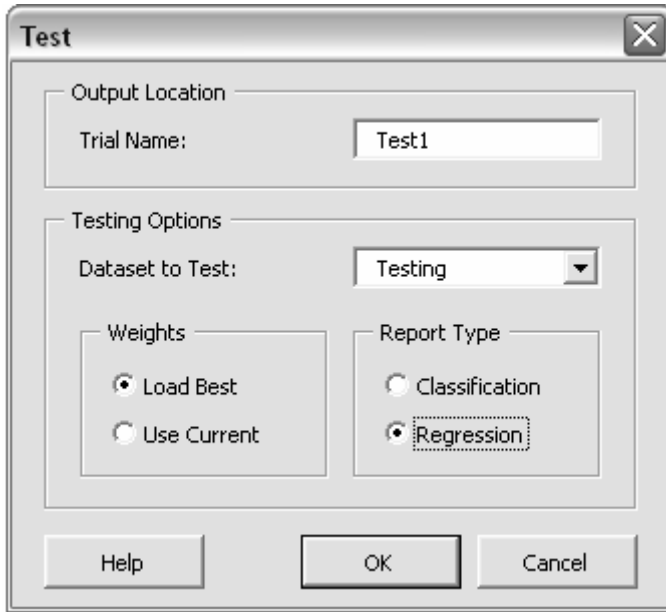
Şekil 5.9. “Train...” menüsünün ekran görüntüsü



Şekil 5.10. “Training...” menüsünün ekran görüntüsü

### 5.5.1.3. Yapay sinir ağının test edilmesi

Eğitim işleminin bitirilmesinden hemen sonra artık test işlemine geçilebilir. Bu işlem için yine NS menüsünden “Test Network” ve altındaki “Test...” seçeneği seçilir. Açılan menüden “Load Best” ve “Regression” seçenekleri işaretlenerek test işlemine başlanır(Şekil 5.9). Test işlemi sonucunda program elde ettiği verileri grafikler ve tablolar halinde Excel üzerinde sunar.



Şekil 5.11 “Test” menusunun ekran görüntüsü

## 5.6 Çalışmada Kullanılan Değerlerin Neurosolutions ile Analizi

Öğrenme aşamasının verimli olması için veriler karışık olarak programa verildi. Böylece yaz aylarındaki değerler ile kış aylarındaki değerler arasındaki değişimler eğitim ve test aşamasında kullanılmıştır. Aksi takdirde yılın ilk aylarındaki değerler eğitim seti, son aylarındaki değerler test seti olarak kullanılacaktı. Böyle olduğunda kış aylarının değerleri için eğitilmeyen program, test aşamasında yaklaşık değerlere ulaşamaz. Burada önemli olan eğitim ve test setleri oluşturulurken değerlerin homojen bir şekilde dağıtılmasıdır.

### 5.6.1. BOİ çıkış değerlerinin Neurosolutions ile analizi

BOİ Çıkış değerleri tahmininde toplam 123 veri kullanılmıştır. Yapılan çalışmada bu verilerin 80 adedi eğitim seti, 43 adet ise test seti olarak kullanılmıştır. BOİ değeri 5 günlük olduğu için veri sayısı diğer parametrelere göre daha azdır. BOİ Çıkış değerlerinin tahmininde BOİ değerlerinin ölçüldüğü günlerdeki veriler kullanılmıştır.

Tablo 5.6. BOİ Çıkış Değerlerinin Tahmininde Kullanılan Girdi Değerleri

Atıksu Sıcaklığı (°C)	pH	Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /h)	AKM ((mg/l)	BOİ (mg/l)	KOI (mg/l)
20,3	7,34	4313	65	50	97
18,3	7,77	2472	62	50	290
18,4	8,01	3584	44	50	108
18,8	7,63	3691	250	140	440
18,6	7,85	3714	421	140	716
12,4	7,6	4619	34	50	160
12,6	7,7	4226	57	85	148
12,7	7,89	4352	72	90	186
13,2	8,04	4329	122	85	321
17,8	7,67	2788	108	100	205
20,2	7,72	3775	266	160	403
18,1	7,86	2602	266	100	297
19,3	7,84	1286	401	110	463
19,6	7,73	1025	284	130	364
19,5	7,7	3063	133	130	235
20,5	7,97	2408	513	160	538
13	7,7	3978	221	110	308
15,3	7,5	3404	180	110	240
15,5	7,52	3434	375	160	649
16,2	7,44	3392	384	220	581
16,5	7,5	3565	314	140	427
17	7,56	3275	346	140	492
17,4	7,65	3195	589	160	701
17,2	7,49	3735	203	120	349
21	7,88	3276	216	60	168
14,1	7,29	3552	95	115	217

Tablo 5.6. BOİ Çıkış Değerlerinin Tahmininde Kullanılan Girdi Değerleri (Devam)

Atıksu Sıcaklığı (°C)	pH	Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /h)	AKM ((mg/l)	BOİ (mg/l)	KOI (mg/l)
20,3	7,34	4313	65	50	97
18,3	7,77	2472	62	50	290
18,4	8,01	3584	44	50	108
18,8	7,63	3691	250	140	440
18,6	7,85	3714	421	140	716
12,4	7,6	4619	34	50	160
12,6	7,7	4226	57	85	148
12,7	7,89	4352	72	90	186
13,2	8,04	4329	122	85	321
17,8	7,67	2788	108	100	205
20,2	7,72	3775	266	160	403
18,1	7,86	2602	266	100	297
19,3	7,84	1286	401	110	463
19,6	7,73	1025	284	130	364
19,5	7,7	3063	133	130	235
20,5	7,97	2408	513	160	538
13	7,7	3978	221	110	308
15,3	7,5	3404	180	110	240
15,5	7,52	3434	375	160	649
16,2	7,44	3392	384	220	581
16,5	7,5	3565	314	140	427
17	7,56	3275	346	140	492
17,4	7,65	3195	589	160	701
17,2	7,49	3735	203	120	349
21	7,88	3276	216	60	168
14,1	7,29	3552	95	115	217
14,2	7,12	4194	593	250	681
18,3	7,68	2448	167	170	285
17,8	7,62	2681	139	130	259
17,4	7,64	4185	503	200	636
16,1	7,64	3844	257	100	343
15,5	8,03	4379	382	120	712
16,2	7,75	4158	293	240	406
16,5	7,83	2032	231	111	289

Tablo 5.6. BOİ Çıkış Değerlerinin Tahmininde Kullanılan Girdi Değerleri (Devam)

Atıksu Sıcaklığı (°C)	pH	Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /h)	AKM ((mg/l)	BOİ (mg/l)	KOI (mg/l)
17	7,74	3395	126	150	220
17,4	7,65	2971	136	100	220
17,2	7,64	4022	178	100	210
21	7,78	3559	129	90	196
14,1	7,7	4137	143	90	221
18,3	7,83	4001	171	70	202
17,8	7,74	3774	193	80	217
13	7,65	3722	299	260	503
13,1	7,64	3714	188	150	210
19	7,78	4522	105	55	139
19,5	7,85	3473	82	58	172
20	7,8	2650	235	180	278
19	7,93	3135	86	75	130
18,7	7,8	2732	199	97	200
18,9	7,88	2709	154	150	230
19,5	7,73	2624	152	150	200
18,8	7,82	2624	165	110	212
18,4	7,85	2632	150	110	212
18,7	7,79	2592	120	140	222
18,3	7,67	2190	157	120	290
18,8	7,54	3259	141	90	287
19	7,5	3121	141	85	191
19,3	7,51	3167	156	80	222
19,2	7,26	3711	313	160	430
18,4	7,24	3982	127	80	239
18,5	7,52	3480	57	120	110
19,5	7,38	2957	186	130	300
19,5	7,5	3039	127	110	210
14,5	7,7	3500	193	200	357
15,3	7,84	3034	168	140	333
15,3	7,84	2951	107	190	267
15,6	7,73	3056	134	150	297
15,9	7,67	3113	73	55	162
14,8	7,68	3527	262	120	336
14,8	7,54	4169	258	120	324

Tablo 5.6. BOİ Çıkış Değerlerinin Tahmininde Kullanılan Girdi Değerleri (Devam)

Atıksu Sıcaklığı (°C)	pH	Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /h)	AKM ((mg/l)	BOİ (mg/l)	KOI (mg/l)
12	7,7	4508	60	30	90
12	7,6	3677	50	50	103
12	7,7	3667	56	65	129
12,7	7,89	4017	70	60	198
10,6	7,7	4210	52	45	114
13,1	7,52	4392,5	127	120	251
13	7,41	4028	145	160	293
14,5	7,42	4896	375	300	640
15,7	7,32	4161	361	200	459
15,7	7,32	4575	442	280	468
12,3	7,48	4445	182	140	245
12,1	7,54	4540	208	140	255
20,4	7,4	3225	231	170	248
19,3	7,1	1909	182	240	364
18,3	7,38	4116	201	340	353
19,2	6,93	2971	372	75	554
17,1	7,57	4649	563	200	493
16,6	7,7	3034	102	135	195
17,2	7,59	3212	94	100	193
14,2	7,11	3547	83	75	132
13,6	7,29	3374	75	90	217
12,4	7,13	4341	66	100	350
18	7,16	4545	336	170	392
16,5	7,42	4337	351	240	402
17	7,44	5725	194	90	278
13	7,45	3799	497	220	661
13,5	7,49	2892	379	180	614
12,8	7,89	2981	394	180	522
12,2	7,23	4829	111	80	160
11,3	7,6	3911	198	180	430
15,2	7,63	4440	84	80	146
10,9	7,6	2732	131	120	227
15,7	7,47	4778	750	150	602
11,7	7,21	3449	61	70	115
15,3	7,27	3434	208	50	229

Tablo 5.6. BOİ Çıkış Değerlerinin Tahmininde Kullanılan Girdi Değerleri (Devam)

Atıksu Sıcaklığı (°C)	pH	Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /h)	AKM ((mg/l)	BOİ (mg/l)	KOI (mg/l)
16	7,34	4626	140	100	212
15,9	7,29	4538	150	120	220
11,8	7,12	1895	209	70	176
15,6	7,44	3663	588	220	694
11,8	7,52	3544	142	120	194
12,1	7,55	4161	187	110	269
14,2	7,23	3794	44	50	119
13	7,9	3639	128	70	225
13,3	7,27	4018	116	60	423
13,9	7,34	3812	108	135	322
10,5	7,12	3672	90	75	135
13	7,38	3541	367	550	828
13,5	7,53	3514	480	385	675
12,3	7	4407	72	75	138
18,1	7,27	5248	746	55	644
16,5	7,28	4486	550	200	570
18,33	7,33	4074	480	135	780
16,4	7,49	3685	416	100	438

NeuroSolutions kullanılarak yapılan çalışmalarda 65533 iterasyon değeri sonunda, iki gizli katman ve bir katmanda üç diğ erinde yedi işlem elemanı kullanılarak optimum sonuca ulaşılmıştır. İstatiksel parametreler, Yapay Sinir Ağ modellerinin tahminlerinin performansını değerlendirmek için kullanılmıştır. Çalışmada üç farklı istatistiksel ifade tanımlanmıştır. Bunlar: ortalama mutlak hata (MAE), ortalama hata karesi kökü (RMSE) ve ortalama karesel hata (MSE) dir.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\hat{O}_i - T_i|$$

