

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ARI ALGORİTMASI'NIN YAPAY SİNİR AĞI  
ÖĞRENMESİ İÇİN KULLANIMI VE  
ATIKSU ARITMA TESİS KONTROLÜ UYGULAMASI**

**DOKTORA TEZİ**

**End. Yük. Müh. Muharrem DÜĞENCİ**

**Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ercan ÖZTEMEL**

**Eylül 2007**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ARI ALGORİTMASI'NIN YAPAY SİNİR AĞI  
ÖĞRENMESİ İÇİN KULLANIMI VE  
ATIKSU ARITMA TESİS KONTROLÜ UYGULAMASI**

**DOKTORA TEZİ**

**End. Yük. Müh. Muharrem DÜĞENCİ**

**Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**Bu tez 03/09/2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.**

**Prof. Dr. Gültekin YILDIZ Prof. Dr. Ercan ÖZTEMEL Doç. Dr. Cemalettin KUBAT**  
**Jüri Başkanı Üye Üye**

**Doç. Dr. Abdullah ÇAVUŞOĞLU Yrd. Doç. Dr. A. Kürşad TÜRKER**  
**Üye Üye**

## TEŞEKKÜR

Akademisyenlik adına yapmaya gayret ettiğim tüm çalıŐmalarımnda yol göstericim ve en büyük destekçim olan değerli hocam Prof. Dr. Ercan ztemel'e öncelikli teŐekkürlerimi arz erdim.

Uygulamalı çalıŐmama olanak sağlayan Adası Genel Müdürlüğüne, Atıksu arıtma tesisi ile ilgili tüm bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan Murat akır, N. Nusret Nuhoğlu ve Halide Zengin'e, Arı algoritması ile ilgili yardımlarından dolayı Ebubekir Koç'a, Yapay Sinir ağları konusunda her aşamada bilgilerine baŐvurduđum Naci ağlar'a, İstatistiki analizlerde yn gösteren Yrd. Doç. Dr. Bayram Topal ve Dr. Mümtaz İpek'e, benimle beraber tez stresi yaşayan, her aşamada elinden gelen desteği veren eŐim Sema Düğenci'ye ve bu tez çalışması boyunca emeği geçen herkese katkılarından dolayı teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xiii
SUMMARY .....	xiv
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.1. Tezin Gerekçesi.....	1
1.2. Tezin Amaç ve Kapsamı .....	4
BÖLÜM 2.	
ATIK SULARIN ARITILMASI.....	5
2.1. Giriş.....	5
2.2. Atıksu Tanımlama ve Kirlilik Ölçümünde Kullanılan Özellikler ..	9
2.2.1. Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) .....	10
2.2.2. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ).....	10
2.2.3. Askıda katı madde (AKM).....	11
2.2.4. PH .....	11
2.2.5. Diğer özellikler.....	11
2.3. Atıksu Arıtımında Temel Hedefler.....	13
2.4. Atıksu Arıtma Yöntemleri.....	15
2.4.1. Fiziksel arıtma yöntemleri.....	16
2.4.2. Biyolojik arıtma yöntemleri.....	20

2.4.2.1. Biyolojik arıtmanın amacı.....	21
2.4.2.2. Biyolojik arıtmada mikroorganizmaların rolü.....	22
2.4.2.3. Aktif çamur yöntemi.....	23
2.4.3. Kimyasal arıtma yöntemleri.....	26
2.5. Atıksu Arıtma Tesisleri.....	26
2.5.1. Atıksu arıtma tesislerinin genel yapısı.....	26
2.5.2. Türkiye’de faaliyet gösteren atıksu arıtma tesisleri.....	28
2.6. Karaman Atıksu Arıtma Tesisi.....	30
2.6.1. Ön arıtma birimleri.....	33
2.6.1.1. Giriş dağıtım odası.....	33
2.6.1.2. Giriş suyu dağıtım kanalı.....	33
2.6.1.3. Kaba elekler.....	34
2.6.1.4. Giriş suyu pompalama istasyonu.....	34
2.6.1.5. İnce elek ünitesi.....	35
2.6.1.6. Elek materyali presi.....	36
2.6.1.7. Havalandırmalı kum tutucu.....	36
2.6.1.8. Yağ tutucu.....	37
2.6.1.9. Gelen atıksu ölçüm istasyonu ve akış hacmi ölçümü	38
2.6.1.10. Dağıtım odası.....	38
2.6.2. Biyolojik arıtma birimleri.....	38
2.6.2.1. Aktif çamur sistemi (havalandırma havuzları).....	39
2.6.2.2. Vantilatörlü körük istasyonu.....	40
2.6.2.3. Son çökeltme dağıtıcısı.....	40
2.6.2.4. Son çökeltme havuzları.....	41
2.6.2.5. Çıkan akışı ölçüm istasyonu.....	41
2.6.3. Aktif çamur yönetimi birimleri.....	42
2.6.3.1. Geri devir çamuru pompalama istasyonu.....	42
2.6.3.2. Fazla çamur pompalama istasyonu.....	42
2.6.3.3. Çamur yoğunlaştırıcıları.....	43
2.6.3.4. Çamur depolama tankı.....	43
2.6.3.5. Mekanik susuzlaştırma ünitesi	43
2.6.4. Tesis kontrolde kullanılan parametreler	44

### BÖLÜM 3.

YAPAY SİNİR AĞLARI.....	46
3.1. Giriş.....	46
3.2. Yapay Sinir Ağları.....	47
3.2.1. YSA'nın temel yapısı.....	49
3.2.2. YSA'nın temel özellikleri.....	52
3.2.3. İşlem elemanı.....	53
3.2.4. Ağ yapıları.....	55
3.2.5. YSA uygulamalarının geliştirilme adımları.....	56
3.2.5.1. Tasarım.....	57
3.2.5.2. YSA'da öğrenme.....	57
3.2.5.3. Hatayı geriye yayma ağı öğrenme prosedürü.....	60
3.2.5.4. Test ve uygulama.....	61

### BÖLÜM 4.

GENETİK ALGORİTMALAR.....	62
4.1. Giriş.....	62
4.2. Genetik Algoritmaların Tanım ve Tarihcesi .....	62
4.3. Genetik Algoritmanın Temel Bileşenleri .....	64
4.3.1. Gen .....	64
4.3.2. Kromozom .....	64
4.3.3. Popülasyon .....	65
4.4. Genetik Algoritmanın Uygulama Aşamaları.....	65
4.5. GA'da Kullanılan Operatörler .....	67
4.5.1. Eşleştirme .....	67
4.5.2. Çaprazlama .....	68
4.5.3. Mutasyon.....	69
4.5.4. Elitizm.....	70
4.6. GA Parametreleri.....	70

### BÖLÜM 5.

ARI ALGORİTMASI .....	72
5.1. Giriş.....	72

5.2. Doğal Ortamlarında Arılar .....	72
5.3. Koloni Temelli Algoritmalar.....	80
5.4. Arı Algoritması .....	81
5.5. Basit Bir Arı Algoritması Uygulaması .....	84
5.6. Arı Algoritmasının Yapay Sinir Ağı Eğitiminde Kullanılması ....	88
BÖLÜM 6.	
ARI ALGORİTMASI, ATIKSU ARITMA TESİS KONTROL UYGULAMASI .....	91
6.1. Giriş .....	91
6.2. Regresyon Analizi .....	91
6.3. Uygulamada Kullanılan Yapay Sinir Ağı Eğitim Metodları .....	93
6.3.1 Genel yapay sinir ağı modeli ve geri yayılım öğrenme metodu .....	93
6.3.2. Yapay sinir ağı ve genetik algoritma ile öğrenme modeli	94
6.3.3. Yapay sinir ağı ve arı algoritması ile öğrenme modeli .....	96
6.4. Uygulamada Kullanılan Araçlar.....	99
6.5. UCI Atıksu Veri Tabanı Uygulaması.....	103
6.5.1. UCI atıksu verileri .....	104
6.5.2. Testler ve sonuçların değerlendirilmesi.....	109
6.5.2.1. Sınıflandırma uygulaması.....	109
6.5.2.2. Çıktı tahmini uygulaması.....	115
6.6. Karaman Atıksu Arıtma Tesis Verileri Uygulaması.....	118
6.6.1. Karaman atıksu arıtma tesis verileri .....	118
6.6.2. Testler ve sonuçların değerlendirilmesi.....	121
BÖLÜM 7.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	126
KAYNAKLAR.....	129
EKLER .....	134
ÖZGEÇMİŞ.....	161

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AA	: Arı Algoritması
AAT	: Atıksu Arıtma Tesisi
ACO	: Karınca Algoritması ( Ant Colony Optimization)
ADASU	: Adapazarı Su ve Kanalı,zasyon İdaresi Genel Müdürlüğü
BF	: Biyolojik Filtreleme
BOİ	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
CAS	: Klasik Aktif Çamur Sistemi
COND	: İletkenlik
D	: Son çökeltme
DBO	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
DQO	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
DW	: Durbin Watson Analizi
E	: Tesis girişi
EAS	: Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur Sistemi
F	: Varyans Analizi F Testi
G	: Global
GA	: Genetik Algoritma
GY	: Geri Yayınım
KGY	: Konjugate Gradyant Yöntemi
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
MLP	: Çok Katmanlı Algılayıcı ( Multi Layer Perceptron)
NA	: YSA Ara Katman İşlem Elemanı Sayısı
NG	: YSA Giriş Katmanı İşlem Elemanı Sayısı
NC	: YSA Çıkış Katmanı İşlem Elemanı Sayısı
NR	: Nutrient Giderimi
ÖKGY	: Ölçeklenmiş Konjuge Gradyant Yöntemi
P	: Ön çökeltme tankı
PSO	: Particle Swarm Optimizasyon
Q	: Debi



RD	: Performans
R <sup>2</sup>	: Belirlilik Katsayısı
S	: Tesis çıkışı
SBR	: Ardaşık Kesikli Reaktör
SED	: Çökelme
SS	: Askıda Katı Madde
SSV	: Uçucu Askıda Katı Madde
TF	: Damlatma Filtreleme
UCI	: Kalifornia Irvine Üniversitesi
YSA	: Yapay Sinir Ağları
ZN	: Çinko

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Kentsel atıksu arıtım süreci.....	8
Şekil 2.2.	Bir çökeltme havuzu kesiti.....	19
Şekil 2.3.	Biyolojik arıtma akış şeması.....	20
Şekil 2.4.	Uzun havalandırmalı aktif çamur havuzu.....	25
Şekil 2.5.	Atıksu arıtımı ve arıtma kademeleri .....	27
Şekil 2.6.	Türkiye’de bulunan atıksu arıtma tesislerinin coğrafik dağılımı...	29
Şekil 2.7.	Atıksu Arıtma tesislerinin, kullanılan teknolojilere göre dağılımı	29
Şekil 2.8.	Biyolojik Arıtma tesislerin dağılımı .....	30
Şekil 2.9.	Biyolojik Teknolojiler (Debi bazında dağılım).....	30
Şekil 2.10.	Karaman atıksu arıtma tesisi genel görünümü.....	32
Şekil 3.1.	Biyolojik sinir hücresinin şematik yapısı.....	50
Şekil 3.2.	Genel YSA modeli.....	51
Şekil 3.3.	Bir işlem elemanı .....	54
Şekil 3.4.	Sigmoid transfer fonksiyonu.....	55
Şekil 3.5.	Eğitim ve test seti üzerinde hatayı gösteren tipik bir eğitim eğrisi.....	59
Şekil 3.6.	Hatayı geri yama prosedürü örnek şekli .....	60
Şekil 4.1.	Genetik Algoritmalar için genel bir akış şeması .....	66
Şekil 4.2.	Rulet seçimi .....	68
Şekil 4.3.	Tek noktalı çaprazlama örneği .....	69
Şekil 5.1.	Kovadaki dans bölgesinin şematik gösterimi. ....	74
Şekil 5.2.	Arıların kovanda yaptığı 8 dansı .....	75
Şekil 5.3.	Arılar danslarıyla yiyecek kaynağının yönünü gösterirler .....	76
Şekil 5.4.	Yuvarlak dans ve titreşime iletişim .....	78
Şekil 5.5.	Sekiz dansı ve titreşime iletişim.....	79
Şekil 5.6.	Arı Algoritması genel akış şeması .....	82

Şekil 5.7.	AA Fonksiyon Optimizasyon örneği , başlangıç kolonisi x-y grafiği .....	85
Şekil 5.8.	AA Fonksiyon Optimizasyon örneği , yeni koloni x-y grafiği....	87
Şekil 6.1.	Karaman AAT tahmin uygulamasında kullanılan YSA modeli..	94
Şekil 6.2.	YSA Ağırlıkların, Genetik Algoritma ile temsili .....	95
Şekil 6.3.	YSA Ağırlıkların, Arı Algoritması ile temsili .....	96
Şekil 6.4.	Arı Algoritmasının, YSA eğitiminde kullanılması uygulama adımları .....	98
Şekil 6.5.	Uygulama yazılımı YSA Parametre Giriş ve İşlem Ekranı .....	101
Şekil 6.6.	Uygulama yazılımı GA Parametre Giriş ve İşlem Ekranı .....	102
Şekil 6.7.	Uygulama yazılımı AA Parametre Giriş ve İşlem Ekranı .....	103
Şekil 6.8.	UCI Atıksu Arıtma Tesisi Proses Kontrol Parametreleri ve Parametrelerin Minimum ve Maksimum Değerleri .....	106
Şekil 6.9.	Sinir Ağının Geri Yayılım yöntemi ile eğitimi ve test sonuçları ..	109
Şekil 6.10.	Sinir Ağının Genetik Algoritma yöntemi ile eğitimi ve test sonuçları .....	110
Şekil 6.11.	Yapay Sinir Ağının Arı Algoritması ile eğitimi ve test sonuçları	111
Şekil 6.12.	Tesis giriş parametrelerinden çıkış parametre tahmini .....	115
Şekil 6.13.	Karaman AAT giriş ve çıkış parametreleri .....	119
Şekil 6.14.	ARI sıcaklık test seti hata dağılımı .....	122
Şekil 6.15.	ARI pH test seti hata dağılımı .....	123
Şekil 6.16.	ARI AKM test seti hata dağılımı .....	124
Şekil 6.17.	ARI KOI test seti hata dağılımı .....	125

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Evsel atıksuda bulunan başlıca parametreler ve ortalama değerleri.....	10
Tablo 2.2.	Karaman AAT tasarım parametreleri .....	32
Tablo 2.3.	Karaman Atıksu Arıtma Tesisi kaba elek kapasiteleri.....	34
Tablo 2.4.	Karaman Atıksu Arıtma Tesisi pompa kapasiteleri.....	35
Tablo 2.5.	Karaman Atıksu Arıtma Tesisi ince elek kapasiteleri.....	36
Tablo 2.6.	Karaman Atıksu Arıtma Tesisi kum tutucu kapasiteleri.....	37
Tablo 2.7.	Karaman Atıksu Arıtma Tesisi yağ tutucu kapasiteleri.....	38
Tablo 2.8.	Karaman Atıksu Arıtma Tesisi havalandırma havuzu kapasiteleri .....	40
Tablo 2.8.	Karaman AAT tesis kontrolde kullanılan parametreler .....	45
Tablo 5.1.	AA Fonksiyon Optimizasyon örneği , başlangıç kolonisi değerleri .....	85
Tablo 5.2.	Fonksiyon Optimizasyon örneği , Araştırma Bölgesi arıları	86
Tablo 5.3	Fonksiyon Optimizasyon örneği , yeni koloni arıları ve uygunluk değerleri .....	87
Tablo 6.1.	UCI Atıksu Tesis parametreleri .....	105
Tablo 6.2.	Atıksu Veri Tabanı Değişkenlerinin İstatistikî verileri.....	107
Tablo 6.3.	UCI Atıksu Tesis sınıfları.....	108
Tablo 6.4.	YSA Geri Yayılım eğitim ve test sonuçları.....	112
Tablo 6.5.	GA eğitim ve test sonuçları.....	113
Tablo 6.6	Arı Algoritması Eğitim ve test sonuçları .....	114
Tablo 6.7.	Algoritmaların karşılaştırmalı sonuçları .....	114
Tablo 6.8.	UCI Atıksu Veri Tabanı Regresyon Analizi .....	116
Tablo 6.9.	UCI Tesis giriş parametrelerinden tekli çıkış parametre tahmin performans yüzdeleri .....	117

Tablo 6.10.	UCI Tesis giriş parametrelerinden toplu çıkış parametre tahmin performans yüzdeleri .....	117
Tablo 6.11.	Karaman Atıksu Arıtma Tesisi Verileri Regresyon Analizi .....	120
Tablo 6.12.	Karaman giriş parametrelerinden tekli çıkış parametre tahmin performans yüzdeleri .....	121
Tablo 6.13.	Karaman giriş parametrelerinden toplu çıkış parametre tahmin performans yüzdeleri .....	122

## ÖZET

Anahtar kelimeler : Arı Algoritması, Atıksu Arıtma, Yapay Sinir Ağları, Genetik Algoritmalar

Bu tezin çerçevesi her geçen gün artan çevre sorunları içerisinde yer alan atıksu arıtmaya problemine yine aynı oranda artan bir ivme ile hayatımıza giren yapay zeka teknolojilerine dayalı çözüm arayışı olarak çizebiliriz.

Birinci bölümdeki genel bir girişi takiben atıksu tanımı ve özellikleri ile çevre koruma ve atıksu bertarafı ilgili mevzuatlar, atıksu arıtma yöntemleri, atıksu arıtma tesisleri ve uygulama çalışmasının yapıldığı Karaman atıksu arıtma tesisinin tanıtımına yer verilmiştir.

Tezin ilerleyen bölümlerinde Yapay Sinir Ağı (YSA), Genetik Algoritma (GA) ve Arı Algoritmaları (AA) gözden geçirilmiştir.

Kirlilik ölçme işlemlerinin uzun süreçler alması, maliyet, zaman zaman bunların sonuçlarının acil değerlendirilmek durumunda kalınması gibi sebeplerden dolayı giriş parametrelerine göre çıkış değerlerini hızlı bir şekilde tahmin eden bir sistem gereksinimi bu çalışmanın başlangıcı için ana sebep olmuştur. Bunun yanında, atıksu arıtma tesislerinde yaşanan temel problemlerden olan kısa süreli gelen ve ölçümlere yansımayan anlık aşırı kirlilik yüküdür. Tesis kontrol parametrelerinin testleri yapıldığında çıkan sonuçlar ile geçmiş veriler ışığında yapılacak tahmin verilerinin karşılaştırılarak aşırı sapma durumunda anlık aşırı kirlilik yükünün tespiti ve gerekli önlemlerin alınması mümkün olması da bu çalışmaya ivme kazandıran diğer bir unsur olmuştur.

Uygulama bölümünde Kaliforniya Irvine Üniversitesi Makine Öğrenmesi kütüphanesinde yer alan atıksu veri tabanı ile Adapazarı Büyükşehir Belediyesine bağlı ADASU Karaman atıksu arıtma tesisi verileri kullanılarak, Yapay Sinir Ağı modelinin eğitimleri klasik geri yayılım metodu, genetik algoritma ve arı algoritması ile sağlanmış ve test sonuçları alınmıştır.

Son olarak arı algoritmasının yapay sinir ağı eğitiminde başarılı bir şekilde uygulanması ve elde edilen model ile atıksu arıtma tesis kontrolünde faydalanılmasının mümkün olabileceği ortaya konmuştur. Ayrıca arı algoritması ile yapılabilecek muhtemel yeni çalışmalar da bu çerçevede değerlendirilmiştir.

# **USING THE BEES ALGORITHM FOR ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS TRAINING AND THE CONTROL APPLICATION OF WASTEWATER TREATMENT PLANT**

## **SUMMARY**

Keywords : Bees Algorithm, Wastewater Treatment, Artificial Neural Networks, Genetic Algorithms

The framework of this study may be drawn as, finding a solution for the ever increasing environmental problem of wastewater treatment by using artificial intelligence approach.

After a general introduction in the first section, the description and aspects of wastewaters, environmental protection and laws regulating the treatment of wastewaters summarized. Karaman wastewater treatment plant have been introduced.

In the advancing sections a general overview of Artificial Neural Networks, Genetic Algorithms and bees Algorithm have been done.

The main purpose of starting this study is requirement of a system that predicts output values according to input parameters due to some reasons like pollution measurement process' long duration time, cost and sometimes urgency of evaluating the process outcomes. Furthermore one of the main problems in wastewater treatment plants is instant excessive pollution which reaches up in short period and can't be seen in measurements. Another subject of this study is instant extra pollution determination and possibility of taking precaution in extreme bias situation by matching the result of plant control tests and prediction datas based on past datas

In the application section, wastewater databases of University of California Irvine and ADASU Karaman wastewater treatment plant of Adapazarı Great Municipality have been used to train neural network back propogation model. They are also used in genetic algorithm and bees algorithm and the test results were obtained.

Finally, the succesful application of the bees algorithm in the training of the artificial neural network have been done. Also, it has also been shown that, the acquired model can succesfully be used in the control of wastewater treatmen plant. The possible, further search which may be done by employing the bees algorithm have been evaluated within this context.

# BÖLÜM 1. GİRİŞ

## 1.1. Tezin Gerekçesi

Su, canlıların hayatlarını sürdürebilmesi için gerekli en önemli maddelerden birisidir. İnsanların ihtiyacı için gerekli su, su kaynaklarından temin edilir ve kullanıldıktan sonra doğaya tekrar geri verilir. Ancak atıksular hiçbir tasfiye işlemine tabi tutulmadan doğrudan yüzey sularına verilmesi, bunların kirlenmesine sebep olmaktadır. Nehir, göl ve diğer su kaynaklarının kirlendikten sonra tekrar temizlenmesi de kolay olmamaktadır.

Susuz hayat mümkün olmadığından, su kirlenmesinin diğer çevre kirlenmesi problemleri arasında üzerinde en çok durulması gereken problemlerin başında gelmektedir. Bundan dolayı atıksular uygun bir şekilde arıtıldıktan sonra alıcı ortamlara verilmelidir.

Nüfus artışı ve sanayileşmenin beraberinde getirdiği doğanın özümseyebileceğinin üzerinde atıksu üretimi ve alıcı ortamların kirlenmesi, günümüzde insan hayatını doğrudan ve dolaylı yolla tehdit eden problemlerden biridir. Doğadaki ekolojik dengeyi olumsuz yönde etkileyebilecek bu durumu önlemek için atıksuları uzaklaştırmadan önce arıtma zorunluluğu doğmuştur. Atıksuların %99 a varan kısmı su geri kalanı ise kirletici maddelerden oluşmaktadır. Kirleticiler suyun içerisinde temel olarak iki şekilde; çözülmüş halde ve askıda katı halde bulunurlar. Atıksuların temel kaynağını oluşturan evsel atıklar ve sanayi atıkları atıksudaki kirleticilerin belirleyicisidir. Kirleticilerin şekil ve özelliklerine göre uzaklaştırılmaları için de kullanılan arıtma yöntemleri farklılık göstermektedir. Örnek olarak organik kirleticilerin uzaklaştırılması için en yaygın kullanılan yöntem “Biyolojik Arıtma” yöntemidir. Biyolojik arıtma askıdaki organik maddelerin bakterilerce parçalanması ve çökebilen biyolojik floklar ile sıvının içinde kalan veya gaz olarak atmosfere



kaçan sabit inorganik bileşenlere dönüşmesidir. Biyolojik arıtma organik kirleticilerin doğada yok edilmeleri için bulunan biyolojik proseslerin kontrollü bir ortamda ve uygun şartlarda tekrarlanmasından ibarettir. Böylece doğadaki reaksiyonların hızlandırılarak daha kısa bir sürede gerçekleşmesi sağlanmış olmaktadır.

Atık su arıtma tesisleri proses kontrolünde laboratuvar test sonuçları kullanılmaktadır. Laboratuvarda ölçümü yapılan parametrelerden ph; sistemde ki biyolojik arıtmayı gerçekleştiren mikroorganizmaların yaşayabilmesi ve verimli arıtım yapılabilmesi için ph aralığının 6-9 arasında olması gerekmektedir. Asidik ortamlar mikroorganizma faaliyetlerinin yavaşlamasına, bazik ortamlar ise mikroorganizma faaliyetlerinin hızlanmasına sebep olmaktadır. Evsel atıksu arıtma tesislerinde bu parametre istenilen standartlarda geldiği için müdahale amaçlı herhangi bir ünite kurulmasına gerek duyulmamaktadır. Giriş atıksuyunda ki ph değeri proses esnasında küçük değişikliklere uğrayarak çıkışta deşarj edilmektedir. Çıkış suyu pH'ı da sınır değerleri içinde olduğu için ek herhangi bir üniteye ihtiyaç duyulmamaktadır. Sıcaklık; sistemde mikroorganizma faaliyetlerinin verimli bir şekilde devam etmesi için sıcaklık önemli bir parametredir. Evsel atıksu arıtma tesisleri için sıcaklık değerleri 10-30 C arasında değişmektedir. En ideal sıcaklık 13-14 C olarak tespit edilmiştir. Sıcaklık artıkça mikroorganizma faaliyetleri ve üreme hızı artmakta, sıcaklık azaldıkça üreme hızı ve verimli çalışabilme kapasiteleri azalmaktadır. Evsel atıksu arıtma tesislerinde gelen atıksu sıcaklığına herhangi bir müdahale yapılmamaktadır. Gelen atıksu arıtımı tamamlandıktan sonra deşarj edilmektedir. KOI ve AKM; Atıksuda ki kirlilik derecesini ifade ederler. Giren kirlilik değerlerine (AKM, KOI vb.) göre biyolojik arıtma prosesi parametresi olan kuru madde miktarı (sistemde ki mikroorganizma miktarını ifade eder) ve bu değere göre de sistemden uzaklaştırılması gereken fazla çamur miktarı ayarlanmaktadır.

Kirlilik değerlerini karşılayabilecek mikroorganizma oranı belirlenmektedir. Aynı zamanda bu kirliliklere göre üreyen mikroorganizma sayısı kontrol altında tutulmaktadır.

Giren kirlilik (KOI, AKM) fazla ise mikroorganizmaların sayısı da buna bağlantılı olarak artış göstermektedir. KOI parametresinde ki salınımına göre sistem içinde ki mikroorganizma oranı değişim göstermektedir. Sistem de fazla mikroorganizma varken kirlilik az geldiğinde mikroorganizmaların besinsiz kalıp ölümüne sebep olacağı için fazla mikroorganizmanın sistemden uzaklaştırılması gerekmektedir. Gelen kirliliğe göre sistemde bulunması gereken mikroorganizma oranının tahmin edilmesi proses olumsuz olarak etkilenmeden içeride istenilen oranda mikroorganizma üremesine izin vermemize yardımcı olacaktır.

Bu verilerin önceden tahmin edilebilmesi prosesin ayarlanabilmesini sağlamaktadır. Diğer bir deyişle prosesindeki oluşabilecek sorunlarını önceden tahmin edebilir hale gelmenizi sağlamaktadır.

Yapay zeka teknikleri ve bu tez kapsamında ele alınan Arı Algoritması tahmin yöntemi olarak kullanılabilir.

Arıların doğal yaşamlarındaki besin kaynaklarına ulaşma, buldukları besin kaynakları ile ilgili bilgileri kanat çırpma şeklinde gerçekleştirdikleri danslar ile kolonideki diğer arılara bildirmeleri, araştırmaya çıkacak arıların da rasgele araştırma yerine diğer arıların sahip oldukları bu kaynak bilgisinden faydalanarak daha bol besin kaynağına daha kısa sürede ve az enerji harcayarak ulaşması arı algoritmasının temel esin kaynağıdır. Koloni içerisi iletişimi esas alması, toplam koloni faydasını arttırmaya yönelik yapısı ile YSA ile bütünleşik Arı Algoritması iyi bir tahmin edici olarak kullanılabilir.

İnsanoğlu icat etiği pek çok şeyi doğadaki benzerlerinden ilham alarak geliştirmiş, karşılaştıkları problemlere çözüm üretmede de yine aynı şekilde doğadan faydalanmıştır.

Teknolojik gelişmelerden de faydalanılarak, bilgi edinme, algılama, görme, düşünme, öğrenme, karar verme gibi insan zekasına özgü fonksiyonları yerine getirebilecek yazılım ve donanım teknolojileri üzerine yapılan çalışmalar son 50 yılın en önemli çalışmalarındandır. Uzmana ihtiyaç duymadan uzman gibi karar

verebilmeyi öngören uzman sistemler, İnsan beynindeki sinir hücrelerinin iletişimini esas alan yapay sinir ağları, doğal ortamda yaşanan genetik süreçten yola çıkılarak oluşturulan genetik algoritmalar ve son zamanlarda üzerinde durulmaya başlanan arıların besin toplamada kullandıkları yöntemler ve koloni içi iletişimi esas alan arı algoritmaları bunlara örnek olarak verilebilir.

Yapay zeka teknolojilerinin kullanım sahaları daha çok, matematiksel olarak formülasyonu kurulamayan, en gelişmiş bilgisayar sistemleri ile bile tek tek denenerek en iyi çözümünün bulunması garanti edilemeyen problemlerin çözümünde tercih edilmektedir. Atıksu arıtılmasında da bu teknolojiden faydalanılması etki ve verimli bir çözüm üretebilir.

## **1.2. Tezin Amaç ve Kapsamı**

Bu tez kapsamında yapılan çalışmada bir atıksu arıtma tesisinin proses kontrolünde yapay zeka teknolojilerinde faydalanılarak tesisi genel gidişatının sınıflandırılması ve tesisi girişi parametrelerinden çıkış parametrelerinin tahmini ele alınması hedeflenmiştir. Bu kapsamda son zamanlarda duyurulan arı algoritmasının yapay sinir ağı eğitimi için kullanılması, yeni bir çalışma olarak atıksu arıtma tesisi kontrolünde uygulanması amaçlanmıştır.

Tez toplam yedi bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde genel bir giriş yapılmış, tezin gerekçesi ortaya konulmuştur. İkinci bölümde atık suların arıtılması ve problemin temel özellikleri açıklanmıştır. Bölüm üç'te Yapay Sinir Ağları, bölüm dört'te Genetik Algoritma, bölüm beş'te ise Arı Algoritması hakkında bilgiler verilmiştir. Altıncı bölümde bu algoritmaların tesislerinde uygulanması detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Tezin sonuç ve önerileri ise yedinci bölümde verilmiştir.

## **BÖLÜM 2. ATIK SULARIN ARITILMASI**

### **2.1. Giriş**

Geçmiş çok eskilere dayanmayan çevre kavramı, ilgili olduğu tüm bilim dallarının (teknik, iktisadi, idari, tıbbi vs.) bu kavrama bakış açısına göre farklı anlamlar kazanmış ve bu hususta ortak bir tanım birliği sağlanamamıştır. Çünkü çevre, su, hava, toprak ve bu alanlarda yaşayan hayvan (fauna) bitki (flora) doğal unsurlar yanında insanların yaşamlarını sürdürdükleri ve insanın kendi ürünü yapay unsurları da içinde barındıran bir kavramdır. Bu nedenle çevre kavramı ilk bakışta ne kadar açık ve kolay anlaşılabilir görünmekte ise de kavram incelendikçe, ilgi alanı belirlenmeye çalışıldıkça, kavramın o denli karmaşık ve sınırlarının çizilmesinin güç olduğu ortaya çıkmaktadır (Keleş ve Hamamcı, 1993).

Çevre, 2872 sayılı Çevre Kanunu tanımlar başlığı Madde 22’de ; “canlıların yaşamları boyunca ilişkilerini sürdürdükleri ve karşılıklı olarak etkileşim içinde buldukları biyolojik, fiziksel, sosyal, ekonomik ve kültürel ortam”dır. Gerçekten çevre, canlıların yaşamasını ve gelişmesini sağlayan fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerin bütünlüğüdür (Çepel, 1996) şeklinde tanımlanmaktadır.

Çevre kavramının son yıllarda önem kazanması, çevrede yaşanan olumsuz gelişmelerle bir paralellik arz etmektedir. Özellikle sanayi devriminden sonra kentleşme ve sanayileşmenin hızlanması, doğal kaynaklar ve varlıklar üzerinde tahribatın artmasıyla önemini arttırmıştır. Nüfus artışıyla birlikte artan yerleşim alanlarından, konutlardan ve sanayi tesislerinden kaynaklanan katı, sıvı ve gaz formundaki atıklar, doğanın dengesini bozan ve insanın yaşamını tehdit eden boyutlara ulaşmıştır.

Esasen çevre sorunlarını sadece kirlilik olarak algılamamak gerekir. Nitekim, insanların çevrelerinde yarattıkları etkilerin tümü (çevre kirliliği, erozyon, yanlış yapılaşma, aşırı nüfus artışı, doğal kaynakların sömürülmesi, biyolojik çeşitliliğin azalması, vb.) kendi başına bir çevre sorunudur (Çepel, 1996). Ancak elbette en önemli sorun çevre kirlenmesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Özellikle çevrenin toprak, hava ve sudan oluşan üç unsurunda yaşanan kirlilik birbirini ve tüm dünyadaki yaşamı etkilemektedir. Hele hayatın devamlılığı açısından tartışmasız önem taşıyan sulara kirlilik, bu kirliliğin önlenmesini veya ortadan kaldırılmasını her sektörde tartışmasız hale gelmiştir.

Su, tüm canlıların yaşam koşullarını belirleyen temel öğelerdendir ve canlıların yaşaması için hayati öneme sahiptir. En küçük canlı organizmadan en büyük canlı varlığa kadar, bütün biyolojik yaşamı ve bütün insan faaliyetlerini ayakta tutan sudur. Dünyamızın %70'ini kaplayan su, bedenimizin de önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Ancak yeryüzündeki su kaynaklarının yaklaşık %0.3'ü kullanılabilir ve içilebilir özelliktedir (Çevre, 2006a).

Uygarlığın gelişmesiyle birlikte, insanın suyun doğal döngüsüne (hidrolojik devre) yaptığı müdahaleler de artmıştır (Ertaş, 1997). Dünya nüfusunun hızla artmasına rağmen su kaynaklarının sabit olması, bu kaynakların kirlenmemesini ve çok iyi kullanılmasını gerektirmektedir (Çevre, 2006b). Ancak tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerin devamı için yapılan barajlar ve göletler, su kaynaklarının doğal yapılarına zarar vermiş ve özellikle tatlı su kaynaklarının sürekliliğini tehlikeye sokmuştur.

Ayrıca sular, evsel ve endüstriyel atıklarla kirlenmektedir. Bu atıkların arıtılmadan su yataklarına verilmesi, katı atıkların düzensiz olarak alıcı ortama bırakılması, ayrıca bilinçsizce yapılan zirai ilaçlama ve gübrelemeden dolayı yerüstü suları kirlenmektedir. Diğer yandan kimyasal gübrelerin bilinçsizce ve aşırı kullanımı da zamanla toprağı çoraklaştırmakta, bunun sonucunda hem toprağın verimi düşmekte, hem de yeraltı sularına sızması ve yüzey su akışlarıyla birlikte yerüstü sularına karışması ve yine evsel ve endüstriyel katı, sıvı ve gaz atıkların arıtılmadan alıcı

ortamlara verilmesi, bu atıkların alıcı ortama verildikten sonra; iklim durumuna, toprağın yapısına, yeryüzü şekline, atığın cinsine ve zamana bağlı olarak yeraltı sularına karışması ötrofikasyona yani suda azot ve fosfor fazlalaşmasına ve oksijen azalmasına sebep olmaktadır (Çevre, 2006c).

Suyun oksijensiz kalması sonucunda, sudaki tüm yeşil yapraklılar ve erimiş oksijenden yararlanan (balıklar, yumuşakçalar vb) kitle halinde ölür. Bunların ölümleri neticesinde, ortamda çoğalan organik maddelerin yıkımı için ise ayrıca oksijene gereksinim vardır. Oksijen yetersizliği nedeniyle, bu maddeler oksitlenemez ve tamamen ayrışamazlar. Dolayısı ile suda yarı ayrışma ürünleri olan zehirli ve kötü kokulu maddelerin miktarları artar ve su mutlak ölü bir su haline gelir. Oksijensiz ve oksijenle yaşayan canlıların (aerop) bulunmadığı ortamda, oksijensiz ortamda yaşayabilen canlılar (aneorop algler) alabildiğine çoğalır. Bunların çoğalması nedeniyle bunların renginden dolayı su kırmızı ya da kahverengi bir renge boyanır. Oksijensizlik nedeniyle ölen suyun, tekrar canlanması oldukça uzun bir süreç alır (Akdur, 2005).

Sular daha çok atıklarla kirlenmektedir. Atık, ev idaresi, sanayi kuruluşları ve benzerlerinin faaliyetleri sonucunda meydana gelen ve çevreye atılan katı, sıvı ve gaz şeklindeki zararlı maddelerdir (Çepel, 1996). Çevre kanunumuzda “Herhangi bir faaliyet sonucunda oluşan, çevreye atılan veya bırakılan her türlü madde” olarak tanımlanmıştır. Revizeden evvel atık “bir faaliyet” sonucunda bırakılan “zararlı maddeler” iken revizeden sonra “herhangi bir faaliyet” sonucunda bırakılan “her türlü madde” olarak tanımlanmıştır. Çevre kirliliğine en çok sebep olan atıklar, endüstriyel faaliyetler sonucu ortaya çıkan atıklardır.

Her geçen gün artan çevre kirlenmesi sorununun çözülmesi için atıkların kontrolü gerekmektedir. İnsan yaşamı için vazgeçilmez bir unsurlarından olan su kaynaklarının korunarak gelecek nesillere sağlıklı ve temiz olarak bırakılması büyük önem arz etmektedir. Bunun için atık suların arıtılması ve zararlı maddelerden arındırılarak doğaya geri dönüşümlerinin sağlanması çok önemlidir. Bunun için artık

suların arıtılması ve zararlı maddelerden arındırılarak doğaya geri dönüşümlerinin sağlanması çok önemlidir.

Atıksu sorunu yoğun yerleşim yeri ve iş sahalarının doğal bir sonucu olarak kırsal alanlardan daha çok kentsel alanlarda karşılaşılan bir problem olarak ele alınmaktadır. Kırsal alanlarda meydana gelen atıksular kendi doğal dengesi içerisinde arıtılabilirken, kentsel alanlarda bu işlemler için gelişen mikrobiyoloji teknolojilerinden de faydalanarak özel arıtma tesisleri kurulmasını zorunlu kılmaktadır. Bir kentsel yerleşim yerinde atıksunun izlemesi geri dönüşüm süreci Şekil 2.1.'de gösterilmektedir. Endüstriyel atıksulardan kaynaklanan kirlenme ve endüstriyel atıksu arıtımı bu tez kapsamında yer almamaktadır. Endüstriyel atıksu arıtımı konusunda detaylı bilgi ( Şengül, 1989)'de bulunabilir.



Şekil 2.1. Kentsel atıksu arıtım süreci

Atıkların hukuki olarak kontrolünü yasal bir zemine oturtan düzenlemeler başta 2872 sayılı Çevre Kanunu olmak üzere bu kanuna istinaden çıkarılmış olan yönetmeliklerle düzenlenmiştir (Kaya, 2005, Çevre Mühendisleri Odası, 2002).

Kendi içinde katı atık, atık gaz ve atık su olarak ayrılabilir atıklardan bir faaliyet sonrası ortaya çıkan atıksuların kontrolü Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (31/12/2004 tarih ve 25687 sayılı); İçmesuyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik (79/869/AB ile değişik 75/440/AB) (20/11/2005 tarih ve 25999 sayılı); Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (08/01/2006 tarih ve 26047 sayılı) ile standartları belirlenerek sağlanmaktadır.

Yine 5393 sayılı Belediye Kanununa göre kentsel atıkları toplama görevi verilen belediyelerden 5216 sayılı Büyükşehir Kanununa ve 2560 sayılı İstanbul Su ve kanalizasyon idaresi kanuna göre kurulan su ve kanalizasyon idarelerinin çıkarmış olduğu o bölgenin özelliklerine göre hazırlanan İçmesuyu Havzaları Yönetmeliği, Atıksuların Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliği de ayrıca atıksuların kontrolü için dikkate alınması gereken yasal düzenlemelerdir.

## **2.2. Atıksu Tanımlama ve Kirlilik Ölçümünde Kullanılan Özellikler**

Atıksu tanımlama ve kirlilik ölçümlerinde esas alınan üç temel faktör bulunmaktadır. Bunlar atıksuyun; fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini içermektedir. Yerleşim alanlarından kaynaklanan evsel atıksularda bulunan ve kirlilik ölçümünde kullanılan başlıca parametreler Tablo 2.1.'de verilmektedir (Öztürk, 2006) .

Atıksuyun kirliliği genel olarak aşağıda katı madde (AKM), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), hidrojen iyon konsantrasyonu PH, toplam azot ve toplam fosfor değerlerine bağlı olarak belirlenmektedir.



Tablo 2.1. Evsel atıksuda bulunan başlıca parametreler ve ortalama değerleri

Parametre	Ortalama Konsantrasyon (mg/l)
Toplam katı madde	700
Çözünmüş, toplam	500
Sabit	300
Uçucu	200
Askı halinde, toplam	200
Sabit	55
Uçucu	145
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ)	200
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	500
Toplam Azot	40
Fosfor	10
Klorürler	50
Alkalinite (CaCO <sub>3</sub> )	100
Yağ ve Gres	100

### 2.2.1. Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ)

Sudaki organik maddelerin 5 günde ( BOİ<sub>5</sub>) mikroorganizmaların ayrıştırma sürecinde harcadığı oksijen miktarını ifade eder. Ölçümü uzun zaman alan ve deneysel hata oranı yüksek olan BOİ çevreye etkilerin değerlendirilmesi ve arıtma sistemi dizaynında kullanılmaktadır (Topacık, 2000).

Biyokimyasal oksidasyon yavaş bir işlemdir ve teorik tamamlanma süresi sonsuzdur. 20 günlük bir süre içerisinde, oksitlenme % 95-99 tamamlanır, BOİ testi için kullanılan 5 günlük sürede ise oksitlenme % 60-70 arasında gerçekleşir (Dağ, 2002).

### 2.2.2. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)

KOİ testi atıksuların organik madde içeriğini ölçmek için yapılmaktadır. Oksitlenebilen organik madde kimyasal oksitleyici olan potasyum dikromat kullanılarak ölçülmektedir. Bir atıksuyun KOİ'si genel olarak BOİ'sinden daha yüksektir. Çünkü biyolojik olarak oksitlenemeyen birçok bileşik kimyasal olarak

oksitlenebilmektedir. KOİ testi 3 saatte yapılabilirken, BOİ testi 5 gün içinde sonuçlanmaktadır. Bu nedenle KOİ ile BOİ arasında bağlantı kurulabilir. Aradaki bağlantı bir kere belirlendiğinde KOİ ölçümleri atık su karakterizasyonunda kullanılabilir. Ülkemizde yapılan deneysel çalışmalara göre KOİ/BOİ oranının 1,6-2,5 arasında değiştiği belirlenmiş olup (Topacık, 2000 , Öztürk ve diğerleri, 2006) bu değer ortalama 2 olarak kabul edilebilir. Bu değer belirlenmesi uzun süren BOI testi yerine KOI testi sonuçları ile yorum yapılması açısından önemlidir.

### **2.2.3. Askıda katı madde (AKM)**

Su numunelerinin standart cam elyafı filtreden süzülmesi ve filtrenin kurutulması sonucu elde edilen kalıntılar askıda katı madde olarak tanımlanırlar. Askı maddeleri suların estetik, içme, endüstriyel kullanım gibi çeşitli amaçlar için kullanılmasını doğrudan etkilemektedir. 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 atık sularda önemli bir parametredir.

### **2.2.4. PH**

pH, suyun asitlik veya bazlık durumunu gösteren logaritmik bir ölçüdür (İller Bankası, 2005). Atıksudaki hidrojen iyonu konsantrasyonunun parametresidir. Atıksuyun pH değeri biyolojik ve kimyasal arıtma işlemlerinin belirlenmesinde önemlidir. İçme suyunun pH değeri 6-8 arasında, deniz suyunun 8, doğal suların 7 ve evsel atıksuyun ise 7-8 arasındadır. Avrupa Birliği deşarj standartlarında pH'a ilişkin bir değer olmamakla birlikte ülkemizde hem ham atıksu hem de arıtılmış atıksu da bu değer 6-9 aralığında kabul edilebilir değer olarak alınmaktadır.

### **2.2.5. Diğer özellikler**

Klorür: Evsel atıksularda, klorürlerin belli başlı kaynağı insan idrarıdır. Su sertliğinin yüksek olduğu yörelerde, su yumuşatıcılarının kullanılması ile büyük miktarda klorür

atıksuya karışmaktadır. Alıcı ortamda yüksek miktarda klorür konsantrasyonlarının bulunması, alıcı ortamın atıksu deşarjına maruz kaldığının bir göstergesidir.

**Alkalinite:** Atıksuda alkalinite; kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum gibi elementlerin hidroksit, karbonat ve bikarbonatlarının varlığından veya amonyaktan oluşmaktadır. Bir suyun alkanitesi, onun asitleri nötraleetme kapasitesinin bir ölçüsüdür ( Şengil ve Özacar, 1996). Diğer bir ifadeyle, önemli bir pH değişimi olmaksızın, suyun hidrojen iyonlarını absorbe (emme) kapasitesidir. Biyolojik arıtma esnasında hidroksit flokları oluşturmak için suda yeterli alkalinite bulunmalıdır. Atıksudaki istenmeyen Askıda Katı Maddelerin (AKM) giderimi için önemlidir.

**Azot:** Atıksudaki mikroorganizmalar için bir besin maddesidir. Azot yeterli olmadığı durumlarda, atıksuyun arıtılması için azot ilavesi gerekebilir. Evsel atıksuda azot biyolojik arıtım için gerekli miktarda vardır. Alıcı ortama deşarj edilen arıtılmış suda azot varsa, alıcı ortamda hem oksijen tüketimine hem de ötrifikasyona sebep olabilir. Atıksudaki azot başlıca, proteinli maddelerden ve üre'den kaynaklanmaktadır. Bakteriler tarafından parçalanan bu bileşikler amonyak oluşumuna sebep olurlar. Oksijenli bir ortamda bakteriler amonyağı nitrit ve nitrat' a oksitlerler. Nitrat azotu atıksudaki azot bileşiklerinin son oksidasyon kademesidir.

**Fosfor:** Atıksudaki mikroorganizmalar için bir besin maddesidir. Alıcı ortama deşarj edilen arıtılmış atıksuda fosfor varsa, alıcı ortamda ötrifikasyona sebep olabilir. Ötrifikasyon tayininde, bir su kütlesinin klorofil-a, üretkenlik ve fosfor muhtevasının belirlenmesi ve bu parametrelerin kullanılması ile su kütlesinin durumu tayin edilir. Fosfor ve diğer ölçüm deneyleri ile ilgili detaylı bilgi için bkz. ( Büyüküngör, 1999).

**Kükürt:** Sülfat iyonu doğal olarak atıksuda mevcuttur. Sülfatlar, kimyasal olarak, anaerobik (oksijensiz) koşullarda, bakteriler tarafından süfürlere ve hidrojen sülfüre (H<sub>2</sub>S) indirgenir. Daha sonra H<sub>2</sub>S biyolojik olarak süfürik asite oksitlenir.

Ağır Metaller ve Zehirli Bileşikler: Nikel, kurşun, krom, kadmiyum, çinko, bakır ve cıva gibi ağır metaller ve oluşturdukları bileşikler mikroorganizmalar için zehirlidir. Bu nedenle atıksuyun biyolojik arıtımı safhasında sorunlar yaratırlar. Evsel atıksularda ağır metaller ve zehirli elementler bulunmaz.