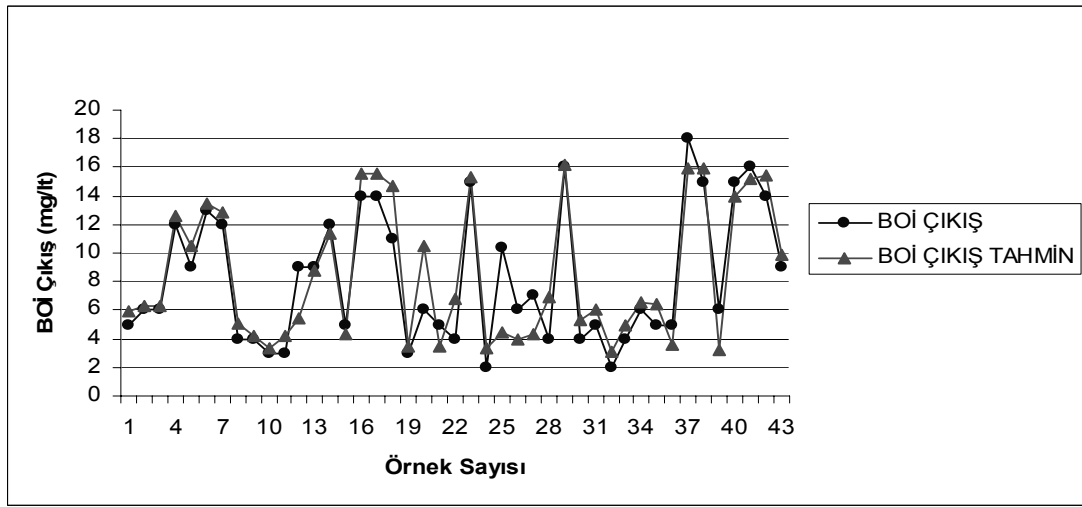
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\hat{O}_i - T_i|^2}$$



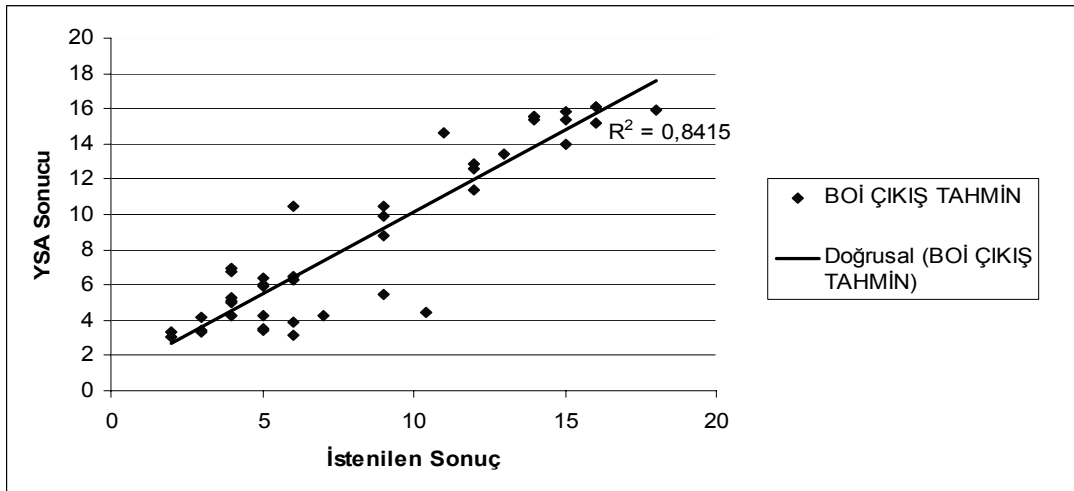
$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_0 - R_{y_{sa}})$$

Tablo 5.7. BOİ Çıkış tahmin performans değerleri

MSE	3,611680974
RMSE	0,174396692
MAE	1,447815111



Şekil 5.12. BOİ Çıkış değerleri ile tahmin değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.13. YSA- istenen sonuçların BOİ test seti için x = y grafiği üzerinde gösterimi

Program ile elde edilen tahmin sonuçları ile gerçek değerlerin karşılaştırılması Şekil 5.13 da gösterilmiştir. BOİ Çıkış değerleri ve program ile elde edilen sonuçlar Tablo 5.8 de verilmiştir.

Tablo 5.8. BOİ Çıkış değerleri ve program ile elde edilen sonuçlar

BOİ ÇIKIŞ (mg/lt)	BOİ ÇIKIŞ Tahmin (mg/lt)	BOİ ÇIKIŞ (mg/lt)	BOİ ÇIKIŞ Tahmin (mg/lt)	BOİ ÇIKIŞ (mg/lt)	BOİ ÇIKIŞ Tahmin (mg/lt)
5	5,90920692	15	15,3679	9	8,799649
6	6,2855453	2	3,329756	12	11,35286
6	6,26390662	10,4	4,458838	5	4,26171
12	12,5599269	6	3,922897	14	15,6633
9	10,4871831	7	4,263245	14	15,59727
13	13,4227618	4	6,918604	11	14,63335
12	12,8964607	16	16,13	3	3,408123
4	5,06507367	4	5,304992	6	10,55433
4	4,24157117	5	6,046693	5	3,456547
3	3,30981657	2	3,082277	4	6,805323
3	4,16715934	4	4,980627	18	15,90031
9	5,45040118	6	6,488286	15	15,87497
5	6,36458708	15	13,98661	6	3,180083
5	3,5635536	16	15,1975	14	15,38716
		9	9,88773038		

### 5.6.2. KOİ çıkış değerlerinin Neurosolutions ile analizi

KOİ Çıkış değerleri tahmininde toplam 265 veri kullanılmıştır. Yapılan çalışmada bu verilerin 180 adedi eğitim seti, 85 adet ise test seti olarak kullanılmıştır. Verilerin eğitim seti ve test seti olarak bölünmesinde ağın performansı ve verilerin optimum şekilde dağılmasına dikkat edilmiştir.

Tablo 5.9. KOİ Çıkış Değerlerinin Tahmininde Kullanılan Girdi Değerleri

pH	Atıksu Sıcaklığı (° C)	Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /h)	AKM (mg/lt)	KOI (mg/lt)
7,22	14,5	3305	100	162
7,11	14,2	3547	83	132
7,23	14,5	4409	87	136
7,29	14,5	4427	72	168
7,4	14,5	4353	90	151
7,2	14	4321	53	122
7,29	13,6	3374	75	217
7,13	13,6	3986	82	177
7,24	11,5	2550,833	610	798
7,65	10,9	3640,833	555	645
7,02	11,6	2941,667	612	635
7,15	13,4	2841,667	121	210
7,49	13,5	2892,083	379	614
7,6	12,9	2432,917	278	355
7,52	11,9	1796,25	294	446
7,77	12,1	3997,917	275	241
7,38	9,4	4922,5	375	375
7,5	10	4367,083	365	449
7,33	10,7	4557,917	447	503
7,21	12,4	4369	70	140
7,16	12,4	4118	93	157
7,12	10,5	3672	90	135
7,21	10,7	3717	88	118
7,11	11	3632	68	95
7,37	13,7	3508,333	421	484
7,24	16,1	3773,333	270	179
7,29	15	3611,25	446	584
7,17	14,1	3795	424	661
7,34	13,6	3711,667	454	541
7,53	13,5	3514,167	480	675
7,03	12,2	3572,083	400	532
7,37	14,8	3639,583	230	567
7,27	12,6	3527,083	298	544
7,17	14,1	3603,333	424	661

Tablo 5.9. KOİ Çıkış Değerlerinin Tahmininde Kullanılan Girdi Değerleri (Devamı)

pH	Atıksu Sıcaklığı (° C)	Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /h)	AKM (mg/lt)	KOI (mg/lt)
7,37	11,7	3212,917	527	527
7,3	12,4	4637	147	213
7,23	12,2	4829	111	160
6,98	12,6	4806	55	122
7,65	14,5	4879	66	240
7,55	12,2	4820	42	166
7,73	12,7	4105	67	142
7,7	12,8	3310	110	375
7,64	11,7	3092	72	138
7,72	11,6	4690	37	101
7,6	11,3	3911	198	230
7,75	10,6	4775	146	209
7,51	11,02	4890	112	241
7,53	15	3442,5	235	427
7,4	14,1	3595	257	328
7,4	16,8	3595	165	222
7,62	17,4	3427,917	387	460
7,44	18,8	2949,167	611	469
7,34	11	3510,833	364	495
7,63	12,3	4391,667	625	479
7,32	16,6	4620	495	487
7,56	16,9	3736,667	326	343
7,47	11,9	3198,333	423	532
7,35	16,02	2340,417	187	207
7,64	10,6	4485,833	108	159
7,44	11,4	4017,5	93	142
7,49	11,6	4445	126	221
7,52	12,8	4384	86	180
7,55	12,1	4896	131	225
7,59	14,5	4795,417	130	239
7,52	11,8	3871,25	142	194
7,55	12,1	4161,667	187	269
7,48	12,3	4445	182	245
7,54	12,1	4540,833	208	255

Tablo 5.9. KOİ Çıkış Değerlerinin Tahmininde Kullanılan Girdi Değerleri (Devamı)

pH	Atıksu Sıcaklığı (° C)	Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /h)	AKM (mg/lt)	KOI (mg/lt)
7,52	13,1	4392,5	127	251
7,41	13,2	4405	116	233
7,53	14,3	4320,417	176	294
7,47	11,8	3871,25	171	279
7,48	11,8	4161,667	152	219
7,65	14,1	3300,833	191	272
7,36	13	4131,25	185	280
7,45	11,4	3998,75	133	247
7,38	14,3	4754	241	302
7,41	13	4028	145	293
7,48	13,5	4065	221	261
7,42	12,8	4753	237	357
7,47	14,8	2732	346	447
7,32	15,6	4384	418	428
7,42	14,5	4896	375	440
7,4	14,8	4795,417	332	449
7,4	14,8	4485,833	293	405
7,42	14,8	4017,5	327	539
7,45	14,8	4445	433	546
7,47	15,1	4540,833	327	585
7,29	15,4	4392,5	225	348
7,3	14,5	4405	187	249
7,38	19,9	4320,417	370	413
7,26	14,7	3871,25	479	544
7,32	15,7	4161,667	361	459
7,43	18,5	3300,833	335	451
7,35	18	4632,5	379	578
7,56	16,5	3783,333	376	453
7,44	16,5	4080	477	570
7,32	15,7	4575	442	468
7,38	19,9	3873,333	370	413
7,29	15,2	2961,667	394	513
7,3	18,4	3410,417	496	535
7,46	17,7	3539,583	470	566

Tablo 5.9. KOİ Çıkış Değerlerinin Tahmininde Kullanılan Girdi Değerleri (Devamı)

pH	Atıksu Sıcaklığı (° C)	Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /h)	AKM (mg/lt)	KOI (mg/lt)
7,6	19,7	3503,75	377	446
7,38	16,7	3596,25	388	391
7,26	13,6	3142,083	597	422
7,29	16,6	3706,25	910	846
7,47	15,7	4778,333	750	602
7,27	18,1	5248,75	746	644
7,28	16,5	4486,25	550	570
7,33	18,33	4074,583	480	780
7,49	16,4	3685,417	416	438
7,25	17	3645	443	487
7,35	20,3	3396,25	349	392
7,34	17,2	3596,667	423	589
7,33	17,4	3576,25	346	400
7,33	16,9	3516,25	282	314
7,43	19,9	3494,167	211	376
7,28	21	3827,083	320	416
7,26	18,7	3433,75	723	414
7,29	19,2	3039,583	384	402
7,39	16,6	3811,667	312	357
7,5	18,4	3755	398	443
7,15	15,6	3645,417	318	411
7,21	16,6	3414,583	206	245
7,58	18,2	2892,083	171	276
7,3	19,1	3063,333	231	274
7,3	17	3932,083	193	242
7,28	19	3310,833	254	328
7,42	17,2	3291,25	254	277
7,36	21,5	3643,333	238	411
7,58	18,7	3107,917	279	380
7,36	18,7	3245	310	380
7,42	18,7	3011,667	341	400
7,2	18,8	3273,333	363	389
7,33	17,6	2719,167	270	446
7,09	18,8	3046,25	294	364

Tablo 5.9. KOİ Çıkış Değerlerinin Tahmininde Kullanılan Girdi Değerleri (Devamı)

pH	Atıksu Sıcaklığı (° C)	Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /h)	AKM (mg/l)	KOI (mg/l)
6,93	19,2	2971,25	372	554
7,36	19,2	2921,25	428	452
7,31	19,2	3180	359	414
7,32	19,2	3143,75	333	422
7,35	19,5	2732,917	321	421
7,4	19,5	2647,917	413	486
7,28	19,6	3322,083	455	457
7,35	19,6	3075,833	329	358
7,44	19,8	3146,667	247	344
7,11	19,7	3256,667	433	515
7,35	19,8	3404,167	387	525
7,38	19,9	3338,75	437	525
7,32	19,9	3388,333	436	499
7,42	20	3457,917	257	328
7,4	20	3140,417	354	407
7,3	20,6	3286,25	431	465
7,4	20,4	3225,833	231	248
7,31	20,7	3350	269	303
7,39	20,2	3638,333	373	538
7,35	20,7	3291,667	289	299
7,35	20,4	3169,167	349	385
7,45	20,4	2070,417	247	267
7,48	20,4	2111,167	342	391
7,33	20,5	1545,5	227	270
7,24	20,5	2553,75	194	252
7,27	20,5	2690,833	195	261
7,29	20,3	2575	199	267
7,3	20,5	2081,25	229	202
7,45	20,4	2004,167	213	242
7,36	20,4	3541	147	213
7,27	21	1795	206	222
7,46	20,1	2037,083	169	194
6,8	20,8	2070,417	240	237
7,6	18,9	2710	171	214

Tablo 5.9. KOİ Çıkış Değerlerinin Tahmininde Kullanılan Girdi Değerleri (Devamı)

pH	Atıksu Sıcaklığı (° C)	Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /h)	AKM (mg/lt)	KOI (mg/lt)
7,9	24,7	2396,25	189	250
7,39	21,1	2057,5	162	208
7,27	23,7	2141,25	155	237
7,69	19,8	2692,917	165	215
7	22,6	3051,25	104	175
7,09	20,2	3370	207	254
7,33	20,4	3077,917	184	359
7,23	19	3186,25	223	265
7,39	18,7	3051,25	208	274
7,27	17,5	6782,083	198	281
7,04	21,1	3344,167	717	361
7,27	18	3452,917	216	348
7,23	17,7	3262,5	259	300
7,41	15,8	3760	368	331
7,06	17,7	3763,333	282	298
7,29	20	3228,75	142	349
7,25	16,8	3348,333	161	341
7,39	20,9	2040,417	253	335
7,1	21	3022,917	291	471
6,97	21	3483,75	429	455
6,83	19,7	3832,083	333	585
6,93	19,7	3637,917	307	502
6,85	19,6	3763,333	309	636
6,7	20,6	3645,417	380	768
6,84	21	2004,583	300	822
6,85	21	1748,75	201	473
7,1	19,3	1909,583	182	364
6,95	19,7	2214	280	446
7,23	19,9	2740,833	200	385
7,28	19,3	3290	206	347
7,22	19,3	2265,417	262	468
7,33	19	3463,333	245	353
7,38	18,3	4116,25	201	353
7,57	18,1	4446,667	215	342



Tablo 5.9. KOİ Çıkış Değerlerinin Tahmininde Kullanılan Girdi Değerleri (Devamı)

pH	Atıksu Sıcaklığı (° C)	Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /h)	AKM (mg/l)	KOI (mg/l)
7,39	16,5	3690	108	141
6,86	18,8	3529,167	218	234
7,35	18,7	3670,833	183	285
7,33	18,8	1919,583	405	435
7,41	15,9	3728,75	88	245
7,44	18,2	3938,333	84	212
7,41	11,4	3992,5	354	304
7,31	12,3	4238,75	404	440
7,43	10,2	3901,25	481	405
7,45	15,2	3852,917	338	342
7,72	13,1	3782,917	311	370
7,41	14,9	3665,417	192	308
7,33	12,8	3491,667	385	446
7,38	13	3541,25	367	528
7,64	11,8	3964	100	132
7,62	11,9	3666	64	97
7,63	15,2	4440	84	146
7,58	12,6	4754	98	152
7,65	12,2	4028	87	145
7,64	11	4065	85	168
7,53	11,4	4753	86	199
7,6	10,9	2732	131	227
7,59	13,2	4384	123	172
7,49	14,1	4896	123	156
7,69	11,2	4795	129	212
7,44	15,6	3663,333	588	694
7,24	11,5	3037,083	316	448
7,18	12,7	3652,083	455	601
7,16	17,5	3703,75	384	551
7,13	10,8	3394,167	339	478
7,32	11,2	3384,583	458	674
7,45	13	3799,167	497	661
7,15	12,4	3787,083	486	780
7,06	11,7	3950	53	90

Tablo 5.9. KOİ Çıkış Değerlerinin Tahmininde Kullanılan Girdi Değerleri (Devamı)

pH	Atıksu Sıcaklığı (° C)	Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /h)	AKM (mg/lt)	KOI (mg/lt)
7,17	10,4	2808	70	93
7,21	11,7	3449	61	115
7,18	11,5	3283	65	107
7,12	11,7	4101	65	185
7,04	11,5	4044	49	142
7,09	12,4	4209	60	145
7	12,3	4407	72	138
7,19	12,4	4499	71	143
7,1	12,4	4758	102	234
7,41	11,6	4728	81	148
7,89	12,8	2981,25	394	522
7,44	9,8	4323,75	338	392
7,4	7,9	4155,417	349	450
7,49	10,7	4318,333	405	516
7,52	7,2	4269,167	377	463
7,36	9,7	3652,083	380	426
7,3	13,6	2787	105	195
7,17	11,6	2333	261	206
7,22	12,7	2539	48	195
7,19	12,7	2453	99	143
7,12	12,7	2076	76	96
7,17	12,4	3185	101	128
7,25	12,3	3323	68	100
7,25	12,4	4015	66	105
7,13	12,4	4341	66	350
7,18	12,4	4220	67	106
7,2	12,4	3417	64	130

NeuroSolutions kullanılarak yapılan çalışmalarda 65533 iterasyon değeri sonunda, iki gizli katman ve bir katmanda iki diğerinde altı işlem elemanı kullanılarak optimum sonuca ulaşılmıştır. İstatiksel parametreler, Yapay Sinir Ağ modellerinin tahminlerinin performansını değerlendirmek için kullanılmıştır. Çalışmada üç farklı

istatistiksel ifade tanımlanmıştır. Bunlar: ortalama mutlak hata (MAE), ortalama hata karesi kökü (RMSE) ve ortalama karesel hata (MSE) dir.

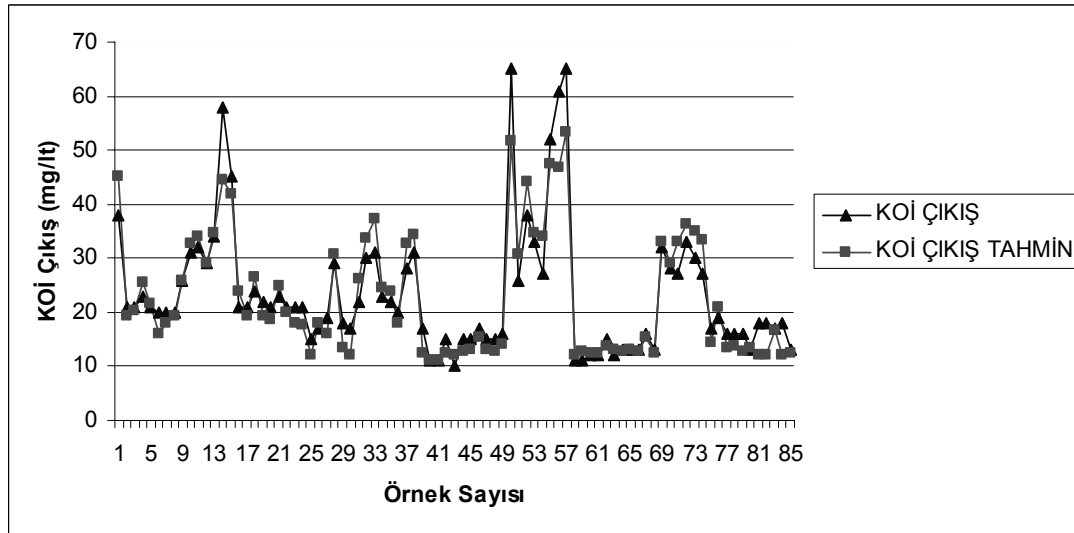
$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\hat{O}_i - T_i|$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\hat{O}_i - T_i|^2}$$

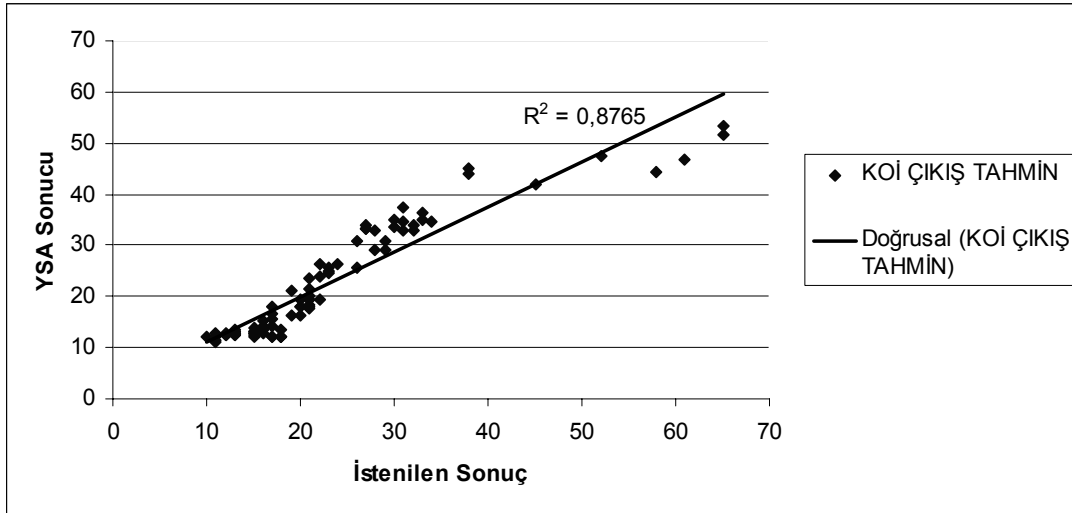
$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_0 - R_{y_{sa}})$$

Tablo 5.10. KOİ Çıkış tahmin performans değerleri

MSE	7,832322385
RMSE	0,056653454
MAE	1,787676778



Şekil 5.14. KOİ Çıkış değerleri ile tahmin değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.15 YSA- istenen sonuçların KOİ test seti için  $x = y$  grafiği üzerinde gösterimi

Program ile elde edilen tahmin sonuçları ile gerçek değerlerin karşılaştırılması Şekil 5.15 da gösterilmiştir. KOİ Çıkış değerleri ve program ile elde edilen sonuçlar Tablo 5.11 de verilmiştir.