Gazlar: Evsel atıksularda bulunan gazlar; azot, oksijen, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, amonyak ve metandır. Çözünmüş oksijen, aerobik mikroorganizmaların ve diğer aerobik canlıların solunumu için gereklidir. Atıksulardaki oksijen miktarı, mikroorganizmaların oksijen tüketimi sebebi ile çok düşüktür, Atıksuda bulunan organik maddelerin anaerobik parçalanmasının yan ürünlerinden biri metan gazıdır. Bu gaz çabuk alev alan ve patlama tehlikesi olan bir gazdır. H<sub>2</sub>S gazının ise toksik etkisi çok fazladır.

Biyolojik özellikler: Evsel atıksularda bulunan belirgin organizma grupları; bitkiler, hayvanlar, fungi, protozoa, virüsler, bakteriler ve algler gibi mikroorganizmalardır. Evsel atıksudaki mikroorganizmaların birçoğu insanlar ve hayvanlar için hastalık yapıcı özelliktedir. Koliform bakterileri insan atıklarından kaynaklanan kirlenmenin bir göstergesi olmaktadır. Fotosentez yoluyla ışığı soğurup inorganik maddeleri organik maddelere dönüştüren algler de tat ve koku problemlerine yol açmaktadır. Atıksuyun arıtımı esnasında organik maddeler bakteriler aracılığıyla parçalanmaktadır.

### **2.3. Atıksu Arıtımında Temel Hedefler**

Evsel atık sular evlerden, ticari işletmelerden, kurumlardan ve benzer binalardan boşaltılan atık sulardır. Bu sular insan ve hayvan dışkısı ve idrarı ile grisu denilen banyo, lavabo ve yıkamadan gelen sulardan oluşmaktadır (Uğur ve diğerleri 2000). Evsel atık sular renkli, pis görünüşlü ve içinde bir miktar çözünebilir ve çözünemeyen maddeler bulunmasına rağmen %99'u su olup diğer kısımlar organik ve inorganik maddeleri ihtiva eder (Başar ve diğerleri, 1998). Bunların dışında bakteri, protozoa, virus, helmint gibi patojenik olabilecek mikroorganizma türleri barındırabilirler (Arceivala, 2002).

Atık sularda bulunan patojen organizmalar hastalıkla enfekte olmuş veya özel bir hastalığın taşıyıcıları olan insanlar tarafından deşarj edilmektedir. Alışılmış bakteriyel patojenik organizmalar, tifo, paratifo, dizanteri, diyare ve kolera gibi gastro intestinal sistem hastalıklarına yakalanmış insanlar tarafından boşaltılırlar. Bu organizmalar oldukça enfeksiyöz oldukları için sanitasyonun zayıf olduğu bölgelerde özellikle tropiklerde her yıl binlerce ölümlere sebep olmaktadır. Bu kapsamda atıksu arıtmadaki öncelikli hedef de insan sağlığını tehdit eden unsurların ortadan kaldırılmasıdır.

Doğal çevrenin korunmasına yönelik bir faaliyet olan atıksu arıtmada hangi kirleticilerin hangi seviyeye kadar giderileceği konusu havzanın, yörenin, deşarj edilecek yüzeysel suyun durumuna göre farklılık gösterir. Ülkemizde tüm yörelerde ayırım yapılmadan “Su Kirliliği ve Kontrol Yönetmeliği”ndeki standartlar geçerlidir.

Atıksu arıtımında temel hedef, atıksuyun deşarj edildiği ortamlarda halk sağlığına ve ekolojik dengeye olabilecek menfi etkilerin en az düzeye indirilmesidir. Atıksu arıtımında gerçekleşen temel aşamalar şunlardır;

1. Askıda katı maddelerin uzaklaştırılması
2. Zararlı ağır metal ve zehirli bileşiklerin uzaklaştırılması
3. Biyolojik olarak parçalanabilen organik maddelerin uzaklaştırılması
4. Alıcı ortam durumuna bağlı olarak azot ve fosforun uzaklaştırılması
5. Patojenik organizmaların yok edilmesi

Atıksu parametrelerinden hangisinin ne derecede arıtılacağı, kanunlar ve yönetmeliklerle tespit edilmektedir. Alıcı ortamların kirlilik özümleme kapasitelerine bağlı olarak belirlenen deşarj standartları ülkeden ülkeye farklılıklar gösterebilmektedir. Bir akarsuya yapılacak deşarj ile bir deniz ortamına veya bir göl ortamına yapılacak deşarj kriterleri değişik olmaktadır ( Dağ, 2002).

Arıtılmış sular, eğer sulama suyu olarak kullanılacaksa, sulama suyu standartlarına göre arıtım kademelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Endüstriyel atıksular için evsel atıksulara göre tamamen farklı standartlar kullanılmaktadır. Türk Çevre

Kanunu'nun "Su Kirliliğinin Kontrolü" Yönetmeliğinde toplam nüfusa bağlı olarak farklı arıtma metotları için evsel atıksu deşarj standartları belirtilmiştir. Aynı yönetmelikte endüstriler için ve deniz ortamına yapılacak atıksu deşarjları için de standartlar yer almaktadır.

#### **2.4. Atıksu Arıtma Yöntemleri**

Arıtma yöntemlerini, kullanılan işlemler bakımından üç grupta toplayabiliriz. Birinci yöntem mekanik işlemlerden faydalanılarak geliştirilmiş olan fiziksel arıtma yöntemidir. İkinci yöntem mikroorganizmaların ve biyokimyasal reaksiyonların rol oynadığı biyolojik arıtma yöntemidir. Diğer bir yöntem, kimyasal proseslere dayanan kimyasal arıtma yöntemidir.

Atıksu arıtma yöntemleri birbirinden bağımsız olarak görülmemeli, bir bütünün birbirini tamamlayan parçaları olarak düşünölmelidir. Arıtma yöntemleri, arıtma sistemini oluşturan arıtma kademeleridir. Arıtma işleminde hangi yöntem veya yöntemlerin kullanılacağı; arıtma işleminin hangi kademeye kadar sürdürölebileceğı, deşarj yapılacak yüzeysel su için konulmuş su kalitesi limitlerine bağılıdır. Değışik karakterdeki atıksular için değışik arıtma yöntemleri kullanılabilir. Evsel atıksular için genelde fiziksel ve biyolojik arıtma yöntemleri tercih edilirken endüstriyel atıksuların arıtımı için kimyasal yöntemler kullanılmaktadır. Ancak, her üç yönteminde kullanıldığı arıtma sistemleri de mevcuttur.

Ön arıtma üniteleri olarak gruplandırabileceğimiz; kaba ızgaralar, ince ızgaralar ve kum tutucular her atıksu arıtma tesisinde yer alan ünitelerdir. İkincil arıtma üniteleri olarak çok değışik sistemler kullanılabilir. Hangi biyolojik arıtma sisteminin kullanılacağına, tasarımcı proje alanının özelliklerini ve gerekli arıtma verimi ihtiyacını dikkate alarak karar verir. Arıtılmış atıksular eğer sulama suyu olarak kullanılacaksa dezenfeksiyon işlemi tatbik edilmektedir. Eğer projelendirilecek arıtma sistemi azot ve fosfor gideriminden herhangi birini veya her ikisini de kapsıyorsa sistemimiz üçüncül arıtma olarak adlandırılmaktadır. Tüm biyolojik arıtma sistemlerinde yan ürün olarak çamur oluşmaktadır. Bu oluşun çamurun

çevreye zarar vermeyecek şekilde bertaraf için değişik çamur çürütme (stabilizasyon) sistemleri ve susuzlaştırma ekipmanları kullanılabilir.

#### **2.4.1. Fiziksel arıtma yöntemleri**

Kirlilik unsurunun fiziksel özelliklerine (maddenin boyutları, viskozitesi ve özgül ağırlığı) bağlı olarak uygulanan arıtma yöntemleridir. “1. Kademe Arıtma” olarak da adlandırılır. Atıksu içerisinde bulunan ve daha sonraki arıtma kademelerindeki işlemleri yavaşlatacak, engelleyecek ve ekipmanları bozacak özellikte, gözle görülür nitelikte kirleticiler giderilir. Fiziksel arıtma birimleri;

- Izgara
- Elek
- Öğütücü
- Kum tutucu
- Yağ tutucu
- Ön çökeltme
- Filtrasyon (yüzdürme) havuzu

Debi Ölçümü ve Dengeleme; Atıksu arıtma tesislerinde debi ölçümü ve dengeleme birimleri sistemin önemli birer parçasıdır. Bu iki birimde arıtma gerçekleşmemekle birlikte, arıtma tesislerinde bulunmaları çoğu zaman gerekli olan önemli giriş yapılarıdır.

Arıtma tesisine gelen atıksuyun debi ölçümünün düzenli olarak yapılması, atıksu arıtma tesisinin işletme ve kontrolü açısından büyük önem taşımaktadır. Debi ölçüm tertibatı arıtma tesisi öncesinde ana toplayıcı üzerinde bulunabileceği gibi, kum tutucudan sonra nadiren de önçökeltim havuzundan sonra ve arıtma tesisi çıkışına da konulabilir.

Atıksu arıtma tesislerine, bilhassa birleşik kanalizasyon sistemlerinin geldiği arıtma tesislerinin giriş kısmına bir dengeleme havuzu inşa edilir. Dengeleme havuzları, atıksu arıtma tesisine gelen debinin farklılığından meydana gelen işletme

problemlerini engellemek, daha sonraki proses birimlerinin verimini yükseltmek, yapıların boyutlarını ve maliyetlerini azaltmak amaçlarıyla inşa edilen yapılardır.

Dengeleme havuzunda ani yüklemeler, pH, biyolojik ayrışmayı engelleyici (inhibe) edici maddeler vs. dengelenerek kontrol altına alındığı veya optimize edildiği için biyolojik arıtmanın verimi artar. Bunun yanında son çökeltim havuzu çıkış suyunun kalitesinin artması nedeniyle çöken çamurun yoğunlaşma verimini artırır. Çıkışta kurulacak filtrasyon tesisi için gerekli yüzey alanı azalır, performansı artar.

Kaba ızgaralar; uzaklaştırılmadıkları takdirde, arıtma tesisinin ızgaradan sonraki ünitelerinde tıkanmalara yol açabilecek büyüklükte olan kaba organik ve inorganik maddelerin atıksudan ayrılması için kullanılırlar. Kaba ızgaralarda çubuklar arası genişlik 4 cm'nin üzerindedir ve yatayla 30-60° açı yapacak şekilde yerleştirilirler. Kaba ızgaralar genellikle el le kontrollü olarak temizlenirler.

İnce çubuk ızgaralar; İnce ızgaralarda çubuklar arası genişlik 1,5-3,0 cm arasında değişmektedir ve yatayla 30-60 açı yapacak şekilde yerleştirilirler. İnce ızgaralar el ile veya mekanik olarak temizlenebilir. Çubuk ızgara tipinden başka, yay tipi, döner elek tipi, döner tambur tipi ince ızgara tipleri mevcuttur.

Kum tutucular; Arıtma tesisine gelen kirli suda bulunan kum, çakıl v.b gibi kolayca çökebilen maddeler, pompaların aşınmasına, kanallar, borular, çökeltme havuzları ve çamur çürütme tanklarında tıkanmalara sebebiyet vereceğinden kum tutucular vasıtasıyla pıssudan uzaklaştırılırlar. Kum tutucular dairesel veya uzunlamasına çökeltme (sabit hızlı), havalandırmalı tipte olabilirler. Temel amaç 0,2 mm'den büyük kum tanelerinin tutulmasıdır. Kum tutucuda yatay hızın 0,3-0,4 m/sn olması temin edilmeli, organik menşeli katıların çökmesine izin verilmemelidir.

Yağ tutucular: Yağlar, evlerden, çeşitli tesislerden (garaj, benzin istasyonları, hastaneler, lokantalar, mezbahalar) ve çeşitli endüstri faaliyetlerinden (gıda sanayi, petrol endüstrisi vb.) gelen atıksularda bulunur. Yağların esas kaynağı endüstri tesisleridir. Yağ tutucular öncelikle endüstriyel arıtma tesislerinde inşa edilir. Kentsel arıtma tesislerinde yağ tutucu yapısının inşa edilmesi zorunlu değildir. Kentsel arıtma



tesislerinde yağların giderimi için ön çökeltme havuzu yüzeyine monte edilen yüzeysel sıyrıcılar kullanılır. Yağ ve türevleri yüzeyden sıyrılarak ortamdaki uzaklaştırılır. Sistemde havalandırılmalı kum tutucu bulunuyorsa buranın yüzeyinden de yağ alınır. Kentsel arıtma tesislerine gelen yağ miktarı nüfus esas alınarak kişi başına ortalama 1 ila 5 lt/kişi.yıl arasında değişmektedir.

Yağın yoğunluğu sudan hafif olduğu için suyun yüzeyini bir tabaka halinde kaplar. Bu tabakanın iki zararı vardır. Birincisi havadan sıvı içine oksijen transferini kısıtlar ve dolayısıyla suda bir anaerobik durum meydana gelebilir. İkinci zarar ise atık suda çökmesi gereken tanelerin yağ tarafından tutularak çökmenin engellenmesidir. Aynı zamanda yağ, arıtma tesisindeki makine aksamlarına da zarar verir.

Elekler; Elekler bakır veya bronzdan imal edilmiş meyilli ve üzerinde 0,02-3 mm çapında delikler bulunan süzme aletleridir. Elekler kentsel arıtma tesisi girişinde fazla kullanılmamasına rağmen genelde biyolojik ve ileri arıtmadan çıkan suların askıda katı maddelerini ve bir miktar organik bileşiklerini tutmak için de kullanılırlar. Bu aletlerle ızgaralarda tutulamayan daha ince katı maddeler tutulur. En çok kullanılanları “mikroelek”lerdir.

Atıksu terfi üniteleri; Atıksu arıtma tesisinde proses üniteleri arasında atıksuyun enerji kaybetmesi neticesinde oluşacak yük kaybını telafi etmek ve tesise gelen atıksuyu belirli bir kottan sisteme alabilmek için yapılan pompa üniteleridir. Pompalar burgulu (Arşimet) tipte veya santrifüj tipte seçilebilir. Eğer santrifüj tipte pompa seçilecekse, atıksuyun ince ızgara ve kum tutucudan geçirildikten sonra terfi edilmesi gereklidir. Aksi takdirde atıksu içindeki inorganik malzeme pompanın arızalanmasına sebep olacaktır. Eğer terfi pompası olarak burgulu tip kullanılacaksa, atıksuyun sadece kaba ızgaradan geçirildikten sonra terfi edilmesi mümkün olabilecektir.

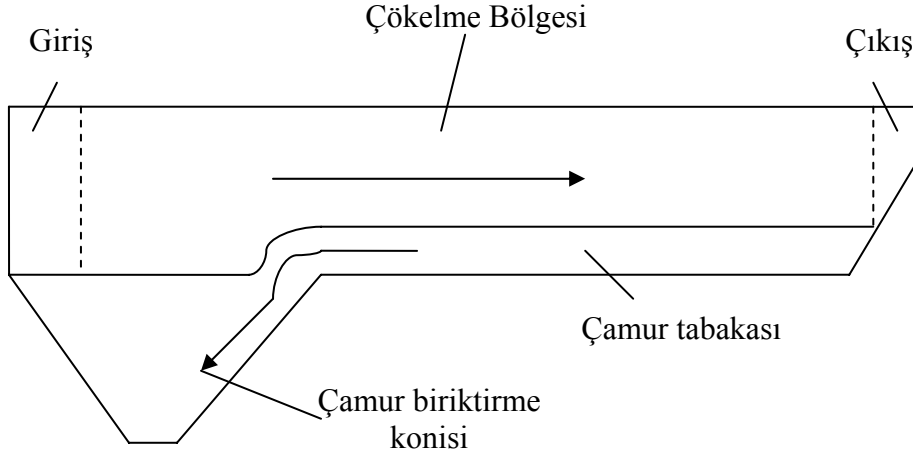
Ön çökeltme havuzları; Kaba organik ve inorganik maddelerden çoğu ızgara ve kum tutucularda alıkonulduktan sonra, organik esaslı ve büyük ölçüde kirletici karakterde olan geriye kalmış askıdaki katı maddelerin atıksudan uzaklaştırılması gerekmektedir. Ön çökeltme havuzunun başlıca amacı atıksuyu iki temel bileşene;

çamur ve çökelmiş atıksuya ayırmaktır. Böylece bu iki bileşen ayrı ayrı arıtılabilir. Ön çökeltme havuzlarında askıdaki katı maddelerin %50-70'i ve BOİ'nin % 25-40'ı uzaklaştırılabilir. Çökeltme havuzları dikdörtgen ve dairesel biçimde olabilirler. Çökelen çamurun biriktirilmesi için çamur konisi ve bu koniye çamuru sıyracak sıyırma ekipmanları gerekmektedir. Ön çökeltme havuzlarında atıksuyun bekletilme süresi 1,5-2,5 saat arasında değişebilmektedir.

Ön çökeltme havuzlarında:

- Akan suyun giriş bölgesinde sakinleşmesi ve kinetik enerjisinin kırılması,
- Çökelmenin meydana geldiği orta bölgede çökelmeyi teşvik etmeli,
- Çıkış bölgesinin mümkün olduğu kadar sakin tutulmasını,
- Çökme bölgesindeki çamurun karışıp yüzeye doğru çıkmaması için stabil bir ortam
- Sıyırıcının çamurun yukarıya çıkmaması için düzgün çalışması,
- Yüzeye çıkan çamurun tutulması sağlanmalıdır.

Şekil 2.2. de bir çökeltme havuzunun kesiti görülmektedir.

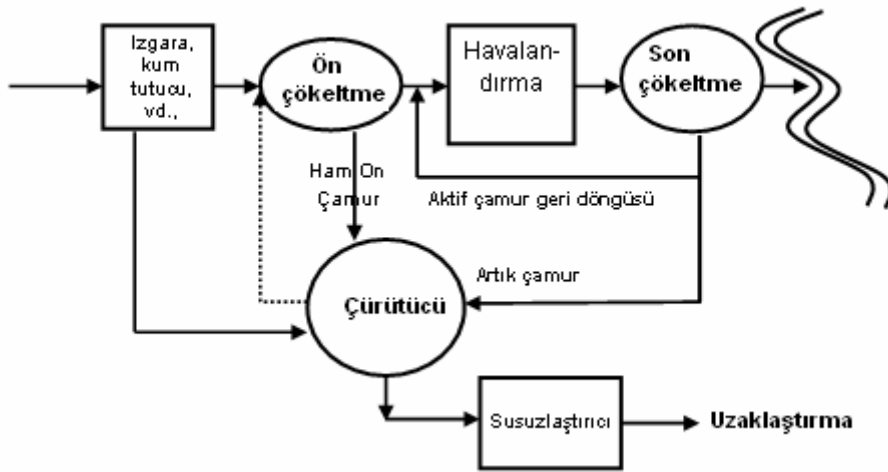


Şekil 2.2. Bir çökeltme havuzu kesiti (Bischof, 1998)

## 2.4.2. Biyolojik arıtma yöntemleri

Biyokimyasal reaksiyonlar neticesinde atıksudaki çözünmüş organik kirleticilerin uzaklaştırıldığı yöntemlerdir. Bu arıtmaya “II. Kademe Arıtma” da denilmektedir.

Hızlı nüfus artışı ve endüstrileşme sonucunda oluşan atıksular doğanın özümleyebileceği miktarı aşmış ve alıcı ortamları kirlenme tehlikesi ile karşı karşıya bırakmıştır. Doğadaki ekolojik dengeyi olumsuz yönde etkileyebilecek ve diğer faydalı kullanımlarını engelleyecek bu durumun önüne geçebilmek için atıksuları uzaklaştırmadan önce arıtma zorunluluğu doğmuştur. Atıksuların özellikleri kaynaklarına bağlı olarak önemli farklılıklar gösterir ve bu farklılıklara göre arıtma yöntemleri de değişir. Örnek olarak organik kirleticilerin uzaklaştırılması için en etkili yöntemin “biyolojik arıtma” olduğu söylenebilir. Biyolojik arıtma atıksuyun içinde bulunan askıda veya çözünmüş organik maddelerin bakterilerce parçalanması ve çökebilen biyolojik floklarla sıvının içinde kalan veya gaz olarak atmosfere kaçan sabit inorganik bileşiklere dönüşmesidir. Biyolojik arıtmanın esası organik kirleticilerin doğada yok edilmeleri için yer alan biyoflokülasyon ve mineralizasyon proseslerinin kontrolü ile çevrede ve optimum şartlarda tekrarlanmasıdır. Böylece doğadaki reaksiyonların hızlandırılarak daha kısa bir sürede, emniyetli ortamda gerçekleştirilmeleri sağlanmaktadır (Tchobanoglous ve Burton, 1991).



Şekil 2.3. Biyolojik arıtma akış şeması (Sanin, 2007)

Biyolojik arıtma sistemleri değişik şekillerde sınıflandırılabilirler. Ortamda oksijen varlığına göre havalı (aerobik) ve havasız (anaerobik) olarak sınıflandırılan bu sistemler kullanılan mikroorganizmaların sistemdeki durumuna göre askıda ve sabit film (biyofilm) prosesleri olarak da sınıflandırılabilirler.

Şekil 2.3.'da biyolojik arıtımın akış şeması görülmektedir.

#### **2.4.2.1. Biyolojik arıtmanın amacı**

Biyolojik arıtmanın amacı, atıksudaki çökelmeyen koloidal katıları pıhtılaştırarak gidermek ve organik maddeleri kararlı hale getirmektir. Evsel atıksu arıtımında organik madde içeriğinin yanı sıra azot ve fosfor gibi besi maddeleri de biyolojik arıtımda giderilir. Çoğu kez durumda toksik olabilecek eser (iz) miktardaki organik maddeleri gidermek de önemlidir. Tarım alanlarından geri dönen sularda önemli olan azot ve fosforun arıtılması kritik önem taşır. Endüstriyel atıksular için, organik ve inorganik bileşiklerin arıtımı önemlidir. Bu bileşiklerden çoğu mikroorganizmalar üzerinde toksik etki yaptıkları için genellikle özel zaman ön arıtma gerekebilir (İleri, 2000).

#### **2.4.2.2 Biyolojik arıtmada mikroorganizmaların rolü**

Atıksudaki BOI'nin giderimi, çökmeyen koloidal katıların pıhtılaştırılması ve organik maddelerin kararlı hale gelmesi, başta bakteriler olmak üzere çeşitli mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilir. Mikroorganizmalar, koloidal ve çözünmüş karbonlu organik maddeleri çeşitli gazlara ve yeni hücrelere dönüştürerek kullanırlar. Hücre dokusunun özgül ağırlığı sudan daha fazla olduğundan arıtılmış sudan çökerek ayrılır. Bu mikroorganizmaları ortamdan ayırmadıkça arıtım tamamlanmış olmaz. Mikroorganizmalar organik yapıda olduklarından atıksuda BOI veya KOI cinsinden ölçülürler ve suya bir miktar kirlilik verirler (Arceivala, 2002).

Biyolojik arıtma sistemlerinin tasarımında ve sistem seçiminde, mikroorganizmaların

biyokimyasal aktivitelerinin iyi anlaşılması gerçekleştirir. Bu bölümde iki önemli konudan bahsedilecektir. Bunlar, atıksu arıtımında karşılaşılan mikroorganizmaların besi maddesi ihtiyacı ve moleküler oksijen ihtiyacına dayalı mikrobiyal metabolizmaların yapısıdır.

Mikroorganizmalarda besi maddesi ihtiyacı: Mikroorganizmalar, üremelerini ve diğer hayati fonksiyonlarını devam ettirmek için,

- enerji kaynağına,
- yeni hücre sentezi için karbona,
- azot, fosfor, sülfür, potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi inorganik elementlere

ihtiyaç duyarlar. Organik besi maddeleri de hücre sentezi için gereklidir. Mikrobiyal faaliyetler için gerekli karbon ve enerji kaynaklarına “substrat” adı verilir (Syed, 1998).

Karbon ve enerji kaynakları: Mikroorganizmalar için en önemli karbon kaynakları organik madde ve karbondioksittir. Hücre dokusu oluşturmada organik karbon kullanan organizmalar *heterotrof*, yalnızca karbondioksit kullanan organizmalar ise *ototrof* olarak adlandırılırlar. Karbondioksitin organik hücre dokusuna dönüşümü, enerji girdisi gerektiren bir indirgeyici süreçtir. Bu nedenle ototrofik organizmalar, hücre sentezi için Heterotroflardan daha çok enerji harcadıklarından daha düşük büyüme hızına sahiptirler (Muslu, 2000) .

Hücre sentezinde gereken enerji ışık veya kimyasal oksidasyon ile sağlanır. Işığı enerji kaynağı olarak kullanan bu organizmalar, *fototrof* olarak adlandırılırlar. Fototrofik organizmalar, heterotrofik (bazı sülfür bakterileri) veya ototrofik (alg ve fotosentetik bakteri) olabilirler.

Energilerini kimyasal reaksiyonlardan karşılayan organizmalar, *kemotrof* olarak bilinirler. Fototrof ve kemotroflar, heterotrof (protozoa, fungi ve bakterilerin çoğu) veya ototrofik (nitrifikasyon bakterisi) olabilirler.

Kemototroflar, indirgenmiş amonyak, nitrit ve sülfid gibi inorganik bileşiklerin oksidasyonundan oluşan enerjiyi kullanırlar. Kemoheterotroflar ise organik bileşiklerin oksidasyonu sonucu açığa çıkan enerjiyi kullanırlar (Orhon ve Artan, 1994).

Biyolojik Arıtmada Önemli Mikroorganizmalar: Biyolojik arıtma yöntemlerinde, arıtmada en etkin rol oynayan mikroorganizmalar aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır (Samsunlu, 2006).

- Aerobik (havalı) mikroorganizmalar; metabolik işlemler için moleküler oksijene ihtiyaç duyarlar
- Anaerobik (havasız) mikroorganizmalar; oksijensiz ortamda yaşayabilen , enerjilerini organik bileşiklerden sağlayan mikroorganizmalardır.
- Fakültatif mikroorganizmalar; oksijenli ortamda aerobik mikroorganizmalar gibi, oksijensiz ortamda ise anaerobik mikroorganizmalar gibi davranan canlılardır.

Biyolojik arıtmada yaygınlıkla kullanılan mikroorganizmalar bakterilerdir. Fungi, protozoa, rotiferler ve algler biyolojik arıtmada etkili olan diğer mikroorganizmalardır (Grady, 1999).

#### **2.4.2.3. Aktif çamur yöntemi**

Aktif çamur yöntemi 1914 yılında İngiliz Ardern, Lockett tarafından Amerikalı Clark'ın çalışmalarına dayanılarak geliştirilmiştir (Samsunlu, 2005). Buradaki esas, mikroorganizmaların atık suyun içerisinde biyolojik değeri olan maddelerden yapı değişimi veya enerji kazanılması için faydalanmasıdır. Bu şekilde organik madde mikroorganizma bünyesine alınarak aktif çamur olarak ortamdan uzaklaştırılmaktadır. Aktif çamur metodunda, havalandırma havuzu ve son çökeltme havuzu birbirine bağlı bir grup oluşturmaktadır .

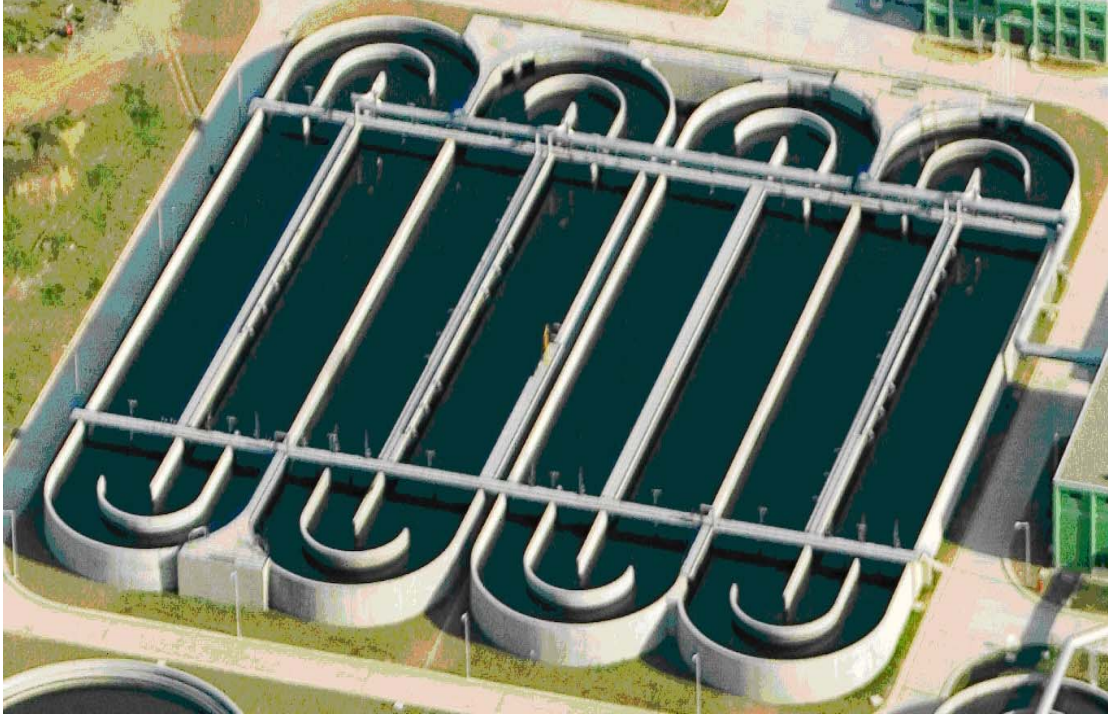
Atık suyun biyolojik olarak temizlenmesi havalandırma havuzunda, aktif çamur vasıtasıyla olmaktadır. Son çökeltme havuzunda aktif çamur flokları çökmekte ve

aktif çamur olarak havalandırma havuzuna geri pompalanmaktadır. Geri gelen aktif çamur bakterilerin dairesel hareketlerini tamamlamakta ve havalandırma havuzu ile son çökeltme havuzunun bir bütün olarak çalışmasını sağlamaktadır. Aktif çamurun fazlalaşması halinde bir miktar aktif çamur artık olarak uzaklaştırılmaktadır. Artık çamurun uzaklaştırılması ile havalandırma havuzundaki çamur miktarı ayarlanabilmektedir. Burada çamurun alınması aktif çamur sisteminin kararlılığını ve verimli çalışmasını sağlamaktadır.

Klasik Aktif Çamur sisteminde ikinci kademe olarak tanımlanan biyolojik arıtma öncesinde ızgara, kum tutucu ve ilk çöktürme birimlerini ihtiva eden bir mekanik kaba ayırım uygulanır.

Uzun havalandırılmalı aktif çamur yöntemi: Aktif çamur yönteminin düşük atıksu debileri için ve endüstri atık sularının arıtılmasında kullanılabilmesi son yıllarda geliştirilen, hava yardımı ile çamurun stabilize edilmesi sayesinde mümkün olmuştur. Diğer metotlarda, normal ve büyük tesislerde havalandırma süresinin kısaltılmasına çalışılırken bu metoda ise havalandırma süresi 0.5-3 gün arasında değişmekte olup tesiste çok az atık çamur meydana gelmektedir. Bakteriler ölüm fazında faaliyet gösterirler. Bu metoda mümkün olduğu kadar çok çamur miktarı ile havalandırma havuzunun çalıştırılmasına gayret edilmektedir. Böylece mikroorganizmalar kendi bünyelerindeki hücre malzemelerini oksitlemeye zorlanmaktadır. Bu şekilde çalışan biyolojik tesislerde havalandırma havuzu ve son çökeltme havuzu birlikte bir bütün olarak inşa edilebilir ve ön çökeltme havuzu inşa edilmeyebilir. Bu durumda çamur miktarı umumiyetle 4-5 kg/m<sup>3</sup>'den fazladır. Çamur yükünün çok küçük olduğu bu tesislerde çamur o kadar yüksek derecede oksitlenir ki bir kokmaya sebep olmadan çamur suyundan ayrılabilir (Samsunlu, 2006).

Şekil 2.4. de bir uzun havalandırılmalı aktif çamur havuzunun görünüşü verilmiştir. Bu metot, düşük inşaat masrafları ve iyi olan işletme şartları sayesinde yüksek olan enerji masraflarına rağmen az bakım gerektirdiğinden az atıksu veren küçük ve orta ölçekli endüstri tesislerinin ve küçük yerleşme ünitelerinin atık sularının arıtılmasında geniş kullanım bulan oksidasyon hendekleri ve küçük arıtma tesisleri şeklinde uygulanabilir.



Şekil 2.4. Uzun havalandırılmalı aktif çamur havuzu

Aktif çamurun fiziksel yapısı :Aktif çamur metodu ile yapılan biyolojik arıtmada, sistemde yeterli miktarda aktif çamur bulunması gerekir. Yüksek bir arıtma verimine ulaşılabilmesi için, atık sudaki organik maddelerin, tam olarak absorbe olabilmelerinin temini için yeterli temas yüzeyine sahip olmaları gereklidir. Bu bakımdan çamur geniş yüzeyi olan bir yapıda olmalıdır. Ayrıca çamur floklarına tutunmuş olan maddelerin son çökeltme havuzunda tamamen çökebilmesini temin için aktif çamur iyi floklaşma ve çökme özelliğine sahip olmalıdır (Samsunlu, 2006).

Aktif çamurun biyolojik yapısı: Aktif çamur sisteminin doğru tasarımı ve işletilmesi için mikroorganizmaların sistemdeki yeri ve önemi bilinmelidir. Birçok arıtma sistemi karmaşık, bağlantılı ve karışmış biyolojik popülasyondan oluşur ve bu mikroorganizmaların her birinin kendine özgü büyüme eğrileri vardır. Her bir mikroorganizmanın büyüme eğrisinin pozisyonu ve şekli ortamdaki besin (nutrient) ve yiyeceğe bağlı olduğu gibi sıcaklık, pH gibi çevresel faktörlere ve sistemin aerobik/anaerobik olduğuna da bağlıdır (Samsunlu, 2005).



### **2.4.3. Kimyasal arıtma yöntemleri**

Kimyasal arıtma yöntemi kirlilik unsurunun kimyasal özelliklerine bağlı olarak, dışarıdan kimyasal madde eklemek suretiyle yapılan bir arıtma şeklidir. Kimyasal arıtma sistemleri suda çözülmüş veya askıda halde bulunan maddelerin fiziksel durumunu değiştirerek çökelmelerini sağlamak üzere uygulanan arıtma işlemidir. Kimyasal arıtma işleminde, uygun pH değerinde atıksuya kimyasal maddeler ilave edilmesi sonucu, çöktürülmek istenen maddeler çökelti olarak çamur halinde sudan ayrılır.

Kimyasal arıtma uygulamalarını temel olarak üç başlıkta toplanabilir. Bunlar; asidik ve bazik karakterdeki atıksuların uygun pH değerinin ayarlanması amacı ile yapılan asit veya baz ilavesi işlemi olarak tanımlanan nötralizasyon, Koagülant maddelerin uygun pH'da atıksuya ilave edilmesi ile atıksuyun bünyesindeki koloidal ve askıda katı maddelerle birleşerek flok oluşturmaya hazır hale gelmesi işlemi içeren koagülasyon ve atıksuyun uygun hızda karıştırılması sonucunda koagülasyon işlemi ile oluşturulmuş küçük taneciklerin, birbiriyle birleşmesi ve kolay çökebilecek flokların oluşturulmasını içeren flokülasyon (yumaklaştırma) işlemleridir. Kimyasal arıtma yöntemleri ile ilgili detaylı bilgi için (Tchobanoglous ve diğerleri, 2003)'e başvurulabilir.

### **2.5. Atıksu Arıtma Tesisleri**

Bu bölümde atıksu arıtma tesislerinin genel yapısı ile Türkiye'deki atıksu arıtma tesislerinin durumu ele alınmaktadır.

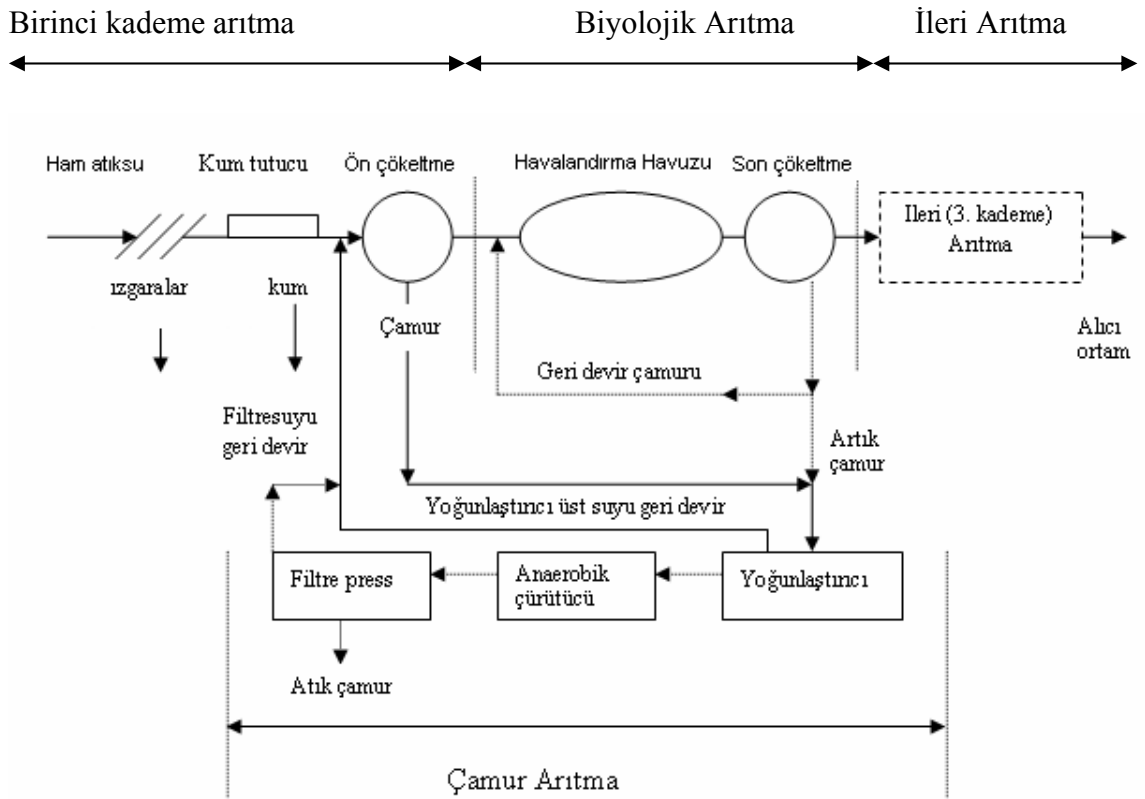
#### **2.5.1. Atıksu arıtma tesislerinin genel yapısı**

Evsel atıksuların arıtma işlemi, mekanik, biyolojik ve kimyasal proseslerden oluşan arıtma kademelerinde gerçekleştirilir. Birinci kademe arıtma mekanik ve fiziksel proseslerden, ikinci kademe biyolojik proseslerden, üçüncü kademe ileri arıtma

proseslerinden oluşur (Samsunlu, 2006). Bir atıksu arıtma tesisindeki işleyiş Şekil 2.5.'de gösterilmektedir.

Kanallarda ve arıtma tesislerinde hidrojen sülfür oluşumuna dikkat edilmeli ve önlem alınmalıdır. Hidrojen sülfür istenmeyen korozyon ve koku oluşumuna neden olur.

Kentsel atıksulara karışan endüstriyel atıksu miktarı her geçen gün artmaktadır. Endüstriyel atıksu düşük konsantrasyonlarda bile zehirlilik etkisi yaratabilmektedir. Bu nedenle endüstriyel atıksuların diğer endüstrilerle ortak veya ayrı ön arıtma işleminden geçirildikten sonra kentsel arıtma tesisine gönderilmesi faydalıdır.



Şekil 2.5. Atıksu arıtımı ve arıtma kademeleri ( Samsunlu, 2006)

Atıksular arıtılsın ya da arıtılmasın son noktada bir su kaynağına verilirler. Genellikle deniz, nehir, göl gibi bir yüzeysel su kaynağına verilir veya nadiren

zemine sızdırılırlar. Atıksular, arıtılmadan deşarj edildikleri taktirde aşırı beslenmeye (ötrifikasyon), yüzeysel suların anaerobik bir ortama dönüşmesine, balık ölümlerine, koku yayılmasına sebep olurlar. Bu durum içme kaynaklarından içme suyu teminini güçleştirir ve hatta engeller. Ayrıca su kaynaklarına atıksu deşarjı kolera, tifo, sarılık gibi enfeksiyon hastalıklarının artmasına neden olduğu gibi, bu suların endüstride ve tarımda kullanılmasını da kısıtlar veya tamamen engeller. Atıksuların arıtılması ile amaçlanan, yüzeysel su kaynaklarının, yer altı sularının ve zeminin kirletilmemesi, çevre ve halk sağlığının zarar görmemesidir.

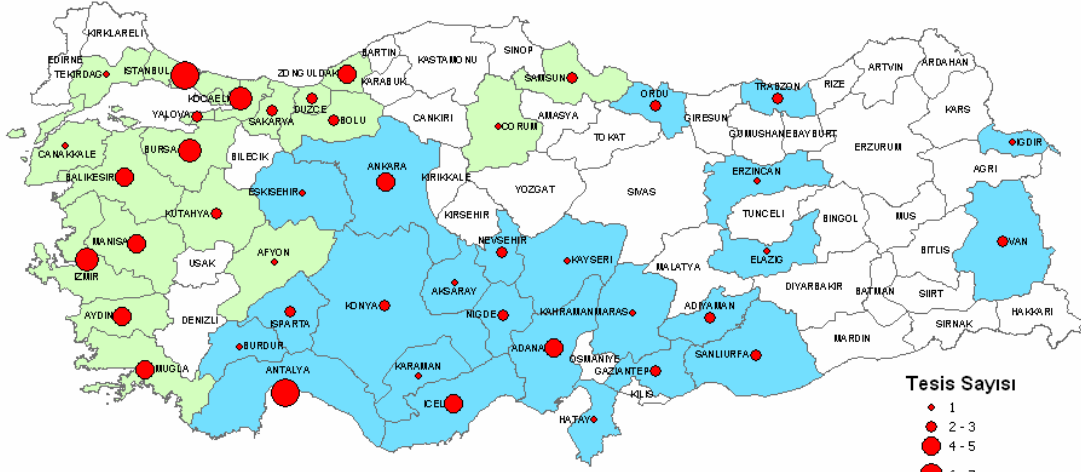
Atıksuların arıtılmasında uygulanan işlemler devamlı olarak gelişmekte ve değişmektedir. Mevcut atıksuya bu işlemlerden hangisinin uygulanacağını belirlenmesi atıksuyun karakterizasyonunun doğru belirlenmesine bağlıdır. Atıksu karakteri özellikle özel bileşikler açısından devamlı değişmekte olduğundan karakterizasyon çalışmaları yeni arıtma metodlarının belirlenmesinde etkilidir.

### **2.5.2. Türkiye’de faaliyet gösteren atıksu arıtma tesisleri**

Türkiye’nin 81 ilinden 43’ünde toplam 129 adet çalışır durumda atıksu arıtma tesisi mevcuttur. Bu tesisler toplam 30.374.000 kişiye hizmet verilmektedir. Toplam nüfusun yaklaşık olarak % 45’i hizmet görmektedir. Mevcut arıtma tesisleri çoğunlukla ülkenin sanayi ve turizm kentlerinin bulunduğu batı ve güney kesimlerinde yer almaktadır. Türkiye’de bulunan atıksu arıtma tesislerinin coğrafik dağılımı Şekil 2.6.’da verilmiştir (Arslan ve diğerleri, 2005)

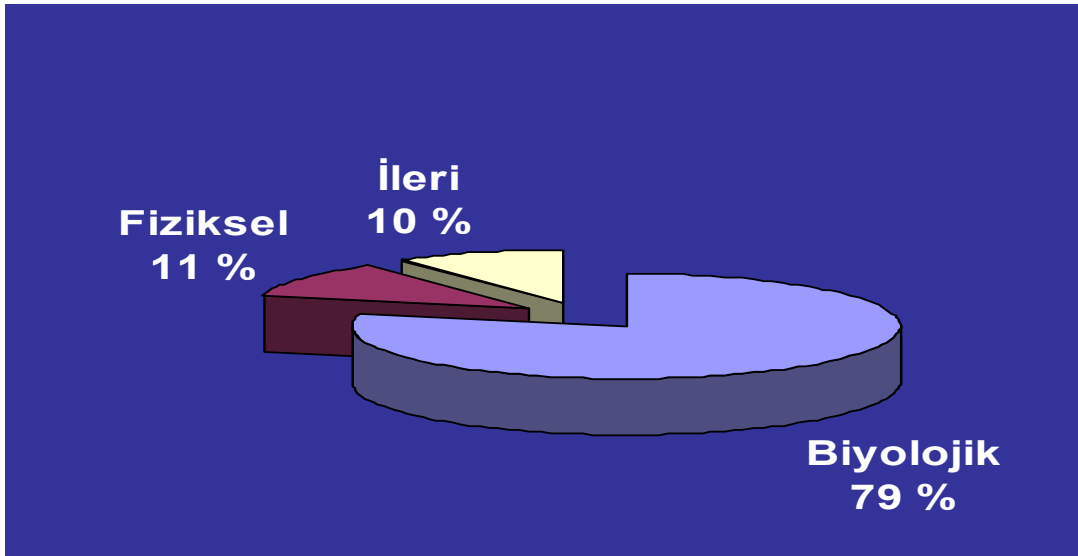
Toplam kentsel atıksu arıtma tesislerinin %44’ü büyük şehirlerimizde bulunmaktadır.

Ülkemizde bulunan 129 Eysel Atıksu Arıtma Tesisi (AAT)’nin; 28’i 12 büyükşehirde, 68 tanesi nüfusu 15 000 den fazla olan yerleşim bölgelerinde, 33 tanesi de nüfusu 15 000 den küçük olan yerleşim bölgelerindedir.



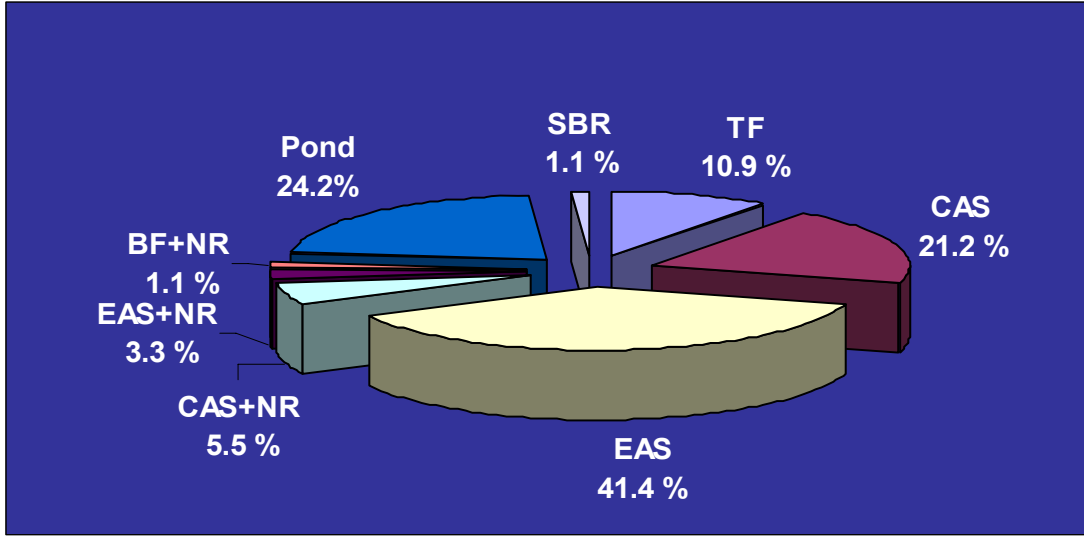
Şekil 2.6. Türkiye’de bulunan atıksu arıtma tesislerinin coğrafik dağılımı (Arslan ve diğ, 2005)

Mevcut kapasitelerine göre arıtma teknolojilerinin dağılımı Şekil 2.7.’de gösterilmektedir (Arslan ve diğerleri, 2005 ).



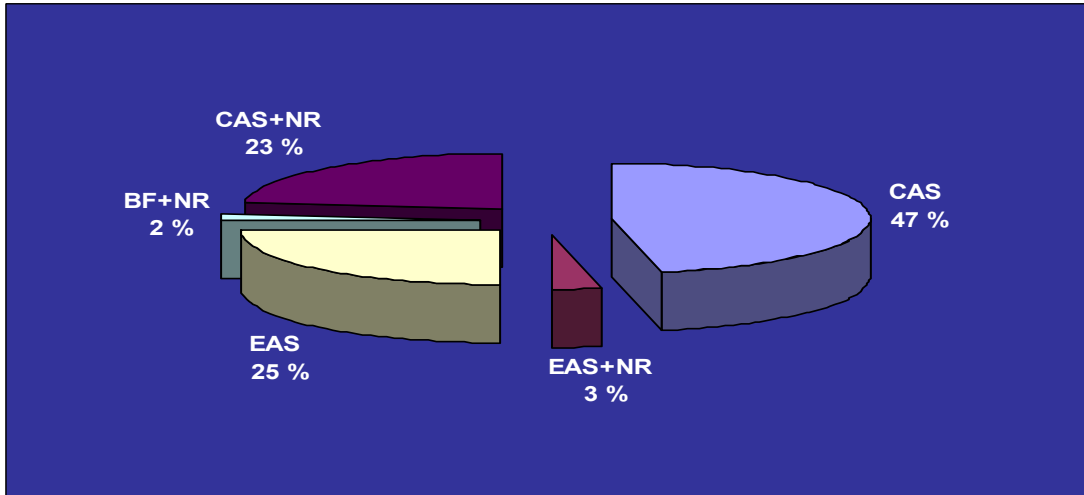
Şekil 2.7. Atıksu Arıtma tesislerinin, kullanılan teknolojilere göre dağılımı

Biyolojik teknolojilerle çalışan arıtma tesislerinin sayısal dağılımı Şekil 2.8’de gösterilmektedir.



Şekil.2.8.Biyolojik Arıtma tesislerin dağılımı (Arslan ve diğerleri, 2005 )

Biyolojik teknolojilerle çalışan arıtma tesislerinin debi büyüklüklerine göre dağılımı ise Şekil 2.9’de verilmektedir.



Şekil 2.9. Biyolojik Teknolojiler (Debi bazında dağılım) (Arslan ve diğerleri, 2005)

## 2.6. Karaman Atıksu Arıtma Tesisi

Bu bölümünde tezin uygulama kısmında yer alan Yapay Sinir Ağı (YSA) Arı Algoritması eğitim modelinin atıksu arıtma tesis kontrolünde kullanılması için

seçilen Karaman Atıksu Arıtma Tesisi (AAT) tanıtılmaktadır. Türkiye’den bir örnek olarak seçilen tesis bölümleri, kapasitesi, tasarım parametreleri ve kullanılan arıtma teknolojisi hakkında bilgi verilecektir.

Karaman AAT, evsel nitelikli atık suları arıtmak için yapılmış olup, yaklaşık 750.000 kişilik nüfusa yetecek kapasiteli uzun havalandırılmalı aktif çamur sistemine sahip, bir biyolojik arıtma tesisidir.

Karaman atıksu arıtma tesisi, Adapazarı Büyükşehir Belediyesi, Adapazarı Su ve kanalizasyon İdaresi genel Müdürlüğü (ADASU) bünyesinde 2004 yılında faaliyete geçmiştir. Hizmet verdiği yerleşim bölgeleri içerisinde; Adapazarı Merkez, Arifiye, Erenler, Serdivan, Yazlık, Güneşler, Hanlı, Nehirkent belediyelerinin atık suları ile, Sapanca Gölü Güney Kuşaklama kollektörü tarafından toplanan Sapanca, Kurtköy ve Kırkpınar yerleşimleri ile Kocaeli’nden Maşukiye, Hikmetiye ve Acısu Belediyeleri bulunmaktadır (Adasu, 2007)

Tesis, ön arıtma istasyonu (kum/yağ tutucuları, kaba ve ince ızgaralar, pompalar), havalandırma havuzları, ham çamur yoğunlaştırıcıları, çökeltme havuzları, çamur geri devri pompa istasyonu ve mekanik çamur susuzlaştırma ünitelerinden oluşmaktadır. Çökeltme havuzlarında savaklanan arıtılmış sular ise çıkış kanalında toplanarak Çark Deresi’ne deşarj edilmektedir. Tesiste atık suyun arıtımı, PLC ile kumanda edilmektedir.

Adapazarı merkezi atıksu arıtma tesisi ileri biyolojik arıtma yapılan, uzun havalandırılmalı aktif çamur sistemine sahip tesisin genel görünümü Şekil 2.10 da verilmiştir.



Şekil 2.10 Karaman atıksu arıtma tesisi genel görünümü

Karaman atıksu arıtma tesisi Tablo 2.2. de verilen 2015 ve 2035 yılı nüfusları öngörülerek tasarımı yapılmıştır (Merrath, 1997). Halen %50 kapasite ile hizmet vermektedir.

Tesisin 2007 günlük ortalama debisi  $100\ 000\ m^3 /gün$  olarak gerçekleşmektedir. 2035 yılı tasarımları için ek üniteler yapılması öngörülmektedir.

Tablo 2.2. Karaman AAT tasarım parametreleri (Merrath, 1997).

Tasarım	2015 yılı	2035 yılı
Eşdeğer nüfus	750.000	1.625.767
Ortalama debi	198 800 $m^3/gün$	433 537 $m^3/gün$
Tasarım debisi	271 941 $m^3/gün$	597 465 $m^3/gün$
Maksimum debi	359 708 $m^3/gün$	794 179 $m^3/gün$

Tasarım istenen atıksu standartları ise biyolojik oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı için 30 mg/lit den küçük olması, pH değerinin de 6-9 arasında olması esasına göre projelendirilmiştir.

Tasarım Atıksu Karakteri: İlk aşamada evsel atıksu %82, sonraki aşamalarda %72 evsel atıksu gelecek şekilde tasarlanmıştır. Endüstriyel atıksuyun kirlilik parametreleri evsel atıksu ile aynıdır. Eğer her hangi bir endüstriyel atık bu sınır değerlerin üzerine çıkarsa, bu suların kentin kanalizasyon sistemine bırakılmadan önce, ön arıtmadan geçirilmesi sağlanmaktadır.

### **2.6.1. Ön arıtma birimleri**

Bu alt başlıkta atıksuyun tesise girişi ve fiziki arıtmaya tabi tutulduğu birimlerini kapsayan ön arıtma bölümleri fonksiyonları ile birlikte tanıtılmaktadır.

#### **2.6.1.1. Giriş dağıtım odası**

Atıksu arıtma tesisine giren krili karşılayıp isteğe göre bölüştürür ve acil durum taşkın suyunu alıcı ortama ulaştırır.

Kaba eleklerin önünde bulunan 4 adet penstok valfi sayesinde tesise gelen akış kısa bir süre için tamamı ile kesilip atıksu kanalizasyon şebekesi içinde tutulabilir.

Tesiste bulunan taşkın, tesise gelen pis su kanalı seviyesinden yüksek olduğundan kullanılamamaktadır. Bu yüzden su tesise alınmakta ve herhangi bir acil durumda by-pass hattı kullanılmaktadır.

#### **2.6.1.2. Giriş suyu dağıtım kanalı**

Giriş kanalından kaba elek tesisine kadar düzenli bir atıksu akışı sağlamaktadır. Dağıtım kanalında, giriş suyu kanal ağzının hemen arkasına konulan saptırma duvarı, bütün yataklarda kesintisiz bir akış sağlayarak, su girişi kanalının ilerideki elek kanalları akışlarına doğrudan karışmasını engellemektedir.



Dağıtım kanalı boyutlandırılırken, minimum 0,4 m/sn nin üzerinde bir debi tutturulması sağlanarak katı maddelerin birikmesinden kaçınılmıştır.

### 2.6.1.3. Kaba elekler

Giriş kanalının ardından giren akış toplam 4 diziye ayrılmıştır. Bu düzenleme, bu 4 kanal aracılığı ile mümkün olan en yüksek hacimde suyun uzaklaştırılmasına imkan vermek amacıyla planlanmıştır.

Tablo 2.3. Karaman Atıksu Arıtma Tesisi kaba elek kapasiteleri

Parametre	boyutlar	2015	2035
Kaba elek sayısı	parça	3+1	7+1
Elek başına kapasite	m <sup>3</sup> /saat	5400	5400
Izgara aralığı	mm	50	50
Elek genişliği	m	2	2
Kanal genişliği	m	6.5	6.5
Konteyner hacmi	m <sup>3</sup>	10	10

Kanalın kaba elek öncesi ve sonrasındaki eni 1.8 m olup eleğe geldiğinde 2.0 m ye genişlemektedir. Her bir kanaldaki kaba eleklerin genişliği 2 m ve ızgara çubuk aralıkları 50 mm olan kafeslerden oluşmaktadır. Kaba elek kapasiteleri Tablo 2.3. gösterilmiştir.

### 2.6.1.4. Giriş suyu pompalama istasyonu

Atıksuyu istenilen işleme seviyesine yükseltir, böylece gerekli meyili sağlar. Bundan sonraki tesis proseslerinde yer çekimine dayalı bir akışı sağlanmış olur.

Tesiste her bir kademede 4 adet olmak üzere toplam 8 adet Arşimedyen (Sarmal) Pompa bulunmaktadır. Her bir kademede 1 tanesi yedek olup her birinin taşıma kapasitesi 5400 m<sup>3</sup>/saat dir. Sarmalların montaj açısı 38 °C dir. Dış çapları 2.65 m ve have uzunluğu 21.27 m dir. Arıtma tesisi pompa kapasiteleri Tablo 2.4. de gösterilmiştir.

Tablo 2.4. Karaman Atıksu Arıtma Tesisi pompa kapasiteleri

Parametre	boyutlar	2015	2035
Pompa sayısı	parça	3+1	7+1
Her bir pompa kapasitesi	m <sup>3</sup> /saat	5400	5400
Sarmal çap(dış/iç)	mm	2650/1650	2650/1650
Şanjıman uzunluğu	m	21.27	21.27

#### 2.6.1.5. İnce elek ünitesi

İnce eleklerdeki ızgara aralığı 6 mm dir. Elek tesisinin kontrolü bir su seviyesi diferansiyel şalter gereci ile yapılmaktadır. Burada ince eleklerden önceki ve sonraki akış düzeyi, sondalar aracılığı ile kaydedilmektedir. Su seviyeleri arasında önceden tanımlanan farka erişildiği zaman elekler otomatik olarak temizlenmektedir.

İnce eleklerin arkasındaki ve önündeki pis su giriş ve çıkış kanallarının enleri 1.8 m, eleklerin olduğu kısımda elek genişliği 2.25 metredir. Elek sistemi, 2015 ve 2035 yılları için tasarlanmış değerleri Tablo 2.5. de verilmiştir. Eleklerde biriken çöpleri taşımak için yapılan bantlardan birinin uzunluğu 10 m, diğerinin uzunluğu 17m dir.

Tablo 2.5. Karaman AAT ince elek kapasiteleri

<b>Elek Sistemi</b>	<b>TİP</b>	<b>2015</b>	<b>2035</b>
<b>Elek sayısı</b>	Parça	3+1	7+1
<b>Izgara aralığı</b>	mm	6	6
<b>Genel elek genişliği</b>	m	2.25	2.25
<b>Kanal genişliği</b>	m	1.8	1.8
<b>Su seviyesi</b>	m	1.07	1.07
<b>Konteyner sayısı</b>	parça	3	6
<b>Her bir konteynerin kullanma süresi</b>	saat	24	10.8
<b>Doldurma kapasitesi</b>	gün	3	2.7
<b>Taşıma bant uzunluğu</b>	m	10-17	10-17

Komple ince elek tesisinin kısım da çalışabilmesi için hem ince elekler, hem de taşıma bantları gözlem delikleri olan koruyucu örtülerle kapatılmıştır.

#### **2.6.1.6. Elek materyali presi**

Elekte kalan materyalin (çöplerin) içindeki su miktarını azaltır ve böylelikle ağırlıkta ve hacimde düşüş sağlar. Tesiste 2 adet elek materyali presi bulunmaktadır. Her iki elek presinden çıkan su birleştirilerek bir boru aracılığı ile kaba eleklerin önündeki dağıtım kanalına geri yollanmaktadır.

#### **2.6.1.7. Havalandırmalı kum tutucu**

Kum ve askıda katı madde gibi çökelebilecek materyalleri alır, tesisin atıksu ve çamur arıtımının daha ileri aşamalarında bunların yaratacağı olumsuz etkileri önler.

Kum tutucuya verilen basınçlı hava kum tutucunun içinde boyuna giden su akışını spiral bir harekete döndürerek, ağır mineraller ve suyun içindeki kum bu durumda

dibe çökelmekte ve atıksuyun içinde daha hafif olan organik bileşikler kalmaktadır. Tablo 2.6'de özellikleri verilen kum tutucuların hacimleri 535 m<sup>3</sup> dür ve 2015-2035 yılları için arıtma kapasitelerine göre öngörülen kum tutucu boyutları verilmiştir.

Kum ayırıcısı, havalandırılmış kum tutucudan çekilen kum-su karışımından kumla suyu ayırır ve kumdaki organik madde içeriğini istenen düzeye düşürür.

Tablo 2.6. Karaman Atıksu Arıtma Tesisi kum tutucu kapasiteleri

Parametre	Boyutlar	2015	2035
Tutucu sayısı	Parça	2*2	4*2
her bir tutucu kapasitesi	m <sup>3</sup>	535	535
Ayrıştırma derecesi	%	0.12-0.2==%97 0.2-0.25==%100	0.12-0.2==%95.6 0.2-0.25==%100
Uzunluk	M	43	43
Genişlik	M	3.3	3.3
derinlik	M	4.15	4.15
Kum hunisi uzunluğu	M	2.8	2.8
Kum hunisi genişliği	M	3.3	3.3
Üfleme derinliği	M	3.45	3.45
Kum hunisi derinliği	M	3.5	3.5

#### 2.6.1.8. Yağ tutucu

Yağ tutucuların görevi, atıksudaki yağ ve yüzen maddeleri tutmak ve bu yolla tesis prosesinin daha ilerdeki aşamalarında karşılaşılabilecek operasyonel sorunları en alt düzeye indirmektir.

Yağ tutucular; kum tutuculardan katmanlı ve yivli bir ayırıştırma plakası ile ayrılmakta, bu duvardan geçen yağ partikülleri önce yağ tutucuya aktarılmakta sonra

da bunun üzerinde yüzdürülmektedir. Tablo 2.3’de tesiste bulunan yağ tutucuların kapasiteleri verilmektedir.

Tablo 2.7. Karaman Atıksu Arıtma Tesisi yağ tutucu kapasiteleri

Parametre	boyutlar	2015	2035
Tutucu sayısı	parça	4	4
Genişlik	m	2.3	2.3
Uzunluk	m	41	41

#### 2.6.1.9. Gelen atıksu ölçüm istasyonu ve akış hacmi lm

Tesisin işletilmesi için önemli olan esas girdi miktarları ile gelen su hacmi kaydedilir. Giriş suyunun ölçümleri (pH ve debi) kum tutucunun su akışı kanalında yapılmaktadır.

#### 2.6.1.10. Dağıtım odası

Gelen su hacmini ve çökeltme tankından gelen geri devir çamurunu, dört havalandırma tankı dizisine eşit olarak ulaştırır. Atıksu, dağıtım odasına kum tutucuların atıksu toplama kanalından bir kanal borusu ile gelmektedir. Bu su daha sonra akış lerden geçerek dağıtım binasındaki ilk kabul alanına ulaşmaktadır.

Geri devir çamuru ve onun karışımının atıksu ile karışması işlemi lağım suyu besleme borusunun entegre olacağı ilk karşılama alanında gerçekleşmektedir. Geri devir çamurunun giren atıksu ile entegre olmasını ve karışmasını sağlamak için çalkalayıcı bulunmaktadır.

#### 2.6.2. Biyolojik arıtma birimleri

Tesiste biyolojik arıtmanın gerçekleştiği ikincil arıtma birimleri bu bölümde tanıtılmıştır

### 2.6.2.1. Aktif çamur sistemi (havalandırma havuzları)

Havalandırma havuzları atıksudaki kirleticilerin biyogenik olarak ayrıştırılmasını sağlar.

Atıksuyun nitrifikasyon yolu ile arıtılmasında, amonyum-nitrojen muhtevası havalandırma tanklarında daha da okside olarak nitrat-nitrojene dönüşecektir. Daha sonra denitrifikasyon nedeni ile nitrat-nitrojen gaz halinde nitrojene dönüşecek bu da güvenle havalandırma havuzundan atmosfere salınabilecektir.

Nitrifikasyon: Amonyumun biyo-kimyasal olarak nitrata dönüştürülmesidir. Azotlu amonyum, iki bakteri türü ile önce nitrite, sonra da nitritlerden nitratlara dönüştürülmektedir. Nitrifikan denilen bu bakteriler büyümek için gerekli enerjiyi nitrojen oksidasyonu ile üretmektedirler. Bu süreçte yeni hücre maddesi oluşturmak için, karbon kaynağı olarak CO<sub>2</sub> kullanmaktadırlar. Nitrifikanlar tümü ile aerobik bakteriler oldukları için, oksidasyon sürecinde oksijene bağımlıdırlar.

Denitrifikasyon: Nitrat ve nitritlerin mikro-bakteriyel olarak gaz halindeki nitrojene dönüşmesini ifade etmektedir. Bu dönüşüm, çözülebilir oksijen yoğunluğunda heterotropik bakterilerin çok büyük bir yüzdesi tarafından gerçekleştirilebilmektedir. Basit olarak, çözülmüş oksijen yerine nitrat-nitrojen tüketilmektedir.

Nitrifikasyon sırasında oluşan hidrojen iyonlarının yaklaşık %50'si denitrifikasyon sürecinde yeniden kullanılmaktadır. Bunun sonucunda asidite kapasitesinde düşüş ve kısmen nitrifikasyon sürecinin parçası olan pH düzeyinde azalma olmaktadır.

Denitrifikasyonun faydaları;

- Biyolojik prosesin proses dengesinde iyileşme
- Son çökeltmede başı boş denitrifikasyonu engelleyerek yüzen köpük artışında azalma
- Nitrat-Oksijeninin oksidasyon prosesinde kullanılması sonucunda artan enerjide azalma sağlar.

Tablo 2.8’de gösterildiği gibi, her biri 37.500 m<sup>3</sup> olan 4 havuz halihazırda mevcut olup 2 adet havuz aktif olarak kullanılmaktadır. Havuzların derinliği 6.3 m olup Şekil 2.10’da gösterilen resmin sol tarafında yer alan havuzların içlerindeki her halka 11m genişliğe sahiptir. Tesiste asıl biyolojik arıtmanın sağlandığı kısım bu havalandırma havuzlarıdır. Atık su tesis içerisinde geçirdiği en uzun zamanı bu havuzlarda geçirmektedir. Atıksuyun havalandırma havuzlarında geçirdiği toplam süre 20 saati bulmaktadır.

Tablo 2.8 Karaman Atıksu Arıtma Tesisi havalandırma havuzu kapasiteleri

Parametre	Boyutlar	2015	2035
Toplam havuz hacmi	m <sup>3</sup>	150000	300000
Havuz sayısı	adet	4	8
Havuz derinliği	m	6.3	6.3
Volümetrik yükleme hızı	kgBOİ5/m	0.298	0.325
Çamur yükleme hızı	kgBOİ5/kgTS.d	0.07	0.077

Aktif çamurun sirkülasyon tanklarında birikmesini güvenli bir şekilde önleyebilmek için 0.2 m/sn lik bir orta akış hızı muhafaza edilmektedir.

#### 2.6.2.2. Vantilatörlü körük istasyonu

Vantilatörlü körük istasyonu havalandırma aşamasında, kirleticilerin oksidasyonu için yeterli hava-oksijeni sağlar.

#### 2.6.2.3. Son çökeltme dağıtıcısı

Son çökeltme dağıtıcısı atıksu-aktif çamur karışımının planlanan 8 adet son çökeltme tankına eşit olarak dağıtılmasını sağlamaktadır.

Son çökeltme havuzları dağıtıcıları yay şeklinde şaftlar olarak tasarlanmıştır ve atıksu-aktif çamur karışımı buradan kanal boruları ile son çökeltme havuzlarına ulaşmaktadır.

#### **2.6.2.4. Son çökeltme havuzları**

Son çökeltme havuzları çamur su karışımındaki aktif çamuru, deşarj edilecek sudan ayırıştırılmaktadır. Geri devir çamuru oranı çok yüksek olduğu zaman, geri devir çamurundaki sağlanabilir katı madde konsantrasyonunu geri dönen biyomas açısından, havalandırma havuzlarında gerekli olan katı madde konsantrasyon düzeylerini tutmak açısından yeterli olmayacaktır.

Son çökeltme tanklarının iç çapı 48 m, kenar suyu 3.6 metre, çamur hunisinde 5.7 metre derinlik mevcuttur. Son çökeltme tankının taban eğimi yaklaşık 5.7 derecedir. Bu da dip tırmığı ile çamur atma işini daha basit bir hale getirmektedir. Tırmık dış duvardan merkeze doğru 0,4 metreden 0,7 metreye kadar sürekli yükselen bir yükseklikle tasarlanmıştır. Bunun sebebi, son çökeltme tanklarında yeterli bir temizlenecek çamur hacmi sağlamak içindir. Tesiste toplam 3 adet geri devir çamuru kontrol şaftı mevcuttur. Dışta bulunanlar kenardaki 2 şer tane çökeltim havuzunu, ortada bulunan şaft ise ortadaki 4 çökeltim havuzunun çamurunu toplamaktadır. Karaman AAT çökeltme havuzları Şekil 2.10 da verilen tesis görünümü içerisinde sağ tarafta görülen dairesel havuzlardır.

Son çökeltim tanklarında biriken köpüğün, sıyırma kanalına kanalize edilmesi gerekmektedir. Köpük, bilyalı bir sıyırma düzeneği ile pompalanarak basınçlı kolektör borulara iletilmektedir. Sıyırma kanallarından gelen basınçlı borular bir noktada birbirine bağlanmakta buradan geri devir çamuru pompalama istasyonu/fazla çamur pompalama istasyonuna kadar devam etmektedir.

#### **2.6.2.5. Çıkan akışı ölçüm istasyonu**

Tesisin çıkış suyunun alıcı ortama verilme noktasına konulmuş olan çıkan su ölçüm istasyonu ile;



- Ph
- Kondüktivite
- Atıksu Isısı

Değerleri ölçülebilmektedir.

### **2.6.3. Aktif çamur yönetimi birimleri**

Atık suyun biyolojik olarak temizlenmesi havalandırma havuzunda, aktif çamur ile gerçekleşmektedir. Son çökeltme havuzunda aktif çamur flokları çökmekte ve aktif çamur olarak havalandırma havuzlarına geri pompalanmaktadır. Aktif çamurum artması halinde bir miktar çamur atık olarak susuzlaştırılıp, kurutularak sistemden uzaklaştırılmaktadır. Bu işlemlerin yapıldığı tesis üniteleri bu bölümde tanıtılmaktadır.

#### **2.6.3.1. Geri devir çamuru pompalama istasyonu**

Dağıtım tesisi içindeki geri devir çamurunu pompalama istasyonu, havalandırma havuzlarındaki katı madde muhtevasını koruyabilmek için istenen aktif çamuru son çökeltme tanklarından buraya aktarmaktadır.

Dikey boruların içine 4 adet su altı pervaneli pompa takılmıştır. Her birinin en yüksek kapasitesi 4500 m<sup>3</sup>/saat dir.

Pompalama istasyonunun kontrolü, geri devir çamuru pompalarının, giriş suyunun hacmine göre sisteme sokulması ve sistemden çıkartılmasına olanak veren sürekli bir su seviyesi regülatörü ile yapılmaktadır.

#### **2.6.3.2. Fazla çamur pompalama istasyonu**

Fazla çamur pompalama istasyonu havalandırma tesisinin operatörü tarafından talep edildiği şekilde, atıksu biyolojik arıtma aşamasında çoğalan biyomasın belirli bir düzeyde tutulmasını sağlamaktadır.

Fazla çamur, geri devir çamurundan çekilmektedir. Fazla çamurun çekilmesi geri devir çamuru kabul alanlarından olmaktadır. Fazla çamurun çekilmesi 24 saat boyunca sürekli olmakta, böylelikle havalandırma tanklarında tek düze bir katı madde kitlesini sürekli kılmak mümkün olmaktadır.

### **2.6.3.3. Çamur yoğunlaştırıcıları**

Çamur yoğunlaştırıcıları çekilen fazla çamurun içindeki suyu azaltmak için kullanılmaktadır. Her bir yoğunlaştırıcının hacmi 1337 m<sup>3</sup> dür.

Fazla çamurun, yoğunlaştırıcılara iletilmesi fazla çamur pompalama istasyonu ve basınçlı bir boru aracılığı ile yapılmaktadır. Yoğunlaştırıcıların her birinden çamurun çekilmesi işlemi bir çamur çekme hunisi ve bir çamur çekme borusu ile yapılmaktadır.

### **2.6.3.4. Çamur depolama tankı**

İstenen miktarda yoğunlaştırılmış çamur elde etme sürecinde tampon vazifesi görmektedir. Çamur depolama hacmi 1337 m<sup>3</sup> dür. Depolama tankında bulunan malzemeyi homojenleştirmek için 2 adet su altı karıştırıcı mevcuttur.

### **2.6.3.5. Mekanik susuzlaştırma ünitesi**

Bu tankın amacı yoğunlaştırma sonrası çamurun içinde bulunan suyu %75 seviyesine indirmek için kemer (belt) presler kullanılır. Böylelikle dışarıda maksimum miktarda katı maddeye sahip bir çamur elde edebilmektir.

Kayış presler, haftada 6 gün ve günde ortalama 13 saatlik çalışma esasına göre tasarlanmıştır. Çamurla yoğunlaştırıcı katkı maddesinin (polimer-polielektrolit) yoğun olarak birbirine karışabilmesi için boruların içinde karıştırma enjektörleri mevcuttur. Çamur susuzlaştırıldıktan sonra çıkan su, çamur yoğunlaştırıcılardan gelen yüzey suyu ile birlikte girişe aktarılmaktadır.

#### **2.6.4. Tesis kontrolde kullanılan parametreler**

Karaman AAT de tesis kontrolde kullanılan ve periyodik olarak ölçülen parametreler temel olarak tesisin dört aşamasında gerçekleştirilmektedir. Atıksu girişi, havalandırma, aktif çamur yönetimi ve atıksu çıkışı aşamalarında olmak üzere dört kademede ölçümler periyodik olarak yapılmaktadır. Atıksu arıtma tesis işletme maliyetlerinde en büyük paya sahip elektrik sarfiyatı da günlük olarak ayrıca takip edilmektedir. Yapılan tüm testler kurum bünyesinde bulunan Çevre ve Orman Bakanlığı ön yeterlilik belgesine sahip laboratuvarlarda yapılmaktadır. Büyük bölümü günlük olarak takip edilen parametreler Tablo 2.9 da toplu olarak verilmiştir.

Tablo 2.9. Karaman AAT tesis kontrolde kullanılan parametreler

Atıksu Girişi	Ölçü	Havalandırma	Ölçü	Çamur Arıtımı	Ölçü	Atıksu Çıkışı	Ölçü
Min Hava Sıcaklığı	<sup>0</sup> C	Toplam Kuru Katı	g/lt	Tank 1 Geri Devir Çamuru	m <sup>3</sup> /gün	Atıksu Sıcaklığı	<sup>0</sup> C
Max Hava Sıcaklığı	<sup>0</sup> C	Toplam Çamur Hacmi	ml/lt	Tank 2 Geri Devir Çamuru	m <sup>3</sup> /gün	pH	(-)
Atıksu Sıcaklığı	<sup>0</sup> C	Toplam Çamur İndeksi	ml/g	Tank 3 Geri Devir Çamuru	m <sup>3</sup> /gün	AKM	mg/lt
pH	(-)	PH	(-)	Tank 4 Geri Devir Çamuru	m <sup>3</sup> /gün	BOI	mg/lt
Min Debi	m <sup>3</sup> /h	Tank 1 Sıcaklığı	<sup>0</sup> C	Toplam Geri Devir Çamuru	m <sup>3</sup> /gün	KOI	mg/lt
Max Debi	m <sup>3</sup> /h	Tank 2 Sıcaklığı	<sup>0</sup> C	Fazla Atık Çamur	m <sup>3</sup> /gün	NH4-N	mg/lt
Ortalama Debi	m <sup>3</sup> /h	Tank 3 Sıcaklığı	<sup>0</sup> C	Filtre 1 Preslenen Çamur	%	PO4-P	mg/lt
Günlük Debi	m <sup>3</sup> /gün	Tank 4 Sıcaklığı	<sup>0</sup> C	Filtre 2 Preslenen Çamur	%	NO3-N	mg/lt
AKM	mg/lt	Organik Madde	%	Filtre 3 Preslenen Çamur	%	Organik Madde	%
BOI	mg/lt	İnorganik Madde	%	Atık Çamur Kuru Katı Madde	%	İnorganik Madde	%
KOI	mg/lt			Toplam Katı Miktarı	t/gün		
NH4-N	mg/lt			Organik Madde	%		
PO4-P	mg/lt			İnorganik Madde	%		
NO3-N	mg/lt					<b>Tesis Geneli</b>	<b>Ölçü</b>
Organik Madde	%					Elektrik Sarfiyatı	kw/gün
İnorganik Madde	%						
KOI Yüğü	m <sup>3</sup> /gün						
KOI Yükleme G/Ç	kg/gün						

## **BÖLÜM 3. YAPAY SİNİR AĞLARI**

### **3.1. Giriş**

Bu bölümde “yapay zeka“ teknolojilerine genel bir bakıştan sonra Yapay Zeka Biliminin bir alt dalı olan ve insan beyninin varsayılan çalışma prensibini model alan “Yapay Sinir Ağları (YSA)” tanıtılacaktır. Sinir ağı topolojisi, işlem elemanın yapısı ve YSA elemanların özellikleri, uygulama adımları olan; tasarım, öğrenme ve test aşamaları detaylı şekilde açıklanacaktır.

Çağdaş dünyada bilgisayarlar ve bilgisayar sistemleri yaşamın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Teknolojinin gelişmesi izlendiğinde önceleri sadece elektronik veri transferi yapmak ve karmaşık hesaplamaları gerçekleştirmek üzere geliştirilen bilgisayarların zaman içerisinde büyük miktarlardaki verileri filtreleyerek özetleyebilen ve mevcut bilgileri kullanarak olaylar hakkında yorumlar yapabilen nitelikler kazandığı görülmektedir. Günümüzde ise bilgisayarlar hem olaylar hakkında karar verebilmekte hem de olaylar hakkındaki ilişkileri öğrenebilmektedir. Matematiksel olarak formülasyonu kurulamayan ve çözülmesi mümkün olmayan problemler sezgisel yöntemler yolu ile bilgisayarlar tarafından çözülebilmektedir. Bilgisayarları bu özelliklerle donatan ve bu yeteneklerinin gelişmesini sağlayan çalışmalar “yapay zeka” çalışmaları olarak bilinmektedir (Öztemel, 2006).

Yapay zeka teknolojilerinin en temel özellikleri olaylara ve problemlere çözümler üretirken veya çalışırken bilgiye dayalı olarak karar verebilme özelliklerinin olması ve eldeki bilgiler ile olayları öğrenerek, sonraki olaylar hakkında kararlar verebilmeleridir. Yapay zeka bilimindeki gelişmeler bu sistemlerde çeşitlendirmeye neden olmaktadır. Bir

taftan donanım teknolojisi gelişmekte ve daha hızlı çalışabilen, daha çok bilgiyi saklayabilen, daha karmaşık sistemleri ve fonksiyonları yerine getiren bilgisayarlar ve bilgisayar teknolojileri oluşturulmakta iken diğer taftan yazılımı teknolojisi gelişmekte ve bilgi işleme yetenekleri, öğrenme, karar verebilme, problem çözme, muhakeme yapabilme yöntemleri ve bu yöntemlere dayalı yazılım sistemleri geliştirilmektedir. Bu gelişmeler ise yapay zeka teknolojilerinin her geçen gün daha yaygın olarak bilinmesine ve gerçek hayatta insanların kullanımına alınmasına neden olmaktadır.

Yapay zeka bilimine genel bir bakış yapılırsa; bu bilimin, bilginin organizasyonu, öğrenme, problem çözme, teorem ispatlama, bilimsel buluşların modellenmesi gibi birçok konu ile ilgilendiği görülmektedir. Bu yetenekler ile donatılan bilgisayar sistemleri problemlere çözüm üretirken insanların problemleri çözme sürecini taklit etmektedir. Özellikle belirli bir algoritma veya formülasyon kullanılarak çözülemeyen problemlerin çözülmesi için yapay zeka sistemleri geliştirilmektedir. Problemin çözümünü sağlayan bir algoritma geliştirilmiş ise geleneksel bilgisayar sistemleri problemi çözmek için yeterli olmaktadır. Önemli olan problemin çözümünü veren bir formülün olmadığı durumlarda bilgisayarlara problemleri özdürmektir. Yapay zeka bu görevi üstlenmiş bir bilim dalıdır (Öztemel, 2006)

Bu tezde yapay zeka tekniklerinden yapay sinir ağları (YSA), genetik algoritmalar (GA) ve arı algoritmaları (ARI) kullanıldığından bu bölüm de YSA teknolojileri, takip eden bölümlerde de GA ve ARI açıklanacaktır.

### **3.2. Yapay Sinir Ağları (YSA)**

YSA, Yapay Zeka Biliminin bir alt dalıdır ve insan beyninin varsayılan çalışma prensibini kendine model edinmiş yapay sistemlerdir. YSA ğrenme kabiliyeti, adaptasyonu, az bilgi ile çalışabilme özelliği, hızlı çalışması ve tanımlama kolaylığı ile modern bilimin en popüler konularının başında gelmektedir. YSA'lar, öğrenme yoluyla

bilgi ve tecrübenin artırılması ve öğrenilenlerden faydalanarak sonuç üretilmesi prensibiyle işlemektedir (Öztemel, 1992).

YSA çalışmaları, başlangıçta temel tıp bilimlerinde, sinir hücresi modelleme çalışmaları ile başlamış bugün ise başta elektrik elektronik alanı olmak üzere, inşaat mühendisliğinin de içinde olduğu birçok alanda araştırma konusu haline gelmiştir. YSA son birkaç yıl içinde teorik gelişiminin yanı sıra, pratik uygulamalarda kullanılmaya başlanmış yeni bir hesap modelidir. YSA'nın yapı analizi ve tasarımında kullanılması çalışmaları büyük bir hızla devam etmektedir. İnsan beynindeki sinir hücrelerinin öğrenme kabiliyetinin modellenmesi çalışmaları ile ortaya çıkan YSA, optimizasyon tasarımları için de etkin bir metottur.

YSA teknolojisi öğrenebilen sistemlerin temelini oluşturmaktadır. İnsan beyninin temel işlem elemanı olan nöronu şekilsel ve işlevsel olarak basit bir şekilde taklit eden YSA'lar, bu yolla biyolojik sinir sisteminin basit bir simülasyonu için oluşturulan programlardır. Bu şekilde, insanoğluna özgü deneyerek (yaşayarak) öğrenme yeteneğini bilgisayar ortamına taşıyabildiği düşünülen YSA teknolojisi bir bilgisayar sistemine inanılmaz bir "girdi veriden öğrenme" kapasitesi sağlamaktadır ve birçok avantajlar sunmaktadır. Özellikle, "Evrensel Fonksiyon Yakınsayıcı Yöntem" olarak tanınmalarından dolayı tahmin ve öngörü gibi verinin içerdiği yapının tanımlanmasını gerektiren alanlarda sıkça kullanılmaktadır.

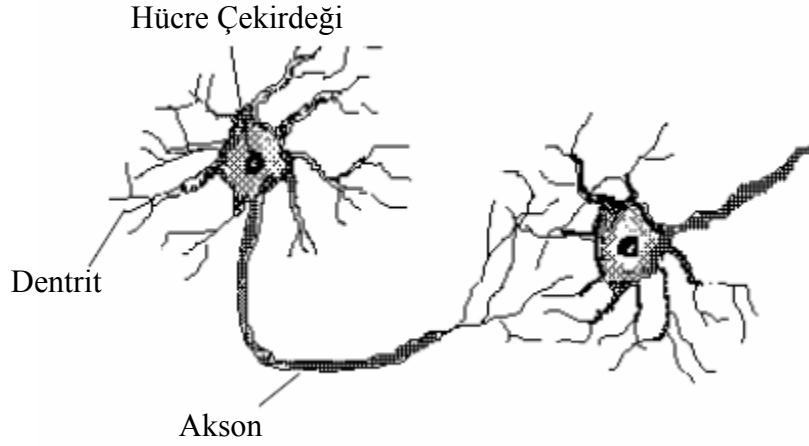
Yapay sinir ağı modelleri, algoritmik olmayan, paralel ve yayılı bilgi işleme yetenekleri ile bilinen modellerden farklıdır. Bu özellikleri sayesinde YSA, özellikle karmaşık ve doğrusal olmayan hesapları kolaylıkla ve hızlı bir şekilde yapabilir. Algoritmik olmayan ve çok yoğun paralel işlem yapabilen YSA, ayrıca öğrenebilme kabiliyeti ve paralel dağıtılmış hafıza ile de hesaplamada yeni bakış açılarına sebep olmuştur (Çağlar, 2002).

### 3.2.1. YSA'nın Temel Yapısı

İnsanlığın doğayı araştırma ve taklit etme çabalarının en son ürünlerinden bir tanesi Yapay Sinir Ağları teknolojisidir. Yapay Sinir Ağları, basit biyolojik sinir sisteminin çalışma şeklini simule etmek için tasarlanan programlardır. Simule edilen sinir hücreleri (nöronlar) içerirler ve bu nöronlar çeşitli şekillerde birbirlerine bağlanarak ağı oluştururlar. YSA insan beyninin ve sinir sisteminin öğrenme, sonuç çıkarma gibi davranışlarının modellenmesi ve yapay zeka çalışmalarının bir sonucu olarak ortaya çıkan bir bilgi işleme sistemidir. YSA, işlem elemanlarının (nöronların/yapay sinir hücrelerinin) birbirine farklı eşik seviyelerinde ilişkilendirilmesi ile oluşan bir model olarak düşünülebilir.

Biyolojik sistemlerde öğrenme, nöronlar arasındaki sinaptik (synaptic) bağlantıların ayarlanması ile olur. Yani insanlar doğumlarından itibaren bir "yaşayarak öğrenme süreci" içine girerler. Bu süreç içinde beyin sürekli bir gelişme göstermektedir. Yaşayıp tecrübe ettikçe sinaptik bağlantılar ayarlanır ve hatta yeni bağlantılar oluşur. Bu sayede öğrenme gerçekleşir. Bu durum YSA için de geçerlidir. Öğrenme, eğitime yoluyla örnekler kullanarak olur; başka bir deyişle, gerçekleşme girdi/çıkıtlı verilerinin işlenmesiyle, yani eğitime algoritmasının bu verileri kullanarak bağlantı ağırlıklarını (weights of the synapses) bir yakınsama sağlanana kadar, tekrar tekrar ayarlanmasıyla olur.





Şekil 3.1 Biyolojik sinir hücresinin şematik yapısı (Cladera ve Mari, 2006)

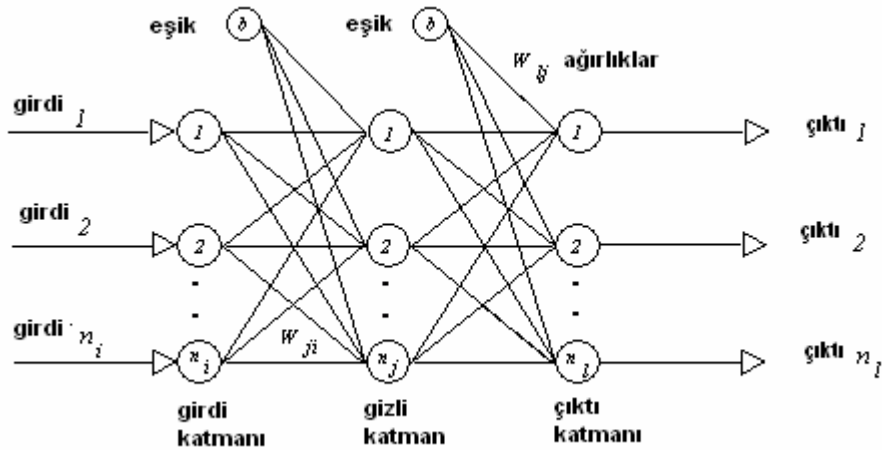
İşlem elemanın (sinir hücresinin) yapısı ve diğer işlem elemanları ile nasıl bir ilişkide bulunduğunu anlama çalışmaları YSA'nın geliştirilmesine temel teşkil etmiştir (bkz. Şekil 3.1).

YSA'lar ağırlıklandırılmış şekilde birbirlerine bağlanmış birçok işlem elemanlarından (nöronlar) oluşan matematiksel sistemlerdir. Bir işlem elemanı, aslında sık sık transfer fonksiyonu olarak anılan bir denklemdir. Bu işlem elemanı, diğer nöronlardan sinyalleri alır; bunları birleştirir, dönüştürür ve sayısal bir sonuç ortaya çıkarır. Genelde, işlem elemanları kabaca gerçek nöronlara karşılık gelirler ve bir ağ içinde birbirlerine bağlanırlar; bu yapı da sinir ağlarını oluşturmaktadır.

Sinirsel (neural) hesaplamanın merkezinde dağıtılmış, adaptif ve doğrusal olmayan işlem kavramları vardır. YSA'lar geleneksel işlemcilerden farklı şekilde işlem yapmaktadırlar. Geleneksel işlemcilerde, tek bir merkezi işlem elemanı her hareketi sırasıyla gerçekleştirir. YSA'lar ise her biri büyük bir problemin bir parçası ile ilgilenen, çok sayıda basit işlem elemanından oluşmaktadır. En basit şekilde, bir işlem elemanı, bir girdiyi bir ağırlık kümesi ile ağırlıklandırır, doğrusal olmayan bir şekilde dönüşümünü sağlar ve bir çıktı değeri oluşturur. İlk bakışta, işlem elemanlarının çalışma şekli yanıtıcı şekilde basittir. Sinirsel hesaplamanın gücü, toplam işlem yükünü paylaşan işlem elemanlarının birbirleri arasındaki yoğun bağlantı yapısından gelmektedir.

YSA, birbirlerine bağı ağırlıkları ile bağı, katmanlar halinde düzenlenmiş ve çıkış değerini belirlemek maksadıyla “toplama ( $\Sigma$ )” ve “eşik fonksiyonu (F)” işlemlerini gerçekleştiren işlem elemanlarından meydana gelir. Bir işlem elemanı, aslında sık sık transfer fonksiyonu olarak anılan bir denklemdir. Bu işlem elemanı diğer nöronlardan sinyalleri alır; bunları birleştirir, dönüştürür ve sayısal sonuç ortaya çıkarır. Genelde, işlem elemanları kabaca gerçek nöronlara karşılık gelirler ve bir ağı içinde birbirlerine bağlanırlar; bu yapı da sinir ağılarını oluşturmaktadır (Kohonen, 1987).

Tek katmanlı ilk YSA modeli Frank Rosenblatt (1962) tarafından geliştirilmiştir. Bu ağı, verilerin ağı sunulduğu giriş katmanı ile çıkışların elde edildiği çıkış katmanından oluşmuştur. Daha sonraları geliştirilen çok katmanlı bir ağıda ise giriş ve çıkış katmanlarının arasında gizli yada ara katman olarak nitelendirilen katmanlar mevcuttur (Rumelhart ve McClelland, 1986). Şekil 3.2’de görüldüğü gibi daha sonraları geliştirilen, çok katmanlı bir ağıda ise giriş ve çıkış katmanları arasında bir veya birden çok gizli katmanlar bulunabilir.



Şekil 3.2. Genel YSA modeli

YSA da girişler kendi bağ ağırlıkları ile çarpılarak tüm ağırlıklı girişler toplanır, daha sonra bir eşik fonksiyonundan geçirilerek çıkışlar elde edilir.

Yapay Sinir Ağları için üzerinde fikir birliği sağlanmış tek bir tanım yoktur. Geniş ya da dar kapsamda birçok tanımla karşılaşılabilir. Hatta, bazı araştırmacılar YSA için genel bir tanım vermek yerine, YSA türlerinin kendi içinde tanımlanması gerektiğini savunmaktadır (Yurtoğlu, 2005).

YSA'nın genel kabul gören bir tanımı (Haykin, 1999) tarafından verilmektedir:

“Bir sinir ağı, basit işlem birimlerinden oluşan, deneysel bilgileri biriktirmeye yönelik doğal bir eğilimi olan ve bunların kullanılmasını sağlayan yoğun bir şekilde paralel dağıtılmış bir işlemcidir. Bu işlemci iki şekilde beyin ile benzerlik göstermektedir:

1. Bilgi, ağ tarafından bir öğrenme süreciyle çevreden elde edilir.
2. Elde edilen bilgileri biriktirmek için sinaptik ağırlıklar olarak da bilinen nöronlar arası bağlantı güçleri kullanılır.”

YSA'lar gerçek hayatta karşılaşılan problemlerde oldukça geniş bir uygulama alanı kazanmışlardır. Bugün, birçok endüstride başarılı şekilde kullanılmaktadırlar. Uygulama alanları için bir sınır yoktur fakat, öngörü, modelleme ve sınıflandırma gibi bazı alanlarda ağırlıklı olarak kullanılmaktadır.

### **3.2.2. YSA'nın Temel Özellikleri**

YSA'nın temel özellikleri aşağıda listelenmiştir.

- Örneklerden öğrenme: YSA'ya, öğrenilmesi beklenen girdi ve çıktı ilişkilerinin örnekleri verilir. YSA bu örnekleri kullanarak genellemeler yapar.

- Biçim tanıma ve sınıflandırma: YSA'ya örnekler girdi olarak verilir. YSA, oluşturulan girdi/çıkıı eşleşmeleri ile bilgiyi depoladığı yerdeki yayılı belgeleri kullanarak, karşılık gelen çıkııyı üretir.
- Eksik bilgileri tamamlama: Ağa eksik bilgiye sahip bir örnek verildiğinde, örnekteki kayıp olan veriyi belleğinde bulunan örnekteki bilgilerle bağdaştırarak eksik örnekteki kayıp bilgiye karşılık gelen örnekteki bilgiyi bulabilir.
- Kendi kendine adapte olma: Bazı YSA modelleri, kendi kendine öğrenme yeteneğine sahiptir. Ortamda değişiklikler olduğunda, bu tür ağlar yeni duruma kendilerini adapte edebilir.
- Hatalara tolerans gösterme: Bazı işlem elemanlarının ağdan çıkarılması veya işlem elemanın olmaması durumunda yapay sinir ağının sonuç vermemesi gibi bir durum söz konusu değildir. Bilgiler, bütün ağ boyunca yayılı olduğundan birtakım bilgilerin kayıp oluğu ağın performansının kısmen başarısız olmasına sebep olacaktır. Bu özellik ile, hesaplamada ufak bir eksikliğin kötü sonuçlara yol açabileceği uzay araştırmaları, enerji üretimi, askeri durumlar vs.kritik problemlerde çok faydalıdır.
- Eksik bilgilerle çalışabilme: Bulanık veya eksik bilgiler ağa sunulduğu zaman, yayılı bellek bilinen girdi için en uygun çıkııyı seçer. El yazısı tanıma, bu özelliğe güzel bir örnektir.