Tablo 5.11. KOİ Çıkış değerleri ve program ile elde edilen sonuçlar

KOİ ÇIKIŞ (mg/l)	KOİ ÇIKIŞ TAHMİN (mg/l)	KOİ ÇIKIŞ (mg/l)	KOİ ÇIKIŞ TAHMİN (mg/l)	KOİ ÇIKIŞ (mg/l)	KOİ ÇIKIŞ TAHMİN (mg/l)
38	45,07978	18	13,43007	65	53,26373
21	19,40108	17	12,07103	11	12,12101
21	20,13795	22	26,16919	11	12,88752
23	25,48301	30	33,58845	12	12,42066
21	21,54093	31	37,31867	12	12,55648
20	16,17026	23	24,51092	15	13,74611
20	17,88498	22	23,88829	12	12,92464
20	19,30335	20	18,14056	13	12,80935
26	25,78548	28	32,80362	13	13,19714
31	32,75783	31	34,50907	13	12,68869
32	33,97874	17	12,29269	16	15,31269
29	28,98269	11	11,14928	13	12,56839
34	34,61392	11	11,26945	32	32,98361
58	44,51486	15	12,30857	28	28,96108
45	41,93275	10	12,06763	27	33,18869

Tablo 5.11. KOİ Çıkış değerleri ve program ile elde edilen sonuçlar (Devam)

KOİ ÇIKIŞ (mg/lt)	KOİ ÇIKIŞ TAHMİN (mg/lt)	KOİ ÇIKIŞ (mg/lt)	KOİ ÇIKIŞ TAHMİN (mg/lt)	KOİ ÇIKIŞ (mg/lt)	KOİ ÇIKIŞ TAHMİN (mg/lt)
21	23,72831	15	12,69952	33	36,43594
21	19,39272	15	13,23887	30	34,84633
24	26,39434	17	15,49668	27	33,40366
22	19,44202	15	13,11008	17	14,24149
21	18,50719	15	12,74126	19	21,04813
23	24,9908	16	14,12757	16	13,36345
21	19,92784	65	51,79668	16	13,84086
21	18,14319	26	30,80614	16	12,78861
21	17,56119	38	44,01292	13	13,56318
15	12,12437	33	34,83094	18	12,12418
17	17,96718	27	34,09505	18	11,96434
19	16,1401	52	47,40072	17	16,71306
29	30,77433	61	46,80604	18	12,1236
13	12,57533				

### 5.6.3. AKM çıkış değerlerinin Neurosolutions ile analizi

AKM Çıkış değerleri tahmininde toplam 265 veri kullanılmıştır. Yapılan çalışmada bu verilerin 180 adedi eğitim seti, 85 adet ise test seti olarak kullanılmıştır. Verilerin eğitim seti ve test seti olarak bölünmesinde ağın performansı ve verilerin optimum şekilde dağılmasına dikkat edilmiştir.

AKM çıkış değerlerinin tahmininde kullanılan girdiler Tablo 5.12 de verilmiştir.

Tablo 5.12. AKM Çıkış Değerlerinin Tahmininde Kullanılan Girdi Değerleri

pH	Atıksu Sıcaklığı (° C)	Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /h)	AKM (mg/lt)	KOI (mg/lt)
7,22	14,5	3305	100	162
7,11	14,2	3547	83	132
7,23	14,5	4409	87	136
7,29	14,5	4427	72	168
7,4	14,5	4353	90	151
7,2	14	4321	53	122
7,29	13,6	3374	75	217
7,13	13,6	3986	82	177
7,24	11,5	2550,833	610	798
7,65	10,9	3640,833	555	645
7,02	11,6	2941,667	612	635
7,15	13,4	2841,667	121	210
7,49	13,5	2892,083	379	614
7,6	12,9	2432,917	278	355
7,52	11,9	1796,25	294	446
7,77	12,1	3997,917	275	241
7,38	9,4	4922,5	375	375
7,5	10	4367,083	365	449
7,33	10,7	4557,917	447	503
7,21	12,4	4369	70	140
7,16	12,4	4118	93	157
7,12	10,5	3672	90	135
7,21	10,7	3717	88	118
7,11	11	3632	68	95
7,37	13,7	3508,333	421	484
7,24	16,1	3773,333	270	179
7,29	15	3611,25	446	584
7,17	14,1	3795	424	661
7,34	13,6	3711,667	454	541
7,53	13,5	3514,167	480	675
7,03	12,2	3572,083	400	532
7,37	14,8	3639,583	230	567
7,27	12,6	3527,083	298	544
7,17	14,1	3603,333	424	661

Tablo 5.12. AKM Çıkış Değerlerinin Tahmininde Kullanılan Girdi Değerleri (Devamı)

pH	Atıksu Sıcaklığı (° C)	Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /h)	AKM (mg/lt)	KOI (mg/lt)
7,37	11,7	3212,917	527	527
7,3	12,4	4637	147	213
7,23	12,2	4829	111	160
6,98	12,6	4806	55	122
7,65	14,5	4879	66	240
7,55	12,2	4820	42	166
7,73	12,7	4105	67	142
7,7	12,8	3310	110	375
7,64	11,7	3092	72	138
7,72	11,6	4690	37	101
7,6	11,3	3911	198	230
7,75	10,6	4775	146	209
7,51	11,02	4890	112	241
7,53	15	3442,5	235	427
7,4	14,1	3595	257	328
7,4	16,8	3595	165	222
7,62	17,4	3427,917	387	460
7,44	18,8	2949,167	611	469
7,34	11	3510,833	364	495
7,63	12,3	4391,667	625	479
7,32	16,6	4620	495	487
7,56	16,9	3736,667	326	343
7,47	11,9	3198,333	423	532
7,35	16,02	2340,417	187	207
7,64	10,6	4485,833	108	159
7,44	11,4	4017,5	93	142
7,49	11,6	4445	126	221
7,52	12,8	4384	86	180
7,55	12,1	4896	131	225
7,59	14,5	4795,417	130	239
7,52	11,8	3871,25	142	194
7,55	12,1	4161,667	187	269
7,48	12,3	4445	182	245
7,54	12,1	4540,833	208	255

Tablo 5.12. AKM Çıkış Değerlerinin Tahmininde Kullanılan Girdi Değerleri (Devamı)

pH	Atıksu Sıcaklığı (° C)	Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /h)	AKM (mg/lt)	KOI (mg/lt)
7,52	13,1	4392,5	127	251
7,41	13,2	4405	116	233
7,53	14,3	4320,417	176	294
7,47	11,8	3871,25	171	279
7,48	11,8	4161,667	152	219
7,65	14,1	3300,833	191	272
7,36	13	4131,25	185	280
7,45	11,4	3998,75	133	247
7,38	14,3	4754	241	302
7,41	13	4028	145	293
7,48	13,5	4065	221	261
7,42	12,8	4753	237	357
7,47	14,8	2732	346	447
7,32	15,6	4384	418	428
7,42	14,5	4896	375	440
7,4	14,8	4795,417	332	449
7,4	14,8	4485,833	293	405
7,42	14,8	4017,5	327	539
7,45	14,8	4445	433	546
7,47	15,1	4540,833	327	585
7,29	15,4	4392,5	225	348
7,3	14,5	4405	187	249
7,38	19,9	4320,417	370	413
7,26	14,7	3871,25	479	544
7,32	15,7	4161,667	361	459
7,43	18,5	3300,833	335	451
7,35	18	4632,5	379	578
7,56	16,5	3783,333	376	453
7,44	16,5	4080	477	570
7,32	15,7	4575	442	468
7,38	19,9	3873,333	370	413
7,29	15,2	2961,667	394	513
7,3	18,4	3410,417	496	535
7,46	17,7	3539,583	470	566



Tablo 5.12. AKM Çıkış Değerlerinin Tahmininde Kullanılan Girdi Değerleri (Devamı)

pH	Atıksu Sıcaklığı (° C)	Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /h)	AKM (mg/lt)	KOI (mg/lt)
7,6	19,7	3503,75	377	446
7,38	16,7	3596,25	388	391
7,26	13,6	3142,083	597	422
7,29	16,6	3706,25	910	846
7,47	15,7	4778,333	750	602
7,27	18,1	5248,75	746	644
7,28	16,5	4486,25	550	570
7,33	18,33	4074,583	480	780
7,49	16,4	3685,417	416	438
7,25	17	3645	443	487
7,35	20,3	3396,25	349	392
7,34	17,2	3596,667	423	589
7,33	17,4	3576,25	346	400
7,33	16,9	3516,25	282	314
7,43	19,9	3494,167	211	376
7,28	21	3827,083	320	416
7,26	18,7	3433,75	723	414
7,29	19,2	3039,583	384	402
7,39	16,6	3811,667	312	357
7,5	18,4	3755	398	443
7,15	15,6	3645,417	318	411
7,21	16,6	3414,583	206	245
7,58	18,2	2892,083	171	276
7,3	19,1	3063,333	231	274
7,3	17	3932,083	193	242
7,28	19	3310,833	254	328
7,42	17,2	3291,25	254	277
7,36	21,5	3643,333	238	411
7,58	18,7	3107,917	279	380
7,36	18,7	3245	310	380
7,42	18,7	3011,667	341	400
7,2	18,8	3273,333	363	389
7,33	17,6	2719,167	270	446
7,09	18,8	3046,25	294	364

Tablo 5.12. AKM Çıkış Değerlerinin Tahmininde Kullanılan Girdi Değerleri (Devamı)

pH	Atıksu Sıcaklığı (° C)	Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /h)	AKM (mg/l)	KOI (mg/l)
6,93	19,2	2971,25	372	554
7,36	19,2	2921,25	428	452
7,31	19,2	3180	359	414
7,32	19,2	3143,75	333	422
7,35	19,5	2732,917	321	421
7,4	19,5	2647,917	413	486
7,28	19,6	3322,083	455	457
7,35	19,6	3075,833	329	358
7,44	19,8	3146,667	247	344
7,11	19,7	3256,667	433	515
7,35	19,8	3404,167	387	525
7,38	19,9	3338,75	437	525
7,32	19,9	3388,333	436	499
7,42	20	3457,917	257	328
7,4	20	3140,417	354	407
7,3	20,6	3286,25	431	465
7,4	20,4	3225,833	231	248
7,31	20,7	3350	269	303
7,39	20,2	3638,333	373	538
7,35	20,7	3291,667	289	299
7,35	20,4	3169,167	349	385
7,45	20,4	2070,417	247	267
7,48	20,4	2111,167	342	391
7,33	20,5	1545,5	227	270
7,24	20,5	2553,75	194	252
7,27	20,5	2690,833	195	261
7,29	20,3	2575	199	267
7,3	20,5	2081,25	229	202
7,45	20,4	2004,167	213	242
7,36	20,4	3541	147	213
7,27	21	1795	206	222
7,46	20,1	2037,083	169	194
6,8	20,8	2070,417	240	237
7,6	18,9	2710	171	214

Tablo 5.12. AKM Çıkış Değerlerinin Tahmininde Kullanılan Girdi Değerleri (Devamı)

pH	Atıksu Sıcaklığı (° C)	Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /h)	AKM (mg/lt)	KOI (mg/lt)
7,9	24,7	2396,25	189	250
7,39	21,1	2057,5	162	208
7,27	23,7	2141,25	155	237
7,69	19,8	2692,917	165	215
7	22,6	3051,25	104	175
7,09	20,2	3370	207	254
7,33	20,4	3077,917	184	359
7,23	19	3186,25	223	265
7,39	18,7	3051,25	208	274
7,27	17,5	6782,083	198	281
7,04	21,1	3344,167	717	361
7,27	18	3452,917	216	348
7,23	17,7	3262,5	259	300
7,41	15,8	3760	368	331
7,06	17,7	3763,333	282	298
7,29	20	3228,75	142	349
7,25	16,8	3348,333	161	341
7,39	20,9	2040,417	253	335
7,1	21	3022,917	291	471
6,97	21	3483,75	429	455
6,83	19,7	3832,083	333	585
6,93	19,7	3637,917	307	502
6,85	19,6	3763,333	309	636
6,7	20,6	3645,417	380	768
6,84	21	2004,583	300	822
6,85	21	1748,75	201	473
7,1	19,3	1909,583	182	364
6,95	19,7	2214	280	446
7,23	19,9	2740,833	200	385
7,28	19,3	3290	206	347
7,22	19,3	2265,417	262	468
7,33	19	3463,333	245	353
7,38	18,3	4116,25	201	353
7,57	18,1	4446,667	215	342

Tablo 5.12.AKM Çıkış Değerlerinin Tahmininde Kullanılan Girdi Değerleri (Devamı)

pH	Atıksu Sıcaklığı (° C)	Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /h)	AKM (mg/l)	KOI (mg/l)
7,39	16,5	3690	108	141
6,86	18,8	3529,167	218	234
7,35	18,7	3670,833	183	285
7,33	18,8	1919,583	405	435
7,41	15,9	3728,75	88	245
7,44	18,2	3938,333	84	212
7,41	11,4	3992,5	354	304
7,31	12,3	4238,75	404	440
7,43	10,2	3901,25	481	405
7,45	15,2	3852,917	338	342
7,72	13,1	3782,917	311	370
7,41	14,9	3665,417	192	308
7,33	12,8	3491,667	385	446
7,38	13	3541,25	367	528
7,64	11,8	3964	100	132
7,62	11,9	3666	64	97
7,63	15,2	4440	84	146
7,58	12,6	4754	98	152
7,65	12,2	4028	87	145
7,64	11	4065	85	168
7,53	11,4	4753	86	199
7,6	10,9	2732	131	227
7,59	13,2	4384	123	172
7,49	14,1	4896	123	156
7,69	11,2	4795	129	212
7,44	15,6	3663,333	588	694
7,24	11,5	3037,083	316	448
7,18	12,7	3652,083	455	601
7,16	17,5	3703,75	384	551
7,13	10,8	3394,167	339	478
7,32	11,2	3384,583	458	674
7,45	13	3799,167	497	661
7,15	12,4	3787,083	486	780
7,06	11,7	3950	53	90

Tablo 5.12. AKM Çıkış Değerlerinin Tahmininde Kullanılan Girdi Değerleri (Devamı)

pH	Atıksu Sıcaklığı (° C)	Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /h)	AKM (mg/lt)	KOI (mg/lt)
7,17	10,4	2808	70	93
7,21	11,7	3449	61	115
7,18	11,5	3283	65	107
7,12	11,7	4101	65	185
7,04	11,5	4044	49	142
7,09	12,4	4209	60	145
7	12,3	4407	72	138
7,19	12,4	4499	71	143
7,1	12,4	4758	102	234
7,41	11,6	4728	81	148
7,89	12,8	2981,25	394	522
7,44	9,8	4323,75	338	392
7,4	7,9	4155,417	349	450
7,49	10,7	4318,333	405	516
7,52	7,2	4269,167	377	463
7,36	9,7	3652,083	380	426
7,3	13,6	2787	105	195
7,17	11,6	2333	261	206
7,22	12,7	2539	48	195
7,19	12,7	2453	99	143
7,12	12,7	2076	76	96
7,17	12,4	3185	101	128
7,25	12,3	3323	68	100
7,25	12,4	4015	66	105
7,13	12,4	4341	66	350
7,18	12,4	4220	67	106
7,2	12,4	3417	64	130

NeuroSolutions kullanılarak yapılan çalışmalarda 65533 iterasyon değeri sonunda, iki gizli katman ve bir katmanda beş diğerinde üç işlem elemanı kullanılarak optimum sonuca ulaşılmıştır. İstatiksel parametreler, Yapay Sinir Ağ modellerinin

tahminlerinin performansını değerlendirmek için kullanılmıştır. Çalışmada üç farklı istatistiksel ifade tanımlanmıştır. Bunlar: ortalama mutlak hata (MAE), ortalama hata karesi kökü (RMSE) ve ortalama karesel hata (MSE) dir.

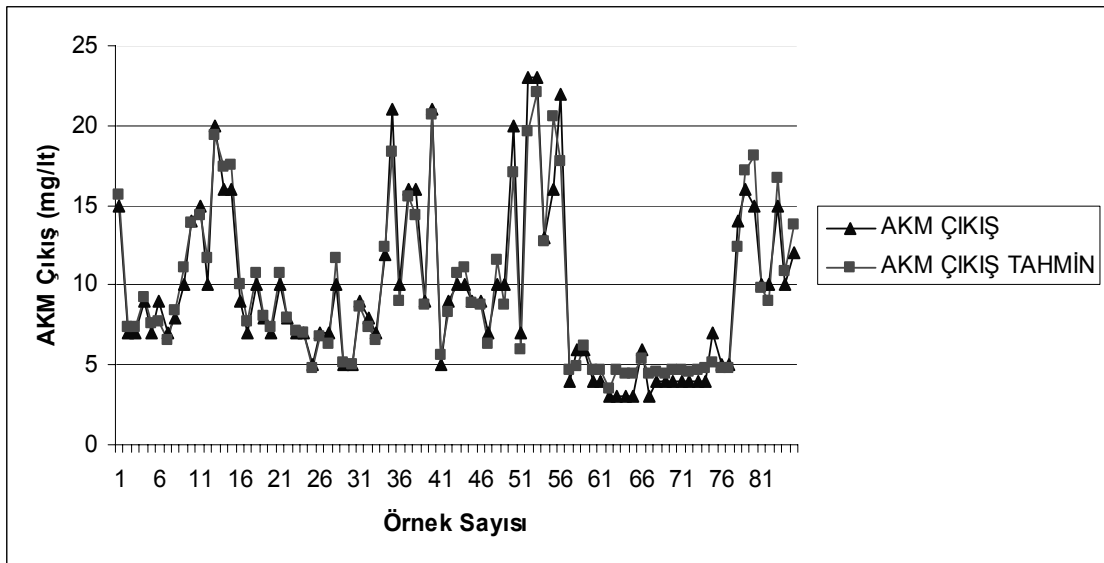
$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\hat{O}_i - T_i|$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\hat{O}_i - T_i|^2}$$

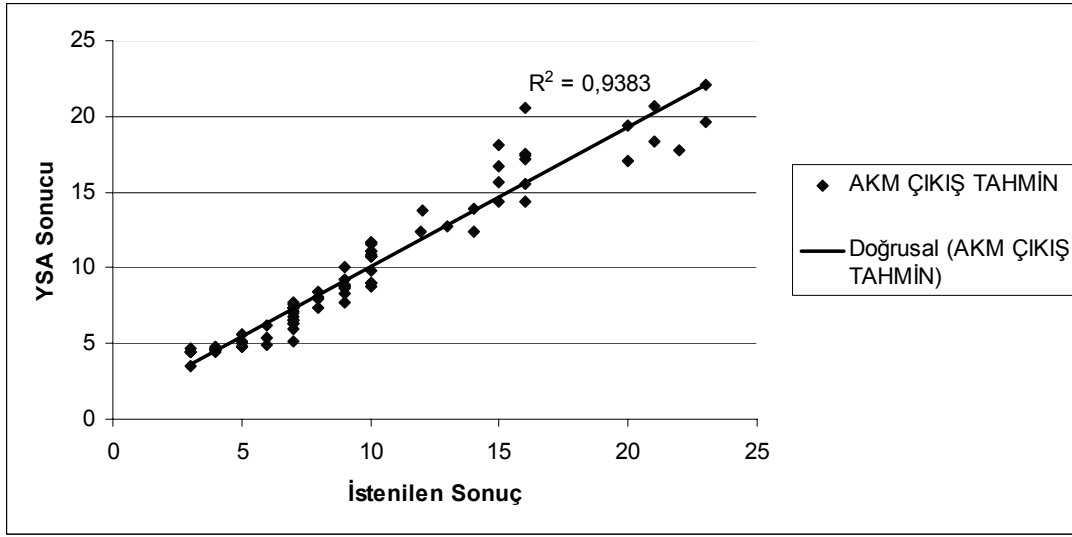
$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_0 - R_{y_{sa}})$$

Tablo 5.13. AKM Çıkış tahmin performans değerleri

MSE	8,125847221
RMSE	0,306511675
MAE	1,826751582



Şekil 5.16. AKM Çıkış değerleri ile tahmin değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.17. YSA- istenen sonuçların AKM test seti için  $x = y$  grafiği üzerinde gösterimi

Program ile elde edilen tahmin sonuçları ile gerçek değerlerin karşılaştırılması Şekil 5.17 da gösterilmiştir. AKM Çıkış değerleri ve program ile elde edilen sonuçlar Tablo 5.14 de verilmiştir.