### **3.2.3.İşlem elemanı**

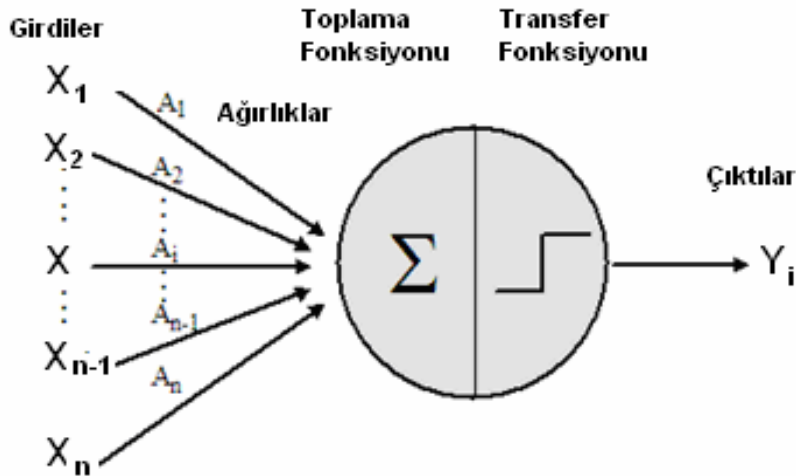
YSA'nın en temel elemanı işlem elemanı olarak adlandırılır. Şekil 3.1'de gösterilen sinir hücresinden esinlenerek oluşturulan yapay sinir hücresi, YSA'nın en temel elemanıdır ve işlem elemanı olarak adlandırılır. Genel bir sinir ağı modeli, işlem elemanları ile karakterize edilir. Bir işlem elemanı; girdiler, ağlıklar, birleşme fonksiyonu, transfer fonksiyonu ve çıkıı olmak üzere, beş ana ögeden oluşur. İşlem elemanının birden fazla

girdisi olabilirken, sadece bir tane çıktısı olabilir. Bir işlem elemanının yapısı Şekil 3.3'de verilmiştir.

Girdiler, ağ dışı veya diğer işlem elemanlarından gelen bilgilerdir. İşlem elemanı bazı durumlarda geri besleme ile kendi kendine girdi oluşturabilir.

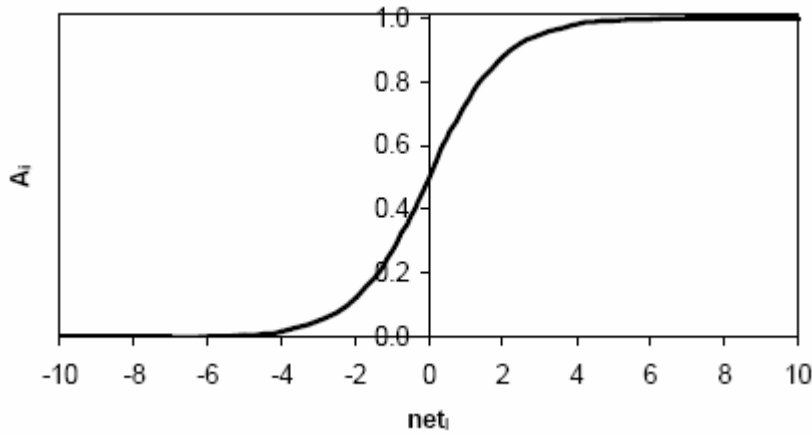
Ağırlıklar, girdi değerlerinin işlem elemanı üzerindeki etkisini kontrol ederler. Yapay sinir ağının bilgisinin depolandığı birimlerdir. Değişken değerler alabilen ağırlıklar, öğrenme esnasında ağırlık, girdi ve çıktı arasındaki optimum ilişkiyi yakalayabilmek için sürekli olarak değişirler. Bir başka deyişle, ağırlıklar öğrenme esnasında optimize edilirler. Ağ dışından gelen bilgiler son ağırlık değerlerin göre işlenir ve son şeklini alırlar.

Birleşme (toplama) fonksiyonu, işlem elemanından gelen bilgileri birleştirir. En çok kullanılan birleşme fonksiyonları maksimum, minimum, çoğunluk, çarpım, toplam ve kümülatif toplam fonksiyonlarıdır. Bunlardan en yaygın olanı, ağırlıklı girdileri toplayan "toplam fonksiyonu" dur.



Şekil 3.3 Bir işlem elemanı

Transfer veya aktivasyon fonksiyonu, birleştirme fonksiyonun sonucunu değerlendirir. Bu fonksiyon aldığı değeri bir algoritma ile gerçek bir çıktıya dönüştürür. Birleştirme fonksiyonlarında olduğu gibi, bir çok transfer fonksiyonu vardır. En yaygın olarak kullanılanlar, sigmoid fonksiyonu (bkz. Şekil 3.4), doğrusal olan fonksiyon ve adım (step) fonksiyondur. Birleştirme ve transfer fonksiyonları problemin yapısına göre tercih edilir (Yurtoğlu, 2005).



$$A_i = \frac{1}{1 + e^{-net_i}}$$

Şekil 3.4 Sigmoid transfer fonksiyonu

Transfer fonksiyonundan çıkan değer işlem elemanının da çıktısıdır. Fakat, bazı durumlarda işlem elemanının bu çıktıyı bir çıktı fonksiyonu ile bir dönüşüme uğratması gerekebilmektedir. Çıktılar son olarak, transfer fonksiyonunun sonuçlarını bağlantılı olduğu işlem elemanına veya ağ dışı kaynaklara iletir.

### 3.2.4. Ağ yapıları

Bir yapay sinir ağı, sahip olduğu birleştirme fonksiyonu, transfer fonksiyonu, topolojisi, kullanılan öğrenme kuralı ve öğrenme stratejisi ile tanımlanır. İşlem elemanlarından oluşan bir grup, katman olarak isimlendirilir. Bir ağın yapısı, ağın bağlantı şekli ve işlem elemanlarının katman yapısına bağlı olarak tanımlanır. Katmanlardaki işlem elemanları, tam bağlı, kısmi bağlı veya ikisinin kombinasyonu şeklinde olabilir. Çoğu zaman,

katmandaki işlem elemanları, aynı birleştirme ve transfer fonksiyonu ile aynı öğrenme kuralına sahiptir.

Yapay sinir ağı modelleri, yapısı ve öğrenme kuralları itibariyle birbirlerinden farklıdır. Tipik bir sinir ağı, birbirine bağlanan üç katmandan oluşur. Dışarıdan bilgiyi alan girdi katmanı, bilgiyi işleyen ve girdi ile çıktı ilişkisini kavramada asıl ağırlığı üzerinde bulunduran gizli katman ve sorgulanan problem üzerinde ağıın kararını ağı dışına ileten çıktı katmanıdır. Bilgi, bu katmanlar arasındaki bağlantılarda yayılıdır. Ayrıca, önemli olan bir nokta, girdi tabakasındaki nöronların girdi değerler üzerinde bir işlem uygulamamasıdır. Sadece girdi değerleri bir sonraki tabakaya iletirler bu yüzden de bazı araştırmacılar tarafından ağların tabaka sayısına dahil edilmezler. Çoğu ağı türünde, gizli tabakadaki bir nöron sadece bir önceki tabakanın tüm nöronlarından sinyal alır. Nöron işlemini yaptıktan sonra ise çıktısını bir sonraki tabakanın tüm nöronlarına gönderir. Bu yapı ağıın çıktısı için bir ileri besleme patikası oluşturur. Bu bir nöronun diğerine olan iletişim hattı, sinir ağları için önemli bir parçadır.

Normal programlamada veriler veri tabanında saklanırken, yapay sinir ağıında bilgiler, bağlantıların sahip oldukları ağırlıklara dağılır ve depolanır. Ağı dışarıdan verilen bir bilgi, girdisi girdi katmandaki elemanlarından ilgili bağlantılar aracılığıyla ağırlandırılarak, ara katmanlara, oradan yine ağırlandırılarak çıktı katmanı işlem elemanlarına iletilirler ve son olarak ağı dışına ağıın bilgisi ile birleştirilerek ulaştırılır. Ağı verilen bilgi, ağıdan çıktığında bambaşka bir hale dönüşmüş olacaktır. Bu yapıda, bazı nöronlar girdileri almak için bazı nöronlar ise çıktılarını iletmek için dış mekanla bağıntılı haldedirler. Geri kalan tüm nöronlar ise gizli tabakalardadırlar, yani sadece ağı içinde bağlantıları vardır.

### **3.2.5.YSA uygulamalarının geliştirilme adımları**

Bir YSA uygulamasının geliştirilmesi süreci, tasarım, öğrenme/eğitme ve test/uygulama olarak üç safhada incelenebilir.

### **3.2.5.1. Tasarım**

Tasarım, problemin veya geliştirilmekte olan uygulamanın, tamamen anlaşılmasının ve buna bağlı olarak planlamanın olduğu ilk safhadır. Burada, ele alınan problemin YSA ile çözülmeye uygun olup olmadığını araştırmak başka bir noktadır. Problemine uygun bir YSA mimarisi seçilir. Sonra, problemin giriş ve çıkış katmanlarındaki parametreler kesin olarak tanımlanır. Bu parametreler, kalitatif/nitelik bildiren veya kantitatif/miktar bildiren tiplerde olabilirler. Daha sonra, kullanılacak ağ mimarisi ile uyumlu olarak bu parametreler uygun değerlere dönüştürülür. Bu işlem, verilerin ikili (binary) veya sürekli (continuous) değerlere dönüştürülmesi ile gerçekleştirilebilir.

YSA yapısı hakkında bir karara varıldıktan sonra, gizli katman sayısı ve her bir katmandaki işlem elemanı sayısı belirlenir. YSA'nın en iyi performans gösterdiği, ağ hatasını minimum, öğrenme hızını maksimum yapan, optimum katman ve işlem elemanı sayılan deneme-yanılma ile belirlenir. Artık YSA tasarlanmıştır ve eğitime hazırdır (Çağlar, 2002).

### **3.2.5.2. YSA'da öğrenme**

Yapay sinir ağının en önemli özelliği, öğrenme yeteneğidir. Bir sinir ağında öğrenmenin anlamı, ağın probleme ait doğru çıktıları üretmesi için optimum ağırlık değerlerinin bulunmasıdır. Bilgi, bağlantılarda ağırlıklar şeklinde dağıtıldığı için tek bir bağlantı herhangi anlamlı bir bilgi ifade etmez. Yani, anlamlı bir bilgi oluşturmak için işlem elemanlarından oluşan bir bağlantı grubu gerekmektedir. Problemin en iyi çözümü için ağın, bağlantılarına ait doğru ağırlık değerine sahip olması istenir. Öğrenme, ağırlık değerinin değişimini ifade eden bir öğrenme kuralına dayanır. Geliştirilen bir çok öğrenme kuralı vardır (Wasserman, 1989). Öğrenme kuralının temel ilkesi, öğrenme stratejisiyle tanımlanır ve literatürde üç tip öğrenme stratejisinden söz edilir.

Denetimli öğrenmede, ağı eğitmek için bir öğretici gerekir. Öğretici, çıktı katmanında ağ kararının ne olması gerektiğini belirler. Diğer yandan öğrenmede kullanılacak olan

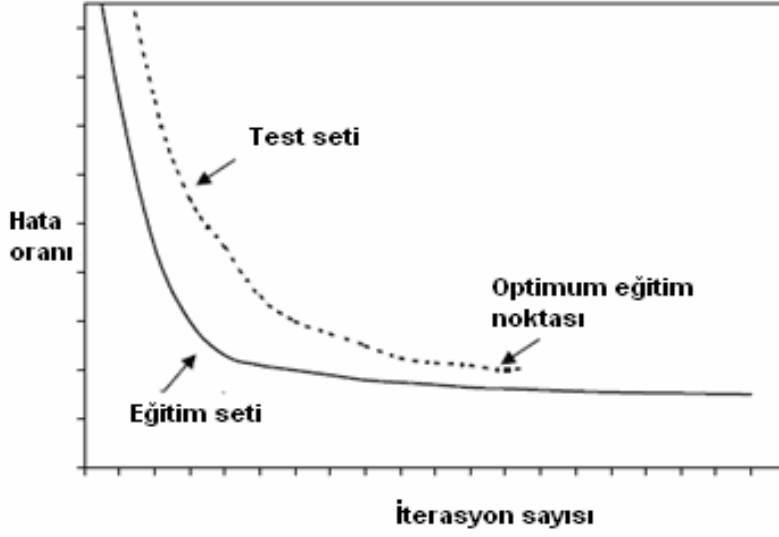


örneklerin seçimi de öğretici tarafından yapılır. Girdiler ve doğru çıktı örnekleri ağa verilir. Ağ, girdiyi işleyerek çıktıyı üretir ve üretilen çıktıyı dışarıdan belirlenen çıktı ile karşılaştırır. Her defasında bağlantılardaki ağırlıklar, daha iyi çıktıyı üretmek için yeniden ayarlanarak işlem, kabul edilebilir bir hata düzeyine erişinceye kadar devam eder. YSA öğrenmesinde, genetik algoritmalar başta olmak üzere diğer yapay zeka teknikleri ile bütünleşik modeller de mevcuttur (Kwong, 2006).

Destekli öğrenmede de bir öğreticiye ihtiyaç vardır. Ancak, çıktının ne olması gerektiği ağa verilmez. Ağa bildirilen sadece çıktının doğru veya yanlış olduğudur.

Denetimsiz öğrenme diğerlerinin aksine bir öğreticiye gerek duymaz. Bu stratejide ağ, girdi/çıktı eşleştirmesini düzenlemek için kendi kararlarını geliştirir. Bu nedenle, denetimsiz öğrenme stratejisini kullanan ağlar, kendi kendine organize olan ağlar olarak tanımlanır (Pala, 2003).

YSA'da bilginin temsili çok önemlidir. Ağ yapısı ne kadar güzel olursa olsun ya da öğrenme ne kadar iyi gerçekleşirse gerçekleşsin, eğer ağa girilen bilgiler tutarlı değilse, üretilen sonuçlar da tutarlı ve isabetli olmayacaktır. Öğrenme seti, ağın problemin öğretilmesinde kullanılan girdi ve çıktılardan oluşan bir settir. Denetimli öğrenmede, çıktılar sette bulunurken destekli öğrenme ve denetimsiz öğrenmede bulunmazlar. Öğrenme işlemi için, çoğu zaman bir eğitim algoritması kullanılır ve ağırlıkların nasıl düzenleneceği bu algoritma tarafından belirlenir.



Şekil 3.5 Eğitim ve test seti üzerinde hatayı gösteren tipik bir eğitim eğrisi (Çağlar, 2002)

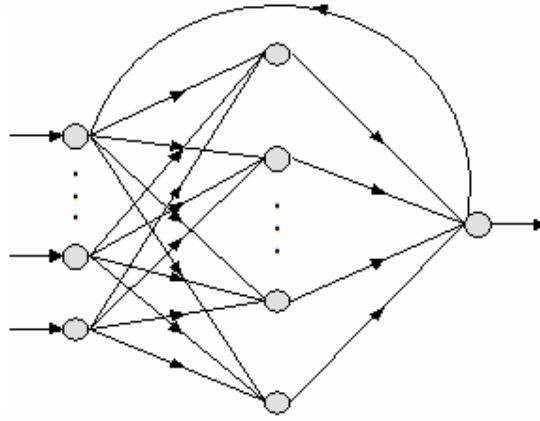
Tipik bir öğrenme işleminde, öğrenme sürecini sona erdirmek için önceden belirlenmiş bir hata kriterine ulaşıncaya kadar öğrenme örnekleri ağı defalarca gösterilir. Ağ tarafından öngörülen çıkış ile istenen çıkış arasındaki hata oranı, daha önce belirlenen bir sınıra erişmiş ise, ağın problemi yeterince kavradığı kabul edilir. Şekil 3.5 eğitim seti ve test setinde iterasyon arttıkça hatanın belirli bir noktaya kadar düştüğü daha sonra da aynı düzeyde sabit kaldığı, eğitim seti ile test setinde hatada azalma olmadığı noktanın da optimum eğitim noktası olduğunu gösteren örnek eğitim eğrisini görülmektedir.

Günümüzde kullanılan sinir ağ modelleri, girdi katmanı, çıktı katmanı ve bir veya birden fazla gizli katmanı olmak üzere en az üç veya daha fazla katmandan meydana gelir. Girdi katmanı her girdi örneğini sadece bir sonraki katmana aktarmaktan, son iki katman ise bilgiyi işlemekten sorumludur. İşlem elemanları, bir önceki ve bir sonraki katmandaki elemanlarla bağlantılıdır. Bir önceki katman elemanları bir sonraki katman elemanlarına sadece girdi gönderebilirler, tersinden bir işlem gerçekleşmez. Aynı katmandaki elemanların birbirleri arasında bağlantı yoktur.

Ağ dışından gelen bilgiler girdi katmanında bir işleme tabi tutulmadan hiyerarşik yapıya uygun olarak ara katmandaki elemanlara iletilir. Bilgi işleme sadece ara katmanlardaki elemanlar ve çıktı katmanındaki elemanlarla gerçekleşir ve ağ dışına sonuç işlenmiş bir şekilde verilir, buna ileri doğru işlem adı verilir.

### 3.2.5.3.Hatayı geriye yayma ağı öğrenme prosedürü

Hatayı geriye yayma ağı prosedüründe iki safha vardır (Rumelhart ve diğerleri, 1986):



Şekil 3.6 Hatayı geri yayma prosedürü örnek şekli

- Ağın gerçekleşen çıktıları ve aktivasyon seviyelerini hesaplamak,
- Ağın istenen ve gerçekleşen çıktıları arasındaki hatayı geriye doğru yaymak.

Şekil 3.6 da gösterilen hatayı geriye yayma ağı modelinde öğrenme adımları aşağıdaki gibidir. Dördüncü adıma kadar ileri, son üç adım ise geriye doğru işlem adımlarıdır;

- Ağ yapısı tanımlanır (girdi, çıktı, ara katman, ara katman eleman sayısı)
- Başlangıç ağ parametreleri belirlenir (ağırlıklar, biaslar). Ağ bağlantılarının başlangıç ağırlıkları rasgele atanır.
- Girdiler ve çıktılardan oluşan öğrenme setinden bir örnek ağa tanıtılır
- Her işlem elemanı için toplam girdi ve transfer değerleri hesaplanarak ağın son

$X_2$

$X_1$

çıktısı bulunur.

- İstenen sonuç ile ağ çıktısı arasındaki hata belirlenir.
- Aradaki hata çıktı katmanından başlayarak geriye doğru bağlantı ağırlıklarına göre dağıtılır.
- Eğer hata kabul edilebilir seviyede ise işlem durdurulur, aksi halde 3. adıma geri dönülür.

Hatayı geriye yaymada kullanılan bir çok eğitime algoritması vardır. Bunlardan bazıları;

- En hızlı azalan gradyant yöntemi (geri yayma, GY)
- Konjuge gradyant yöntemi (KGY)
- Ölçeklenmiş konjuge gradyant yöntemi (ÖKGY), dır

#### **3.2.5.4. Test / uygulama**

YSA eğitime sırasında edindiği bilgileri, eğitime sırasında kullanılmamış (daha önce karşılaşmadığı) bilgiler için çözümler üreterek "genelleme" yapar. Test işlemi sonucunda, test seti için elde edilen sonuçlar yeterli yaklaşıklıkta ise, YSA'nın güvenilirliği onaylanmış olur. YSA başarılı bir şekilde eğitildikten sonra kullanılmaya hazır hale gelmiştir. Her şeye rağmen yeterli doğruluk elde edilemiyorsa, YSA'nın mimarisinde değişiklikler yapılır, eğitime ve test işlemleri tekrarlanır. En iyi sonuç, eldeki eğitim setinin problemin çözüm aralıklarını daha iyi temsil edecek şekilde seçilmesiyle ve eğitim setinin artırılmasıyla elde edilmektedir.

## **BÖLÜM 4. GENETİK ALGORİTMALAR (GA)**

### **4.1. Giriş**

Genetik algoritmalar yapay zeka teknolojilerinin evrimsel hesaplama, koloni zekası başlıkları altında değerlendirilen bir alt kolunu oluşturmaktadır. Genetik algoritmalar, doğada gözlemlenen doğal yaşam sürecine benzer bir şekilde çalışan arama ve eniyileme yöntemidir. Karmaşık çok boyutlu arama uzayında en iyinin hayatta kalması ilkesine göre bütünsel en iyi çözümü arar. Genetik algoritmalar problemlerin çözümü için evrimsel süreci bilgisayar ortamında taklit ederler. Diğer eniyileme yöntemlerinde olduğu gibi çözüm için tek bir yapının geliştirilmesi yerine, böyle yapılardan meydana gelen bir küme oluştururlar. Problem için olası pekçok çözümü temsil eden bu küme genetik algoritma terminolojisinde popülasyon adını alır. Nüfuslar vektör, kromozom veya kromozom adı verilen sayı dizilerinden oluşur. Kromozom içindeki her bir elemana gen adı verilir. Nüfustaki kromozomlar evrimsel süreç içinde genetik algoritma işlemcileri tarafından belirlenirler.

### **4.2. Genetik Algoritmaların Tanım ve Tarihcesi**

Evrimsel hesaplama ilk olarak 1960’larda Berlin Teknik Üniversitesinde öğrenci olan Ingo Rechenberg ve Hans Paul Schwefel tarafından yapılan “Evrimsel Stratejileri (Evolutionary strategies)” çalışmalarına dayanır ( Rechenberg, 1994, Schwefel, 1995, Koumoutsasakos ve diğerleri, 1998) . Onun fikri daha sonra başka araştırmacıların da ilgisini çekmiş ve geliştirilmiştir. John Holland evrimsel sürecinin bir bilgisayar yardımıyla kullanılarak, bilgisayara anlayamadığı çözüm yöntemlerinin öğretilebileceğini düşündü. Genetik Algoritma (GA) böylece John Holland tarafından bu düşüncenin bir sonucu olarak bulundu (Bouhala, 2004). Onun öğrencileri ve arkadaşları tarafından geliştirildi

ve bu sayede Holland'ın kitabı "Doğal ve Yapay Sistemlerde Adaptasyon (Adaption in Natural and Artificial Systems)" 1975 yılında yayınlandı (Düğenci, 1996).

1992 yılında John Koza genetik algoritmayı kullanarak çeşitli görevleri yerine getiren programlar geliştirdi. Bu metoda Genetik Programlama adını verdi (Koza, 1992).

Genetik algoritma geleneksel yöntemlerle çözümü zor veya imkansız olan problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Çok genel anlamda genetik algoritmanın üç uygulama alanı bulunmaktadır. Bunlar deneysel çalışmalarda optimizasyon, pratik endüstriyel uygulamalar ve sınıflandırma sistemleridir.

Mühendislik problemlerinde optimizasyon amaçlı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle mekanizma tasarımında çok iyi sonuçlar verdiği bilinmektedir (Konuralp, 1998). Bunlardan başka otomatik programlama, öğrenme kabiliyetli makineler, ekonomi, ekoloji, planlama, üretim hattı yerleşimi gibi alanlarda da uygulanmaktadır. Ayrıca dijital resim işleme tekniğinde de çokça uygulama alanı bulmuştur ( Mansfield, 1990, Gizolme ve Thollon, 1998).

Bu problemlerin hemen hemen hepsi çok geniş bir çözüm havzasının taranmasını gerektirmektedir. Bu çözüm havzasının geleneksel yöntemlerle taranması çok uzun sürmekte, genetik algoritmayla ise kısa bir sürede kabul edilebilir bir sonuç alınabilmektedir.

Algoritma ilk olarak populasyon diye tabir edilen bir çözüm (kromozomlarla ifade edilir) seti ile başlatılır. Bir populasyondan alınan sonuçlar bir öncekinden daha iyi olacağı beklenen yeni bir populasyon oluşturmak için kullanılır. Yeni populasyon oluşturulması için seçilen çözümler uyumluluklarına göre seçilir. Çünkü uyumlu olanların daha iyi sonuçlar üretmesi olasıdır. Bu istenen çözüm sağlanıncaya kadar devam ettirilir.

### 4.3. Genetik Algoritmanın Temel Bileşenleri

Doğadaki genetik süreçten esinlenerek oluşturulmuş Genetik Algoritmaların (GA) yapısı üç temel unsur üzerine kuruludur. Bunlar; üzerinde durulan problemin kısmi bir çözümünü veya bir parametresini, özelliğini temsil eden “Gen”, probleme ilişkin tüm çözümü temsil eden “Kromozom” ve alternatif çözümlerin oluşturduğu çözüm kümesi olarak da nitelendirilebilecek, kromozomların bir araya gelmesi ile oluşan “Popülasyon” dur. Genetik biliminde olduğu gibi genleri oluşturan değerlerin her biri de “Alel” olarak ele alınmaktadır. Aşağıda bu yapılar kısaca tanıtılacaktır.

#### 4.3.1. Gen

Alellerden oluşan en küçük genetik yapıdır. Ele alınan probleme göre bir tasarım probleminde en, boy, renk gibi bir özellik veya bir fonksiyon optimizasyonunda herhangi bir x,y vb değişkeni genetik yapı içerisinde gen olarak görülebilir. Genler gösterimde 0-1 ikili sistem ile temsil edilebildiği gibi nümerik ve karakter ile de temsil edilebilir. Örneğin yükseklik bilgisini temsil eden bir gen,

Gen 1 0101 şeklinde olabilir

#### 4.3.2. Kromozom

Genlerin bir araya gelmesi ile oluşan genetik yapı kromozom olarak ele alınır. Kromozomlar temsil edilen problem çözümüne ilişkin tüm detayları içerirler. Problem için alternatif tam bir çözümdür.

İkili sayılarla temsil edilen örnek kromozomlar aşağıdaki gibi olabilir

Kromozom 1 1101100100110110

Kromozom2 1101111000011110

Kromozomu ikili düzendeki sayılar dizisiyle ifade etmek çok tercih edilen bir temsil şeklidir ancak bunun yerine tamsayı veya reel sayılar da kullanılabilir. İkili düzenin

tercih edilmesinin sebebi basit olması ve bilgisayar tarafından daha kolay ve hızlı bir biçimde işlenebilmesidir.

### **4.3.3. Popülasyon**

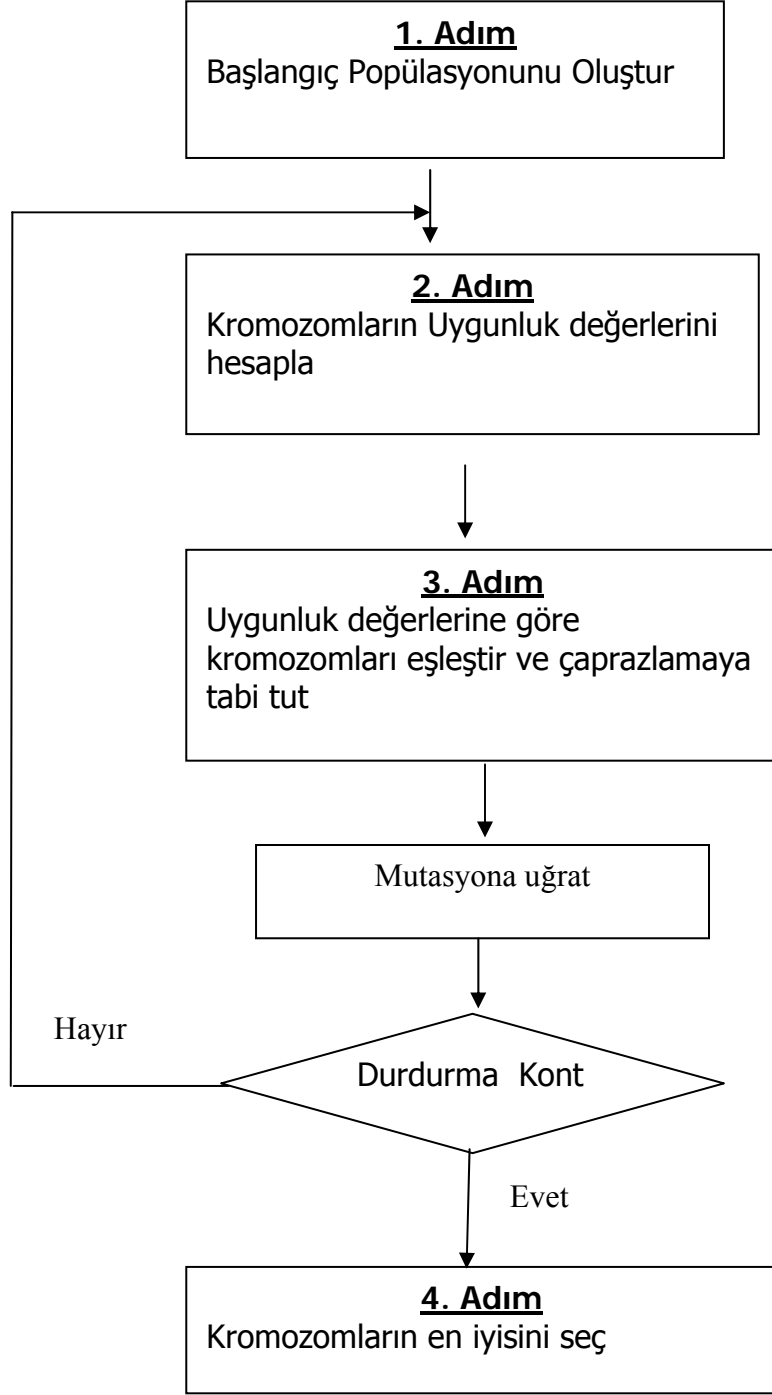
Kromozomların, probleme ilişkin alternatif tam çözümlerin bir araya gelmesi ile oluşan genetik yapı popülasyon olarak adlandırılır. Popülasyon bir anlamda alternatif çözümler kümesini temsil eder. 100, 200 kromozomun bir araya gelmesi ile 100 kromozomlu bir popülasyon oluşur. Genetik algoritma sürecinde popülasyona yeni kromozomlar dahil olurken doğal seleksiyon sürecine benzer olarak bazı eski kromozomlar da popülasyondan çıkartılmakta ve popülasyon büyüklüğü sabit kalmaktadır.

### **4.4. Genetik Algoritma Uygulama Aşamaları**

Genetik algoritmada ilk aşama ele alınan problemin çözümünün gen ve kromozomlar ile temsil edilecek yapının kurulmasıdır. Ele alınan problemin her bir parametresi, özelliği gen ile temsil edilirken çözümün tamamı ise kromozom ile temsil edilmektedir. Sonraki aşamada ise çaprazlama ve mutasyon oranları, popülasyon büyüklüğü, iterasyon sayısı araştırma boyunca değiştirilebilir olmakla beraber mevcut iki kromozomdan anlamlı yeni kromozom(lar) elde edilmesinde kullanılacak çaprazlama yönteminin belirlenmesidir.

Temel yapı belirlendikten sonra uygulamaya alternatif çözümler kümesini temsil eden başlangıç popülasyonunun oluşturulması, kromozomların uygunluk değerlerinin belirlenmesi ve bu uygunluk değerlerine göre önceden belirlenen kriter dahilinde eşleştirmenin yapılması ve çaprazlamanın uygulanması sağlanır. Çaprazlama esnasında düşük bir ihtimal dahilinde kromozomlar mutasyona da uğratıldıktan sonra elde edilen yeni kromozomların uygunluk değeri ölçülür. İstenilen çözüme ulaşıp ulaşılmadığı durdurma kriteri kontrolünden sonra araştırma durdurulur ya da uygunluk değeri düşük kromozomlar ile uygunluk değeri yüksek yeni kromozomlar popülasyonda yer değiştirerek yeni iterasyonlara devam edilir. Şekil 4.1'de bu süreç şematik olarak gösterilmektedir.





Şekil 4.1. Genetik Algoritmalar için genel bir akış şeması

GA kullanılarak bir problem çözülecekse algoritmanın ne zaman sonlanacağına kullanıcı karar vermektedir. GA'nın belli bir sonlanma kriteri yoktur. Sonucun yeterince iyi olması veya yakınsamanın sağlanması algoritmanın durması için kriter olarak kullanılabilir (Goldberg ,1989).

#### **4.5. GA'da Kullanılan Operatörler**

Genetik algoritmanın en önemli kısımları çaprazlama ve mutasyon işlemleridir. Bu işlemler bir olasılık değeri ile ve genelde rasgele olarak uygulanır. Bu şekilde iyi sonuç alınabilmektedir. Yeni kromozom oluşturmak üzere seçilen eş kromozomların belirlenmesinde üreme operatörü, elde edilen yeni kromozomlardan hangilerinin popülasyona dahil olacağı, hangilerinin ise popülasyondan uzaklaştırılacağına karar veren yapı da elitizm olarak tanımlanmaktadır. Burada bu operatörler kısaca tanıtılacaktır.

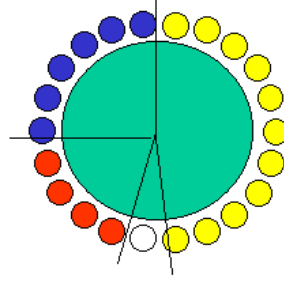
##### **4.5.1. Eşleştirme**

Üreme işlemi belli bir seçme kriterine göre kromozomların seçilip yeni kuşağın oluşturulması işlemidir. Seçme kriterleri uyumluluğu esas alarak birbiriyle uyumlu olan kromozomları seçer. Daha sonra çaprazlama ve mutasyon uygulanacak olan kromozomlardan daha uyumlu yeni kromozomların ortaya çıkması olasıdır. Kromozomların tamamı uyumluluğa göre seçilebilir veya bir kısmı rasgele seçilerek yeni kuşağa aktarılabilir.

Yeni kromozomları oluşturmak üzere bazı kromozomların seçilmesi gerekir. Teoriye göre iyi olan kromozomlar yaşamını sürdürmeli ve bu kromozomlardan yeni kromozomlar oluşmalıdır. Bu seçim çeşitli kriterlere göre yapılabilir. Rulet seçimi, Boltzman seçimi, turnuva seçimi, sıralı seçim bunlardan bazılarıdır (Goldberg, 1989).

Rulet seçiminde kromozomlar uyumluluk fonksiyonuna göre bir rulet etrafına gruplanır. Uyumluluk fonksiyonu herhangi bir kritere uyan kromozomların seçilmesi için

kullanılır. Bu rulet üzerinden rasgele bir kromozomlar seçilir. Şekil 4.2’de görüldüğü gibi daha büyük alana sahip kromozomların seçilme şansı daha fazla olacaktır .



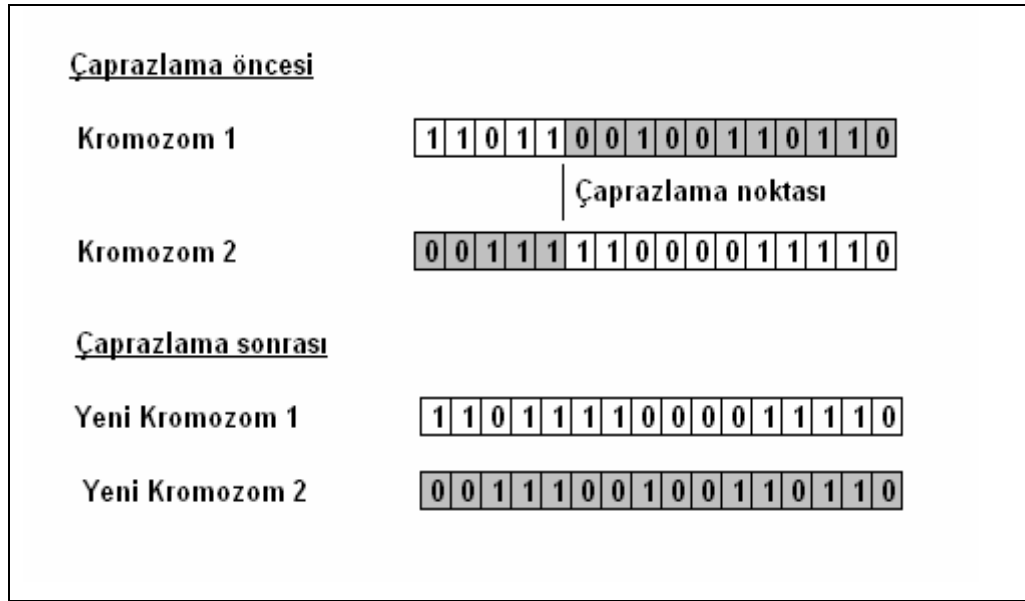
Şekil 4.2. Rulet Seçimi

Rulet seçimi eğer uyumluluk çok fazla değişiyorsa sorun çıkartabilir. Örneğin en iyi kromozomun uyumluluğu %90 ise diğer kromozomların seçilme şansı azalacaktır. Bunu önlemek için sıralı seçim kullanılabilir. Sıralı seçimde en kötü uyumlulukta olan kromozoma 1 değeri sonrakine 2 değeri verilir ve böylelikle seçilmede bunlara öncelik tanınmış olur. Bu şekilde onların da seçilme şansı artar fakat bu çözümün daha geç yakınsamasına neden olabilir.

#### 4.5.2. Çaprazlama

Kromozomların nasıl temsil edileceğine karar verildikten sonra çaprazlama yapılabilir. Çaprazlama ebeveynlerden bazı genleri alarak yeni kromozomları oluşturma işlemidir. Çaprazlama yapılacak konum rasgele seçilir. Oluşan yeni kromozom ebeveynlerin bazı özelliklerini almış ve bir bakıma ikisinin kopyası olmuştur. Çaprazlama işlemi başka şekillerde de yapılabilir. Mesela birden fazla çaprazlama noktası seçilebilir. Daha iyi performans almak amacıyla değişik çaprazlamalar kullanılabilir. Tek noktalı çaprazlamaya bir örnek Şekil 4.3’de eşleşen kromozomlardan birincisinin başlangıçtan

çaprazlama noktasına kadarki kısmı ile ikinci kromozomun çaprazlama noktasından sonraki kısmı bir araya getirilerek yeni kromozom 1 elde edilmektedir. İkinci kromozomun ilk kısmı ile birinci kromozomun ikinci kısmından da yeni kromozom 2 elde edilmektedir. Burada dikkat edilecek en önemli husus elde edilen yeni kromozomların anlamlı olması ve probleme alternatif çözümü temsil etmesidir.



Şekil 4.3. Tek noktalı çaprazlama örneği

#### 4.5.3. Mutasyon

Çaprazlama gerçekleşikten sonra mutasyon gerçekleştirilir. Mutasyon oluşan yeni çözümlerin önceki çözümü kopyalamasını önlemek ve sonuca daha hızlı ulaşmak amacıyla yapılır. Mutasyon oluşan yeni kromozomun bir bitini (eğer ikili düzende ifade edilmiş ise) rasgele değiştirir.

#### 4.5.4. Elitizm

Üreme, çaprazlama ve mutasyon işlemleri sonrasında kuşakta bulunan en iyi uyumluluğa sahip kromozom sonraki kuşağa aktarılamayabilir. Bunu önlemek için bu işlemlerden sonra oluşan yeni kuşağa bir önceki kuşağın en iyi (elit) kromozomu, yeni kuşaktaki herhangi bir kromozom ile değiştirilir. Buna elitizm adı verilir.

#### 4.6. GA Parametreleri

Genetik temel yapılar olan gen ve kromozomlar üzerinde uygulanacak olan genetik operatörlerin hangi ihtimal dahilinde uygulanacağına parametreler aracılığı ile karar verilir. GA tekniğinin çaprazlama olasılığı ve mutasyon olasılığı olmak üzere iki basit parametresi vardır.

Çaprazlama olasılığı çaprazlamanın hangi sıklıkta yapılacağını belirtir. Eğer hiç çaprazlama yapılmaz ise (çaprazlama olasılığı %0) yeni kromozomlar eski kromozomların aynısı olur ama bu yeni kuşağın eskisiyle aynı olacağı anlamına gelmez. Eğer bu oran %100 olursa yeni kromozomlar tamamıyla çaprazlama ile elde edilir. Çaprazlama eski kromozomların iyi taraflar alınarak elde edilen yeni kromozomların daha iyi olması umuduyla yapılır.

Mutasyon olasılığı ise mutasyonun hangi sıklıkta yapılacağını belirtir. Mutasyon olmaz ise yeni kromozom çaprazlama veya kopyalama sonrasında olduğu gibi kalır. Eğer mutasyon olur ise yeni kromozomun bir kısmı değiştirilmiş olur. Eğer bu oran %100 olursa kuşak içindeki kromozomlar tamamen değişir, %0 olursa hiç değişmeden kalır.

GA tekniği başka parametreler de içerir. Bunların en önemlilerinden birisi de populasyon büyüklüğüdür.

Bu parametre populasyon içinde (yalnızca bir kuşakta) kaç adet kromozom yani kromozom olduğunu söyler. Eğer kromozom sayısı az olursa GA çözüm aranan uzayın ancak bir kısmını gezebilir ve çaprazlama için fazla bir seçeneği yoktur. Kromozom

sayısı çok fazla olursa GA çok yavaş çalışır. Araştırmalar belli bir noktadan sonra populasyon sayısını artırmanın bir yararı olmadığını göstermiştir.

Yeni kromozomlar uyumluluğa göre veya rasgele olarak seçilebilir. Yeni kromozomların tamamen rasgele seçilme durumunda yakınsama zorlaşabilir. Tüm kromozomlar uyumluluğa göre seçildiğinde ise yeni kuşak içinde bölgesel yakınsamalar olabilir. Bu sorunların üstesinden gelmek için belli bir oranda uyumluluk seçimi belli bir oranda da rasgele seçim yapılabilir. Bu oran Kuşak Farkı (Generation Gap) ile ifade edilir. Kuşak farkı %100 olduğunda yeni kromozomların tamamı uyumluluğa göre seçilir.

## **BÖLÜM 5. ARI ALGORİTMASI (AA)**

### **5.1. Giriş**

Bu bölümde doğadan esinlenerek geliştirilmiş yapay zeka teknolojileri, koloni zekası kapsamında ele alınan “Arı Algoritması” ele alınacaktır. Bal arılarının doğal ortamda yiyecek kaynaklarına ulaşmada, kolonideki diğer arılarla kurdukları iletişim, en az enerji sarf ederek en verimli nektarların toplanmasında izledikleri yol ve süreci temel alan arı algoritması detaylı bir şekilde ele alınacaktır. Ayrıca arı algoritmasının önceki bölümlerde tanıtılan yapay zeka teknolojilerinden yapay sinir ağları öğrenme modellerinde nasıl kullanıldığı ve atıksu arıtma tesis kontrolde yapay sinir ağı- genetik algoritma bütünleşik modeli hakkında bilgi verilecektir.

### **5.2. Doğal Ortamlarında Arılar**

Bal arılarının da içinde bulunduğu koloni yaşam tarzının en temel özelliği bireylerinin bütün koloninin varlığı için var olmalarıdır. Tek başına her bir birey belirli bazı kuralları takip ederek yapması gereken işleri yaparken genelde tüm sistemleriyle başarılı bir şekilde ayakta kalabilen bir sistem ortaya çıkmaktadır. Bu sistemin önemi ise her biri bağımsız olarak işler yapan bu bireylerin aralarındaki iletişimin başarılı bir şekilde sağlanabilmesidir.

Bir arı kolonisi tabiatta her yönde uzak mesafelere (10 km üzeri) yayılarak verimli nektar ve polen kaynaklarını kullanabilme yeteneğine sahiptir (Winston,1991). Bir koloninin başarısı iyi kaynakları eş zamanlı olarak kullanabilme becerisiyle ilişkilidir. Bu paralel araştırma ve kaynak kullanma sürecinde, iyi nektar veya polen kalitesine sahip alanlar daha az enerji harcayarak daha fazla arı tarafından ziyaret edilirken, nisbeten düşük kalitedeki kaynaklar daha az sayıda arı tarafından ziyaret edilmektedir.

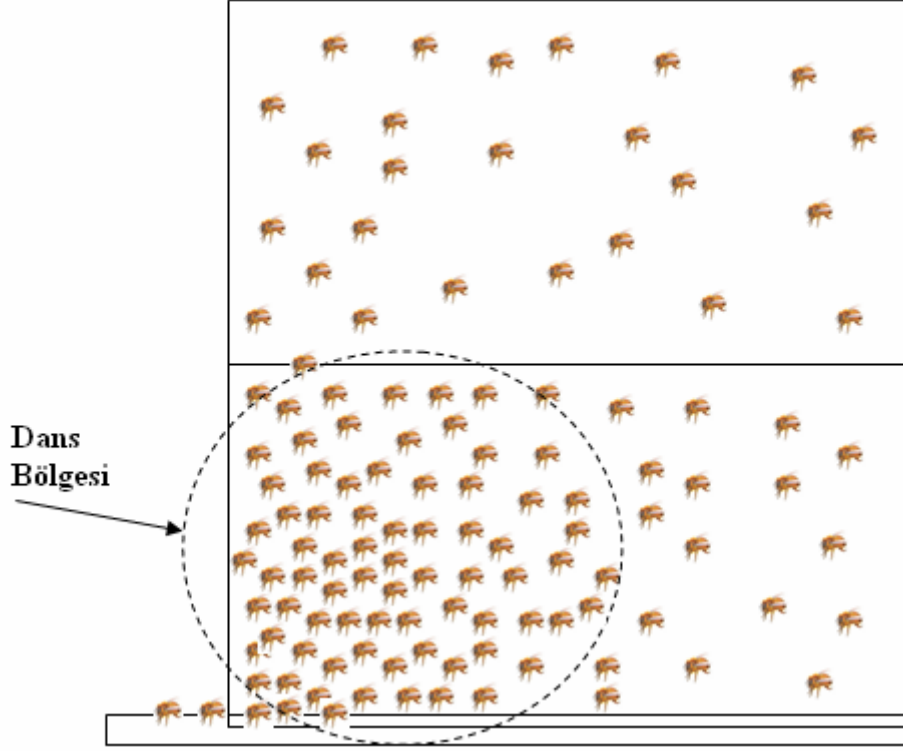
(Demirsoy, 2001) tarafından rapor edildiği gibi, araştırma süreci izci arıların (scout bees) verimli çiçek bölgeleri araştırması için gönderilmesiyle başlar. İzci arılar rassal olarak bir bölgeden diğerine, bir çiçekten diğerine uçarak, nektar toplarken bölgeleri de kaliteleri açısından analiz eder. Bütün bir sezon boyunca koloni, nüfusunun en yaşlı ve tecrübelilerden oluşan belirli bir yüzdesini izci arı olarak kullanır (Seeley, 1996). Bu arılar her bir araştırma gezisinden döndükten sonra topladıkları nektar ve poleni boşalttıktan sonra ziyaret ettikleri kaynak belirli bir kalite sınırının (nektardaki şeker yüzdesi veya kaynaktaki çiçek miktarı gibi birkaç değişkenin birleşimi olarak ölçülür) üzerinde ise "dans bölgesine" giderek diğer arılarında seyrettiği bir dans (waggle dance) gerçekleştirir. Arılar tarif etmek istedikleri yeri "dans ederek" diğerlerine anlatırlar. Yiyecek kaynağının bulunabilmesi için kaynağın kovana uzaklığı, doğrultusu, zenginliği gibi gerekli olabilecek her türlü bilgi bu dansla gizlidir. Dans bölgesi kovandaki arı yoğunluğunun en fazla olduğu bölgedir. Dolayısıyla arıların dans ederken "izleyici" bulma şanslarının en yüksek olduğu bölgedir. Bununla birlikte, kovanda bekleyen arıların da hem kaliteli kaynak bilgisine ulaşabileceği hem de bunlar arasından tercih yapabileceği bir yerdir. Şekil 5.1'de kovanda dans bölgesinin şematik gösterimi verilmektedir. Araştırmaya çıkacak arılar dans yapan arılar etrafında toplandığından bu bölgelerde arı yoğunluğu artmaktadır.