Tablo 5.14. AKM Çıkış değerleri ve program ile elde edilen sonuçlar

AKM ÇIKIŞ (mg/lt)	AKM ÇIKIŞ TAHMİN (mg/lt)	AKM ÇIKIŞ (mg/lt)	AKM ÇIKIŞ TAHMİN (mg/lt)	AKM ÇIKIŞ (mg/lt)	AKM ÇIKIŞ TAHMİN (mg/lt)
15	15,61498	5	5,104572	4	4,709548
7	7,406515	5	4,984806	6	4,935333
7	7,368878	9	8,690808	6	6,154847
9	9,264295	8	7,351317	4	4,686167
7	7,570129	7	6,484961	4	4,692081
9	7,687891	12	12,3992	3	3,556535
7	6,55989	21	18,34724	3	4,614779
8	8,378438	10	8,987659	3	4,43939
10	11,10138	16	15,49876	3	4,436978
14	13,94217	16	14,36816	6	5,426013
15	14,39273	9	8,79181	3	4,436393
10	11,63621	21	20,6206	4	4,601729
20	19,40596	5	5,642808	4	4,425351
16	17,42964	9	8,273257	4	4,64389
16	17,53243	10	10,75632	4	4,647996
9	10,01383	10	11,13243	4	4,605483
7	7,678509	9	8,842458	4	4,646146

Tablo 5.14. AKM Çıkış değerleri ve program ile elde edilen sonuçlar (Devam)

AKM ÇIKIŞ (mg/lt)	AKM ÇIKIŞ TAHMİN (mg/lt)	AKM ÇIKIŞ (mg/lt)	AKM ÇIKIŞ TAHMİN (mg/lt)	AKM ÇIKIŞ (mg/lt)	AKM ÇIKIŞ TAHMİN (mg/lt)
10	10,70314	9	8,770309	4	4,733957
8	8,072605	7	6,337712	7	5,172712
7	7,405838	10	11,5544	5	4,827118
10	10,72475	10	8,755669	5	4,770315
8	7,975389	20	17,07962	14	12,42799
7	7,12574	7	5,931876	16	17,17091
7	7,042596	23	19,56884	15	18,05215
5	4,757903	23	22,06946	10	9,839087
7	6,797908	13	12,75465	10	8,954658
7	6,265478	16	20,6	15	16,68985
10	11,6532	22	17,71093	10	10,84562
12	13,78278				

### 5.7. YSA İle Elde Edilen Değerlerle Verimin Hesaplanması

Gerçek değerler ve YSA değerleri kullanılarak verim hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Burada kirletici parametrelerin arıtma sırasında ne kadarının giderildiğini esas alan verim formülü kullanılmıştır.

$$E = \left( \frac{S_o - S_e}{S_o} \right) \times 100 \quad [16]$$

E = Verim %

$S_o$  = Giriş değeri

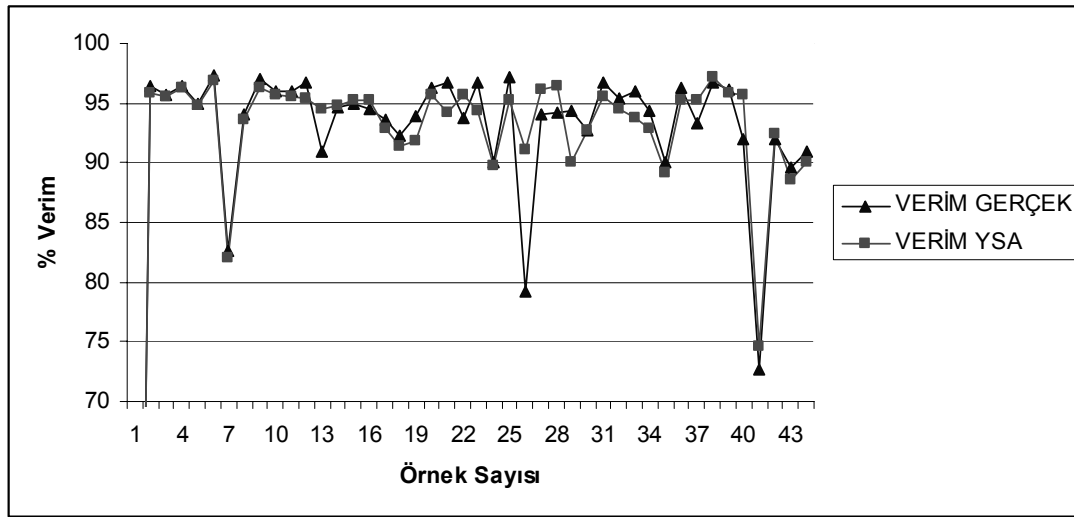
$S_e$  = Çıkış değeri



BOİ, KOİ ve AKM için giriş parametreleri ve çıkış parametreleri kullanılarak hesaplamalar gerçek değerler ve YSA değerleri için gerçekleştirilmiştir. Değerlerin karşılaştırılmaları grafikler üzerinde gösterilmiştir.

### 5.7.1. BOİ için gerçek değerler ve YSA çıktılarına bağlı verimin karşılaştırılması

BOİ değerleri için verim formülü kullanılarak gerçek değerler için ve programın bulduğu değerler için verim değerleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu değerler grafik üzerinde gösterilmiş ve Tablo 7.1 de sunulmuştur.



Şekil 7.1 BOİ için YSA çıktılarıyla hesaplanan verim ile gerçek verimin karşılaştırılması

Tablo 7.1 BOİ için YSA çıktılarıyla ve gerçek değerlerle hesaplanan verimler

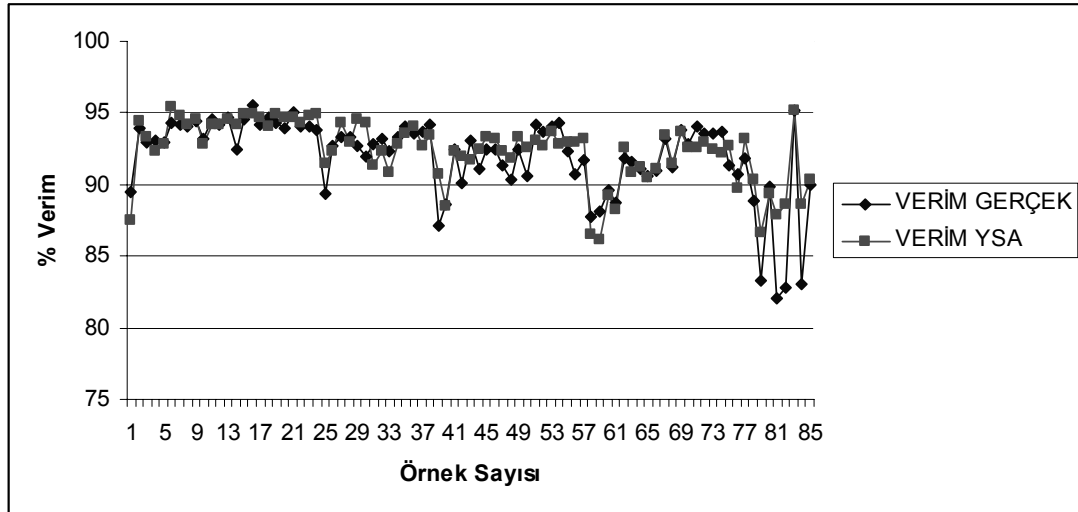
Gerçek Verim (%)	YSA Verim (%)	Gerçek Verim (%)	YSA Verim (%)
96,42857	95,77914	90	89,75473
95,71429	95,51032	97,14286	95,24321
96,47059	96,31535	79,2	91,08232
95	94,7667	94	96,0771
97,35294	96,91553	94,16667	96,4473
82,66667	82,10298	94,28571	90,11628
94	93,55177	92,72727	92,66818
97,03704	96,24809	96,66667	95,57917
96	95,75843	95,45455	94,50301
96	95,58691	96	93,83545

Tablo 7.1 BOİ için YSA çıktılarıyla ve gerçek değerlerle hesaplanan verimler (Devam)

96,66667	95,36982	94,28571	92,88482
91	94,5496	90	89,18619
94,70588	94,82374	96,2963	95,28549
95	95,26964	93,33333	95,2486
94,44444	95,26477	96,72727	97,10903
93,63636	92,90909	96,1039	95,87663
92,22222	91,33485	92	95,75989
93,88889	91,87036	72,72727	74,56981
96,25	95,73985	92	92,40125
96,66667	94,16667	89,62963	88,6021
93,75	95,67932	91	90,11227
96,66667	94,3289		

### 5.7.2. KOİ için gerçek değerler ve YSA çıktılarına bağlı verimin karşılaştırılması

KOİ değerleri için verim formülü kullanılarak gerçek değerler için ve programın bulduğu değerler için verim değerleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu değerler grafik üzerinde gösterilmiş ve Tablo 7.2 de sunulmuştur.



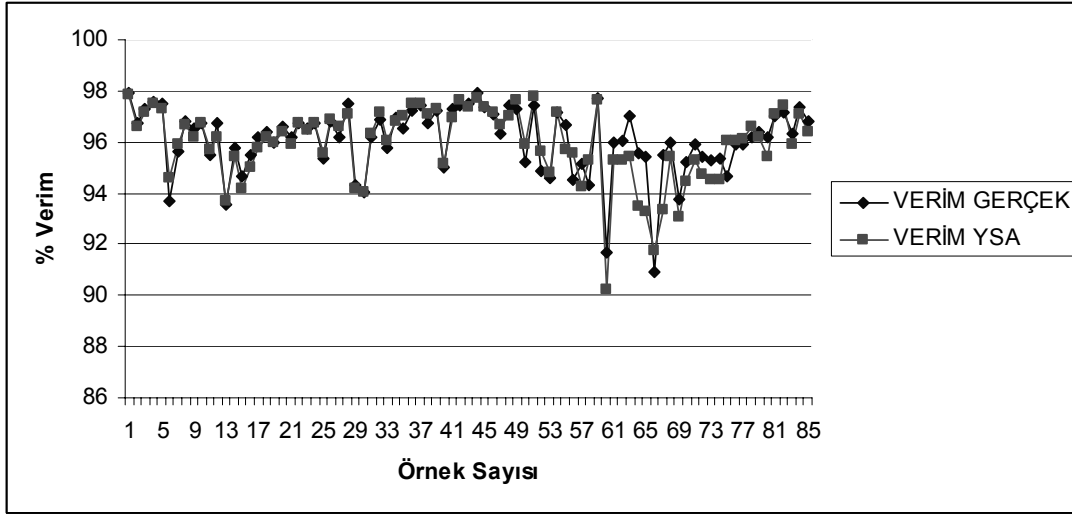
Şekil 7.2 KOİ için YSA çıktılarıyla hesaplanan verim ile gerçek verimin karşılaştırılması

Tablo 7.2 KOİ için YSA çıktılarıyla ve gerçek değerlerle hesaplanan verimler

Gerçek Verim (%)	YSA Verim (%)	Gerçek Verim (%)	YSA Verim (%)
89,47368	87,51253	91,0714286	92,44076
93,96552	94,42498	92,4623116	93,3473
93	93,28735	92,5110132	93,17327
93,05136	92,30121	91,2790698	92,37786
92,95302	92,7715	90,3846154	91,83252
94,26934	95,36669	92,4528302	93,33605
94,1349	94,75514	90,6340058	92,5365
94,02985	94,23781	94,1964286	93,12363
94,47983	94,52538	93,6772047	92,67672
93,18681	92,80048	94,0108893	93,6786
94,52991	94,19167	94,3514644	92,86715
94,22311	94,22656	92,2848665	92,96725
94,65409	94,55756	90,7715582	92,9189
92,44792	94,20379	91,6666667	93,17132
94,52555	94,89869	87,7777778	86,53221
95,56025	94,98344	88,172043	86,14246
94,23077	94,67233	89,5652174	89,19943
94,61883	94,08199	88,7850467	88,26497
94,28571	94,95013	91,8918919	92,56967
93,94813	94,66652	91,5492958	90,89814
95,08547	94,66008	91,0344828	91,16597
94,05099	94,35472	90,5797101	90,43685
94,05099	94,86029	90,9090909	91,12679
93,85965	94,86515	93,1623932	93,45611
89,3617	91,40116	91,2162162	91,50784
92,73504	92,32172	93,8697318	93,6813
93,33333	94,33681	92,8571429	92,61197
93,33333	92,92544	94	92,62473
92,65306	94,51834	93,6046512	92,93877
91,98113	94,30612	93,5205184	92,47379
92,76316	91,39171	93,6619718	92,15876
93,18182	92,36626	91,2820513	92,69667
92,34568	90,78551	90,776699	89,78246
93,27485	92,83306	91,7948718	93,14695
94,05405	93,5437	88,8111888	90,32108
93,50649	94,11021	83,3333333	86,67853
93,72197	92,64493	89,84375	89,40376
94,12879	93,46419	82	87,87582
87,12121	90,68736	82,8571429	88,60539
88,65979	88,5059	95,1428571	95,22484
92,46575	92,2812	83,0188679	88,56264
90,13158	91,90226	90	90,32667
93,10345	91,6775		

### 5.7.3. AKM için gerçek değerler ve YSA çıktılarına bağlı verimin karşılaştırılması

AKM değerleri için verim formülü kullanılarak gerçek değerler için ve programın bulduğu değerler için verim değerleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu değerler grafik üzerinde gösterilmiş ve Tablo 7.3 de sunulmuştur.



Şekil 7.3 AKM için YSA çıktılarıyla hesaplanan verim ile gerçek verimin karşılaştırılması

Tablo 7.3 AKM için YSA çıktılarıyla ve gerçek değerlerle hesaplanan verimler

Gerçek Verim (%)	YSA Verim (%)	Gerçek Verim (%)	YSA Verim (%)
97,90795	97,82218	97,921	97,68556
96,75926	96,57106	97,33728	97,38389
97,2973	97,15487	97,10611	97,17996
97,55435	97,48253	96,35417	96,69911
97,51773	97,31556	97,4026	96,99886
93,66197	94,58599	97,2752	97,61426
95,65217	95,92553	95,24941	95,94308
96,83794	96,68836	97,40741	97,80301
96,56357	96,18509	94,84305	95,61237
96,7366	96,75008	94,57547	94,79494
95,4955	95,67786	97,13656	97,19061
96,74267	96,2097	96,66667	95,70833
93,52751	93,71976	94,5	95,57227
95,78947	95,41325	95,12195	94,25665
94,66667	94,15586	94,28571	95,29968
95,52239	95,01799	97,70115	97,64182
96,15385	95,78104	91,66667	90,23715

Tablo 7.3 AKM için YSA çıktılarıyla ve gerçek değerlerle hesaplanan verimler (Devam)

Gerçek Verim (%)	YSA Verim (%)	Gerçek Verim (%)	YSA Verim (%)
96,42857	96,17745	95,9596	95,26052
96	95,9637	96,05263	95,32035
96,60194	96,40493	97,0297	95,43091
96,18321	95,90658	95,58824	93,47149
96,73469	96,74474	95,45455	93,27731
96,51741	96,45486	90,90909	91,77877
96,74419	96,72437	95,52239	93,37852
95,37037	95,59453	96	95,39827
96,78899	96,88169	93,75	93,08539
96,17486	96,57624	95,2381	94,47156
97,53086	97,12267	95,91837	95,25715
94,31818	94,19935	95,4023	94,70634
94,04762	94,06571	95,29412	94,53395
96,17021	96,30178	95,34884	94,4954
96,88716	97,13957	94,65649	96,05136
95,75758	96,06972	95,93496	96,07551
96,91731	96,79607	95,93496	96,1217
96,56301	96,99718	96,16438	96,59507
97,25275	97,53086	96,42058	96,15863
97,44	97,5202	96,19289	95,41824
96,76768	97,09734	97,04142	97,08903
97,23926	97,30313	97,13467	97,4342
95,03546	95,12515	96,2963	95,87905
97,3262	96,98246	97,34748	97,12318
97,45763	97,66292	96,84211	96,37295
97,52475	97,33754		

## BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Verime etki eden parametrelerin bilinmesi ile ( YSA girdi parametreleri), yeni ve daha fazla deneysel çalışma yapmadan, eğitilmiş ve test edilmiş YSA analizini kullanarak yeni teorik çıktı ve verim değerleri üretilebilmektedir. Sonuç olarak; Yapay Sinir Ağları (YSA), Adapazarı Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi çıkış suyu parametreleri (KOİ,BOİ,AKM) ve verim değerlerinin tahmin edilmesinde etkin bir yöntemdir. YSA analizi; fazla deneysel çalışma yapmanın hem maliyetli, hem de zaman alıcı olmasından dolayı, çevre mühendisliği ile ilgili deneysel çalışmaların analizinde kullanılabilir, ekonomik ve faydalı bir yöntemdir. Yapılan çalışmalar sonucunda Adapazarı Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi verileri kullanılarak oluşturulan modellerden Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA) modeli gerçek verilere oldukça iyi bir sonuçla uyum sağlamıştır.

BOİ Çıkış değerleri tahmininde toplam 123 veri kullanılmıştır. Yapılan çalışmada bu verilerin 80 adedi eğitim seti, 43 adet ise test seti olarak kullanılmıştır. NeuroSolutions kullanılarak yapılan çalışmalarda 65533 iterasyon değeri sonunda, iki gizli katman ve bir katmanda üç değerinde yedi işlem elemanı kullanılarak optimum sonuca ulaşılmıştır.  $R^2$  değeri 0,84 bulunmuştur.

KOİ Çıkış değerleri tahmininde toplam 265 veri kullanılmıştır. Yapılan çalışmada bu verilerin 180 adedi eğitim seti, 85 adet ise test seti olarak kullanılmıştır. NeuroSolutions kullanılarak yapılan çalışmalarda 65533 iterasyon değeri sonunda, iki gizli katman ve bir katmanda iki değerinde altı işlem elemanı kullanılarak optimum sonuca ulaşılmıştır.  $R^2$  değeri 0,87 bulunmuştur.

AKM Çıkış değerleri tahmininde toplam 265 veri kullanılmıştır. Yapılan çalışmada bu verilerin 180 adedi eğitim seti, 85 adet ise test seti olarak kullanılmıştır. NeuroSolutions kullanılarak yapılan çalışmalarda 65533 iterasyon değeri sonunda, iki gizli katman ve bir katmanda beş diğerinde üç işlem elemanı kullanılarak optimum sonuca ulaşılmıştır.  $R^2$  değeri 0,93 olarak bulunmuştur.

Programın bulduğu değerlerin arıtma verimini tahminde yeterli olup olmadığı araştırılmıştır. Verim formülü kullanılarak gerçek değerler için ve programın bulduğu değerler için verim ayrı ayrı hesaplanmıştır. Grafiklerde karşılaştırılması yapılan verim değerlerinin birbirleriyle uyum içerisinde olduğu görülmüştür.

Çevre mühendisliği deney ve analiz sonuçlarıyla YSA kullanımına uygun veriler bulduran bir bilim dalıdır. Yapılan çalışmaların analizinde YSA modelleri kullanılarak verimli sonuçlara ulaşılabilir. Farklı parametrelerin birbirleriyle ilişkisi denklemlerle ifade edilemediğinde YSA gibi karmaşık sistemle sonuç aramak mantıklı olacaktır. Bunun için düzenli olarak hazırlanmış verilere ve doğru yapılmış ölçümlere ihtiyaç vardır. YSA için toplanan veriler ne kadar daha uygun koşullarda ve iyi test cihazları ile elde edilirse o kadar temiz verilere ulaşılacak ve böylece ağdan elde edilen sonuçlar da gerçeğe yaklaşacaktır. Çevre mühendisliğinde verilerin analizinde YSA metoduyla girdi ve çıktılar tanımlanarak çıkış değerlerinin tahmini sağlanabilmektedir. İlerleyen çalışmalarda YSA metodu kullanılarak, eksik girdi ve bilinmeyen değerlerin tahminine yönelik analizler yapılabilir

## KAYNAKLAR

- [1] GÜLER, M.O., “Yüksek Alüminalı Refrakterlerin Basma Mukavemetlerinin Yapay Sinir Ağları İle Tahmini”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Eylül 2004.
- [2] <http://www.gençbilim.com>
- [3] “Uzman Sistemler ve Yapay Zekâ”, HARP Akademileri Komutanlığı Yayınları, S. 49, HARP Akademileri Basımevi, İstanbul, Mart 1996.
- [4] Cogito 3 Aylık Düşünce Dergisi, Sayı: 13, S. 27, 1998
- [5] ÖZTEMEL, E., “Yapay Sinir Ağları”, Papatya Yayınları, İstanbul 2003.
- [6] <http://www.demirhan.org/works/calisma/rapor.htm>
- [7] ÖZKAN, O, KINACI, C, SAĞIROĞLU, Ş, Çözünmüş oksijen değişiminin Yapay Sinir Ağları ile belirlenmesi: Kızılırmak Nehri örneği, itüdergisi/d mühendislik Cilt:5, Sayı:3, Kısım:1, 30-38
- [8] TERZİ, Ö, KESKİN, M, Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı Kullanılarak Günlük Tava Buharlaşması Tahmini, İMO Teknik Dergi, 2005 3683-3693, Yazı 243
- [9] GÜLBAĞ, A, Yapay Sinir Ağı Ve Bulanık Mantık Tabanlı Algoritmalar İle Uçucu Organik Bileşiklerin Miktarısal Tayini
- [10] ŞENGÖRÜR, B, ÖZ, C, Kültür Balıkçılığının Su Kirliliğine Etkisinin Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi, Turkish J. Eng. Env. Sci. 26 (2002) , 95 – 105.  
© TUBİTAK
- [11] ÇINAR, Ö, YILMAZ, A, Yapay Sinir Ağlarının Atıksu Arıtma Tesisi İşletimine Uygulanması: Bir Örnek Çalışma, KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi, 8(2)-2005
- [12] MİLLER, R, ITOYAMA, K, UDA, A, TAKADA, H, BHAT, N, Modeling and Control of a Chemical Waste Water Treatment Plant
- [13] TERZİ, Ö, Yapay Sinir Ağları Metodu ile Eğirdir Gölü Su Sıcaklığının Tahmini, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,



10-2,(2006)-297-302

- [14] ZHU, J, ZURCHER, J, RAO, M, MENG, H, An On-Line Wastewater Quality Predication System Based On A Time-Delay Neural Network, Engineering Applications of Arti@cial Intelligence 11 (1998) 747±758
- [15] Adapazarı – Karaman Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi verileri, şahsi görüşme, Adasu Genel Müdürlüğü, Adapazarı, 2006.
- [16] METCALF&EDDY INC Revised By George Tchobanoglus, Wastewater Engineering Treatment Disp Sal, Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd. 1979

## **EKLER**

Adapazarı Atıksu Arıtma Tesisi 2004, 2005 ve 2006 verileri ekte verilmiştir.