Arılar sağırdırlar ve bu nedenle birbirleriyle sesli bir iletişim kuramazlar. Buna rağmen yiyecek kaynağının yerini koloninin diğer üyelerine hiç şaşırmadan bulacakları şekilde tarif edebilirler. Tarif yöntemleri ise alışılmışın dışındadır (Bilim ve Teknik, 1990).

Yiyecek kaynağını keşfeden arı kovana döner ve diğer arıların dikkatini çekecek şekilde sürekli olarak belli hareketleri tekrarlamaya başlar. Arının genel davranışlarından yiyecek kaynağı ile ilgili tüm bilgiler elde edilebilir. Örneğin polen toplamış olan bir arı kovana döndüğünde sadece yükünü arkadaşlarına devredip geri uçarsa bu, "arının faydalandığı kaynak bilinen bir kaynaktır veya verimsizdir" anlamına gelmektedir. Suyun kısıtlı olduğu zamanlarda ise bu dans su kaynağının yerini göstermek için de kullanılır (Yahya, 2000).

Arı dansının iki ayrı şekli vardır. Dansın biçimi, yiyecek kaynağının uzaklığına göre değişiklik gösterir.





Şekil 5.1. Kovadaki dans bölgesinin şematik gösterimi.

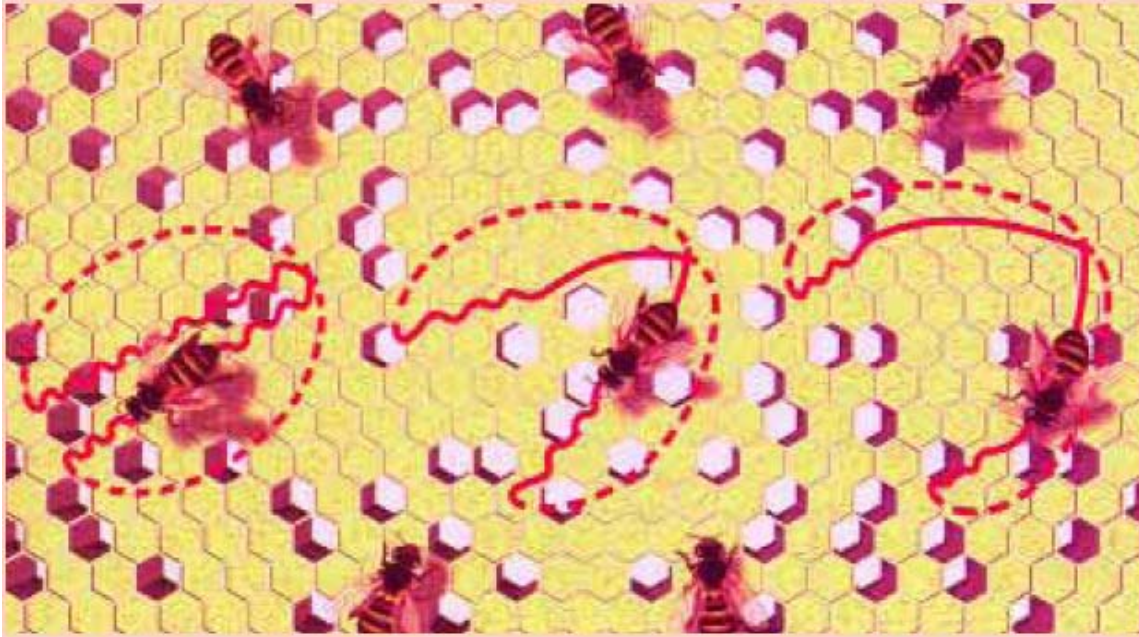
"Daire dansı" olarak adlandırılan dans en sık rastlanan danstır ve kaynağın uzaklığını ve yönünü belirtmez. Yalnızca işçilere yuvanın yakınlığında 15 metreden daha yakın mesafede bir kaynak olduğunu bildirir. Bu dans sırasında yakında bir kaynak keşfeden işçi arı ilk önce yuvanın içindeki işçilere nektar verir ve ardından dansa başlar. Diğer arılar daha sonra bu dansa eşlik ederler. Dansçı tekrar tekrar küçük daireler çizer. Her 1-2 turdan sonra, bazen de daha sık aralıklarla ters döner. Saniyelerce ya da bir dakika kadar süren bu dansta 20 kadar tur olur. Dansın uzun sürmesi ve tur sayısının artması besin kaynağının kovana uzak olduğunu gösterir. Sonra tekrar dansçı ile yuvadaki arılar arasında bir nektar değişimi olur. En sonunda dans sona erer. Dans eden arı başka bir besin aramak üzere yuvayı terk eder. Winston (1991), arılar konusunda en önde gelen uzmanlardan kabul edilen Karl Von Frisch'in yaptığı bir deneyde dansçı ile ilişki kuran 174 işçiden 155'nin 5 dakika içinde besin kaynağını doğru bulduklarını yazmaktadır.

Arılar dans ederek yaptıkları tariflerini karanlık bir kovanda, peteklerin üzerindeyken yaparlar. Bu, aralarında kusursuz bir iletişim olan arıların yeteneklerinin daha iyi anlaşılması bakımından unutulmaması gereken önemli bir detaydır. Arılar çevrelerinde toplanan diğer

arılara, yiyecek kaynağı hakkında gerekli olabilecek tüm bilgileri karanlıkta verirler. Peteklerin üzerinde yaptıkları hareketler karanlık olmasına rağmen diğer arılar tarafından doğru olarak algılanır ve hemen uygulamaya geçirilir.

Arılar yuvadan 15 metre kadar uzaklıktaki besin kaynakları için daire dansını kullanırken, 25-100 metre arasındaki besin kaynakları için de bir geçiş dansı olan sallanma dansını kullanırlar. Bundan başka balarılar yuvadan 100 metreden daha uzak kaynaklar için kaynağın uzaklığını, yönünü ve niteliğini bildiren kuyruk dansı ile iletişim kurarlar. Bu dans aynı zamanda "8 rakamı dansı" olarak da adlandırılır (Frish, 1967).

Arılar besin kaynağından kovana döndüklerinde peteğin üzerinde bu dansı yaparlar. Bu dansta işçiler adım atarken bir yandan da karınlarını titretirler. Hareketlerinin karakteristik şekli 8 rakamına çok benzer. Tipik bir kuyruk dansında arı kısa mesafe için dümdüz bir hat üzerinde hareket eder. Vücudunu saniyede yaklaşık olarak 13-15 defa bir yandan diğer yana doğru sallar (Yahya,2000 ).

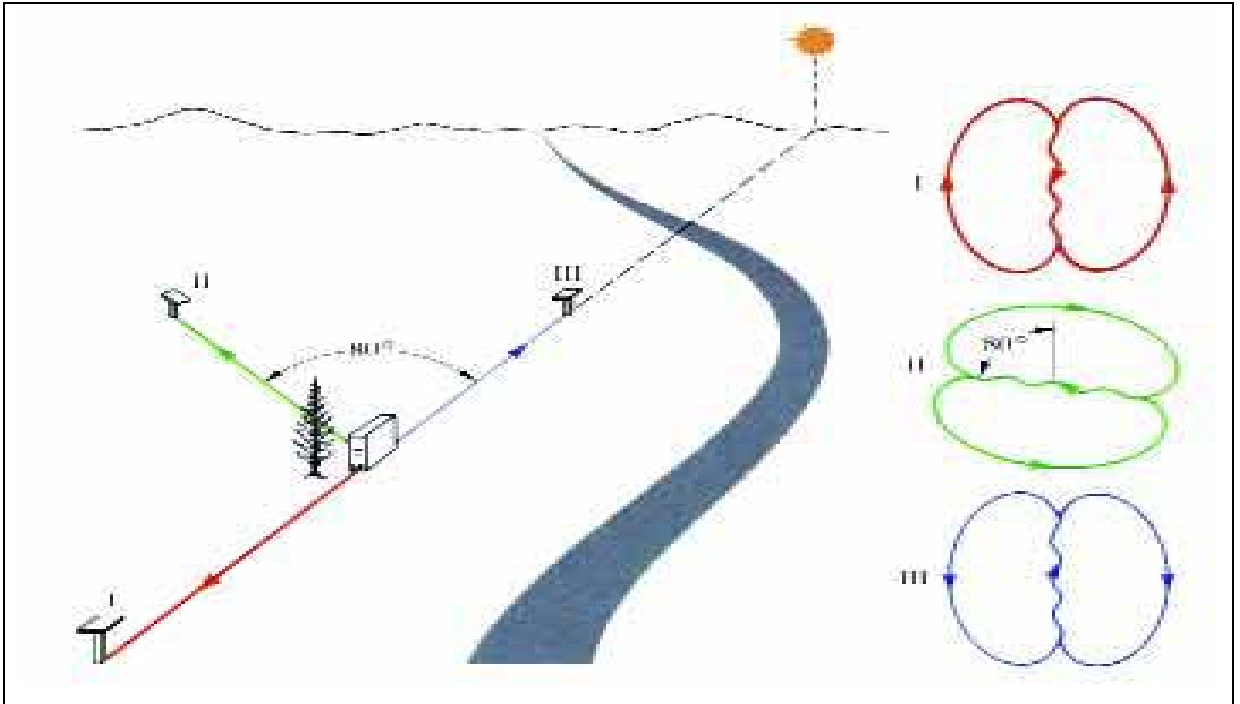


Şekil 5.2. Arıların kovanda yaptığı 8 dansı (Yahya, 2000)

Şekil 5.2.'de arıların yiyecek kaynağının uzaklığı hakkında bilgi vermek için yaptıkları, dalgalı çizgilerle gösterilen 8 dansı görülmektedir.

Arının düz olarak geçtiği bu yolun, kovani yukarıdan aşağıya doğru kesen (hayali) dikmeye yaptığı açı, besin kaynağının güneşe olan açısını verir. Dans ederken yere tam dik gelen üst kısım sembolik olarak güneşi göstermektedir. Eğer arı kovaniyla besin kaynağını ve kovanla güneşin hemen altındaki ufuk çizgisini birleştiren bir çizgi çizilirse, iki çizgi arasında oluşan açının sallanma dansının açısıyla aynı olduğu görülür. Arılar tıpkı bir inşaat mühendisi gibi bölgeleri üçgenlere bölme işlemini yapabilmektedirler.

Kuyruk dansında yapılan sallanma hareketi boyunca arının karnı en önemli organdır. Kaslara ve iskelete ait titreşimlerden kaynaklanan bir vızıltı sesi çevreye yayılır. Arı düz olarak aldığı her yolun sonunda bir dönüş yapar ve başlangıç noktasına doğru yarı dairesel şekilde döner. Daha sonra tekrar düz bir hat üzerinde ilerler ve tam ters yöne doğru bir dönüş yapar. Çember dansında olduğu gibi kuyruk dansı da dansçının durması ve midesindeki balı yakınlardaki işçilere dağıtmasıyla sona erer. Dansı izleyenler 0.1- 0.2 saniye süren kısa süreli bir titreşim çıkarırlar. Bu titreşim dansçının durmasına ve vızıldayan arıyla besin değişimine sebep olur. Hem nektar hem de polen toplayıcıları aynı şekilde dans ederler (Yahya, 2000).



Şekil 5.3 Arılar danslarıyla yiyecek kaynağının yönünü gösterirler (Yahya, 2000)

Şekil 5.3 arıların yiyecek kaynağının yönünü nasıl belirlediklerini göstermektedir. Bu şekilde arıların kovan konumuna göre besin kaynakları şekilde gösterilen I, II, III konumlarında olması durumunda nasıl dans ettiklerini göstermektedir. Buna göre;

I-Eğer besin kaynağı tam Güneş yönünde veya tam aksi yönde ise dansın orta kısmı yere dik gelecek şekilde olur.

II-Dansın düz olarak verilen doğrultusu, yerçekimi doğrultusu ile 80°C'lik bir açı yapıyorsa bu, yiyecek kaynağının Güneş'in 80°C sağında olduğunu gösterir.

III-Arı düz yolu yukarı doğru alıyorsa yiyecek kaynağı tam Güneş yönünde, aşağı doğru alıyorsa kaynak Güneş'in tam aksi yönünde demektir.

Daha önce belirtildiği gibi Şekil 5.3'de kaynağın yönünü arıların nasıl anlattığı gösterilmektedir. Ancak kaynağın yönünü bilmek tek başına bir işe yaramaz. İşçi arıların balözünü toplayabilmeleri için, ne kadar uzağa gitmeleri gerektiğini de bilmeleri gereklidir. Kovana dönen arı, diğer arılara, yine belirli vücut hareketleriyle çiçek polenlerinin bulunduğu uzaklığı da anlatır.

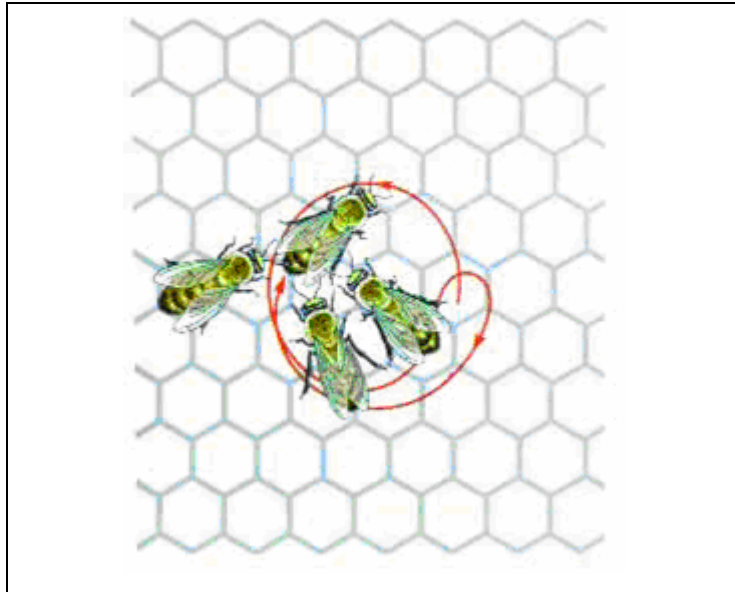
Bu dansı izleyen işçiler besin kaynaklarının yerini rahatlıkla tespit edebilirler. Uzaklığı belirten dansın özelliklerinden biri de, her 15 saniyedeki dönüş sayısı ile ölçülen dans temposu ve düz bir hat boyunca yapılan sallanma hareketleri ve vızıldamalardır. Dansın temposu, daha uzaktaki besin kaynakları için yavaşlar, yakındaki besin kaynakları için hızlanır. Yine dansın zamanı, daha uzak mesafedeki kaynaklar için artar.

Dans boyunca diğer işçiler, tarifi yapan arının etrafında kümelenir ve her hareketini takip ederler. Ayrıca dansçının titreşen karnına antenleri ile dokunurlar. Bu hareket çok önemlidir, çünkü arının havada oluşturduğu kesintili akım besin kaynağının uzaklığını bildirir. Arının gövdesinin alt kısmını sallaması sayesinde hava akımları oluşur. Diğer arılar da antenleri ile bu akımları algılar ve gidecekleri besin kaynağının uzaklığını bu sayede tespit ederler. Örneğin arı 250 m. uzaklıktaki bir yeri tarif etmek için yarım dakikalık bir süre içinde vücudunun alt kısmını 5 kez sallar. Yaptıkları bu danslarla arıların 9-10 kilometreye kadar varan bir alandaki besinlerin yerlerini birbirlerine bildirdikleri gözlenmiştir (Winston, 1991).

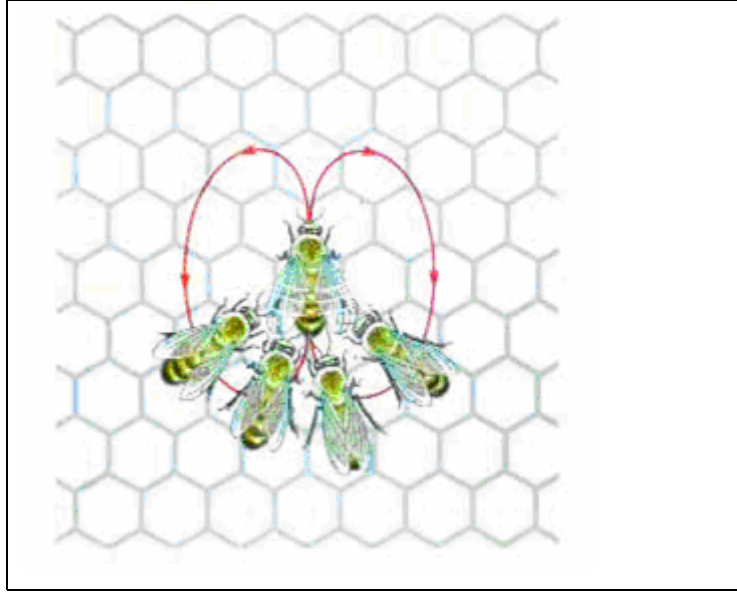
“Dans bölgesi”ndeki bilgi alış verişinin ardından dansçı arı (izci arı) ve dansı izleyen diğer arılar (aldıkları bilgiyi kullanarak) kaynağa giderler. Zamanla kaliteli kaynağa gönderilen arı sayısı artar. Bu kaynağın kısa bir zaman içerisinde çabuk ve verimli bir şekilde kullanılmasını sağlar.

Arılara gerekli olan bilgilerden bir tanesi de kaynakta bulunan besinin niteliği ile ilgilidir. Bu bilgiyi de dansı yapan toplayıcı arının üzerine sinen koku sayesinde edinirler (Yahya, 2000).

Arılar, eğer buldukları kaynak çok çok zenginse coşkulu bir şekilde dans ederler. Eğer kaynak yakındaysa Şekil 5.4’deki 'yuvarlak dans' adı verilen danslarını yaparak kaynağın yerini tarif ederler. Daha uzaktaki kaynaklar içinse Şekil 5.5’deki 8 şekilli danslarını yaparlar ve buna titreşim hareketlerini de eklerler. Gerek dairesel gerekse 8 dansını izleyen arılar dans eden arıya temas ederek yayılan titreşim ile bilgi alışverişi sağlarlar.



Şekil 5.4. Yuvarlak dans ve titreşimle iletişim (Yahya, 2000)



Şekil 5.5. Sekiz dansı ve titreşimle iletişim (Yahya, 2000)

Toplayıcı arılardan elde edilen bu bilgiler doğrultusunda diğer arılar kolaylıkla besinin yerini bulurlar. Besin kaynağının başına çok fazla arı toplanması kovanda dans eden arıların sayısı ile de doğrudan bağlantılıdır. Tek bir arının dansı ile tüm kovan harekete geçmez. Öncelikle koloniden bir grup arı öncü olarak gider. Bu öncü grup uçuştan döndüğünde onlar da dans ediyorsa daha fazla arı hedefe doğru yönelir. Buldukları kaynak ne kadar iyi ise, o kadar daha uzun süre dans ederler ve daha fazla takipçi arı toplarlar. Böylece koloninin toplayıcı takımının dikkati daima en verimli besin kaynağına doğru yönelmiş olur.

Kaynakta hasat devam ederken, bir yandan da kaynağın kalitesindeki (nektar miktarı v.s.) değişikliklerde sürekli olarak kontrol edilir. Bu kontrol aslında başlangıçta izci arıların yaptığından farklı değildir. Kaynak hala aynı kalitede ise diğer arılardan bir kısmı da kovana döndüğünde aynı kaynak için dans ederler. Bu sayede mevcut kaynak için sürekli bir denetim süreci canlı tutulur. Herhangi bir sebepten meydana gelebilecek değişiklikler bu iletişim sistemi sayesinde, koloni tarafından algılanarak, kaynağa gönderilecek arı miktarı artırılabilir, azaltılabilir veya kaynak tamamen terk edilir.

Bulunan besin kaynağının verimsiz olması durumunda da arılar dans ederler. Yalnız buradaki tek fark arıların dansının isteksiz olması ve daha kısa sürmesidir. Bu durum kovandaki diğer arılara da yansır, dansçıların başına toplanan arılar kısa bir süre içinde dağılırlar. Bu durumda yeni bir ekip besin aramak için çıkar (Yahya, 2000).

Bu sistem koloninin ihtiyaç duyduğu nektarı ve poleni hızlı ve verimli bir şekilde toplayabilmesini sağlar. Hasat sırasında arılar çiçekleri ziyaret ederken aynı zamanda kaynağın yiyecek seviyesini kontrol eder. Bu kontrol mekanizması kovana geri döndüklerinde kaynak için dans edip etmemeye karar vermeleri için gereklidir. Eğer yiyecek kaynağı hala yeterince iyi ise her seferinde daha fazla arının ilgisini çekecektir. Bu sayede, daha önce de belirtildiği gibi, koloninin ihtiyaç duyduğu nektar, polen gibi bileşenler en hızlı ve verimli bir şekilde toplanabilecektir.

### **5.3. Koloni Temelli Algoritmalar**

Koloni temelli algoritmalar doğada olan yöntemlerden esinlenerek optimal çözüme ulaşmaya çalışan algoritmalarlardır. Popülasyon temelli bu algoritmaları diğer algoritmalarından (hill climbing gibi) ayıran temel özellik bu tür algoritmaların her bir iterasyon için diğerlerinin aksine, zm kümesi kullanmasıdır. Özellikle tek bir optimum noktanın bulunduğu üzümlerde popülasyon üyelerinden herhangi birisinin bir zm bulması beklenir. Bununla birlikte, çok amaçlı optimizasyon problemlerinde popülasyon temelli algoritmalar daha etkili olabilmektedir. Karınca Algoritması, Genetik Algoritmalar, Particle Swarm Optimizasyon (PSO) algoritmaları bu sınıfta değerlendirilebilir (Pham ve diğerleri, 2006a).

Popülasyon temelli algoritmalar arasında en başarılı olanlardan bir tanesi karıncaların doğal ortamlarında kullandıkları yöntemlerden istifade ile geliştirilen Karınca Algoritmasıdır (Ant Colony Optimization -ACO). Bu yöntemin prensibi karıncaların yiyecek bulmak ve tekrar yuvaya geri dönmek için kullandıkları yola dayanır. Karıncalar hareket etmelerine göre değişen yoğunluklarda yere bıraktıkları kimyasal maddeler aracılığıyla haberleşirler. Ne kadar çok karınca aynı yolu kullanırsa o kadar çok kimyasal madde bırakılmış olur. Karıncalar bu kimyasal madde izlerini takip etme eğilimi gösterirler ve bu anlamda diğerleriyle yiyecek kaynakları yeri konusunda haberleşirler. Başlangıçta karıncalar yuvayı çevreleyen alana rasgele dağılırlar. Bir karınca bir yiyecek kaynağı bulur bulmaz yiyeceğin kalite ve miktarını değerlendirerek yiyeceğin bir kısmını yuvaya taşır. Geri dönüş esnasında karınca yere kimyasal bir madde bırakır. Burada kimyasal madde izinin rolü diğer karıncalara yiyecek kaynağı ve bulunan yiyecek miktarına bağlı olarak karınca tarafından bırakılan kimyasal madde hakkında bilgi vermektir. Bir engelle karşılaştığında bazı karıncalar engelin solundan bazıları sağından geçecektir. Bir süre sonra yiyecek kaynağına giden yol daha gtl kimyasal

madde izi ile gösterilmiş olacak ve daha fazla karınca yiyecek kaynağına ulaşacak, daha güçlü kimyasal madde izi kalacaktır. Karınca algoritması ile ilgili detaylı bilgi için (Dorigo ve Stutzle, 2004, Gagne ve diğerleri, 2002, Gambardella ve diğerleri 1999) kaynaklarına başvurulabilir..

Bir önceki bölümde detaylı olarak anlatılan, canlıların geçirmiş oldukları doğum, yaşam, eşleşme, yeni evlatlar dünyaya getirme ve ölüm gibi doğal evrelerden esinlenerek ortaya konulmuş genetik algoritmalar da yine koloni temelli algoritmaların güçlü bir temsilcisidir.

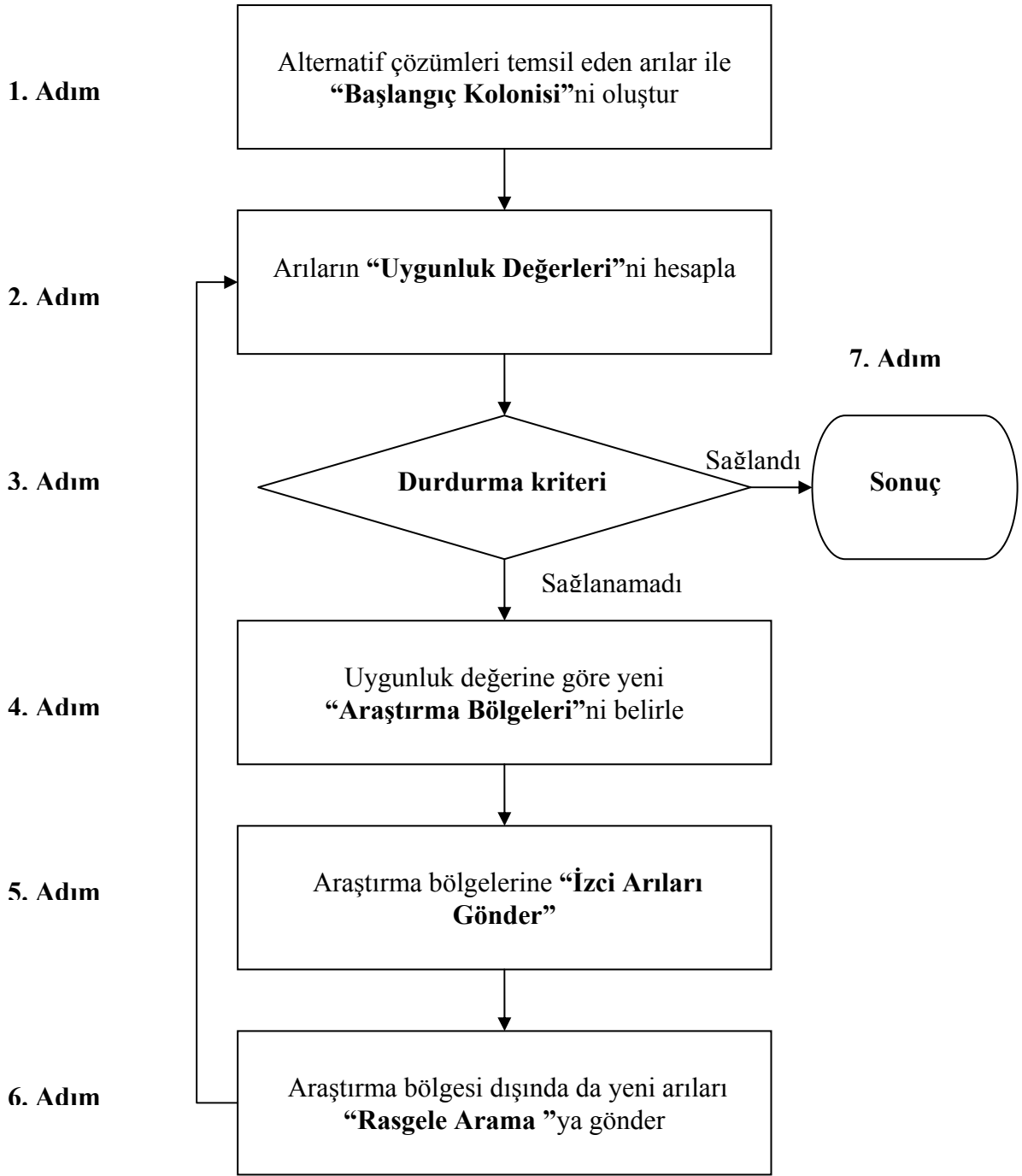
PSO kuş ve balık sürüleri gibi bazı grup ve organizasyonların sosyal davranışlarından esinlenerek geliştirilmiş bir optimizasyon prosedürüdür (Eberhart ve diğerleri, 2001). Popülasyondaki bireysel çözümler, zamanla mevcut pozisyonlarını değiştiren “partiküller-bireyler” olarak görülürler. Her bir partikül kendi tecrübesi ve çevresindekilerin tecrübesinden (kendisi ve komşusunun ziyaret ettiği en iyi noktalar) istifade ile araştırma uzayındaki pozisyonunu yeniden ayarlar. Böylece bu metod lokal ve global araştırma metodlarını bir arada değerlendirir.

#### **5.4. Arı Algoritması (AA)**

Arı Algoritması; arıların doğal ortamlarında besin toplamak için gösterdikleri davranışlarını temel alarak, optimizasyon problemlerinde en iyi çözümü bulabilmek için 2005 yılında geliştirilmiş bir algoritmadır (Pham ve diğerleri, 2005). Algoritmanın ilk uygulamalarından biri de çok katmanlı yapay sinir ağı ağırlık optimizasyonudur (Pham ve diğerleri, 2006b)

Diğer yapay zeka tekniklerinde olduğu gibi; Arı Algoritmasının problem çözümünde kullanılması için öncelikli olarak problemin iyi analiz edilmesi ve algoritmanın temel işleyişine uygun modellemenin yapılması gerekir. Arı algoritmasında arılar; ele alınan probleme geçerli tam bir çözüm öneren değerler bütünüdür. Arılardan meydana gelen koloni ise alternatif çözüm kümesi olarak düşünülebilir. Ele alınan problemde bulunan alternatif çözümlerin değerlendirilmesinde kullanılacak amaç fonksiyonun belirlenmesi de en temel adımlardandır. Çözümün amaç fonksiyon değeri arı uygunluk değeri olarak nitelendirilmektedir. Arı algoritmasının genel işleyiş adımları Şekil 5.6’da görülmektedir.





Şekil 5.6. Arı Algoritması genel akış şeması

Arı algoritmasında başlangıçta ayarlanması gereken bazı parametreler vardır. Bunlar: Başlangıç kolonisinden sonra da devam eden iterasyonlarda da sabit kalan kolonideki toplam arı sayısı ( $n$ ), etrafında araştırma yapmak üzere gönderilecek iyi sonuçlar elde eden (uygunluk değeri yüksek) “Araştırma Bölgesi” arı sayısı ( $m$ ), Araştırma bölgesi ( $m$ ) içerisindeki en iyi elit arı sayısı ( $e$ ), elit ( $e$ ) arısı etrafına gönderilecek arı sayısı ( $nep$ ), diğer bölgesi arılarının ( $m-e$ ) etrafına gönderilecek arı sayısı ( $nsp$ ), araştırma yapılmak üzere seçilen arının ne kadarlık çevresinde araştırma yapılacağı belirlendiği çevre büyüklüğü ( $ngh$ ) değeri ve iterasyon sayısını yada bulunan çözüm performansını (arı uygunluk değeri) esas alan durdurma kriterleridir.

Algoritma ilk adımda,  $n$  adet arının çözüm uzayına rassal olarak yerleştirilmesi ile başlar. İkinci adımda, arıların uygunluk değerleri daha önceden belirlenen amaç fonksiyonu doğrultusunda hesaplanır. Üçüncü adım, iterasyon sayısı bazında yada arıların uygunluk değerlerinden istenilen kriteri sağlayan arının olup olmadığının ölçülmesi aşamasıdır. Bu aşamada durdurma kriteri sağlanır ise işlemlere son verilerek 7. adıma geçilir aksi takdirde 4. adımdan işlemlere devam edilir.

4. adımda, arılar uygunluk değerlerine göre sıralanır. Uygunluk değeri en yüksekten başlamak üzere, etrafında araştırma yapılacak arılar, araştırma bölge arısı ( $m$ ) olarak belirlenir. Aynı adımda araştırma bölgesi içerisindeki en iyi elit arı ( $e$ ) sayısı da bu bölge içerisinde yer alır.

5. adımda, araştırma bölgesi arıları etrafına yeni izci arılar gönderilir. Bu aşamada arı algoritmasının temel felsefesini oluşturan; “besin aramada iyi kaynaklar bulmuş olan arıların etrafında daha iyi kaynaklar bulunabilir” yaklaşımından yola çıkarak çözüme yakın alternatiflerin etrafında araştırma derinleştirilir. Araştırma bölgesinde; elit arıların etrafına daha fazla olmak üzere, tüm arıların etrafına izci arılar gönderilir. Bu da elit arılar etrafında daha detaylı araştırma anlamına gelir. İzci arılarla birlikte bu yerel (lokal) araştırma da, arı algoritmasının temel kavramlarından bir tanesidir.

Bununla birlikte 6. adımda, seçilen araştırma bölgelerinde, yerel (lokal search) araştırma devam ederken, diğer yanda da genel (global search) araştırmalar yapılır. Başka bölgelerde de çözümler aranır. Bu işlemde; başlangıç kolonisini oluşturmada olduğu gibi, araştırma bölgesi rasgele belirlenir. Arı algoritmasını güçlü kılan yönlerden biri de arama yönteminin yerel bir çözümde takılıp kalması ve genel en iyi çözümü aramayı bırakma riskini azaltmaktadır.

## 5.5. Basit Bir Arı Algoritması Uygulaması

Arı algoritmasının uygulamasını 2 değişkenli basit bir fonksiyon optimizasyonu örneği üzerinde açıklamak faydalı olacaktır. Elimizde bulunan 1 numaralı denklemin en küçük değerini veren x ve y değişken değerlerini bulmaya çalışalım.

$$F(x,y)=(x-5)^2+(y-5)^2 \quad (1)$$

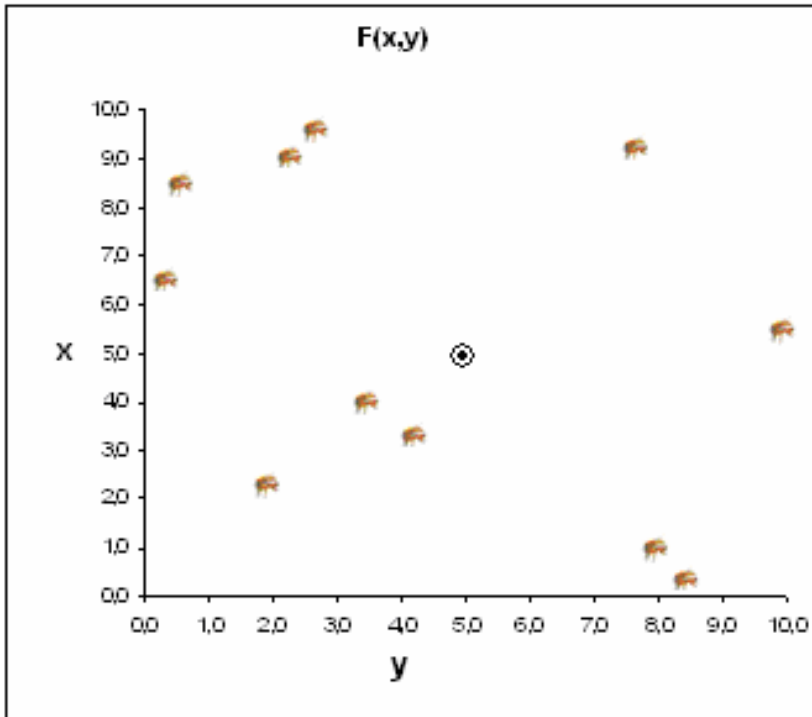
Problemin AA ile modellemesine bakacak olursak, bu denklemde bulmaya çalıştığımız iki değişken var. Bizim arı ile temsil edeceğimiz çözümün bu iki değişkenin değerlerini içermesi gerekecektir. Burada arı Arı(x,y) değişkenlerini temsil edecektir. Uygunluk fonksiyonu olarak F(x,y) fonksiyonu, uygunluk değeri olarak da fonksiyon değeri alınacaktır. Burada amaç en küçük uygunluk değerine sahip x ve y kombinasyonunu bulmak olacaktır. Algoritmada kullanacağımız parametreleri de;

Kolonideki arı sayısı	n = 11
Araştırma bölgesi arı sayısı	m = 4
Elit arı sayısı	e = 2
Elit arı ( e ) etrafına gönderilecek arı	nep = 4
Diğer araştıra bölgesine (m-e) göndeilecek arı	nsp = 2
Araştırılacak arı çevresi	ngh = 0,5

Olarak belirledikten sonra rasgele belirlenmiş x ve y değerlerinden oluşan 11 adet arı ile başlangıç kolonisi ile algoritmayı başlatıyoruz. Başlangıç kolonisi arılarının temsil ettiği x,y değeri ile bu x,y değerlerine karşılık gelen F(x,y) uygunluk değerleri Tablo 5.1'de verilmektedir. Ayrıca arıların araştırmaya çıktıkları yerler Şekil 5.7'de görsel olarak verilmiştir. Aranılan nokta x=5, y=5 ve F(5,5)=0 uygunluk değerine sahip çözümdür.

Tablo 5.1 AA Fonksiyon Optimizasyon örneği , başlangıç kolonisi değerleri

	x	y	$F(x,y) = (x-5)^2 + (y-5)^2$ (Uygunluk değerleri)
Arı 1	9,1	2,4	22,76
Arı 2	2,2	1,9	17,45
Arı 3	0,3	8,4	33,65
Arı 4	9,1	7,6	23,57
Arı 5	3,9	3,3	4,10
Arı 6	9,4	2,8	24,20
Arı 7	8,4	0,6	30,92
Arı 8	5,3	9,7	38,90
Arı 9	3,3	4,2	3,53
Arı 10	1,0	8,0	24,21
Arı 11	6,4	0,4	23,12
Koloni ortalama performansı			24,40



şekil 5.7 AA Fonksiyon Optimizasyon örneği , başlangıç kolonisi x-y grafiği

Algoritmanın 3. adımında istenilen sonuca ulaşıp ulaşılmadığının kontrolü vardır. Durdurma kriteri iterasyon sayısı olabileceği gibi, bir önceki iterasyonlara göre çözümde iyileşme olup olmadığı veya ne kadar iyileşme olduğu olabilir. Bizim örneğimizde olduğu gibi ulaşılmak istenen kesin çözüm biliniyor ise 0 değeri o değere yaklaşma da bir durdurma kriteri olarak ele alınabilir.

4. adımda araştırma bölgesini belirlemek üzere etrafına arı gönderilecek arıları (bkz. Tablo 5.2) uygunluk değeri en iyi arı sıralamasına göre belirliyoruz. Uygunluk değeri 3,53 ile en iyi arı Arı 9 dan başlamak üzere uygunluk değeri en yüksek 4 arı araştırma bölgesi arıları olarak seçiliyor. Bir arının araştırma alanı da başlangıçta olduğu gibi rasgele seçilecek bir bölge oluyor. Araştırma bölgesi içerisindeki en iyi 2 arıyı da elit arı olarak alıyoruz ve bu arıların etraflarında araştırmayı daha da derinleştirilecektir yani her bir elit arı etrafına daha fazla arı gönderilmesi sağlanacaktır. Elit arıları da içeren araştırma bölgesi arıları Tablo 5.2 de görülmektedir.

Tablo 5.2 Fonksiyon Optimizasyon örneği , Araştırma Bölgesi arıları

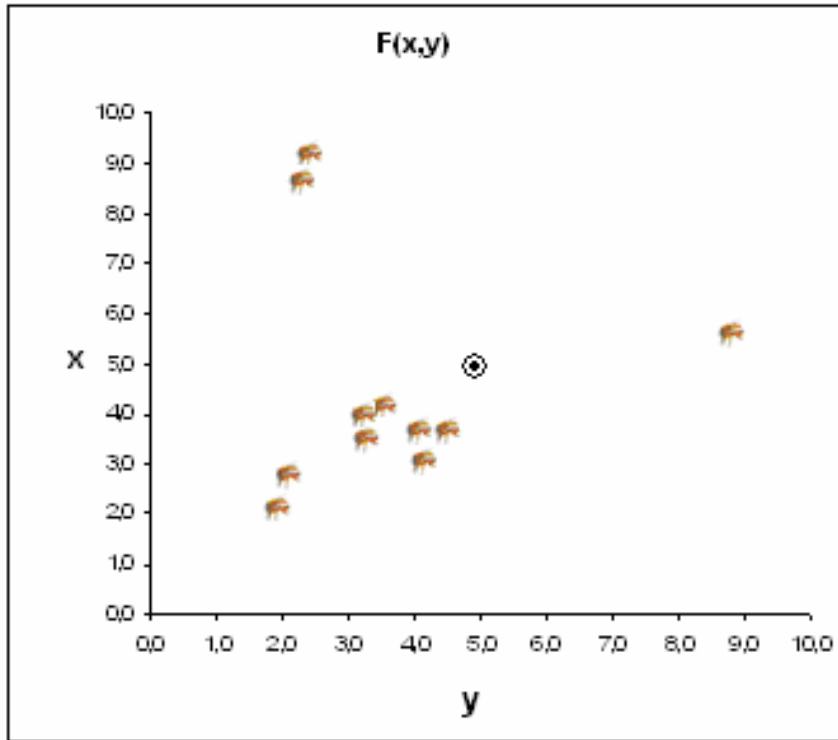
	Araştırma Bölgesi	Seçilen Ari	F(x,y) Uygunluk Değeri	Etrafına gönderilecek arı sayısı
Araştırma Bölgesi ( m=4 )	Elit arı ( e=2 )	Arı 9	3,53	2
		Arı 5	4,10	2
	Diğer ( m-e=2 )	Ari 2	17,45	1
		Ari 1	22,76	1
İzci arı	Yeni			1

5. adımda araştırma bölgesinde seçilen arıların etraflarına izci arılar gönderilmektedir. Burada elit arıların etraflarına daha çok izci arı gönderilmektedir. Bir arının etrafında yeni bir izci arının konumlanmasında çevre değeri kullanılmaktadır. Ele aldığımız örnekte çevre değeri 0,5 alınmıştır. Arının çevresi x ve y değerlerinin (+/-) 0,5 aralığıdır. Arı 9 un çevresi demek x'in 2.8 (3,3-0,5) ile 3,8 (3,3+0,5), y'nin 3,7 (4,2-0,5) ile 4,7 (4,2+0,5) aralığıdır. Bu aralıktaki herhangi bir değer rassal olarak belirlenmektedir. Aynı Arı 9 örneği için çevresinde belirlenen yeni iki nokta (3,6;4,0) ve (3,7;4,4) noktalarıdır. 6. adımda yerel araştırmanın dışında genel araştırmanın da yapıldığı rassal araştırma alanına yeni bir arının gönderilmesi sağlanır. Araştırma bölgesine gönderilen arılar ve rasgele araştırmaya gönderilen arıların

tamamının oluşturdu yeni koloni üyesi arıların değerleri Tablo 5.3 de , görsel yerleşimi de Şekil 5.8’de görülebilmektedir.

Tablo 5.3 Fonksiyon Optimizasyon örneği , Yeni koloni arıları ve uygunluk değerleri

Eski	Yeni	x	y	$F(x,y)=(x-5)^2+(y-5)^2$
Ari 9	<b>Kendisi</b>	<b>3,3</b>	<b>4,2</b>	<b>3,53</b>
	Çevre 1	3,6	4,0	2,96
	Çevre 2	3,7	4,4	2,05
Ari 5	<b>Kendisi</b>	<b>3,9</b>	<b>3,3</b>	<b>4,10</b>
	Çevre 1	4,1	3,5	3,06
	Çevre 2	3,6	3,2	5,20
Ari 2	<b>Kendisi</b>	<b>2,2</b>	<b>1,9</b>	<b>17,45</b>
	Çevre 1	2,7	2,1	13,70
Ari 1	<b>Kendisi</b>	<b>9,1</b>	<b>2,4</b>	<b>22,76</b>
	Çevre 1	8,8	2,3	21,73
İzci Ari	Rassal - yeni	5,7	8,8	14,93
Koloni ortalama performansı				10,13



Şekil 5.8 AA Fonksiyon Optimizasyon örneği , yeni koloni x-y grafiği

Tablo 5.1 de başlangıç kolonisi, Tablo 5.3 ve yeni koloninin uygunluk değerleri ve koloninin ortalama uygunluk değerini incelediğimizde 24,40'dan 10,13'e bir iyileşme açıkça görülebilmektedir. Koloni performansının görsel yansıması da Şekil 5.7 ile Şekil 5.8 arasında arıların istenen  $x=5,y=5$  noktası etrafında kümelenedikleri görülmektedir.

Oluşan yeni kolonide başlangıç kolonisinde olduğu gibi araştırma bölgelerinin seçilmesi, yeni arıların gönderilmesi ile algoritma adımlarına devam edilecek ve baştan belirlenen durdurma kriteri sağlanıncaya kadar iterasyona devam edilecektir.

### 5.6. Arı Algoritmasının Yapay Sinir Ağı Eğitiminde Kullanılması

Daha önce belirtildiği gibi YSA yapay sinir ağının eğitimini bir hata fonksiyonunun minimize edilmesi olarak değerlendirebilir. Hata fonksiyonu, eğitim setinin çıktısı ile istenen (ideal) çıktı arasındaki farkı hesaplar. Eğitim süreci, eğitim setinden her seferinde rassal olarak alınan örneklerin yapay sinir ağına verilmesiyle gerçekleştirilir. Eğitim setindeki örnekler tek tek ağ'a gösterilirken, aynı zamanda istenenle elde edilen arasındaki farkın karesinin toplamları belirlenir. Bu süreç sonucunda verilen ağırlık değerleri için netin hata fonksiyonu vasıtasıyla ürettiği toplam hata değeri belirlenir.

Arı Algoritması açısından ise her bir arı belirli ağırlık vektörlerine sahip bir yapay sinir ağını temsil eder. Algoritmanın amacı, en düşük hatayı üreten ağırlık vektörüne sahip arının bulunabilmesidir. Tek ara katmanlı, eşik değerli YSA modeli üzerinde örneklendirecek olursak;

$NG = \text{YSA Giriş Katmanı İşlem Elemanı Sayısı}$

$NA = \text{YSA Ara Katman İşlem Elemanı Sayısı}$

$NC = \text{YSA Çıkış Katmanı İşlem Elemanı Sayısı}$

Olarak tanımladığımızda giriş-ara katman arasındaki bağlantı sayısı ve dolayısı ile ağırlık değeri sayısı eşik değerinin ara katmana olan bağlantılar da hesaba katıldığında

Giriş-Ara Katman ağırlık sayısı =  $(NG+1)*NA$  dır.

Ara katman ile çıkış katmanı arasındaki ağırlık sayısı ise eşik değerinin çıkış işlem elemanlarına olan bağlantıları dahil

Ara katman – Çıkış katmanı arası ağırlık sayısı =  $(NA+1)*NC$  dir.

Toplam Ağırlık sayısı =  $(NG+1)*NA + (NA+1)*NC$  dir.

Bu çalışma kapsamında YSA ağırlık değerlerinin Geri yayılım algoritması yerine GA ve AA ile tespiti çalışmasında da yukarıda formülize edilen toplam ağırlığın değerlerini temsil edecek bir yapı kurulmasıdır. GA da bu yapı her bir ağırlık için bir gen ve toplam ağırlık sayısınınca genden oluşan bir kromozom ile temsil sağlanmaktadır. Arı algoritmasında da her bir arı toplam ağırlık sayısınınca değeri bünyesinde barındırmaktadır. Örneğin 9 giriş 6 çıkışlı bir YSA modelinde 8 işlem elemanından oluşan tek katmanlı bir yapı tercih ettiğimizde eşik değerleri ile beraber

Toplam Ağırlık Sayısı =  $(9+1)*8 + (8+1)*6 = 134$  olmaktadır

Bir arı 134 ağırlık değerini temsil edecektir. YSA modelindeki ara katman ve işlem elemanları sayıları değiştikçe temsil edilecek ağırlık sayısı da değişeceği açıktır.