ADAPAZARI BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ  
ADASU ATIKSU ARITMA TESİSİ MART AYI VERİ TABLOSU 2004

Zaman		Atıksu Girişi													Havalandırma							Çıkış					Çamur Artımı										Elektrik Sarfıyatı										
Tarih	Gün	Hava Yağmur Miktarı	Min Hava Sıcaklığı	Max Hava Sıcaklığı	Atıksu Sıcaklığı	pH	Min Debi	Max Debi	Ortalama Debi	Günlük Debi	AKM	BOI	KOI	KOI Yüklü	KOI Yükleme Giriş Çıkış	NH4-N	PO4-P	Toplam Kuru Katı	Toplam Çamur Hacmi	Toplam Çamur İndeksi	Toplam PH	Tank 1 Sıcaklığı	Tank 2 Sıcaklığı	Tank 3 Sıcaklığı	Tank 4 Sıcaklığı	Atıksu Sıcaklığı	pH	AKM	BOI	KOI	NH4-N	Tank 1 Geri Devir Çamuru	Tank 2 Geri Devir Çamuru	Tank 3 Geri Devir Çamuru	Tank 4 Geri Devir Çamuru	Toplam Geri Devir Çamuru	Fazla Atık Çamur	Sulu Çamur Kuru Katı Miktarı	Filtre 1 Preslenen Çamur	Filtre 2 Preslenen Çamur	Filtre 3 Preslenen Çamur	Atık Çamur Kuru Katı Madde Miktarı	Toplam Katı Miktarı	Organik	İnorganik	Elektrik Sarfıyatı	Not
(-)	(-)	(g/gün)	°C	°C	(-)	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	mg/l	mg/l	mg/l	m³/gün	kg/d	mg/l	mg/l	g/l	ml/l	ml/g	(-)	°C	°C	°C	°C	°C	(-)	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m³/d	m³/d	m³/d	m³/d	m³/d	m³/d	%	m³/d	m³/d	m³/d	%	td	%	kw/gün		
Önerilen Değerler																																															
1	Pzt	K	09:00	13	19	12,7	7,89	3210	4870	4017	96410	70	60	198	19089180	187033540			3,86	110	28,49		12	12	12,8	7,84	8	1	4				120000	120000	240000	1200	7,6	193	174	28,76	27,89	73,39 / 87,17	24,61 / 12,93	17388			
2	Sal	K	09:00	0	10	12,7	7,93 / 7,92	3370	5120	4264	102330	81	891	91176030	90357390			3,33	110	33,03		13	13	12,6	7,36 / 7,79	7	8				120000	120000	240000	1200	7,08	194	151	28,96	24,42	76,27 / 96,61	23,73 / 7,39	18630					
3	Çar	Y	09:00	0	8	12,7	7,73 / 7,95	3770	5070	4598	110350	45	134	14786900	14345500			3,8	140	36,84		12	12	12,6	7,33 / 7,71	8	4				120000	120000	240000							75,53 / 86,74	24,47 / 13,26	18526					
4	Per	Y	09:00	1	8	11,5	7,58 / 7,97	3620	5000	4298	103150	148	271	27953650	26200100			3,93	130	33,07		12	12	12,8	7,39 / 7,57	10	17				120000	120000	240000							75,38 / 87,28	24,68 / 12,72	17078	9,15 h elk yok				
5	Cum	Y	09:00	2	8	10,6	7,63 / 7,86	3720	5310	4486	107650	125	227	24436550	24005950			3,4	125	36,76		12	12	11,1	7,39 / 7,81	11	4				120000	120000	240000							72,65 / 85,7	27,38 / 14,3	18798	11,5 h elk yok				
6	Ct	Y	09:00	2	8	12		3220	5210	4252	102050											12	12								120000	120000	240000									17698					
7	Paz	K	09:00	2	14	12		3240	5140	4306	103340											13	13								120000	120000	240000									18630					
8	Pzt	K	09:00	2	15	10,6	7,66 / 7,94	3890	4950	4210	101050	52	45	114	11519700	10711300			5,13	120	23,29		12	12	11,2	7,45 / 7,8	6	4	8			120000	120000	240000	1200						79,73 / 88,07	20,27 / 11,93	18630				
9	Sal	K	09:00	4	13	12,1	7,79 / 7,91	3370	5140	4324	103790	29	108	11209320	10586580			4,2	140	33,33		12	12	11,7	7,47 / 7,79	1	6				120000	120000	240000	1200						77,62 / 88,11	22,38 / 11,89	19044					
10	Çar	K	09:00	2	12	12,3	7,87 / 7,93	1560	4960	4345	104280	36	110	11470800	10740840			4,46	140	31,39		11	11	12	7,42 / 7,9	5	7				120000	120000	240000	1200	9,19	196	164	30,47	33,08	78,04 / 88,46	21,96 / 11,54	17802					
11	Per	K	09:00	6	15	12,4	7,66 / 7,92	3810	5430	4391	105390	56	161	16967790	15492330			4,2	126	30		12	12	12	7,37 / 7,74	5	14				120000	120000	240000	1200	8,42	188	151	29,7	28,54	67,91 / 88,09	23,09 / 11,91	17802					
12	Cum	K	09:00			12,4	7,68 / 7,85	3620	5210	4619	110870	34	50	160	17739200	16297890			4,33	140	32,33		12	12	12	7,38 / 7,86	8	10	13			120000	120000	240000	1200	8,36	72	97	29,16	14,12	76,45 / 86,77	23,55 / 13,23	16319				
13	Ct	K	09:00					3200	4980	4171	100120											11	11								120000	120000	240000	1200								18320					
14	Paz	K	09:00					3650	4750	4175	100200											12	12								120000	120000	240000	1200								18540					
15	Pzt	K	09:00	6	19	12,6	7,69 / 7,95	3310	5020	4226	101430	57	85	148	15011640	12475890			4,46	120	26,9		12	12	12,1	7,42 / 7,66	4	6	25			120000	120000	240000	1200	8,62	177	158	32,08	28,87	66,41 / 67,92	35,59 / 32,08	18540				
16	Sal	K	09:00	9	18	12,6	7,81 / 7,91	3490	5170	4399	105580	76	151	15942580	14570040			4,2	140	33,33		12	12	12,3	7,39 / 7,8	7	13				120000	120000	240000	1200	8,24	187	163	186	29,95	44,16	75 / 87,1	25 / 12,9	19561				
17	Çar	K	09:00	4	11	12,6	7,71 / 7,98	3340	5150	4332	103980	68	141	14648490	13608690			4,33	130	30,02		11	12	12,3	7,38 / 7,8	5	10				120000	120000	240000	1200	6,82	140	114	130	48,68	26,18	76,22 / 87,18	23,78 / 12,82	20907				
18	Per	K	09:00			12,6	7,78 / 7,82	3620	4960	4230	101520	67	150	15228000	13400640			4,46	120	23,99		12	12	12,4	7,33 / 7,8	11	18				120000	120000	240000	1200						76,01 / 87,44	23,99 / 12,56	19147					
19	Cum	K	09:00	7	17	12,6	7,83 / 7,9	3370	5080	4389	105350	58	211	22228850	20753950			4,26	140	32,86		12	12	12,4	7,29 / 7,66	8	14				120000	120000	240000	1200						73,95 / 87,85	26,05 / 12,15	17595					
20	Ct	K	09:00					3224	4840	4163	99930											12	12								120000	120000	240000	1200								18837					
21	Paz	K	09:00					3230	4930	4247	101950											12	13								120000	120000	240000	1200								18940					
22	Pzt	K	09:00	16	22	12,7	7,82 / 7,85	3530	5400	4352	104460	72	90	186	19429560	17967120			4,4	125	28,4		12	12	12,4	7,42 / 7,53	3	3	14			120000	120000	240000	1200	8,4		166	184	27,64	29,4	76,37 / 86,23	23,63 / 13,77	18941			
23	Sal	K	09:00			12,9	8,08 / 7,83	3590	5160	4356	104560	99	361	37746160	17252400			4,33	138	31,87		12	12	12,6	7,28 / 7,34	5	14				120000	120000	240000	1200	8,13	191	160	29,17	28,53	75,52 / 86,88	24,48 / 13,12	18942					
24	Çar	K	09:00	11	22	13	8,09 / 7,77	3570	5180	5417	130010	97	274	35622740	29252250			3,93	150	38,16		12	12	12,8	7,52 / 7,69	5	49				120000	120000	240000	1200	7,62	120	173	29,3	22,32	74,56 / 86,74	25,44 / 13,26	17388					
25	Per	K	09:00	9	23	13	8,08 / 7,85	3240	4820	4166	99990	87	203	20297970	18898110			4,13	140	33,89		11	11	13,2	7,27 / 7,51	5	4				120000	120000	240000	1200	7,49	194	171	185	29,44	41,2	74,58 / 86,44	25,42 / 13,5	19147				
26	Cum	K	09:00			13,2	8,04	3550	4800	4329	103910	122	85	321	33355110	32835560			4,2	150	35,71		12	12	13,2	7,28 / 7,64	4	6	5			120000	120000	240000	1200	6,08	81	112	28,89	11,73	75,24 / 86,58	24,76 / 13,42	18423				
27	Ct		09:00					2870	5240	3418	82040											12	12								120000	120000	240000	1200								18009					
28	Paz		09:00					3290	4990	4800	115220											12	12								120000	120000	240000	1200								17181					
29	Pzt	Y	09:00			12,8	7,73 / 7,88	2940	4870	3905	93740	169	294	27559560	25778500			4,33	150	34,64		12	12	12,8	7,69 / 7,83	5	19				120000	120000	240000	1200	7,93	</											





















































»k

»k

»k

yok

yok

»k

k

»k

































## ÖZGEÇMİŞ

Sebile Açıkalm, 07.07.1983 de Adapazarı'nda doğdu. İlk ve ortaokul eğitimini Adapazarı'nda, lise eğitimini Safiye Sultan Koleji İstanbul'da tamamladı. 2001 yılında eğitime başladığı Sakarya Üniversitesi bölümünden 2005 yılında mezun oldu. 2005 yılında Sakarya Üniversitesi, Çevre Mühendisliği yüksek lisans eğitimine başladı. 2006 yılından itibaren Emsal temizlik firmasının Sakarya Üniversitesi'ndeki görevinde çevre mühendisi olarak çalışmaktadır.