Bu genel bilgiler çerçevesinde arı algoritması adımlarını takip ederek YSA ağırlıklarının tespiti işlemlerini açıklayalım

1. Adım : Başlangıç kolonisinin oluşturulması; her biri YSA modelindeki ağırlık sayısınınca değeri temsil eden ( yukarıdaki örnekte 134 ) arı ile koloni oluşturulur. Arıların temsil ettiği başlangıç ağırlıkları rassal olarak (tercihen -1 ile +1 arası) belirlenir. Bir koloni örnek olarak 100 arıdan oluşabilir.
2. Adım : Uygunluk değerlerinin hesaplanması; bu aşamada arıların temsil ettiği ağırlık kombinasyonu ile YSA ileri doğru hesaplama yöntemi ile ağ çıktıları ve oluşan hata hesaplanır. Burada amaç ağ çıktı hatasını en aza indirmektir. Arı uygunluk değeri YSA'nın çıktı hatası ile ölçülmektedir.
3. Adım : Durdurma kriterinin kontrol edilmesi ; belirli bir en çok iterasyona yada 2. adımda yapılan ölçümlerden sonra istenilen hata performansına ulaşılmış ise algortima durdurulur ve 7. adıma geçilir aksi taktirde 4. adıma devam edilir.
4. Adım ; Araştırma bölgelerinin belirlenmesi; 2. adımda ölçülen uygunluk değerleri esas alınarak arılar uygunluk değerlerine göre en iyiden en kötüye doğru sıralanır ve önceden belirlenen araştırma bölgesi arıları ve onların içerisinden de en iyi arılar elit arı olarak belirlenir
5. Adım : İzci arıların araştırma bölgelerine gitmesi; bu aşamada seçilen araştıma bölgesine elit arıların etrafına daha çok olmak üzere arılar araştırmaya gönderilir. Burada arıların çevresinden kasır her bir arı ağırlık sayısı kadar değeri temsil ettiğine



göre her bir değerin +/- çevre kadar rasgele bir değer ilavesi ile ilgili ağırlığın yeni değeri bulunması ile gerçekleşir. Diğer bir deyiş ile 134 ağırlıklı bir YSA modelinde çevre değeri de 0,1 olarak tanımlanmış ise 134 farklı ağırlığın da +/- 0,1 aralığında rassal bir değer ilavesi ile yeni 134 değer ve sonuç olarak da yeni bir arı elde etmiş oluyoruz.

6. Adım : Rassal araştırmaya gönderilmesi; seçilen araştırma bölgesi dışında da araştırmalara devam etmek için bir kısım arı da rassal olarak yeni bölgelere gönderilmektedir. Bu adımda da başlangıç kolonisinde olduğu gibi YSA ağırlıkları rassal olarak belirlenmektedir. Bu adım ile yeni bir koloni oluşmuş olmaktadır. Daha sonra oluşan yeni koloninin uygunluk değerlerinin ölçülmesi aşaması için 2. adıma dönülmektedir.
7. Adım : Sonuç ; eğer 3 adımda durdurma kriteri sağlanmış ise koloni içerisindeki uygunluk değeri en yüksek arı problem çözümü olarak ele alınır. YSA eğitim aşamasında belirlenmeye çalışılan en uygun ağırlık değerleri AA ile bulunmuş olur. Uygunluk değeri en yüksek arının temsil ettiği ağırlık değerleri YSA modelinde yerine konularak test aşamasına geçilir.

## **BÖLÜM 6. ARI ALGORİTMASI , ATIKSU ARITMA TESİS KONTROL UYGULAMASI**

### **6.1. Giriş**

Bu bölümde Kaliforniya Irvine Üniversitesi (University of California Irvine UCI) Makine Öğrenmesi (Machine Learning) kütüphanesinde yer alan bir şehre ait atıksu veri tabanı (UCI, 2006) (bundan sonra UCI atıksu veri tabanı olarak anılacaktır) ile Adapazarı Büyükşehir Belediyesine ait Karaman Atıksu Arıtma tesisi verileri üzerinde yapılan çalışma anlatılmaktadır. İlk olarak, UCI atıksu veri tabanı üzerinde tesis genelinde ölçülen 38 parametre durumuna göre uzmanlar tarafından sınıflanan 13 durumun tahmin edilmesi ve tesis girişinde ölçülen 9 değişkenden yola çıkılarak tesis çıkışındaki 6 değişkenin tahmini yapılmıştır. Sınıflandırma ve tahminlerde Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağının Geri Yayılım, Genetik Algoritma ve Arı Algoritması ile eğitilmiş modelleri kullanılmıştır. İkinci uygulama çalışması olarak da Karaman Atıksu tesisinde giriş ve proses esnasında ölçülen 6 parametre ile tesis çıkışında gerçekleşen 4 değişkenin tahmini uygulaması anlatılmaktadır. Her iki tahmin uygulamasında öncelikli olarak verilerin regresyon analizleri yapılarak tahmin edilen her bir parametre için tek tek uygun regresyon modelleri bulunarak test sonuçları elde edilmiştir.

### **6.2. Regresyon Analizi**

Regresyon analizi, aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunan iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi matematiksel bir fonksiyonla belirlemek, bu ilişkiyi kullanarak bağımlı değişken hakkında tahminler (estimation) ya da kestirimler (prediction) yapabilmek amacıyla sıklıkla başvurulan bir istatistik analiz tekniğidir (Orhunbilge, 2000). Regresyon analizi ile aynı zamanda değişkenler arasındaki yapısal ilişkiler de ortaya konmuş olur. Ekonomik, sosyal ve doğal olayların çoğunda sebep-sonuç ilişkisine rastlamak mümkündür.

Regresyon analizi ile bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi açıklamak için matematiksel bir model kullanılır ve bu model regresyon modeli olarak adlandırılır. Bu matematiksel model tek değişkenli (basit) olabileceği gibi çok değişkenli (çoklu) olabilir. Model doğrusal olabileceği gibi eğrisel olarak ta kurulabilir.

#### Basit Doğrusal Regresyon Modeli

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon$$

Şeklinde bir bağımlı ve bir de bağımsız değişken içeren bir modeldir. Burada;

Y: bağımlı (açıklanan) değişken olup belli bir hataya sahip olduğu varsayılır.

X: bağımsız (açıklayan) değişkeni olup hatasız ölçüldüğü varsayılır.

$\alpha$ : regresyon sabiti olup  $X = 0$  olduğunda Y'nin aldığı değeri gösterir. Diğer bir ifadeyle regresyon doğrusunun Y eksenini kestiği noktadır.

$\beta$ : regresyon katsayısı olup, X'de meydana gelen bir birimlik bir değişimin Y de meydana getirdiği değişim miktarını ifade eder. Kısaca eğim katsayısı olarak ta adlandırılır.

$\varepsilon$ : tesadüfi hata terimi olup ortalaması sıfır varyansı  $\sigma^2$  olan normal dağılışı gösterdiği varsayılır. Bu varsayım parametre tahminleri için değil katsayıların istatistik olarak anlamlılıklarının sınanması için gereklidir.

Regresyon modeli kurulduktan sonra modelin yeterli olup olmadığının kontrolü regresyon analizinin en önemli bölümüdür. Kurulan modelin doğru modele yeterli derecede yaklaştığını garanti etmek ve en küçük kareler regresyon analizinin tüm varsayımlarını sağlayıp sağlamadığını kontrol etmek gerekir. Regresyon analizinde modelin yeterliliği için genellikle varyans analizi ve çoklu determinasyon katsayısından ( $R^2$ ) faydalanılır. Modelin yeterliliğinin varyans analizi ile ortaya konması yeterli değildir. Bunun dışında regresyon parametrelerinin de istatistik açıdan anlamlı olması da t testleri ile araştırılmalıdır (Tarı, 1999).

Öte yandan regresyon modelinin çeşitli varsayımları da yerine getirmesi gerekir. Bunlar kısaca ardışık hata terimlerinin otokorelasyonsuz olması, bağımsız değişkenlerin kendi aralarında çoklu doğrusal olmaması. Hata teriminin varyansının

sabit olması, hata teriminin dağılımının normal olması gibi varsayımlardır. Bu varsayımlardan sapma modelin yeterliliği ve geçerliliğine olumsuz etki yapmaktadır.

Regresyon modelinin parametrelerinin tahmininde genellikle en küçük kareler ve en çok benzerlik yöntemleri kullanılmaktadır. Uygulamada daha ziyade en küçük kareler yöntemi kullanılmaktadır. En küçük kareler yöntemi hata karelerini minimum yapan yöntemdir. Bu yöntemle serpilme diyagramındaki noktaların regresyon doğrusuna dik uzaklıklarının karelerinin minimum yapılması sağlanmaktadır.

### 6.3 Uygulamada Kullanılan Yapay Sinir Ağı Eğitim Metodları

Bu bölümde yapay sinir ağı eğitim modeli olarak uygulama kapsamında kullanılan geri yayılım, genetik algoritma ve arı modeli üzerinde durulacaktır

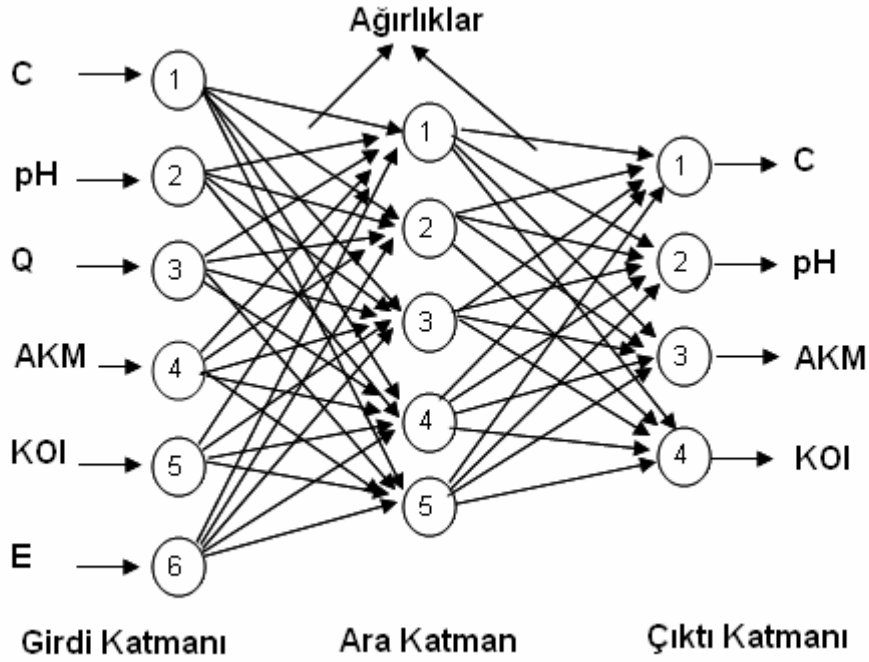
#### 6.3.1. Genel yapay sinir ağı modeli ve geri yayılım öğrenme metodu

Uygulamada Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı modeli kullanılmıştır. Ara katman sayısı tektir. Girdi katmanında UCI sınıflandırma problemimde 38, UCI tahmin uygulamasında 9, Karaman tahmin uygulamasında 6 işlem elemanı kullanılmıştır. Çıktı katmanlarında ise UCI sınıflandırma problemimde 13, UCI tahminde 6, Karaman tahmin probleminde 4 çıkış işlem elemanı kullanılmıştır. Ara katmanlarda kullanılan işlem elemanı sayısında ise deneme yanılma yöntemi kullanılmakla beraber genel olarak giriş katmanı ve çıkış katmanı işlem elemanı sayılarının toplamının yarısına yakın sayıda işlem elemanı kullanılmıştır. Örnek olarak Şekil 6.1'de Karaman AAT kontrol edilen 6 giriş parametresinden, 4 çıkış parametresi tahmininde kullanılan YSA modeli verilmiştir.

Ayrıca ara ve çıktı hücrelerinin herbirisine de birer bias eklenmiştir. Bununla birlikte transformasyon fonksiyonu olarak da (1) nolu denklemde verilen sigmoid fonksiyonu tercih edilmiştir.

$$P(t) = \frac{1}{1 + e^{-t}} \quad (1)$$

Geri Yayımlı yöntemi için gerekli değişkenler literatürde benzer çalışmalarda kullanılan değerlerden ve çeşitli aralıklar denenerek belirlenmiştir. Buna göre öğrenme oranı = 0.01, momentum = 0.1 olarak belirlenmiştir.

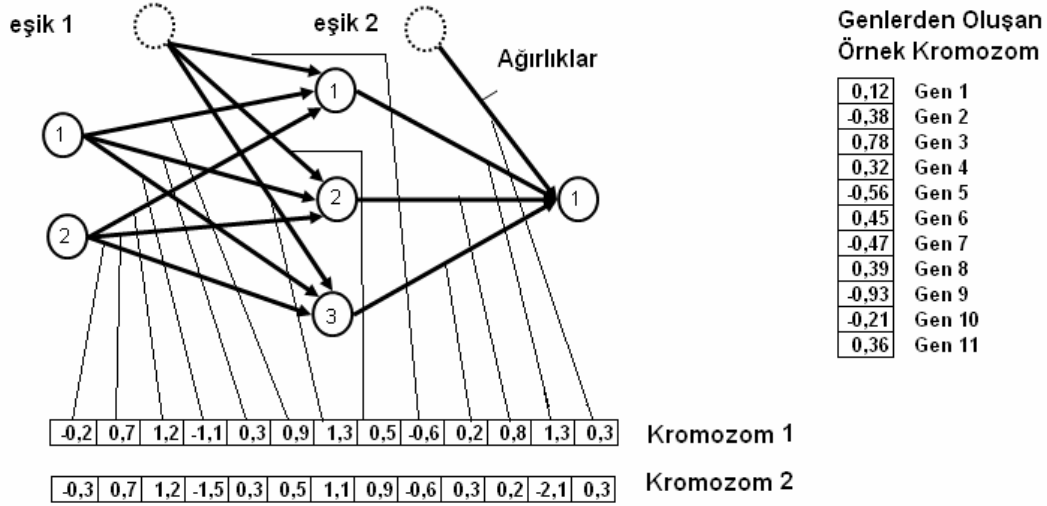


Şekil 6.1. Karaman AAT tahmin uygulamasında kullanılan YSA modeli

### 6.3.2. Yapay sinir ağı ve genetik algoritma ile öğrenme modeli

Genetik algoritmaların yapay sinir ağı öğrenmesinde kullanılma modeli öğrenmeyi sağlayan ağırlık değerlerinin genetik algoritma ile belirlenmesi şeklindedir. Burada her bir kromozom eşik (bias) ağırlıkları dahil olmak üzere giriş katmanından ara katmana, ara katmandan çıkış katmanına hücreler arasındaki ağırlık değerlerinden oluşmaktadır (bkz. Şekil 6.2). Her bir kromozom ağın ağırlık vektörünü temsil etmektedir. Ağ çıktıları elde etmek için yapay sinir ağı ileri doğru hesaplamadan sonra hesaplanan olması gereken ve çıktı arasındaki fark (hata) enküçüklenmeye çalışılan amaç fonksiyonu olarak ele alınıp genetik algoritma yöntemi ile probleme dah uygun (daha az hata veren) ağırlık vektörü aranmaktadır. Kromozomu oluşturan

her bir özellik, gen iki hücre arasındaki ağırlık katsayısı ile temsil etmekte olup başlangıç değerleri 0-1 arasında rasgele belirlenmektedir.



Şekil 6.2 YSA Ağırlıkların, Genetik Algoritma ile temsili

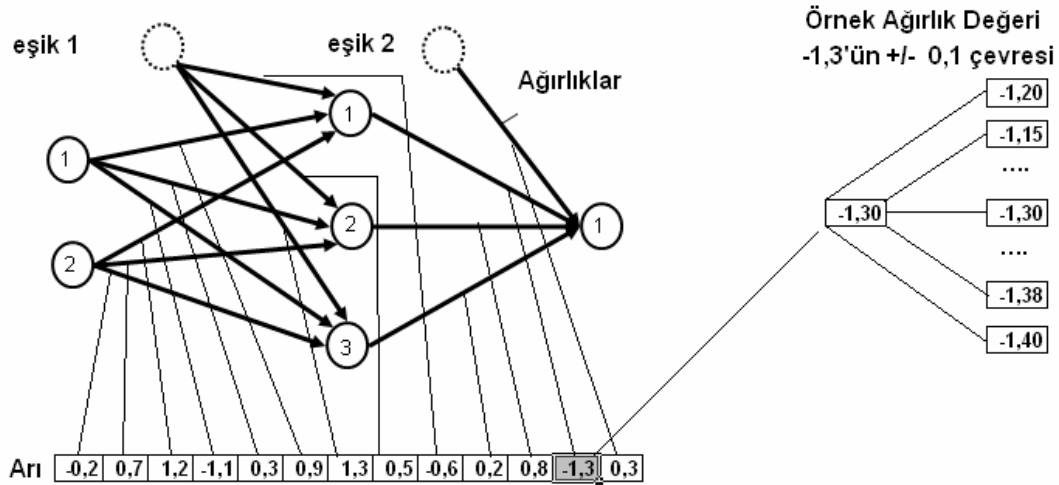
Geri yayılım metodunda kullanılan giriş, ara katman ve çıkış hücreleri ile ve ağırlıkların rasgele atanması ile bir popülasyon oluşturulması (başlangıç alternatif çözüm kümesi) ile işleme başlanmaktadır. Oluşturulan popülasyonun temsil ettiği ağırlık değerleri mevcut yapay sinir ağı modeli üzerinde ileri doğru hesaplama ile ağ çıktıları hesaplanmaktadır. Çıktılar ile olması gereken değerler arasındaki farkı en aza indirmek temel amaç olup genetik algoritma uygunluk fonksiyonu olarak YSA çıktı hatası kullanılmaktadır. Mevcut çözümlerden yeni çözümler üretilmesini temsil eden genetik algoritma eşleştirme ve çaprazlamada işlemlerinde de her bir kromozom rasgele diğer bir kromozom (çaprazlama oranı %100) ile eşleştirilerek rasgele seçilen iki nokta üzerinden bilgi değişimi sağlanmak sureti ile yeni çözümler (kromozomlar) elde edilmektedir. Elde edilen yeni çözümlerin yukarıda bahsedilen uygunluk değeri yüksek olan kromozomlar bir sonraki iterasyona kalmakta performansı düşük olan çözümler ise devre dışı bırakılmaktadır. Diğer bir genetik operator olan mutasyon işlemi olarak da %5 oranında bir ihtimal ile çaprazlama esnasında belirlenen bir gen (iki hücre arası ağırlık katsayısı) 0-1 arasında rasgele belirlenen bir değer ile çarpılarak kromozom çapında küçük bir değişiklik sağlanmış olmaktadır.

Genetik Algoritma için gerekli değişkenler literatürden yararlanılarak ve deneme yanılma yöntemi ile belirlenmiştir. Test çalışmalarında kullanılan temel GA parametreleri aşağıdaki gibidir:

Popülasyon büyüklüğü: 100  
 Çagrazalama oranı: 1.0  
 Her bir iterasyonda üretilen yeni kromozom sayısı: 100  
 Mutasyon oranı: 0.05

### 6.3.3. Yapay sinir ağı ve arı algoritması ile öğrenme modeli

Yapay sinir ağı öğrenmesinde Arı algoritmasının kullanımı, koloni tabanlı genetik algoritma kullanımına benzemektedir. Popülasyonu (koloni) oluşturan arılar yapay sinir ağı öğrenmesinde temel unsur olan ağırlık vektörünü temsil etmektedir. Her bir arı eşik değerleri dahil tüm hücreler arası bağlantı ağırlıklarını içermektedir. Şekil 6.3'de bir arının YSA ağırlıklarını temsili ve her bir ağırlık vektörü için geçerli çevre tanımı görsel olarak verilmektedir.



Şekil 6.3. YSA Ağırlıkların, Arı Algoritması ile temsili

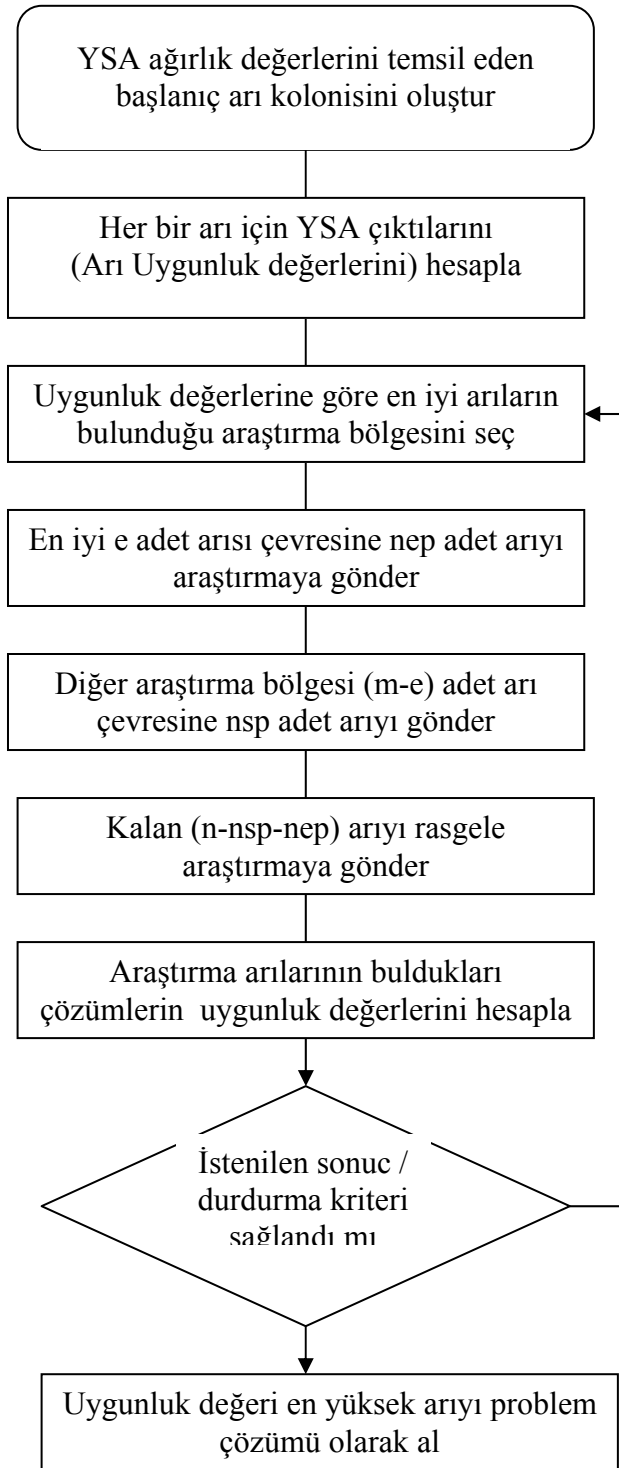
Başlangıç Arı kolonisinin oluşturulmasında 0-1 arasında rasgele belirlenen ağırlık değerlerinden oluşan arılar kullanılmaktadır. Daha sonra her bir arının temsil ettiği ağırlık değerleri ile yapay sinir ağı ileri doğru hesaplama yöntemi ile ağ çıktıları ve olması gereken değerlerden sapmalar (hata) hesaplanarak arı uygunluk değeri

bulunur. En uygun çözüm, en iyi arı hata değeri en küçük olan olarak belirlenmekte ve daha küçük hatalar veren arılar (çözümler) hedeflenmektedir.

Uygulamada kullanılan Arı algoritma adımları Şekil 6.4 de görülmekte ve adımlar sırası ile anlatılmaktadır.

Arı algoritması ile rasgele başlangıç kolonisi oluşturulup uygunluk değerleri hesaplanır ve uygunluk değerlerine göre en iyiden en kötüye doğru sıralanır. Daha sonra önceden verilen araştırma bölgesi ve en iyi elit arı sayıları kullanılarak en iyi çözüm üreten arıların yakınlarına daha fazla diğer bölgelere daha az olmak üzere yeni arılar araştırmaya gönderilir. Burada hedef daha iyi çözümler üreten arıların yakın çevrelerinde daha verimli çözüm seçenekleri olabileceği sezgisi ile böyle bir yöntemle başvurulmaktadır. Uygunluk değerlerine göre Mevcut arıların çevrelerine yeni arılar atanması çevresine arı gönderilen arının temsil ettiği ağırlık vektörünün her bir bileşeni çevresinde (+ veya -) rasgele bir nokta belirlenerek yeni çözüm noktaları ile yeni ağırlık vektörü (yeni arı) oluşturulur. En iyi arılardan oluşan Elit arıların çevresinde daha çok diğer bölge arıları çevresinde daha az , kalan araştırma bölgelerine de başlangıçta olduğu gibi rasgele gönderilen araştırma arıları ile yeni bir toplam çözüm kümesi oluşmuş olur bunlardan koloni araştırma arısı büyüklüğünde arı bir sonraki iterasyona devredilmekte ve yeni çözümler aranmasına istenilen durdurma kriteri sağlanıncaya kadar devam edilmektedir.





Şekil 6.4 Arı Algoritmasının, YSA eğitiminde kullanılması uygulama adımları

Arı Algoritması için gerekli parametreler ise yine deneysel olarak belirlenmiştir ve aşağıdaki gibidir:

İzci arı sayısı (n): 100

Seçilen bölge sayısı (m): 20

Seçilen bölgeler etrafına gönderilecek arı sayısı (nsp): 20

Elit bölgeler etrafına gönderilecek arı sayısı (nep): 50

Elit arı sayısı (e): 10

Çevre (ngh): 0.1

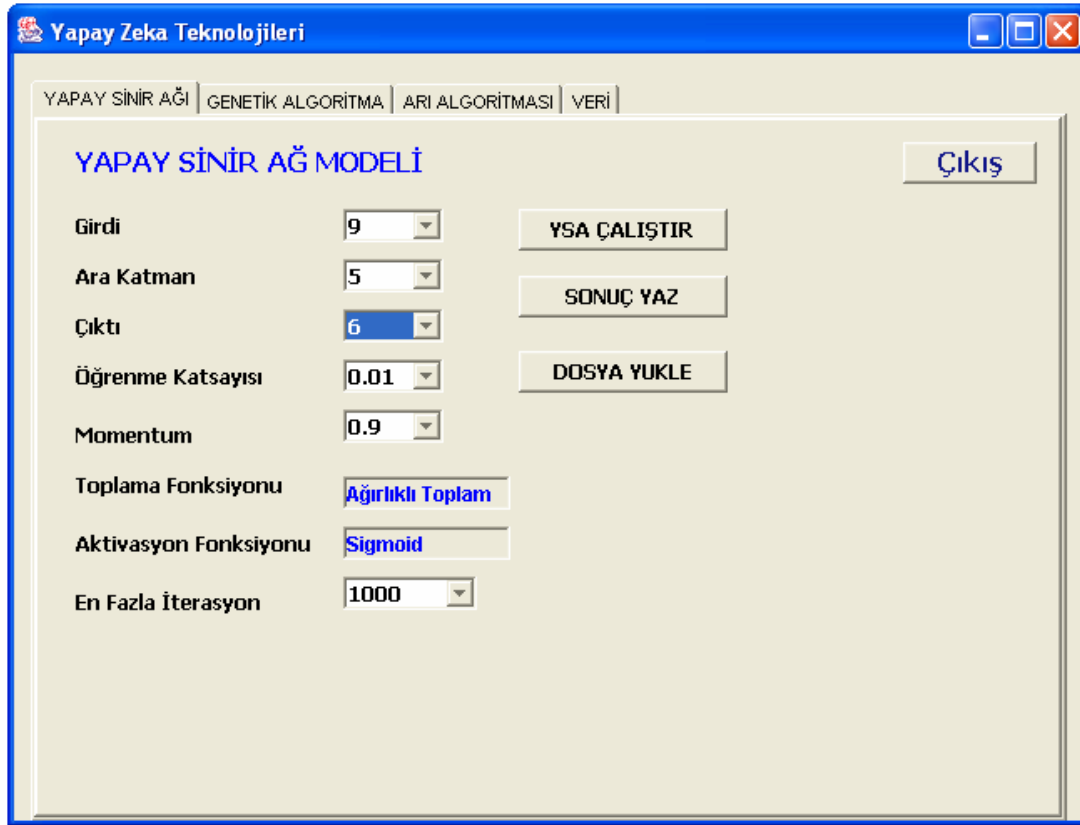
#### 6.4. Uygulamada Kullanılan Araçlar

Bu tez çalışmasında istatistiki analizler için SPSS 15.0 Windows versiyonu kullanılmıştır. Tezin Yapay Zeka Teknikleri kısmında kullanılmak üzere parametrik yapıda “Yapay Sinir Ağı”, “Genetik Algoritma”, “Arı Algoritması” ve “Veri Hazırlama” modüllerini içeren Java tabanlı özel yazılım geliştirilmiştir. Yazılım Oracle J Developer Suite geliştirme aracı kullanılarak java swing uygulaması olarak geliştirilmiştir. Geliştirilen programın derlenmiş jar paketi Pentium 4, 2 Gb hafızalı, Windows XP işletim sistemli kişisel bilgisayar üzerinde çalıştırılmıştır. Yapay Zeka Teknolojileri Java uygulama yazılımı java j2sdk1.4.2 versiyonunda çalıştırılmıştır. Geliştirilen program öncelikli olarak yapay sinir ağı , geri yayılım modelinde Matlab hazır paket programı yapay sinir ağı araçları ile karşılaştırılmış aynı örnekler için benzer sonuçların elde edildiği görüldükten sonra tezdeki uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır.

Şekil 6.5’ de görülen uygulama yazılımı YSA parametre girişi ve işlem ekranı programın ilk ve temel modülünü oluşturmaktadır. Bu ekranda uygulama boyunca kullanılacak YSA modelinin temel parametrelerinin tanımlanmaktadır. İlk olarak YSA modelinde kullanılacak sırası ile giriş, ara katman ve çıkış katmanı işlem eleman sayıları belirlenmektedir. Daha sonra önceden normalize edilerek hazırlanmış eğitim ve test verileri “Dosya Yükle” butonuna basılarak yüklenmektedir. Bu parametrelerin verilen eğitim ve test veri dosyaları ile uyumlu olması gerekmektedir.

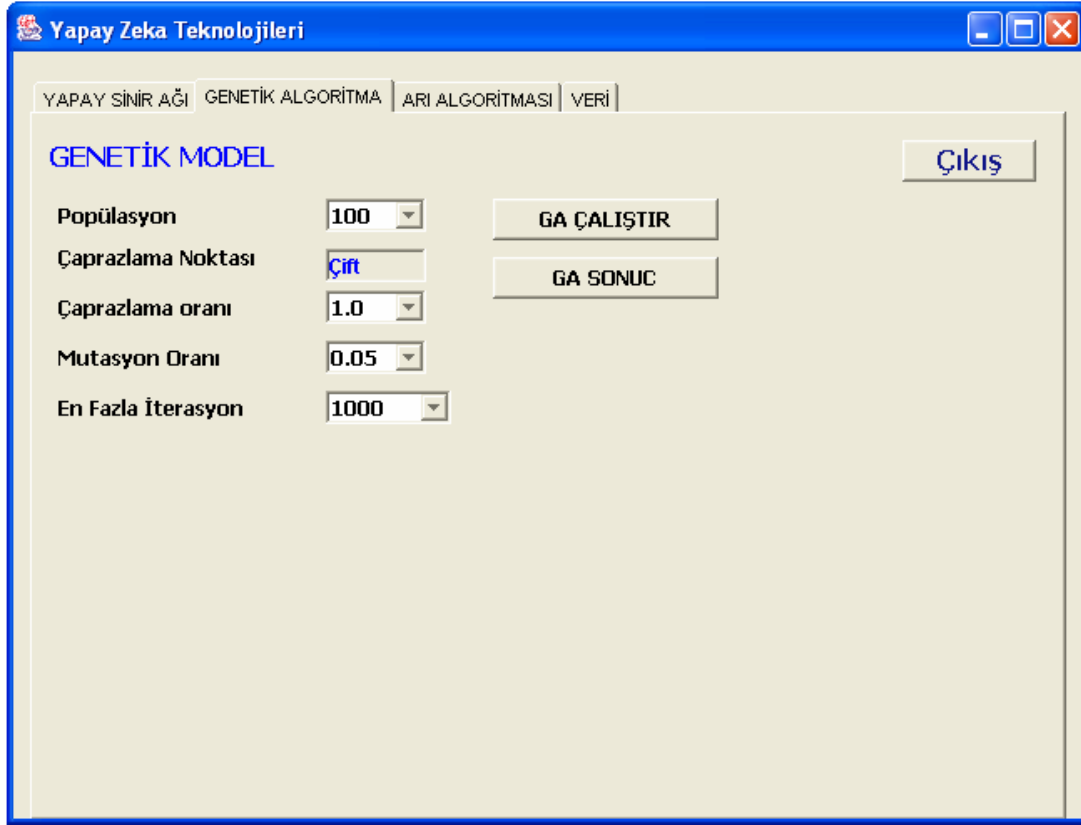
Aksi takdirde program dosya yükleme işlemini yapmayacaktır. Dosya yükleme esnasında giriş ve çıkış parametre değerleri veri doyası ile yüklendiğinden bu bilgiler çalışılacak eğitim ve test seti boyunca sabittir. Ara katman sayısı değiştirilebilir. YSA öğrenmesinde önemli yer tutan öğrenme katsayısı, momentum katsayısı değiştirilebilmektedir. Uygulamada kullanılacak toplama fonksiyonu ve aktivasyon fonksiyonu da bu ekrandan belirlenebilmektedir. YSA uygulamalarında belirlenen bir diğer seçenek de iterasyon sayısıdır. Bu da parametrik olarak 1.000, 2.500, 5.000, 10.000 gibi seçeneklere ayarlanabilmektedir. Burada belirlenen iterasyon YSA'nın klasik "Geri Yayılım" eğitim modeli ile çalışması için geçerlidir.

Şekil 6.5'de gösterilen parametreler ayarlanıp, dosya yükleme işlemi tamamlandıktan "YSA Çalıştır" butonuna basılarak istenilen iterasyonda model Geri Yayılım metoduna göre çalışır ve sonuçları ayrı bir ekranda verir. Ayrıca "Sonuç Yaz" butonu ile elde edilen ağırlık değerleri YSA\_AGIRLIK.TXT ve YSA\_TEST\_SONUC.TXT veri dosaları bilgisayarda daha önceden belirtilen klasöre kaydedilir. YSA\_AGIRLIK.TXT dosyasında YSA eğitim sonucunda elde edilen, ağırlık değerleri dahil tüm bağlantıların ağırlıkları saklanır. YSA\_TEST\_SONUC.TXT dosyasında ise test setinde istenen çıktı ile ağırlık çıktısı kaydedilir.



Şekil 6.5. Uygulama yazılımı YSA Parametre Giriş ve İşlem Ekranı

Şekil 6.6’da hazırlan programın “Genetik Algoritma” modülü görülmektedir. Bu ekran YSA modülünde ayarlanan parametreler dikkate alınarak uygun genetik model oluşturur. Diğer bir deyişle YSA ağırlıklarını temsil eden genlerin sayısı YSA modelindeki giriş, ara ve çıkış katmanları işlem elemanı sayısına göre belirlenmektedir. Bu ekranda popülasyon büyüklüğü, çaprazlama noktası, çaprazlama oranı, mutasyon oranı ve iterasyon sayısı gibi GA temel parametreleri ayarlanarak “GA Çalıştır” butonu ile program çalıştırılır. Bahsedilen parametreler istenildiği kadar yeniden ayarlanarak program çalıştırılabilir. Böylece problemin yapısına en uygun konfigürasyon tespit edilmeye çalışılır. “Arı Sonuç” butonu ile elde edilen ağırlık değerleri GA\_AGIRLIK.TXT ve ağ çıktıları GA\_TEST\_SONUC.TXT veri dosyalarına yazılır. “Çıkış” butonu programdan çıkışı sağlar.



Şekil 6.6. Uygulama yazılımı GA Parametre Giriş ve İşlem Ekranı

Şekil 6.7 Arı algoritmasının parametrelerinin ayarlandığı ve programın çalıştırıldığı ekranı göstermektedir. GA da olduğu gibi bu ekranda da YSA'ya ilişkin tüm değerleri ilgili modülden alınır. Arıların temsil edeceği ağırlık sayısı YSA modülü parametrelerinden belirlenir. Arı algoritmasında ayarlanan başlıca parametreler; koloninin kaç arıdan oluşacağı belirten izci arı sayısı, etrafında araştırma yapılacak arı sayısını belirten araştırma bölgesi, elit arı sayısını veren en iyi bölge parametreleri öncelikli parametrelerdir. Belirlenen araştırma bölgesi ve elit arı sayısına göre etraflarına gönderilecek arıların sayısı kalansız bölünecek şekilde elit arı ve diğer araştırma bölgesi arıları etrafına gönderilecek toplam arı sayıları belirlenir. Çevre olarak tanımlanan araştırma bölgesi değeri ve iterasyon sayısı da diğer parametrelerdir. Bu parametrelerin değişik kombinasyonunda program tekrar tekrar çalıştırılarak en optimal seçeneğe ulaşılır. “Arı İşbaşı” butonu ile AA çalıştırılır ve

“Arı Sonuç” butonu ile elde edilen sonuçlar AA\_AGIRLIK.TXT ve ağ çıktıları AA\_TEST\_SONUC.TXT dosyalarına yazılır.

Şekil 6.7. Uygulama yazılımı AA Parametre Giriş ve İşlem Ekranı

Bu çalışmada öncelikle geliştirilen model; UCI atıksu veritabanı ile, daha sonra Sakarya Karaman AAT verileri üzerinde uygulanmıştır.

### 6.5. UCI Atıksu Veri Tabanı Uygulaması

UCI Makine Öğrenmesi kütüphanesinde yer alan atıksu veri tabanı bir şehre atıksu arıtma tesisi günlük verileriyle oluşturulmuştur. Amaç, atık su içerisindeki değişkenlerin günlük verilerinden yola çıkarak arıtma/işleme süreci sırasında ortaya

çıkabilecek hataların, oluşmadan sınıflandırılmasını sağlayabilmek ve süreci kontrol altında tutabilmektir.

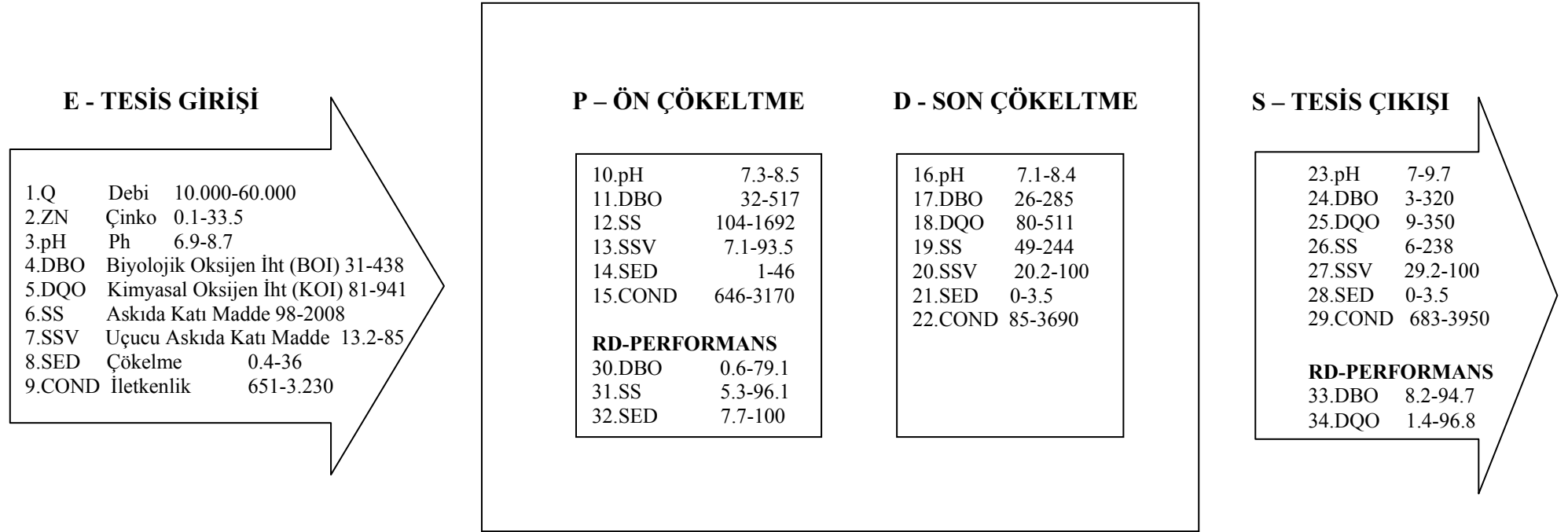
### 6.5.1. UCI Atıksu Verileri

Örnek sayısı, bir başka deyişle, değişkenlerin ölçüldüğü gün sayısı 527'dir. Her gün ölçülen değişken sayısı 38'dir. Ölçülen bu değişkenlerin bir kısmı bazı günlerde ölçülememiş olduğu için veriler içerisinde yer almamaktadır. Tablo 4.1 de verilen 38 parametre gösterimindeki E -Tesis girişini, P- Ön çökeltme tankını, D- Son çökeltme tankını, S - Tesis çıkışı, RD- Performansı ve G- Global performansı göstermektedir. Atıksu verilerinde test sonucu 5 gün süren Biyolojik Oksijen İhtiyacı DBO başta olmak üzere her gerçek tesiste olabileceği gibi bazı günlerde bazı parametrelere ait veriler bulunmamaktadır. Eksik veriler sıfır olarak kabul edilmiş olup yapay sinir ağı genel karakteristiklerinden olan eksik veri ile işlem yapabilme kabiliyetinden faydalanılmıştır. Kullanılan Atıksu Veri Tabanı Ek.1. de verilmiştir verilerde bulunan D-1/3/90 kısaltması sondan itibaren verinin ölçüldüğü yıl,ay ve gün bilgisini içermektedir. Örneğin D-1/3/90, 1990 yılı 3 ayın 1. gününü ifade etmektedir

Tablo 6.1. UCI Atıksu Tesis parametreleri

1	Q-E	Debi
2	ZN-E	Çinko
3	PH-E	pH
4	DBO-E	BOI Biyolojik Oksijen İhtiyacı
5	DQO-E	Kimyasal Oksijen İhtiyacı giriş
6	SS-E	Askıda Katı Madde tesise giriş
7	SSV-E	Uçucu Askıda Katı Madde giriş
8	SED-E	tesise girişteki çökeltme
9	COND-E	İletkenlik giriş
10	PH-P	ön çökeltme havuzundaki pH giriş
11	DBO-P	ön çökeltme havuzundaki biyolojik oksijen ihtiyacı giriş
12	SS-P	ön çökeltme havuzuna askıda katı madde girişi
13	SSV-P	ön çökeltme havuzuna uçucu askıda katı madde girişi
14	SED-P	ön çökeltme havuzundaki çökeltme
15	COND-P	ön çökeltme havuzundaki iletkenlik
16	PH-D	son çökeltim havuzu giriş ph
17	DBO-D	son çökeltme havuzuna giriş biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI)
18	DQO-D	son çökeltim havuzuna giriş kimyasal oksijen ihtiyacı
19	SS-D	son çökeltim havuzuna askıda katı madde girişi
20	SSV-D	son çökeltim havuzuna uçucu askıda katı madde girişi
21	SED-D	son çökeltim havuzundaki çökeltme
22	COND-D	son çökeltim havuzundaki iletkenlik
23	PH-S	çıkış ph
24	DBO-S	çıkış biyolojik oksijen ihtiyacı
25	DQO-S	çıkış kimyasal oksijen ihtiyacı
26	SS-S	çıkış askıda katı madde
27	SSV-S	çıkış uçucu askıda katı madde
28	SED-S	çıkış çökeltme
29	COND-S	çıkış iletkenlik
30	RD-DBO-P	ön çökeltme tankındaki giriş BOI performansı
31	RD-SS-P	ön çökeltme tankındaki giriş askıda katı madde performansı
32	RD-SED-P	ön çökeltme tankındaki çökeltme performansı
33	RD-DBO-S	son çökeltme tankındaki giriş BOI performansı
34	RD-DQO-S	son çökeltme tankındaki giriş kimyasal oksijen ihtiyacı performansı
35	RD-DBO-G	giriş BOI genel performansı
36	RD-DQO-G	giriş KOI genel performansı
37	RD-SS-G	giriş askıda katı madde genel performansı
38	RD-SED-G	giriş çökeltme genel performansı





**RD-GENEL PERFORMANS - G**

**35. DBO** 19.6-97    **36. DQO** 19.2-98.1    **37. SS** 10.3-99.4    **38. SED** 36.4-100

Şekil 6.8. UCI Atıksu Arıtma Tesisi Proses Kontrol Parametreleri ve Parametrelerin Minimum ve Maksimum Değerleri

Bu değişkenlerin ön işleme için gerekli istatistiki bilgileri Tablo 6.2. de verilmiştir.

Tablo 6.2. UCI Atıksu Veri Tabanı Değişkenlerinin İstatistiki verileri

Özellik No		Enküçük	Enbüyük	Ortalama	Standart Sapma
1	Q-E	10000	60081	37226.56	6571.46
2	ZN-E	0.1	33.5	2.36	2.74
3	PH-E	6.9	8.7	7.81	0.24
4	DBO-E	31	438	188.71	60.69
5	DQO-E	81	941	406.89	119.67
6	SS-E	98	2008	227.44	135.81
7	SSV-E	13.2	85	61.39	12.28
8	SED-E	0.4	36	4.59	2.67
9	COND-E	651	3230	1478.62	394.89
10	PH-P	7.3	8.5	7.83	0.22
11	DBO-P	32	517	206.2	71.92
12	SS-P	104	1692	253.95	147.45
13	SSV-P	7.1	93.5	60.37	12.26
14	SED-P	1	46	5.03	3.27
15	COND-P	646	3170	1496.03	402.58
16	PH-D	7.1	8.4	7.81	0.19
17	DBO-D	26	285	122.34	36.02
18	DQO-D	80	511	274.04	73.48
19	SS-D	49	244	94.22	23.94
20	SSV-D	20.2	100	72.96	10.34
21	SED-D	0	3.5	0.41	0.37
22	COND-D	85	3690	1490.56	399.99
23	PH-S	7	9.7	7.7	0.18
24	DBO-S	3	320	19.98	17.2
25	DQO-S	9	350	87.29	38.35
26	SS-S	6	238	22.23	16.25
27	SSV-S	29.2	100	80.15	9
28	SED-S	0	3.5	0.03	0.19
29	COND-S	683	3950	1494.81	387.53
30	RD-DBO-P	0.6	79.1	39.08	13.89
31	RD-SS-P	5.3	96.1	58.51	12.75
32	RD-SED-P	7.7	100	90.55	8.71
33	RD-DBO-S	8.2	94.7	83.44	8.4
34	RD-DQO-S	1.4	96.8	67.67	11.61
35	RD-DBO-G	19.6	97	89.01	6.78
36	RD-DQO-G	19.2	98.1	77.85	8.67
37	RD-SS-G	10.3	99.4	88.96	8.15
38	RD-SED-G	36.4	100	99.08	4.32

Atık su yönetimi veri tabanında toplam 13 sınıf bulunmaktadır. Bunlardan 8 tanesi bütün gözlem süresince sadece bir gün gözlenmiş, bir tanesi üç gün ve diğerleri de değişen sayılarda çeşitli defalar gözlenmiştir. Veri tabanı içerisinde sınıfların ayırımı günler bazında yapılmaktadır

Veri örneklerin sınıflara göre dağılımları Tablo 6.3’de verildiği gibidir.

Tablo 6.3. UCI Atıksu Tesis sınıfları

Sınıf	Sınıf Adı	Ölçülen Gün Sayısı
1	Normal Durum 1	275
2	Problem-1	1
3	Problem-2	1
4	Problem-3	1
5	Ortalamanın üzerinde normal durum	116
6	Aşırı Katı Yükleme-1	3
7	Problem-4	1
8	Fırtına-1	1
9	Düşük Su Akıntılı Normal Durum	69
10	Fırtına-2	1
11	Normal Durum 2	53
12	Fırtına-3	1
13	Aşırı Katı Yükleme-2	1

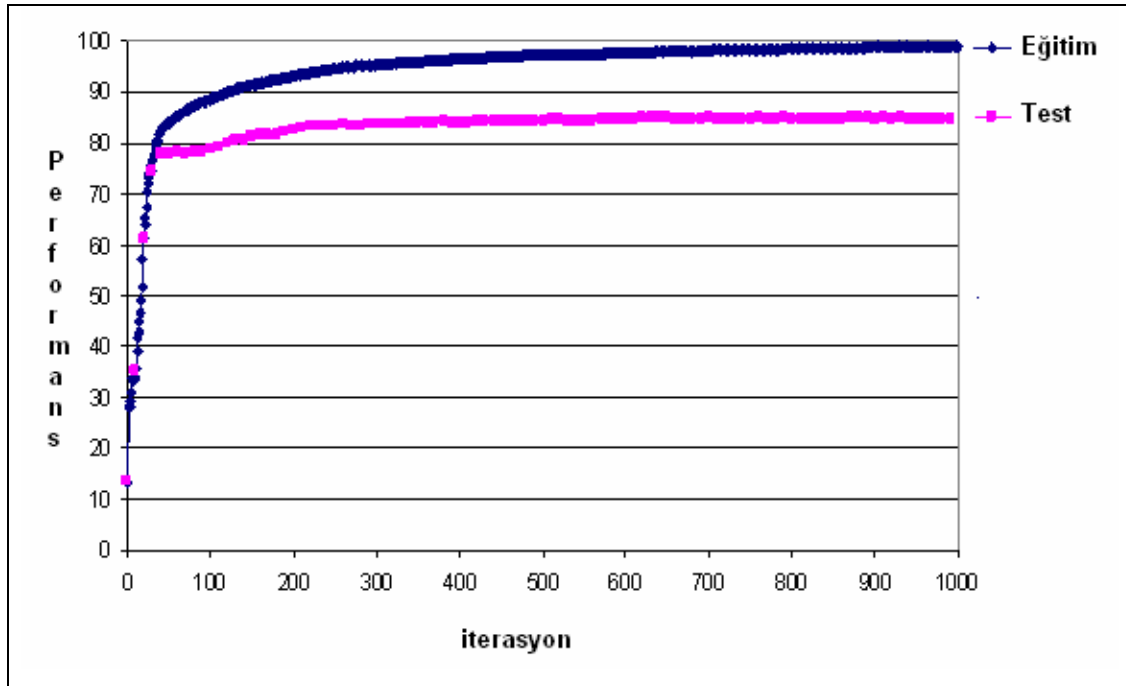
### 6.5.2. Testler ve sonuçların değerlendirilmesi

UCI atıksu veri tabanı üzerinde temel olarak 2 uygulama yapılmıştır. İlki tesis genelinde ölçülen 38 parametre değerine göre tesisin durumunun sınıflandırılması , ikincisi ise tesis girişinde ölçülen 9 parametre ile çıkışta ölçülen 6 parametrenin önceden tahmin edilmesi çalışması yapılmıştır. Sınıflandırma çalışmasında YSA Geri Yayılım (GY), GA ve AA teknikleri kullanılmıştır. Tahmin uygulamasında ise Regresyon Modeli, YSA – GY, GA, AA teknikleri kullanılmıştır. Bu bölümde çalışmalarda elde edilen sonuçlar tartışılmaktadır.

#### 6.5.2.1. UCI sınıflandırma uygulaması

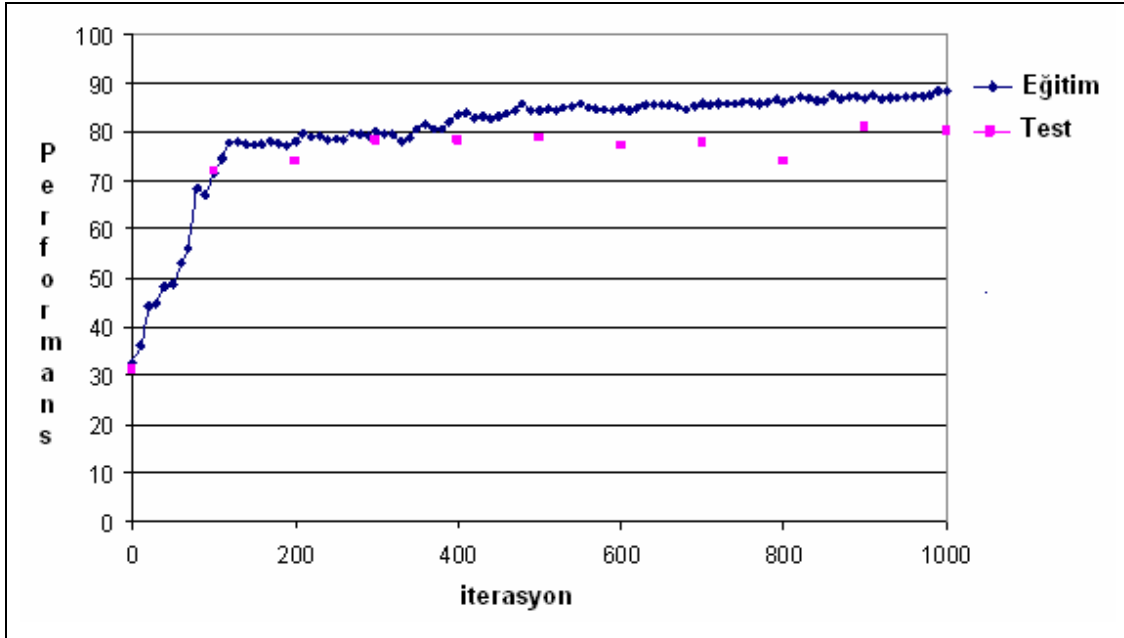
Bu karşılaştırmada , Arı algoritmasının performansını değerlendirebilmek için Yapay Sinir Ağı geri yayılım modeli ile koloni tabanlı Genetik algoritma kullanılmıştır.

Şekil 6.9'da Yapay sinir ağının geri yayılım yöntemi ile eğitimi ve test sonuçları görülmektedir. Eğitim setinde 1000 iterasyonda %100 e varan oranda örnekler öğrenilmiş olmaktadır. Test setinde ise bu oran %85 lerde kalmaktadır.



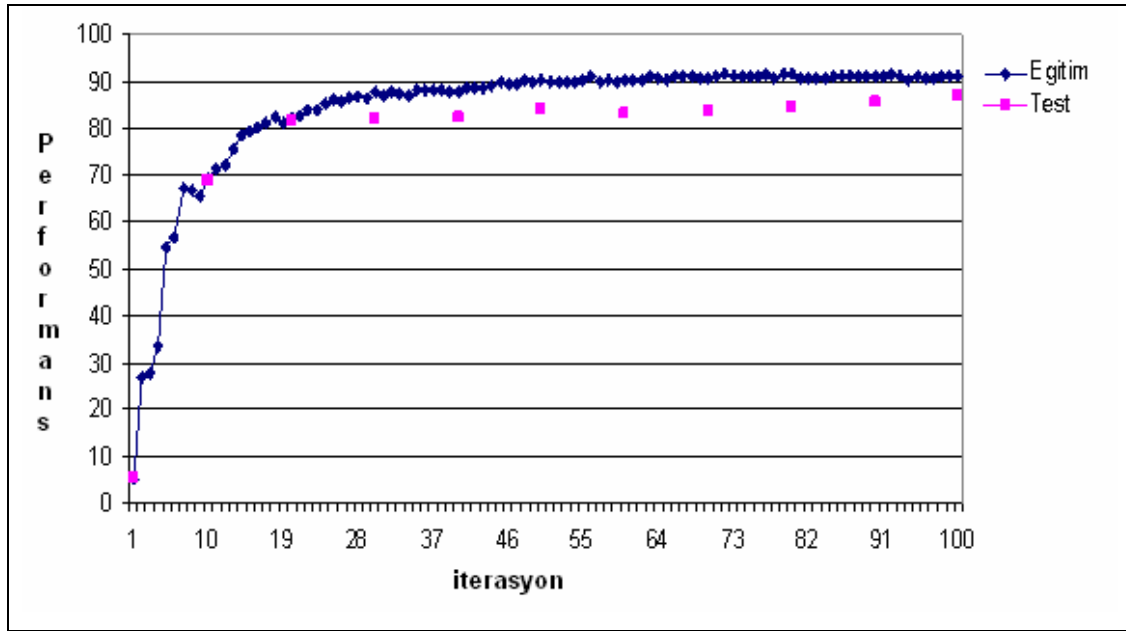
Şekil 6.9. Yapay Sinir Ağının Geri Yayılım yöntemi ile eğitimi ve test sonuçları.

Şekil 6.10'da Yapay sinir ağının Genetik Algoritma yöntemi ile eğitimi ve test sonuçları görülmektedir. Eğitim setinde 1000 iterasyonda %90 e varan oranda örnekler öğrenilmiş olmaktadır. Test setinde ise bu oran %80 ler düzeyindedir.



Şekil 6.10. Yapay Sinir Ağının Genetik Algoritma yöntemi ile eğitimi ve test sonuçları.

Şekil 6.11'da Yapay sinir ağının Genetik Algoritma yöntemi ile eğitimi ve test sonuçları görülmektedir. Eğitim setinde 100 iterasyonda %90 e varan oranda örnekler öğrenilmiş olmaktadır. Test setinde ise bu oran %85 ler düzeyindedir.



Şekil 6.11. Yapay Sinir Ağının Arı Algoritması ile eğitimi ve test sonuçları.

UCI atıksu veritabanı sınıflandırma çalışmasında katırlı örneklerden her seferinde rassal olarak belirlenen 10 farklı eğitim ve test seti oluşturulmuş ve bu setler üzerinde testler yapılmıştır. YSA sınıflandırma modeli kurulur iken 38 giriş işlem elemanına karşılık 13 çıkış elemanı (her sınıf için bir adet) kullanılmıştır. Tek ara katmanda ise 26 işlem elemanı tercih edilmiştir. Sınıflandırma uygulamasında ağ çıktılarında ilgili sınıf değeri 1 diğerleri 0 olarak ağ eğitilmiş ve test edilmiştir. Tablo 6.4'de YSA Geri Yayılım eğitim ve test sonuçları verilmektedir. Geri yayılım yöntemi ile örneklerin ortalama olarak %84,7 oranında doğru sınıflandırılabilirdiği görülmektedir

Tablo 6.4. YSA Geri Yayılım eğitim ve test sonuçları

YSA Geri Yayılım Modeli		
Set	Eğitim	Test
Set 1	99.2258	85.7143
Set 2	99.0968	85.1852
Set 3	98.8387	88.3598
Set 4	99.0968	83.5979
Set 5	99.0968	82.0106
Set 6	99.2258	87.8307
Set 7	98.7097	83.5979
Set 8	99.6129	83.0688
Set 9	98.7097	84.127
Set 10	98.7097	83.5979
<b>Ortalama</b>	<b>99.03</b>	<b>84.70901</b>

Tablo 6.5 de ise aynı eğitim ve test setlerinin genetik algoritma ile YSA'nın eğitiminden elde edilen sonuçları vermektedir. GA ile yapılan eğitim sonucunda test için sorulan örnek durumların %80,4'ünde doğru bir sınıflandırma yapıldığı görülmektedir.

Tablo 6.5. GA eğitim ve test sonuçları

<b>Genetik Algoritma (GA)</b>		
<b>Set</b>	<b>Eğitim</b>	<b>Test</b>
Set 1	0.857535	79.5233
Set 2	0.896554	81.2
Set 3	0.877	80.33
Set 4	0.856683	78.723
Set 5	0.88669	82.6
Set 6	0.8966	79.3519
Set 7	0.89965	82.6584
Set 8	0.876	79.3658
Set 9	0.885	80.6054
Set 10	0.907	79.8752
<b>Ortalama</b>	<b>88.3871</b>	<b>80.4233</b>

Tablo 6.6 da YSA ve GA'da kullanılan aynı eğitim ve test setlerinin Arı Algoritma ile YSA'nın eğitiminden elde edilen sonuçları vermektedir. AA ile yapılan eğitim sonucunda ise test datasında uzmanlar tarafında yapılan sınıflandırmanın %86,7'si arı algoritması tarafında da doğru şekilde sınıflandırdığı görülmektedir.



Tablo 6.6. Arı Algoritması eğitim ve test sonuçları

<b>Arı Algoritması (AA)</b>		
<b>Set</b>	<b>Eğitim</b>	<b>Test</b>
Set 1	91.41581	86.96774
Set 2	90.75161	86.75774
Set 3	91.59777	87.77419
Set 4	89.90968	85.71429
Set 5	90.85	85.66885
Set 6	92.29677	88.6129
Set 7	91.89	88.77419
Set 8	90.96974	85.36574
Set 9	91.89954	87.37507
Set 10	89.3868	84.71429
<b>Ortalama</b>	<b>91.09677</b>	<b>86.77249</b>

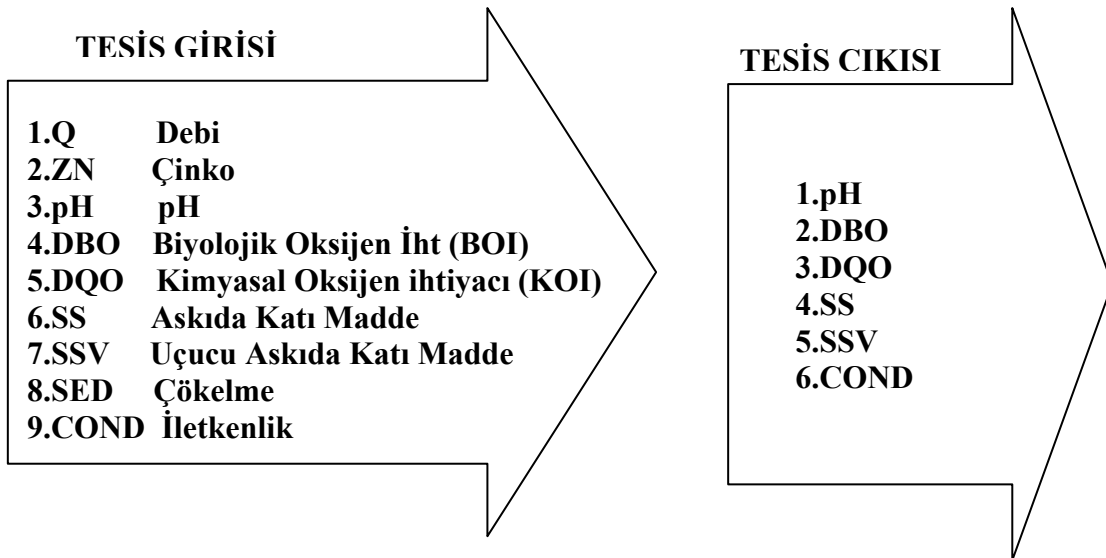
Tablo 6.7 de ise kullanılan tekniklerin karşılaştırma sonuçları topluca verilmektedir. Burada Arı Algoritmasının klasik Geri Yayılım metoduna göre %2, Genetik Algoritmaya göre %6 daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Bu da AA'sının sınıflandırma problemlerinde verimli bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Tablo 6.7. Algoritmaların karşılaştırmalı sonuçları.

<b>Karşılaştırma Sonuçları</b>		
<b>Algoritma</b>	<b>Eğitim</b>	<b>Test</b>
Geril Yayılım	99.03	84.70901
Genetik Algoritma	88.3871	80.4233
Arı Algoritması	91.09677	86.77249

### 6.5.2.2. Çıktı tahmini uygulaması

Atıksu arıtımında tesis girişinde, proses esnasında ve tesis çıkışında kontrol edilen değişkenler pH, Biyolojik Oksijen İhtiyacı (DBO), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (DQO), Askıda Katı Madde (SS), Uçucu Askıda Katı Madde (SSV), Çökeltme (SED) ve İletkenlik (COND) temel parametreler olup tesisin 4 aşamasında da kontrol edilmektedir. Çıkış değişkenlerinin tahmininde , girişte ölçülen Debi (Q) ve Çinko (Zn) de kullanılmıştır. Burada arıtılmak üzere tesis içerisine giren atıksuyun ortalama 1 gün gibi bir sürede tesis içerisinde kaldığı, Biyolojik Oksijen İhtiyacı gibi kirliliğin tanımında temel unsur olan değişkenin test sonucunun alınmasının 5 gün sürmesi geçmiş verilerden yola çıkarak tesisi girişinden tesis çıkış parametrelerinin tahminini önemli kılmaktadır. Örnek veri ölçümlerinde çıkış çökeltme (SED) değerlerin büyük oranda sıfır olması nedeni ile çıkış değerleri tahmininden çıkartılmıştır. Böylece çıkışta ölçülen 6 parametre tahmini çalışması yapılmıştır. Çıktı tahmini uygulamasında kullanılan giriş ve çıkış parametreleri bir arada görsel olarak Şekil 6.12’de gösterilmiştir. Çıkış tahmin uygulamasında veriler öncelikle regresyon analizi yapılmış ve burada girdiler ile çıktılar arasında anlamlı ve belirliliği %90’ın üzerinde ilişki olan parametreler belirlenmiş ve uygun regresyon modeli çıkartılmıştır (bkz Tablo 6.8). Her bir çıktı parametresinin 9 girdi parametresi ilişkisi araştırılmış ve her bir çıktı parametresi için ayrı regresyon modeli kurulmuştur.



Şekil 6.12 UCI Tesis giriş parametrelerinden çıkış parametre tahmini

Tablo 6.8. UCI Atıksu Veri Tabanı Regresyon Analizi

Parametre	Sabit	Q	ZN	pH	DBO	DQO	SS	SSV	SED	COND	St. Hata	R <sup>2</sup>	F	Olasılık	DW	Oto korelasyon
<b>pH</b>		0,3591					0,9079	0,4230	-0,1716	0,0798	0,0768	0,989	7257,348	0,000	2,013	Yok
<b>t</b>		14,6570					13,3760	18,5310	-2,1380	2,7230						
<b>olasılık</b>		0,0000					0,0000	0,0000	0,0330	0,0070						
<b>DBO</b>		0,0888	0,2270		0,2807	0,2626		0,1128			0,1225	0,917	872,836	0,000	1,967	Yok
<b>t</b>		2,4500	2,2560		5,4350	4,0740		2,8130								
<b>olasılık</b>		0,0150	0,0250		0,0000	0,0000		0,0050								
<b>DQO</b>		0,1124		-0,0939		0,4163		0,1045		0,1058	0,0920	0,927	997,744	0,000	2,110	
<b>t</b>		4,0310		-2,4610		9,3510		3,4210		2,8670						
<b>olasılık</b>		0,0000		0,0140		0,0000		0,0010		0,0040						
<b>SS</b>							0,4666	0,1655		0,0799	0,0891	0,903	1228,005	0,000	2,069	Yok
<b>t</b>							9,3990	7,5360		2,3670						
<b>olasılık</b>							0,0000	0,0000		0,0180						
<b>SSV</b>		0,1043	0,2705			-0,2351	0,8861	0,7964		-0,1332	0,1123	0,977	2781,467	0,000	2,044	Yok
<b>t</b>		2,8480	2,7760			-3,4610	9,1660	20,8220		-3,0340						
<b>olasılık</b>		0,0050	0,0060			0,0010	0,0000	0,0000		0,0030						
<b>COND</b>		0,1063	0,1317				0,3592	0,1554	-0,1711	0,7019	0,0588	0,988	5411,894	0,000	2,075	Yok
<b>t</b>		5,5940	2,5850				6,6500	8,7540	-2,7800	31,1050						
<b>olasılık</b>		0,0000	0,0100				0,0000	0,0000	0,0060	0,0000						

Tablo 6.9’da her bir çıkış parametresinin ayrı ayrı tahmini ile elde edilen sonuçlar görülmektedir. Regresyon analizi ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması için Geri Yayılım, Genetik Algoritma ve Arı Algoritması için kurulan temel YSA modeli 9 girdi 5 ara katman 1 çıktı işlem elemanına sahiptir. Arı algoritması tüm çıkış parametrelerinin tahmininde diğer tahmin tekniklerinden daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Tablo 6.9 UCI Tesis giriş parametrelerinden tekli çıkış parametre tahmin performans yüzdeleri

Metod	PH	DBO	DQO	SS	SSV	COND	Ortalama
<b>Regresyon Analizi</b>	94,23	77,37	79,77	77,67	89,21	92,80	85,17
<b>Geri Yayılım</b>	98,50	74,27	79,31	77,74	90,13	92,48	85,40
<b>Genetik Algoritma</b>	98,68	78,33	79,95	79,59	90,14	92,24	86,49
<b>Arı Algoritması</b>	98,69	79,15	81,07	79,68	91,17	93,69	87,24

Tablo 6.10 da ise 6 çıkış parametresini tek bir modelde toplu tahminini göstermektedir. Normal olarak toplu tahminde tüm tahmin tekniklerinin yüzdelerinin düştüğü görülmektedir. Arı Algoritması bu tahmin yönteminde de diğer tekniklerden başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir.

Tablo 6.10 UCI Tesis giriş parametrelerinden toplu çıkış parametre tahmin performans yüzdeleri

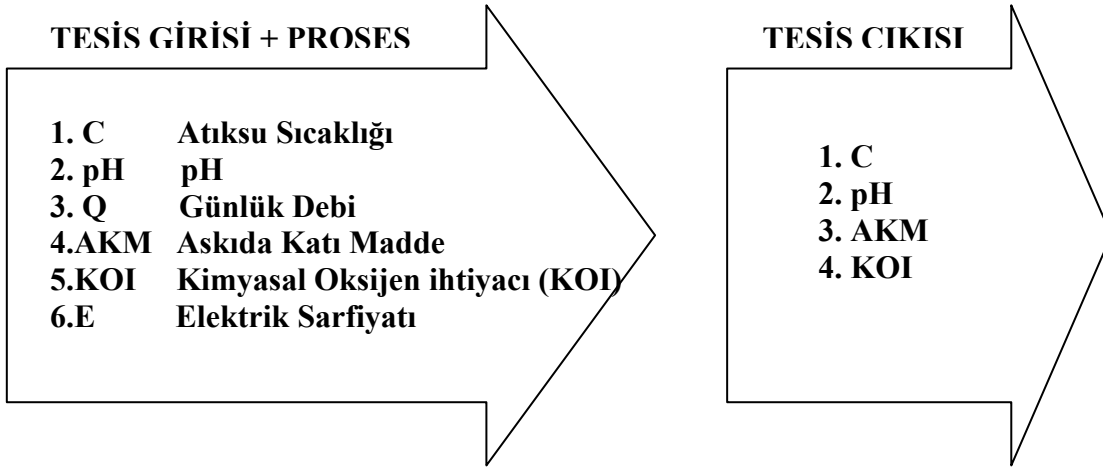
Metod	PH	DBO	DQO	SS	SSV	COND	Ortalama
<b>Geri Yayılım</b>	98,2	69,0	78,8	74,3	78,9	92,4	81,9
<b>Genetik Algoritma</b>	98,3	74,7	79,8	80,1	80,4	93,2	84,4
<b>Arı Algoritması</b>	98,7	74,5	79,1	81,3	80,3	93,4	84,6

## 6.6. Karaman Atıksu Arıtma Tesis Verileri Uygulaması

Sakarya'da 2004 yılında faaliyete geçen Karaman Atıksu Arıtma Tesisinde (AAT) günlük olarak tesis girişinde, proses esnasında ve tesis çıkışında yapılan 652 günlük ölçüm verisi kullanılmıştır

### 6.6.1. Karaman atıksu arıtma tesis verileri

Çalışılan 652 günlük veri tesisin ilk faaliyete geçtiği 2004 yılından sonraki ve hafta içine ait günlük ölçümler kullanılmıştır. Haftalık ölçüm değerleri bulunan Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ) ve 2006 yılı sonundan itibaren günlük ölçüme geçilen Azot Nitrat (NH<sub>4</sub>-N) verileri bu çalışmada ele alınmamıştır. Yapay sinir ağı giriş parametresi olarak tesis girişinde ölçülen atıksu sıcaklığı (C), pH, debi (Q), askıda katı madde (AKM) ve kimyasal oksijen ihtiyacı ile arıtmayı yapan mikroorganizmaların yaşamı için gerekli havalandırmada (oksijen verme) esnasında brülörlerde harcanan sarfiyatı da kapsayan toplam elektrik tüketimi alınmıştır. Çıkış parametresi olarak da atıksu arıtımında düşürülmeye çalışılan temel kirlilik parametrelerinden olan AKM ve KOİ ile dengede tutulmaya çalışılan pH seviyesi ile atıksu çıkış sıcaklığı ele alınmıştır. Karaman atıksu arıtma çıktı tahmini uygulamasında ele alına giriş ve proses parametreleri ile çıkış parametreleri Şekil 6.13 de görsel olarak ifade edilmiştir. Çalışmada kullanılan verilerin normalize değerleri Ek2 de verilmiştir.



Şekil 6.13. Karaman AAT giriş ve çıkış parametreleri

Karaman AAT verileri öncelikli olarak 6 giriş parametresi ile 4 çıkış parametresi arasındaki ilişkilerin ortaya çıkartılması için istatistiki analizleri yapılmıştır. Çalışma Atıksu sıcaklığı, pH, AKM ve KOI için ayrı ayrı yapılmıştır. Yapılan Regresyon analizi ile elde edilen çıktıya etki eden girdilerin etki katsayıları, modelin belirlilik yüzdeleri ve diğer analiz bilgileri Tablo 6.11’de verilmiştir.

Atıksu sıcaklığı ve pH için açıklama kabiliyeti yüksek modeller kurulabilir iken atıksu kirliliği ölçümünde daha önemli olan AKM ve KOI parametreleri için daha zayıf girdi-çıkış ilişkisi kurulabilmiştir.

Tablo 6.11. Karaman Atıksu Arıtma Tesisi Verileri Regresyon Analizi

Parametre	Sabit	Atıksu Sıcaklığı	pH	Günlük Debi	AKM	KOI	Elektrik Sarfiyatı	St. Hata	R <sup>2</sup>	F	Olasılık	DW	Oto korelasyon
<b>Atıksu Sıcaklığı</b>		1,0647	-0,1934		0,0033	-0,0037	0,0550	1,5730	0,991	9490,200	0,000	1,986	Yok
<b>t</b>		44,1500	-2,7300		3,1690	4,1500	2,6140						
<b>olasılık</b>		0,0000	0,0070		0,0020	0,0000	0,0090						
<b>pH</b>			0,9441		-0,0005	0,0007	0,0165	0,2730	0,999	86355,000	0,000	2,050	Yok
<b>t</b>			99,3400		-2,9800	4,8300	4,5000						
<b>olasılık</b>			0,0000		0,0030	0,0000	0,0000						
<b>AKM</b>			0,1626		0,0006		0,0312		0,906	1442,600	0,000	1,955	Yok
<b>t</b>			7,2020		2,2620		3,6100						
<b>olasılık</b>			0,0000		0,0240		0,0000						
<b>KOI</b>			0,2857			0,0005	0,0324		0,973	5446,000	0,000	1,874	Yok
<b>t</b>			16,7400			2,7600	4,9300						
<b>olasılık</b>			0,0000			0,0060	0,0000						

### 6.6.2. Testler ve sonuçların değerlendirilmesi

Yapay sinir ağı modelinde 652 günlük ölçüm değerlerinden 452 günlük veri ağ eğitiminde, 200 günlük veri test de kullanılmıştır. Eğitim ve test seti belirlemede rasgele seçim yöntemi benimsenmiştir. Veriler 0,1 ile 0,9 arasında

$$X = 0,1 + (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) * 0,8$$

Formülü kullanılarak ölçeklendirilmiştir. Sonuçlar da normalize değerler üzerinden verilmektedir.

6 giriş parametresinden Sıcaklık, pH , AKM ve KOI tahmininde ortalama olarak %89'a varan performans elde edilmiştir Tablo 6.12. Performans hesaplamada her bir parametrenin olması gereken değeri ile tahmin değeri arasındaki fark (hata) mutlak değerleri alınarak toplanmış ve toplam olması gereken değere oranlandığında hata oranı, 1 den çıkartıldığında da % performans elde edilmiştir. Ortalama performans hesaplamada ise 4 parametre performans yüzdesinin aritmetik ortalaması alınmıştır. Regresyon analizinde Atıksu sıcaklığı ve pH parametrelerinde güçlü bir regresyon modeli kurulabilmiş fakat AKM ve KOI için aynı oranda başarı elde edilememiştir. Kirlilik için esas önem taşıyan AKM ve KOI tahminlerinde %80 ve 88 lik bir tahmin düşük görülse de matematiksel olarak bu çıktılarının modellenmesindeki zorluk regresyon değerlerinde görülebilmektedir. Burada arı algoritması regresyon analizine göre %5' varan bir iyileşme sağlamış bulunmaktadır.

Tablo 6.12 Karaman giriş parametrelerinden tekli çıkış parametre tahmin performans yüzdeleri

Metod	Atıksu Sıcaklığı	pH	AKM	KOI	Ortalama
<b>Regresyon Analizi</b>	91,6	92,5	75,5	84,7	86,1
<b>Geri Yayılım</b>	91,3	93,3	78,6	86,9	87,5
<b>Genetik Algoritma</b>	92,6	93,5	80,0	87,1	88,3
<b>Arı Algoritması</b>	93,0	93,6	80,4	88,0	88,8

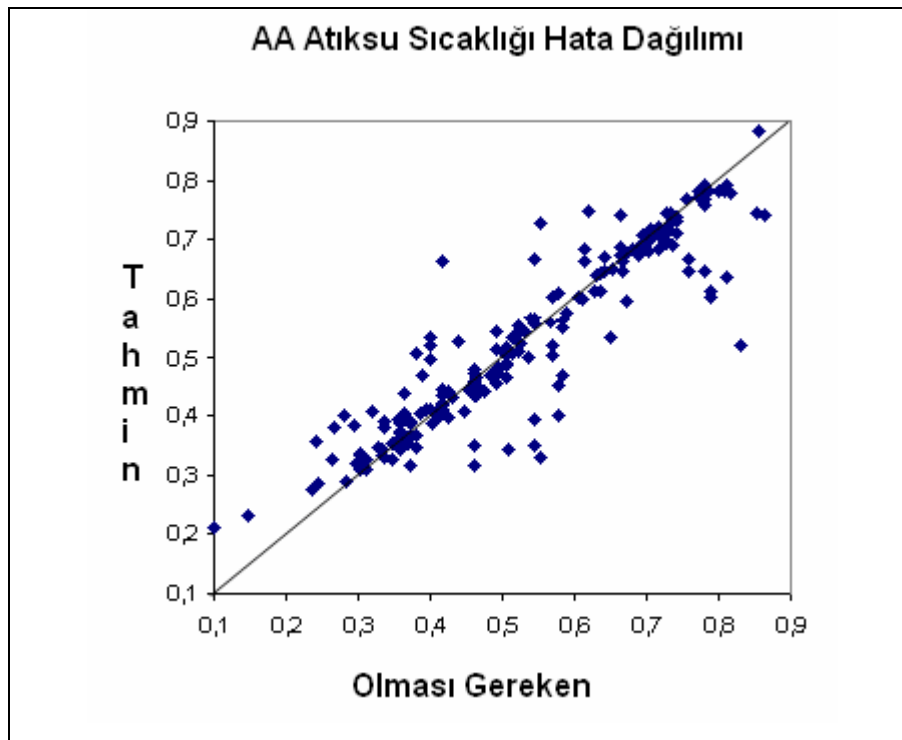


Tablo 6.13 da ise 6 çıkış parametresini tek bir modelde toplu tahminini göstermektedir. Normal olarak toplu tahminde tüm tahmin tekniklerinin yüzdelerinin düştüğü görülmektedir. Arı Algoritması bu tahmin yönteminde de diğer tekniklerden başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir.

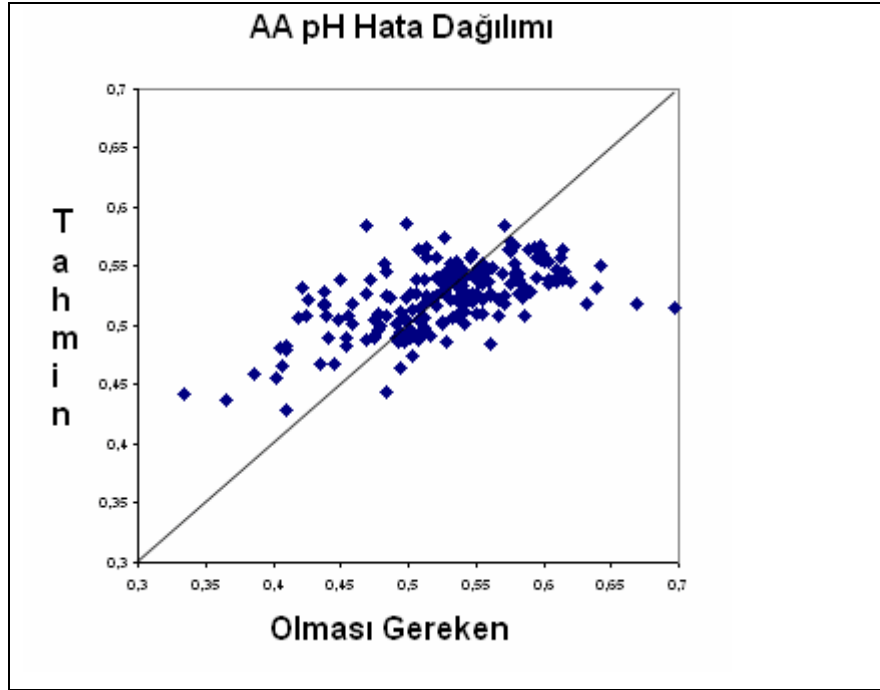
Tablo 6.13 Karaman giriş parametrelerinden toplu çıkış parametre tahmin performans yüzdeleri

Metod	Atıksu Sıcaklığı	pH	AKM	KOI	Ortalama
Geri Yayılım	89,1	92,9	78,9	86,5	86,9
Genetik Algoritma	92,0	92,0	79,2	87,5	87,6
Arı Algoritması	92,3	93,0	79,6	88,0	88,2

Şekil 6.14’de test setinde atıksu sıcaklığının olması gereken sıcaklık ile Arı Algoritması ile tahmini arasındaki hata dağılımı görülmektedir. Burada değerler 0,1 ile 0,9 arasında değişen normali değerlerdir. Grafikteki orta referans çizgisi  $x=y$  doğrusu olup hatanın sıfır olduğu doğrudur. Bu doğrudan sapmalar hataları göstermektedir

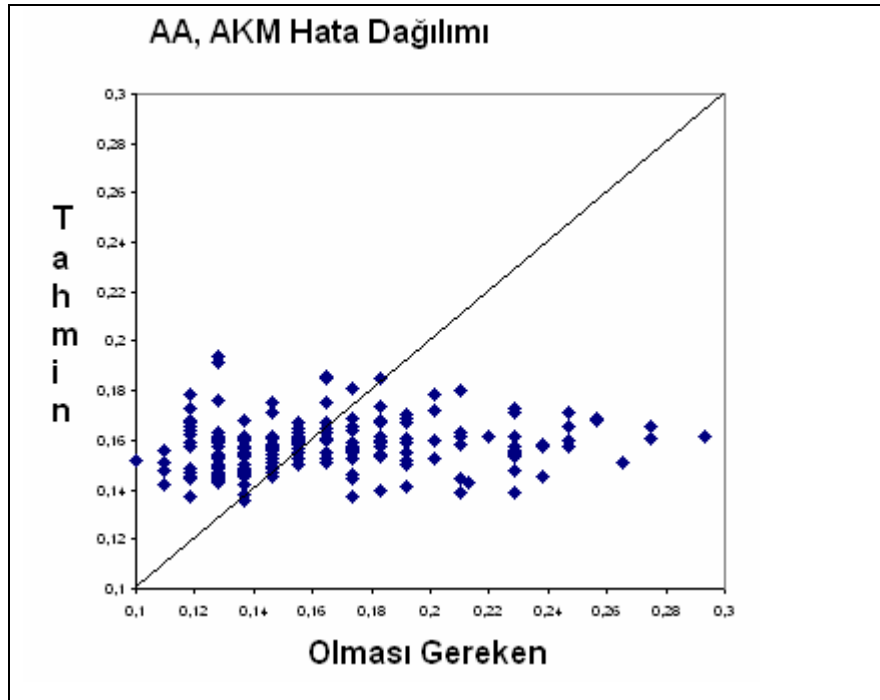


Şekil 6.14. AA Atıksu Sıcaklığı Hata Dağılımı



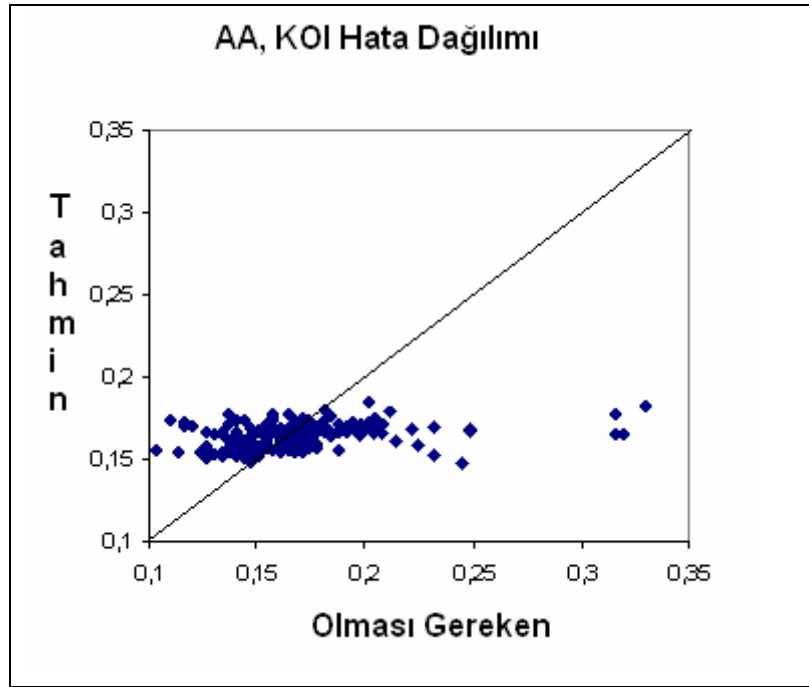
Şekil 6.15. AA pH Hata Dağılımı

Şekil 6.15’de pH parametresinin hata dağılımı görülmektedir. Burada olması gereken ile tahmin değerlerinin kesiştiği noktaların referans çizgisi boyunca dağılmamış olması pH normalize değerlerinin daha çok 0,4 ile 0,6 arasında yer almasından kaynaklanmaktadır. Burada asıl beklenen referans çizgisine yakın değerler almasıdır. Grafik yorumlama için örnek verecek olur isek Olması gereken değer 0,5 iken tahmin değeri de 0,5 ise sıfır hata ile tahmin edilmiştir, bu nokta da referans çizgisi üzerinde yer almaktadır. Eğer olması gereken değer 0,5 iken tahmin 0,55 oluyor ise bu kesişim noktası referans çizgisinin üzerinde yer alır. Eğer 0,5 den küçük bir değer tahmin edildi ise bu da çizginin altında yer alır. PH hata dağılımı, Tablo 6.13’de verilen %93 lük performansı da teyit eder nitelikte ve başarılı bir tahmin olarak ele alınabilir.



Şekil 6.16. AA AKM Hata Dağılımı

Askıda Katı Madde hata dağılımı Şekil 6.16'da verilmiştir. Bazı test seti örnekleri için olması gerekenin altında referans noktasında uzak hatalar gözlenmektedir. Bu da modellemede de karşılaşıldığı gibi giriş parametreleri ile AKM arasında bir ilişki kurmanın zorluğundan kaynaklanmaktadır. Buna rağmen kesişim noktalarının çoğu referans çizgisinin etrafında yer almıştır. AKM normalize değerleri 0,1 ile 0,3 arasında yer aldığından grafik ölçek çizgileri 0,1- 0,9 yerine 0,1-0,3 aralığında alındığında referans çizgisinden sapma fazla gibi görünse de ölçeğin tamamını göze aldığımızda dağılım normal kabul edilebilir.



Şekil 6.17. AA, KOI Hata Dağılımı

Son olarak da Kimyasal Oksijen İhtiyacı parametresinin olması gereken test çıkış değeri ile Arı Algoritması tarafından tahmin edilen çıkış değeri arasındaki hata dağılımı Şekil 6.17’de verilmiştir. Referans doğrusunun çok uzağında kalan 4 örnek dışında hata dağılımı beklenen bölgede yer almaktadır.

## BÖLÜM 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Prof Pham ve arkadaşları tarafından geliştirilen Arı algoritması (Pham, 2005; Pham, 2006) yapay sinir ağı eğitiminde klasik geri yayılım metodu yerine kullanılabilirdiği, ağaç endüstrisinde yüzey hatalarının tanımlanması uygulamasında gösterilmiştir (Pham, 2006 b). Bu yapay sinir ağı – arı algoritması öğrenme modeli çalışmasında tarif edilen algoritma adımlarında parametrik değişimler yanında yeni koloninde yer alacak arıların belirlenmesinde de değişimlere gidilmiş ve atıksu arıtma tesisi kontrolünde tesis durumu sınıflandırma ve giriş verilerinden çıkış parametrelerinin tahmini uygulamaları gerçekleştirilmiştir.

- Atıksu arıtımında kirliliğin temel tanımını ve ölçümünü oluşturan Askıda Katı Madde, Biyolojik Oksijen İhtiyacı, Kimyasal Oksijen İhtiyacı, pH parametrelerinin çıkış değerlerini %85 varan bir yakınlıkla tahmin edilmiştir.
- Özellikle Biyolojik Oksijen İhtiyacı testlerinin 1 haftada sonuç vermesi, Kimyasal Oksijen İhtiyacı parametresinin ölçümü 3 saatlik bir süre aldığı göz önünde bulundurulduğunda bu parametrelerin geçmiş tesis giriş değerleri göz önünde bulundurularak tahmin edilmesi ve buna göre prosesin yönetilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu parametrelerin önceden tahmini biyolojik arıtmayı gerçekleştiren mikroorganizmalara verilecek oksijen miktarını belirlemede ve aktif çamur döngüsünden uzaklaştırılacak katı miktarını belirlemede yardımcı olmaktadır.
- Atıksu arıtmada esas alınacak ölçümler kirli sudan yarımşar saat ara ile alınan 2 saatlik numuneler ile 24 saatte bir, 2 şer saatlik numunelerin karışımından oluşan 24 saat numunesi üzerinden yapılmaktadır. Atıksu Arıtma Tesislerinde yaşanan temel problemlerden olan kısa süreli gelen ve ölçümlere yansımaya anlık aşırı kirlilik yüküdür. Yapay Zeka teknikleri ile oluşturulan tahmin

modeli ile yapılan tahminin güvenilirliğini %85 olarak kabul ettiğimizde proses esnasında ölçülen değerin tahmin edilenin çok üzerinde ya da altında çıkması anlık aşırı kirlilik yükünü tespit ve buna önlem alınmasında proses yöneticisine yardımcı olabilir.

- Yapılan çalışmalarda klasik geri yayılım modeli yerine arı algoritmasının kullanılması ile 10 binler hatta 100 binler olan öğrenme iterasyon sayıları binlere düşürülerek daha etkin sonuçlar elde edilebileceği gösterilmiştir.
- Arı algoritmasında kullanılan koloni büyüklüğü, araştırma bölgesi, seçilecek en iyi arı sayılarında dikkate değer sonuçlar gözlemlenmiştir. Koloni büyüklüğünün artırılması doğal olarak her bir iterasyon için gerekli işlem zamanının artmasına neden olduğu gibi etkin çözümler de bulunamadığından koloni büyüklüğünün küçük tutulup yeni araştırma bölgelerine yeni arıların gönderilmesi, yani her seferinde daha az sayıda alternatif çözüm ile çalışıp seçilen çözümler etrafında yeni çözümler aranmasının daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Koloni büyüklüğünün çok dar tutulması da alternatif çözüm kümesini daraltacağından kısa sürede lokal çözüme yakalanıp global çözümde çok uzak kalma riskini barındırdığından iterasyon işlem zamanı kısa olsa da koloni büyüklüğünün küçük tutulması tercih edilmemiştir. Koloni büyüklüğü 100 civarında alındığında en etkili sonuçlar elde edilmiştir.
- Yeni çözümler araştırmada etrafına yeni arılar gönderilecek arı (bölge) sayısı olarak 20, araştırma bölgesi içerisinde de en iyi ilk 10 arının çevresi elit bölge olarak belirlenmiş bu bölgede her bir arı çevresine 5 katı kadar yeni arı gönderilmesi, diğer araştırma bölgesindeki arıların çevresine de 2-3 katı kadar arı gönderilmesi ile uygun çözümler elde edildiği gözlemlenmiştir.
- Araştırma bölgesi etrafına yeni arıların gönderilmesi ile elde edilen yeni arıların koloniye dahil edilmesi konusunda algoritma geliştiricisi Pham ve arkadaşları tarafından uygulanan her arı etrafından en iyi bir arı seçimi yerine araştırma arılarının performansları göz önünde bulundurulmuş, her arı çevresinden en iyi bir arı seçimi zorunluluğu gözetilmemiştir. Eğer bir arı

çevresinde diğer arı çevresindekilerden daha iyi çözümler içeren birden fazla arı var ise bu arıların tamamı yeni kolonide de yerlerini almıştır. Algoritmanın bu şekli ile uygulanmasından klasik yöntemle göre daha fazla başarı elde edilebildiği görülmüştür.

Arı algoritmasının yapay sinir arı modelinin bu güne kadar uygulandığı diğer sahalarda ve mühendislik problemleri çözümlerinde başarılı bir şekilde uygulanabileceği düşünülmektedir.

Çizelgeleme problemleri başta olmak üzere koloni tabanlı algoritmaların (Genetik Algoritma ve Karınca Koloni Algoritması vb) bu güne kadar uygulama sahası bulunduğu tüm alanlarda uygulamalarının yapılabileceği düşünülmekte ve bundan sonra yapılabilecek çalışmalar olarak görülmektedir. Burada asıl dikkat edilecek nokta genetik algoritmalarda olduğu gibi problemin tamamına çözüm içerecek şekilde her bir arının temsilinin sağlanması ve mevcut çözümleri içeren arıların yakın çevresin nasıl tanımlanacağıdır. Çözüme daha yakın alternatifler etrafında yeni çözümler aramak ve bu çevrede daha iyi çözümler beklemek her zaman için akılcı bir yaklaşım olmaktadır. Yine koloni tabanlı Genetik Algoritmada genetik süreç sonucu elde edilen yeni çözümlerin eskisinden daha iyi ise kolonide hayata devam etmesi yaklaşımına paralel olarak mevcut çözümler etrafında daha iyi çözümler elde ediliyor ise koloniye dahil edilmesi arı algoritmasında da sürekli çözüme doğru daha da yaklaşan bir seyir söz konusudur. Başlanılan noktadan daha kötüye bir gidiş söz konusu değildir. Bu özellikleri nedeni ile de arı algoritması yakın bir gelecekte çok geniş sahaya yayılacağı düşünülmektedir. Yeni araştırmacıların bu güne kadar üzerinde durdukları problemlere bir de arı algoritması yaklaşımı ile aynı problemleri yeniden ele almaları önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

Adasu, <http://www.adasu.gov.tr/asarit.jsp>, (erişim tarihi. 01.05.2007)

AKDUR, R., Avrupa Birliği Ve Türkiye’de Çevre Koruma Politikaları, Türkiye’nin Avrupa birliğine uyumu, Ankara Üniversitesi ATAUM araştırma dizisi:23, s.22, Ankara, 2005.

ARCEIVALA, S. J., “Wastewater Treatment for Pollution Control”, Tata McGraw – Hill, 2002.

ARSLAN, I., GÜREL, M., EREMEKTAR, G., ÖVEZ, S., TANIK, A., ORHON D., “Türkiye’de Sürdürülebilir Atıksu Yönetimi: Mevcut Durum, Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri”, MEDAWARE PROJESİ, ODTÜ, 9-10 Haziran 2005, Ankara.

BAŞAR, K., İLERİ, R., ŞAMANDAR, A., “Evsel Atık Su Arıtma Tesislerinde Mikrobiyolojik Giderimin Araştırılması”, Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, Cilt: 55, No:2, s.91-95, 1988.

BISCHOF, W., “Wastewater Engineering”, B.G. Teubner Verlag, Stuttgart, 1998

BİLİM ve TEKNİK, Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Cilt 23, Sayı 269, 1990

BOUHMALA, N., “Combining Local Search and Genetic Algorithms with the Multilevel Paradigm for the Traveling Salesman Problem”, First International Workshop on Hybrid Metaheuristics (HM 2004), Valencia, Spain, 2004

BÜYÜKGÜNGÖR, H., “ Temel İşlem ve Ölçüm Deneyleri”, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, 1999

ÇAĞLAR, N. ,” Yapay Sinir Ağları ile Binaların Dinamik Analizi”, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Ocak 2002

ÇEPEL, N., “Çevre Koruma Ve Ekoloji Terimleri Sözlüğü”, TEMA Vakfı Yayınları, İstanbul, 1996, s.10-41

ÇEVRE MÜHENDİSLERİ ODASI, “Çevre Mühendisliği Uygulamaları”, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, 2002 Ankara

Çevre, 2006a: [http://www.cevreorman.gov.tr/su\\_02.htm](http://www.cevreorman.gov.tr/su_02.htm) (erişim tarihi, 10.11.2006)



- Çevre, 2006b: [http://www.cevreorman.gov.tr/su\\_01.htm](http://www.cevreorman.gov.tr/su_01.htm) (erişim tarihi, 10.11.2006)
- Çevre, 2006c: [http://www.cevreorman.gov.tr/su\\_00.htm](http://www.cevreorman.gov.tr/su_00.htm) (erişim tarihi, 10.11.2006)
- DAĞ, C., M., “Evsel Nitelikli Atıksular için Arıtma Prosesleri”, Çevre Mühendisliği Uygulamaları, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, Ankara, 2002
- DEMİRSOY, A., “Yaşamın Temel Kuralları, Omurgasızlar, Böcekler”, Meteksan A.Ş., Cilt 2, Ankara, 2001
- DORIGO, M., STUTZE, T., “Ant Colony Optimization”, Cambridge MIT Pres, 2004
- DÜĞENCİ, M., “Genetik Algoritmalarla Permütasyon Tipi İş Sıralama”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 1996
- EBERHART, R., SHI, Y., KENNEDY, J., “Swarm Intelligence”, Morgan Kaufman, San Francisco, 2001
- ERDEM, F., T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Su ve Toprak Dairesi Başkanlığı Arıtma Teknolojileri Şube Müdürlüğü Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği , 2007, s.7
- ERTAŞ, Ş., “Çevre Hukuku”, DEÜ Hukuk Fakültesi Döner Sermaye İşletmesi Yayınları, İzmir, 1997, s.15
- FRISCH, K.V., “The Dance Language and Orientation of Bees”, Harverd University press, 1967
- GAGNE, C., PRICE, W. L., GRAVEL, M., “Comparing an ACO Algorithm with other Heuristics for the Single Machine Scheduling Problem with Sequence Dependent Setup Times”, Journal of the Operational Research Society, No. 53, s. 895-906, 2002.
- GAMBARDELLA, L. M., TAILLARD, E. D., DORIGO, M., “Ant Colonies for the Quadratic Assignment Problem”, Journal of the Operational Research Society, No. 50, s1667-176, 1999.
- GIZOLME, O., THOLLON, F., “Shape Optimization of Synchronous Machine Rotor”, International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, Vol 9, Issue 3., 1998
- GOLDBERG, D.E., “Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning”, Addison-Wesley, Mass, 1989
- GRADY, L., DAIGER, G.T., and LIM, H.C. , “Biological Wastewater Treatment”, Marcel Dekker Inc. 1999
- HAYKIN, S., “Neural Networks, A Comprehensive Foundation”, 2nd Edition , Prentice Hall, 1999

- İLERİ, R. “Çevre Biyoteknolojisi”, Değişim Yayınları Adapazarı, 2000
- İLLER BANKASI, “İçmesuyu Arıtma Tesislerinin İşletme ve Bakımı”, İller Bankası Genel Müdürlüğü İçmesuyu Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2005
- KELEŞ, R., HAMAMCI C., “Çevrebilim”, İmge Yayınevi Ankara, 1993, s. 17
- KAYA, T. , Türkiye’de Atık Yönetimi ve Finansmanı, Çevre ve Orman Bakanlığı, 2005
- KOHONEN, T., “State of the art in neural computing”, Proc. Of the IEEE firs international conferans on neural networks, San Diago, Caalifornia, Vol.1, p 77-91, 1987
- KONURALP, M.S., IŞIK A.H., TAÇGIN, E.: “Salınan Kol-Kızak Mekanizmaların Kinematik Sentezini Genetik Algoritma Tekniğini Kullanarak Gerçekleştiren Bir Prototip Yazılım”, 8. Uluslararası Makina Tasarım ve İmalat Kongresi, 1998
- KOUMOUTSAKOS, P., FREUND, J., PAREKH, D., “Evolution Satretegies for parameter optimization in jet flow control”, Center for Turbulence Research Proceedings of the Summer Program, 1998
- KOZA, J.R., “Genetic Programming: on the Programming of Computers by means of Natural Selection”, The MIT Press, 1992
- KWONG. C.K., CHAN, K. Y., AYDIN, M. E. and FOGARTY, T. C., “An orthogonal array based genetic algorithm for developing neural network based process models of fluid dispensing”, International Journal of Production Research, 44(22), 4815-4836., 2006
- MANSFIELD, R.A., “Genetic Algorithms”, University of Wales College of Cardiff, 1990.
- MERRATH, W., “Adapazarı Wastewater Treatment Plant”, Preussag Noell Wassertechnik GmbH, 1997
- MUSLU, Y., “Çevre Mühendisliğinin Esasları”, İTÜ Yayınları, İstabbul, 2000
- ORHON, D., ARTAN N., “Modelling of Activated Sludge Systems”, Technomic Publishing Company 1994.
- ORHUNBİLGE, N., “Uygulamalı Regresyon ve Korelasyon Analizi”, Avcıol Basım Yayın, İstanbul, 2000.
- ÖZDEMİR, Ş., DENİZ O., “İSKİ Atıksu Arıtma Tesislerinin İşletilmesinde Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Yolları”, 2006,s.1-2
- ÖZTEMEL, E., “Integrating Expert Systems and Neural Networks for on-line intelligent statistical process contol”, Doktora tezi, University of Wales, College of Cardiff, UK, 1992

- ÖZTEMEL, E., “Yapay Sinir Ağları”, Papatya Yayıncılık, 2. baskı, 2006,s.13-14
- ÖZTÜRK, İ., TİMUR, H., KOŞKAN, U., “Atıksu Arıtımının Esasları Evsel, Endüstriyel Atıksu Arıtımı ve Arıtma Çamurlarının Kontrolü” , Çevre ve Orman Bakanlığı , 2006
- PALA, M., “Yapay Sinir Ağları ile Dinamik Zemin Yapı Etkileşim Analizi”, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003, Adapazarı
- PHAM, D.T., GHANBARZADEH, A., KOÇ, E., OTRI, S., RHİM, S., ZAİDİ, M., “The Bees Algorithm, Technical Note”, Manufacturing Engineer Centre, Cardiff University, UK, 2005
- PHAM, D.T., GHANBARZADEH, A., KOÇ, E., OTRI, S., RHİM, S., ZAİDİ, M., “The Bees Algorithm – A Novel Tool for Complex Optimisation Problems”, in Proc 2<sup>nd</sup> Int Virtual Conf on Intelligent Production Machines and Systems (IPROMS 2006), 2006a Oxford, Elsevier
- PHAM, D.T., KOÇ, E., GHANBARZADEH, A.,OTRI, S., “Optimization of the Weights of Multi-Layered Perceptrons Using the Bees Algorithm, Proceedings of 5<sup>th</sup> Symposium on Intelligent Manufacturing Systems, p. 38-46, Sakarya, 2006b
- RECHENBERG, I., “Evolutions Strategie”, Frommann Holzboog, Stutgard, 1994
- RUMELHART, D.E., McCLELLAND, J.L., “Parallel distributed processing, explorations in the microstructure of cognitions”, vol 1, MIT Press, Cambridge, MA., 1986
- SAMSUNLU, A., “Çevre Mühendisliği Kimyası”, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2005
- SAMSUNLU, A., “Atık Suların Arıtılması”, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2006, s.193
- SANİN, F.D., “Atıksu Çamurlarının Arıtımı ve Uzaklaştırılması”, Çevre ve Orman Bakanlığı , 2007
- SEELEY, T.D, “The Wisdom of the hive: The Social Physiology of Honey Bee Colonies”, Cambridge, Massachusetts: Harverd University press, 1996
- SCHWEFEL, H.P., “Evolution and Optimum Seeking”, Wiley Interscience, 1995
- SYED, R. Q., “Wastewater Treatment Plants; Planning, Design and Operation”, Second edition, CRC Press, 1998
- ŞENGİL, İ.A., ÖZACAR, M.,” Çevre ve Mühendislik Kimyası”, Sakarya Üniversitesi, Adapazarı, 1996
- ŞENGÜL, F., “Endüstriyel Atıksuların Özellikleri ve Arıtılması”, Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir, 1989

TARI, R., “Ekonometri”, Alfa Basım Yayım, İstanbul, 1999.

TCHOBANOGLIOUS, G., BURTON, F.L., “Wastewater Engineering : Treatment and Reuse”, Fourth Edition, McGraw-Hill, New York,1991

TCHOBANOGLIOUS, G., BURTON, F.L., STENSEL, H.D., “Wastewater Engineering : Treatment and Reuse”, Fourth Edition, McGraw-Hill, New York,2003

TOPACIK D., “Atıksu Arıtma Tesisleri İşletme El Kitabı”, İstanbul büyükşehir Belediyesi İSKİ Genel Müdürlüğü, 2000

UCI, <http://archive.ics.uci.edu/beta/datasets/Water+Treatment+Plant>, erişim tarihi, 10,10,2006

UĞUR, A., YILMAZ, F., BESLER, A., “Muğla Üniversitesi Evsel Atıksu Arıtma Tesisinde Bakteriyoloji, Protozoolojik ve Fiziko-Kimyasal bir araştırma”, Ekoloji Dergisi, Cilt 10, sayı 37, s.9-11, 2000

WASSERMAN, P.D., “Neural computing: theory and practice”, Van Nostrand Reinhold Co., New York, USA, 1989

WINSTON, M.L., “The Biology of Honey Bee”, Harverd University Press, 1991

YAHYA, H.,” Balarısı Mucizesi”, İstanbul, Ocak 2000. s.83-91

YURTOĞLU, H., “Yapay Sinir Ağları metodolojisi ile öngörü modellemesi: Bazı makroekonomik değişkenler için Türkiye örneği”, TC. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, Uzmanlık Tezi, Yayın no: 2683, Ankara, 2005

## **EKLER**

Ek 1 : UCI Machine Learning Labratuvarı Atıksu Yönetimi Veri Tabanı

Gün	S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
D-1/3/90	1	44101	2	7,8	?	407	166	66,3	5	2110	7,9	?	228	70	5,5	2120	7,9	?	280	94	72,3	0,3	2010	7,3	?	84	21	81	0	2000	?	59	95,5	?	70	?	79	87	99,6
D-2/3/90	1	39024	3	7,7	?	443	214	69,2	7	2660	7,7	?	244	75	7,7	2570	7,6	?	474	96	79,2	0,4	2700	7,5	?	91	17	94,1	0	2590	?	61	94,8	?	81	?	80	92	100
D-4/3/90	1	32229	5	7,6	?	528	186	69,9	3	1666	7,7	?	220	73	4,5	1594	7,7	?	272	92	78,3	0,2	1742	7,6	?	128	21	81	0	1888	?	58	95,6	?	53	?	76	89	98,5
D-5/3/90	1	35023	4	7,9	205	588	192	65,6	5	2430	7,8	236	268	73	8,5	2280	7,8	158	376	96	77,1	0,4	2060	7,6	20	104	20	96,7	0	1840	33	64	95,3	87	72	90	82	90	100
D-6/3/90	1	36924	2	8	242	496	176	64,8	4	2110	7,9	?	236	58	4,5	2020	7,8	?	372	88	68,2	0,2	2250	7,6	19	108	22	65,9	0	2120	?	63	95,6	?	71	92	78	88	99,5
D-7/3/90	1	38572	3	7,8	202	372	186	68,8	5	1644	7,8	?	248	66	8,5	1762	7,7	150	460	100	76	0,3	1768	7,5	20	100	28	82,1	0	1764	?	60	96,5	87	78	90	73	85	100
D-8/3/90	1	41115	6	7,8	?	552	262	64,1	5	1603	7,8	?	320	68	6,5	1608	7,8	192	376	122	72,1	0,4	1668	7,5	21	76	26	84,6	0	1703	?	62	93,8	89	80	?	86	90	99
D-9/3/90	1	36107	5	7,7	215	489	334	40,7	6	1613	7,6	?	304	54	8	1557	7,6	181	350	90	71,1	0,4	1596	7,5	17	162	18	66,7	0	1606	?	70	95,6	91	54	92	67	95	100
D-11/3/90	1	29156	3	7,7	206	451	194	69,1	5	1249	7,7	206	220	62	4	1219	7,7	111	282	124	77,4	0,3	1233	7,5	16	118	19	84,2	0	1338	46	44	92,5	86	58	92	74	90	99,4
D-12/3/90	1	39246	2	7,8	172	506	200	69	5	1865	7,8	208	248	66	6,5	1929	7,8	164	463	100	78	0,6	1825	7,6	19	157	27	87	0	1616	21	60	90,8	88	66	89	69	87	99,6
D-13/3/90	2	42393	1	7,9	189	478	230	67	6	1410	8,1	173	192	63	5	1406	7,7	172	412	104	71,2	0,4	1562	7,6	152	306	131	79,6	4	1575	0,6	46	92	12	26	20	36	43	36,4
D-14/3/90	3	42857	2	7,7	238	319	292	33,8	4	1261	7,6	170	268	31	4,2	1204	7,6	116	276	104	51,9	0,3	1261	7,4	320	350	238	73,9	2	1304	32	61	92,9	?	?	?	?	19	42,9
D-15/3/90	4	42911	1	7,6	114	252	116	58,6	1	1238	7,9	148	136	65	3	1208	7,7	79	216	70	82,9	0,3	1177	7,5	84	172	104	78,8	0	1221	47	49	91,7	?	20	26	32	10	95,4
D-16/3/90	1	40376	?	8,1	204	333	174	67,8	3	2390	7,8	231	156	74	2,5	2540	7,8	136	325	78	79,5	0,4	2580	7,6	32	153	98	87,8	0	2550	41	50	84	77	53	84	54	44	100
D-18/3/90	1	40923	4	7,6	146	329	188	57,4	3	1300	7,6	162	132	64	2	1324	7,6	109	243	88	81,8	0,2	1467	7,5	19	94	41	82,9	0	1545	33	33	90	83	61	87	71	78	99,2
D-19/3/90	1	43830	2	7,8	177	512	214	58,9	6	1605	7,7	164	256	72	5,5	1599	7,7	118	320	70	88,6	0,4	1401	7,6	25	203	20	85	0	1110	28	73	92,7	79	37	86	60	91	100
D-20/3/90	1	39165	1	7,4	250	447	252	61,1	7	1533	7,4	275	216	57	6,5	1501	7,4	138	269	90	73,3	0,5	1458	7,3	14	9	20	82,5	0	1402	50	58	92,3	90	97	94	98	92	100
D-21/3/90	1	35791	1	7,8	277	466	246	63,4	4	1556	7,7	?	288	65	6	1846	7,7	166	419	174	80,5	1,3	1664	7,5	24	124	26	82,7	0	1606	?	40	78,3	86	70	91	73	89	99,4
D-22/3/90	1	37419	1	7,6	219	446	222	61,3	6	1600	7,7	266	240	70	5	1645	7,6	172	345	102	84,3	0,4	1670	7,5	42	175	53	84,2	0	1780	35	58	92	76	49	81	61	76	99,6
D-23/3/90	1	40983	3	7,6	182	431	214	57	7	1591	7,5	219	248	58	5,5	1473	7,5	175	376	88	65,9	0,4	1537	7,5	23	120	25	68	0	1597	20	65	93,6	87	68	87	72	88	100
D-25/3/90	1	42217	9	7,5	138	333	240	55	4	1087	7,5	153	184	67	4	1109	7,5	108	194	82	85,4	0,4	1136	7,1	16	62	17	94,1	0	1223	29	55	91,3	85	68	88	81	93	100
D-26/3/90	1	47665	1	7,7	156	405	200	74	4	1856	7,6	178	184	72	3,5	1976	7,5	128	302	92	78,3	0,3	1920	7,6	19	71	23	78,3	0	1706	28	50	91,4	85	77	88	83	89	99,8
D-27/3/90	1	44314	3	7,8	155	389	308	49,4	6	1927	7,7	252	308	49	6,5	2150	7,7	121	302	108	72,2	0,6	1950	7,6	15	87	23	69,7	0	1869	52	65	90,8	88	71	90	78	93	100
D-28/3/90	1	40841	1	7,6	179	389	168	69	4	1240	7,8	202	272	72	6	1381	7,8	148	302	92	78,3	0,3	1425	7,9	16	83	20	85	0	1416	27	66	95	89	73	91	79	88	100
D-29/3/90	1	41157	3	8	145	398	192	66,7	5	2240	8	213	240	62	6	2010	8	140	287	84	78,6	0,4	2270	7,8	15	87	21	81	0	2290	34	65	94,2	89	70	90	78	89	100
D-30/3/90	1	40078	1	7,9	198	464	228	64,9	5	1431	7,6	243	272	65	7,5	1606	7,8	177	319	88	81,8	0,2	1556	7,8	17	102	22	81,8	0	1475	27	68	97,3	90	68	91	78	90	100
D-1/2/90	1	44365	8	7,9	?	365	212	62,3	4	1339	7,9	?	184	65	4,7	1380	7,8	?	321	92	73,9	0,5	1386	7,5	?	75	20	75	0	1377	?	50	89,4	?	77	?	80	91	98,6
D-2/2/90	1	43080	4	7,8	95	349	136	76,5	3	1063	7,8	132	188	75	2	1139	7,8	123	317	98	69,4	0,4	1218	7,5	19	67	24	83,3	0	1220	6,8	48	80	85	79	80	81	82	100
D-4/2/90	1	29414	3	7,6	160	374	168	69	3	1042	7,6	220	246	70	4,6	1057	7,6	126	299	112	75	0,2	1085	7,4	19	79	28	82	0	1087	43	55	95,7	85	74	88	79	83	100
D-5/2/90	1	37312	1	8,1	205	492	192	70,8	4	1454	8,1	?	200	72	5,5	1489	7,9	217	433	134	79,1	0,3	1423	7,7	32	114	37	83,8	0	1275	?	33	94,5	85	74	84	77	81	100
D-6/2/90	1	38568	1	8,2	233	506	204	66,7	7	1692	8,3	218	212	66	11	1614	7,9	188	355	88	81,8	0,2	1516	7,5	47	116	59	81,4	0	1483	14	59	98,6	75	67	80	77	71	99,3
D-7/2/90	1	38655	2	7,9	179	344	172	65,1	4	1379	8	148	156	74	4	1412	7,8	155	301	86	81,4	0,2	1426	7,5	26	97	35	82,9	0	1470	?	45	95	83	68	86	72	80	100
D-8/2/90	1	34193	2	8	166	396	176	70,5	4	1265	8	178	188	70	5,5	1380	7,8	165	368	90	77,8	0,2	1434	7,5	26	106	31	83,9	0	1442	7,3	52	96,4	84	71	84	73	82	100
D-9/2/90	1	36332	4	7,9	120	455	184	67,4	4	1224	8,1	205	188	68	5,5	1217	7,7	168	333	90	77,8	0,2	1353	7,6	24	98	32	81,3	0	1420	18	52	96,4	86	71	80	79	83	100
D-11/2/90	1	32484	1	7,5	?	388	170	76,5	4	1130	7,6	?	178	75	4	1149	7,7	164	310	102	82,4	0,2	1212	7,5	22	89	33	90,9	0	1274	?	43	96,3	87	71	?	77	81	98,6
D-12/2/90	1	37724	1	7,9	?	526	206	70,9	6	1422	7,9	?	218	72	6	1461	7,8	175	382	108	81,5	0,2	1595	7,5	34	128	40	84,2	0	1342	?	51	96,7	81	67	?	76	81	99,6

D-13/2/90	1	36446	1	7,7	?	710	366	55,7	7	2400	7,8	?	256	63	6	2450	7,8	192	450	120	66,7	0,5	2330	7,6	?	295	88	76,1	0	2390	?	53	92,5	?	34	?	59	76	96,2
D-14/2/90	1	35636	1	8	203	469	264	65,2	5	1489	8,1	?	304	66	8,5	1690	7,9	155	361	100	80	0,4	1718	7,5	23	97	38	88,4	0	1716	?	67	95,3	85	73	89	79	86	99
D-15/2/90	1	34746	1	7,7	208	427	192	75	5	1426	7,7	195	236	75	7	1375	7,7	186	334	104	80,8	0,4	1518	7,4	27	78	33	84,8	0	1636	4,6	56	94,3	86	77	87	82	83	100
D-16/2/90	1	34893	1	8	235	?	228	75,4	7	1532	8	232	252	78	8	1532	7,8	165	345	92	80,4	0,3	1478	7,6	25	125	25	90,6	0	1445	29	64	96,9	85	64	89	?	89	100
D-18/2/90	1	37102	2	7,8	196	353	174	67,8	4	1315	7,8	152	162	77	3	1322	7,7	127	270	100	74	0,8	1337	7,6	24	71	24	91,7	0	1509	16	38	73,3	81	74	88	80	86	99,5
D-19/2/90	1	41598	1	8,2	194	419	186	72	0	1310	8	210	208	71	4,5	1333	7,9	157	341	118	72,9	1	1474	7,6	23	71	33	78,7	0	1340	25	43	77,8	85	79	88	83	82	94,3
D-21/2/90	1	38058	1	7,8	193	424	170	74,1	4	1406	7,7	226	356	72	4,5	1324	7,7	187	352	118	78	0,5	1360	7,5	24	88	29	87,4	0	1445	17	67	90	87	75	88	79	83	99,5
D-22/2/90	1	40716	4	8,1	?	524	222	67,6	6	1597	8,1	230	248	66	7,5	1512	7,9	154	300	96	77,1	0,5	1521	7,4	29	76	25	84	0	1422	33	61	93,3	81	75	?	86	89	100
D-23/2/90	1	40868	2	8,1	206	490	190	68,4	5	1392	8	220	224	70	6	1505	8,1	178	363	92	80,4	0,4	1532	7,7	16	86	26	82,1	0	1574	19	59	93,3	91	76	92	82	86	100
D-25/2/90	1	36358	2	7,7	192	298	162	67,9	4	1241	7,7	160	188	68	4,5	1243	7,7	118	278	110	74,5	0,7	1285	7,5	30	98	45	74,1	0	1399	26	42	84,4	75	65	84	67	72	98,8
D-26/2/90	1	40879	1	7,6	?	435	196	68,4	5	1421	7,7	?	264	70	7	1469	7,7	?	408	120	73,3	0,6	1532	7,6	?	102	23	84,1	0	1354	?	55	91,4	?	75	?	77	88	99,6
D-27/2/90	1	44150	1	8,1	?	516	164	75,6	4	1548	8,1	?	232	74	5,5	1545	7,9	?	326	94	93,6	0,6	1415	7,6	?	113	37	95,5	0	1409	?	60	90	?	65	?	78	77	99,4
D-28/2/90	1	45779	3	7,8	?	376	194	68,5	5	2020	7,8	?	276	62	7,5	2390	7,7	?	326	82	68,3	0,4	2260	7,6	?	66	15	93,3	0	2400	?	70	94,7	?	80	?	82	92	100
D-1/1/90	1	41230	0	7,6	120	344	136	54,4	5	993	7,5	?	188	55	3	972	7,6	?	259	70	48,6	0,2	921	7,5	16	97	17	51,8	0	903	?	63	93,3	?	63	87	72	88	99,4
D-2/1/90	1	37386	1	7,9	165	470	170	76,5	4	1365	7,9	?	192	71	4,5	1399	7,9	156	368	96	72,9	0,3	1338	7,6	22	97	18	80,6	0	1481	?	50	94,4	86	74	87	79	89	100
D-3/1/90	1	34535	1	7,8	232	518	220	65,5	6	1617	7,9	230	202	71	4	1593	7,8	155	364	76	81,6	0,2	1594	7,5	29	146	31	77,4	0	1492	33	62	95	81	60	88	72	86	99,8
D-4/1/90	1	32527	3	7,8	187	460	180	67,8	5	1832	7,9	219	236	66	5,5	1920	7,8	190	355	100	80	0,3	1646	7,5	28	105	30	82	0	1590	13	58	95,5	85	70	85	77	83	100
D-7/1/90	1	27760	1	7,6	199	466	186	74,2	5	1220	7,5	225	176	82	4	1208	7,5	139	314	94	87,2	0,2	1315	7,4	21	122	25	84	0	1411	38	47	95	85	61	89	74	87	99,6
D-8/1/90	1	36281	2	7,8	?	612	226	70,8	8	1544	7,9	?	268	66	8	1503	7,8	158	259	100	80	0,4	1443	7,5	38	106	34	86,7	0	1239	?	63	95,6	76	59	?	83	85	99,8
D-9/1/90	1	38055	4	7,8	221	524	188	72,3	5	1540	7,9	?	252	78	4,5	1477	7,8	128	299	82	90,2	0,2	1506	7,5	29	136	39	83,7	0	1503	?	68	95,6	77	55	87	74	79	99,6
D-10/1/90	1	34064	1	8,1	230	535	242	66,9	7	1652	7,9	?	264	70	5,4	1700	7,9	174	322	100	72	0,3	1577	7,5	28	101	36	83,3	0	1552	?	62	94,4	84	69	88	81	85	99,2
D-11/1/90	1	31447	4	7,9	190	374	192	70,8	7	1494	7,8	204	184	71	4,5	1462	7,7	121	259	100	82	0,5	1562	7,5	21	108	22	84,1	0	1596	41	46	88,9	83	58	89	71	89	99,2
D-12/1/90	1	32127	17	7,7	?	526	292	63,7	8	2240	7,6	244	344	63	9	2220	7,7	193	450	134	70,1	1,3	2450	7,5	28	92	36	80,6	0	2580	21	61	85,6	86	80	?	83	88	99,9
D-14/1/90	1	31059	4	7,8	202	431	200	74	5	1302	7,7	199	184	78	4,7	1307	7,6	124	269	96	75	0,4	1334	7,4	17	63	20	85	0	1473	38	48	91,5	86	77	92	85	90	99
D-15/1/90	1	36470	5	7,8	227	526	212	68,9	5	1542	7,8	232	240	75	5,5	1583	7,8	172	411	106	83	0,2	1607	7,4	30	99	41	85,4	0	1395	26	56	96,4	83	76	87	81	81	98,9
D-16/1/90	1	47449	2	7,8	170	401	158	67,1	4	1292	7,8	184	172	70	3,5	1413	7,8	167	345	102	74,5	0,7	1568	7,5	26	87	27	77,8	0	1635	9,2	41	80	84	75	85	78	83	98,8
D-17/1/90	1	43940	4	7,8	149	361	186	62,4	3	1651	7,8	204	204	67	5	1751	7,9	155	345	106	69,8	0,5	1623	7,5	27	103	38	81,6	0	1597	24	48	90	83	70	82	72	80	98,4
D-18/1/90	1	40347	2	7,7	155	338	132	69,7	3	1332	7,7	180	160	69	2,5	1366	7,7	152	319	94	72,3	0,6	1442	7,4	22	87	27	77,8	0	1482	16	41	76	86	73	86	74	80	98,1
D-19/1/90	1	40267	2	7,9	180	433	186	72	4	1729	7,9	200	174	76	3,7	1820	7,8	127	354	86	79,1	0,4	1856	7,5	19	110	26	82,5	0	1861	37	51	89,2	85	69	89	75	86	99,8
D-21/1/90	1	37976	1	7,7	148	345	162	77,8	3	1432	7,6	145	166	74	3,8	1415	7,6	137	302	94	85,1	0,5	1461	7,4	17	60	21	90,5	0	1572	5,5	43	86,8	88	80	89	83	87	98,4
D-22/1/90	1	47368	2	7,9	156	417	152	73,7	5	1608	7,9	207	164	67	4,5	1798	7,8	147	321	76	76,3	0,4	1627	7,4	29	99	26	84,6	0	1490	29	54	91,1	80	69	81	76	83	99,6
D-23/1/90	1	48086	5	8	247	444	166	73,5	4	1700	8,1	207	182	66	3,5	1724	7,9	176	360	112	76,8	0,4	1768	7,6	27	52	29	86,2	0	1764	15	39	88,6	85	86	89	88	83	100
D-24/1/90	1	47642	5	7,9	157	428	204	53,9	4	1989	7,7	187	250	53	4,5	1869	7,8	219	303	90	68,9	0,4	1735	7,5	19	73	18	75	0	1800	?	64	92,2	91	76	88	83	91	100
D-25/1/90	1	43174	5	7,7	179	420	158	68,4	3	1260	7,7	200	160	69	3,5	1256	7,8	183	376	110	70,9	1	1369	7,4	23	136	17	88,2	0	1365	8,5	31	71,4	87	64	87	68	89	100
D-26/1/90	1	39891	2	7,6	178	416	188	60,6	5	1301	7,6	174	166	70	3,5	1267	7,6	164	368	106	69,8	0,4	1280	7,3	22	140	20	70	0	1262	5,7	36	88,6	87	62	88	66	89	100
D-28/1/90	5	32257	4	7,5	246	583	504	45,2	7	1016	7,5	228	436	42	7,5	1079	7,5	85	236	76	68,4	0,5	1088	7,3	21	75	25	72	0	1164	63	83	94	75	68	92	87	95	99,3
D-29/1/90	1	40498	10	8,1	202	476	300	49,3	4	1636	8	206	252	51	3,5	1579	7,9	186	394	108	72,2	1,3	1413	7,5	27	75	22	90,9	0	1291	9,7	57	62,9	86	81	87	84	93	98,6
D-30/1/90	1	40221	2	8,1	177	407	172	58,1	3	1379	8	231	248	55	4,6	1454	8	188	379	108	72,2	0,7	1529	7,5	27	95	26	76,9	0	1542	19	57	84,8	86	75	85	77	85	100
D-31/1/90	1	46669	2	7,8	?	340	168	71,4	2	1477	7,8	?	228	65	4,5	1379	7,8	?	368	110	72,7	0,6	1550	7,6	?	?	?	?	?	1445	?	52	86,7	?	?	?	?	?	?

D-1/6/90	1	34669	1	7,8	198	381	216	51,9	4	1415	7,8	183	220	56	3,5	1453	7,7	123	246	76	78,9	0,2	1432	7,7	29	91	26	80,8	0	1390	33	66	94,3	76	63	85	76	88	98,6
D-3/6/90	1	41824	1	7,8	161	281	164	58,5	2	1075	7,8	144	192	53	2,5	1068	7,8	118	233	88	70,5	0,4	1121	7,8	14	63	19	73,7	0	1246	18	54	84	88	73	91	78	88	99,6
D-4/6/90	1	51520	2	7,3	156	336	192	62,5	6	1320	7,8	158	184	57	4	1327	7,6	79	198	92	63	0,3	1175	7,9	15	59	19	78,9	0	1054	50	50	92,5	81	70	90	82	90	99,8
D-5/6/90	6	39421	1	7,9	189	457	1004	25,5	24	1218	7,8	234	1384	25	35	1257	7,7	156	323	140	65,7	0,3	1308	7,8	19	79	21	81	0	1172	33	90	99,1	88	76	90	83	98	100
D-6/6/90	1	36131	1	7,9	215	500	252	61,9	5	1512	7,8	233	348	49	7,5	1427	7,8	147	327	102	68,6	0,3	1436	7,9	25	75	23	78,3	0	1409	37	71	96	83	77	88	85	91	99,8
D-7/6/90	1	33251	1	7,6	225	578	256	65,6	6	1510	7,6	224	276	54	6,5	1486	7,7	119	319	102	64,7	0,3	1492	7,6	15	151	25	76,8	0	1461	47	63	95,4	87	53	93	74	90	99,1
D-8/6/90	1	35789	2	7,4	316	533	264	54,5	6	1361	7,4	352	344	47	6,5	1453	7,5	190	361	160	51,3	1,5	1518	7,5	39	150	54	74,1	0	1506	46	54	76,9	80	58	88	72	80	98,2
D-10/6/90	5	40106	1	7,8	238	504	292	58,9	7	1109	7,8	361	352	51	7	1113	7,8	147	256	128	65,6	0,8	1113	8	19	80	20	70	0	1238	59	64	88,6	87	69	92	84	93	99,2
D-11/6/90	5	45191	2	8	125	324	362	35,9	5	1093	7,7	297	804	33	13	1086	7,9	84	204	124	53,2	0,6	1105	7,9	28	128	14	74,3	0	1008	72	85	95,4	67	37	78	61	96	99,6
D-12/6/90	5	43308	1	7,9	265	330	562	27,4	8	1866	7,9	242	680	30	13	1858	7,9	133	206	120	48,3	0,6	1850	7,8	24	70	11	61,8	0	1800	45	82	95,2	82	66	91	79	98	99,7
D-13/6/90	5	37615	1	7,8	199	404	232	53,4	5	1310	7,8	416	544	43	11	1366	7,7	143	299	114	61,4	0,4	1466	7,6	25	85	19	65,3	0	1404	66	79	96,4	83	72	87	79	92	100
D-14/6/90	5	42596	3	7,7	138	259	456	22,8	4	1007	7,6	160	584	27	7,5	1039	7,6	101	176	126	47,6	0,5	1113	7,6	22	59	16	68,8	0	1194	37	78	93,3	78	67	84	77	97	100
D-15/6/90	5	41948	2	7,7	198	396	216	52,8	3	1282	7,8	245	328	48	5	1321	7,7	109	244	120	56,7	0,3	1304	7,8	23	105	32	71,3	0	1295	56	63	94	79	57	88	74	85	99,3
D-17/6/90	5	34647	1	7,5	193	342	260	50,8	3	985	7,6	230	424	44	6	1008	7,6	132	223	174	50,6	0,4	992	7,3	?	?	22	69,1	0	1218	43	59	93,3	?	?	?	?	92	100
D-18/6/90	5	36967	1	7,6	202	426	248	80,6	6	2310	7,7	326	404	56	7	2180	7,7	142	280	146	65,8	0,6	1909	7,7	33	92	23	73	0	1813	56	64	92,1	77	67	84	78	91	99,6
D-19/6/90	5	34879	1	7,5	319	465	214	63,6	6	1308	7,6	364	388	51	7,5	1344	7,7	143	261	100	70	0,4	1378	7,7	18	104	11	87,3	0	1345	61	74	94,7	87	60	94	78	95	99,6
D-20/6/90	5	34365	6	7,6	236	444	236	62,7	5	1400	7,7	259	440	50	10	1439	7,6	140	246	122	59	0,3	1458	7,7	24	115	17	70,6	0	1480	46	72	97	83	53	90	74	93	99
D-21/6/90	5	34291	8	7,9	192	433	300	57,3	7	1395	7,9	269	436	51	12	1335	7,9	138	294	108	68,5	0,3	1378	7,8	15	60	12	91,7	0	1423	49	75	97,8	89	80	92	86	96	99,7
D-22/6/90	5	34886	8	7,7	211	488	268	53,7	6	1212	7,9	265	348	58	8,5	1274	7,7	151	306	88	79,5	0,2	1309	7,7	15	63	12	83,3	0	1320	43	75	97,6	90	79	93	87	96	100
D-24/6/90	1	38731	1	7,5	200	402	184	64,1	3	1127	7,5	188	218	63	3	1140	7,5	122	233	90	77,8	0,2	1200	7,7	17	64	17	76,5	0	1317	35	59	95	86	73	92	84	91	100
D-25/6/90	1	39308	3	7,8	217	349	172	69,8	4	1454	7,8	174	208	65	4	1487	7,8	98	261	78	76,9	0,2	1360	7,9	?	92	20	80	0	1230	44	63	95	?	65	?	74	88	100
D-26/6/90	5	44198	7	7,7	257	667	1016	31,5	22	1478	7,8	212	572	36	13	1422	7,9	135	210	108	57,4	0,2	1358	8	16	56	15	73,3	0	1378	36	81	98,4	88	73	94	92	99	100
D-27/6/90	5	39003	1	7,8	183	456	232	65,5	5	1262	7,8	198	216	56	4,5	1247	7,9	107	266	84	57,1	0,2	1305	7,8	19	60	12	75	0	1234	46	61	96,7	82	77	90	87	95	100
D-28/6/90	1	34487	1	7,9	183	380	192	62,5	5	1339	7,8	196	216	56	6	1403	7,8	128	270	68	70,6	0,1	1409	8	13	63	15	66,7	0	1344	35	69	98,3	90	77	93	83	92	100
D-29/6/90	1	35198	1	7,7	185	372	164	61	3	1623	7,8	210	192	65	3	1508	7,8	124	278	74	72,9	0,1	1482	7,9	18	78	15	66,7	0	1491	41	62	96,7	86	72	90	79	91	100
D-1/5/90	1	27617	1	7,6	285	436	218	67,9	6	1095	7,6	292	238	67	5,5	1149	7,5	160	284	80	80	0,2	1139	7,5	26	104	41	73,2	1	1146	45	66	96,4	84	63	91	76	81	91,7
D-2/5/90	1	37881	3	7,7	257	588	328	60,4	7	1392	7,7	213	272	60	6,5	1432	7,8	174	344	116	70,7	0,8	1356	7,6	26	92	44	74,2	0	1213	18	57	87,7	85	73	90	84	87	95,7
D-3/5/90	1	39024	1	7,9	268	467	224	66,1	7	1409	7,9	328	312	63	9,5	1376	7,9	152	338	88	77,3	0,2	1336	7,7	29	148	49	80,3	0	1334	54	72	98,4	81	56	89	68	78	98,5
D-4/5/90	1	38990	1	7,8	189	357	172	67,4	4	1160	7,7	213	212	62	5,5	1232	7,7	123	255	80	80	0,3	1237	7,6	30	122	42	81	0	1304	42	62	94,5	76	52	84	66	76	98,8
D-6/5/90	1	37710	3	7,5	312	388	204	61,8	4	1026	7,5	211	214	65	5	1020	7,5	111	222	86	76,7	0,2	1016	7,4	42	154	69	83,1	0	1092	47	60	96	62	31	87	60	66	97,5
D-7/5/90	5	25957	1	8,1	404	455	448	38,4	5	1229	7,8	491	692	39	12	1279	7,8	285	?	110	70,9	0,4	1156	7,8	20	83	25	90,7	0	1021	42	84	97	93	?	95	82	94	99
D-8/5/90	1	38623	2	8,1	243	299	180	54,4	3	1615	8	291	324	65	3,5	1630	7,9	166	265	96	60,4	0,2	1485	7,8	26	82	36	74,1	0	1345	43	70	94,3	84	69	89	73	80	99,2
D-9/5/90	1	41746	1	8	352	471	208	65,4	6	2150	7,9	386	216	65	5,5	2320	7,6	198	348	118	74,6	0,5	2290	7,5	24	91	32	84,4	0	2290	49	45	91,8	88	74	93	81	85	100
D-10/5/90	1	43291	1	7,7	215	447	164	61	6	1177	7,7	258	256	53	5	1207	7,9	141	285	86	69,8	0,2	1324	7,7	19	75	32	77,1	0	1390	45	66	96	87	74	91	83	81	99,6
D-11/5/90	1	41436	1	7,9	191	356	192	62,5	7	1434	7,9	226	288	56	10	1427	7,7	130	257	84	71,4	0,1	1467	7,6	28	103	34	76,5	0	1469	43	71	99	79	60	85	71	82	100
D-13/5/90	1	39402	1	7,9	283	274	162	59,3	3	937	7,9	190	178	58	2,8	944	7,8	117	212	78	76,9	0,1	970	7,7	28	74	25	88	0	1060	38	56	98,2	76	65	90	73	85	100
D-14/5/90	1	39383	1	8	216	529	248	61,3	6	1179	8	429	220	66	5	1294	7,8	140	337	138	63,8	1,5	1155	7,7	23	94	22	84,1	0	1107	67	37	70	84	72	89	82	91	100
D-15/5/90	1	37106	1	7,8	163	468	202	57,4	5	1525	8	319	292	59	7	1587	7,8	146	353	230	55,7	0,2	1328	7,7	14	100	19	86,8	0	1309	54	21	97,1	90	72	91	79	91	100
D-16/5/90	1	36591	1	7,8	?	499	248	56,5	7	1213	7,8	?	304	58	7,2	1264	7,8	?	334	98	77,6	0,2	1420	7,6	?	77	20	75	0	1395	?	68	97,2	?	77	?	85	92	100



D-17/5/90	1	33711	3	8	345	457	288	59,7	8	1272	7,9	?	348	63	9	1336	7,9	?	372	146	72,6	2	1369	7,8	19	88	19	78,9	0	1437	?	58	77,8	?	76	95	81	93	100
D-18/5/90	1	35081	1	7,7	431	532	210	65,7	5	1535	7,6	409	224	59	6	1561	7,8	210	360	98	65,3	0,2	1472	7,7	13	132	13	50	0	1516	49	56	96,7	94	63	97	75	94	100
D-20/5/90	1	32372	2	7,8	174	404	192	63,5	4	1056	7,7	182	210	61	4,5	1064	7,7	140	243	104	76,9	0,4	1078	7,7	13	55	18	83,3	0	1165	23	51	91,1	91	77	93	86	91	100
D-21/5/90	5	37283	2	7,7	327	376	184	57,6	4	1226	7,7	287	236	46	3,5	1223	7,8	102	255	84	73,8	0,2	1199	7,8	15	47	13	69,2	0	1136	65	64	94,3	85	82	95	88	93	100
D-22/5/90	5	42202	1	7,6	184	238	316	30,4	3	1079	7,7	163	344	29	4	1113	7,6	122	214	92	63	0,2	1139	7,6	27	95	39	59	0	1176	25	73	95	78	56	85	60	88	100
D-23/5/90	5	50942	3	7,8	159	234	292	32,9	3	1140	7,8	182	344	33	4	1125	7,9	111	218	100	52	0,3	1231	7,8	12	36	14	77,1	0	1276	39	71	93,8	89	84	93	85	95	100
D-24/5/90	1	44040	1	7,9	275	330	180	55,6	3	1376	7,9	190	200	60	2,5	1392	7,9	118	260	76	76,3	0,3	1435	7,7	25	109	24	75	0	1399	38	62	90	79	58	91	67	87	100
D-25/5/90	1	43117	1	8,4	134	302	208	57,7	3	1160	8	159	276	61	3,5	1201	8	116	233	80	77,5	0,2	1264	7,9	16	66	20	80	0	1333	27	71	94,3	86	72	88	78	90	100
D-27/5/90	5	48333	1	7,6	132	188	172	46,5	3	940	7,7	210	192	47	2	924	7,7	102	176	76	78,9	0,1	1001	7,7	17	78	21	87,6	0	1107	51	60	95	83	56	87	59	88	100
D-28/5/90	5	46540	1	7,8	132	297	176	45,5	2	1140	8	133	172	44	1,3	1072	7,9	98	246	84	61,9	0,3	1111	7,6	24	63	16	68,8	0	1014	26	51	80,8	76	74	82	79	91	100
D-29/5/90	1	46057	1	8,1	133	288	162	56,8	2	1050	8,1	133	152	63	2,5	1116	8	97	220	70	77,1	0,2	1142	7,9	32	128	40	82,5	0	1187	27	54	94	67	42	76	56	75	97,8
D-30/5/90	5	45018	2	7,9	224	488	456	48,2	11	1147	7,9	153	252	49	4	1224	8	110	248	92	67,4	0,4	1238	8	15	36	17	82,4	0	1217	28	64	91,3	86	86	93	93	96	100
D-1/4/90	1	40552	2	7,9	200	395	178	71,9	4	1038	7,8	190	156	72	3,5	1063	7,7	127	281	102	72,5	0,7	1023	7,6	17	75	19	89,5	0	1148	33	35	80	87	73	92	81	89	99,4
D-2/4/90	5	53210	5	7,8	87	241	236	38,1	4	1179	8	97	248	34	3,5	1231	8	78	190	70	57,1	0	902	7,7	10	79	16	78,1	0	899	20	72	100	87	58	89	67	93	99,5
D-3/4/90	5	53530	2	8,1	132	336	330	37	6	1234	8	161	264	38	5,5	1327	7,9	126	316	80	75	0,7	1257	7,7	13	68	13	69,2	0	1229	22	70	88,2	90	79	90	80	96	99,7
D-4/4/90	1	46659	2	7,7	175	321	176	58	4	1335	7,8	198	192	58	4	1418	7,7	141	281	76	78,9	0,3	1316	7,5	12	67	11	100	0	1308	29	60	92,5	92	76	93	79	94	100
D-5/4/90	1	45772	2	7,9	162	348	156	64,1	3	1340	7,9	228	252	65	5,9	1398	7,9	135	329	110	78,2	0,7	1377	7,7	17	127	14	92,9	0	1423	41	56	88,1	87	61	90	64	91	100
D-6/4/90	1	52933	2	7,9	135	317	180	53,5	4	1362	7,9	181	268	60	4,6	1417	7,6	114	285	104	71,2	0,5	1459	7,8	14	91	22	86,4	0	1555	37	61	89,1	88	68	90	71	88	100
D-8/4/90	1	36510	2	7,9	91	325	122	77	4	1026	7,9	109	124	94	3,7	1063	7,8	81	227	64	96,9	0,4	983	7,7	15	74	11	100	0	1039	26	48	89,2	82	67	84	77	91	100
D-9/4/90	5	34299	3	7,8	210	725	350	41,7	5	1265	7,8	238	428	42	7,5	1262	7,8	136	306	106	47,2	0,4	1287	7,6	21	94	18	66,7	0	1309	43	75	94,7	85	69	90	87	95	99,6
D-10/4/90	1	41073	1	8,1	166	422	184	63	3	1450	8	118	280	66	3,5	1429	8,1	119	323	114	70,2	0,4	1419	7,8	26	81	22	76,4	0	1357	?	59	88,6	78	75	84	81	88	99,3
D-11/4/90	1	43536	3	7,8	267	342	202	58,4	2	1327	7,7	254	172	70	2	1306	7,8	130	349	120	66,7	0,4	1450	7,7	12	77	16	87,5	0	1454	49	30	80	91	78	96	78	92	?
D-13/4/90	1	34667	6	7,2	165	315	170	64,7	?	1125	7,3	219	180	68	?	1151	7,3	121	235	86	81,4	?	1204	7,4	11	53	19	73,7	?	1306	45	52	?	91	77	93	83	89	?
D-16/4/90	1	29624	1	7,5	184	219	148	62,2	3	1530	7,5	189	146	60	2	1553	7,5	92	192	78	76,9	0,3	1560	7,5	18	37	22	72,7	0	1100	51	47	85	80	81	90	83	85	99,3
D-17/4/90	1	34069	1	7,5	89	298	116	68,9	2	1119	7,7	89	120	70	2,3	1103	7,7	79	250	74	81	0,2	1188	7,6	16	42	22	83,6	0	1149	11	38	91,1	80	83	82	86	81	98,8
D-18/4/90	1	37782	1	8,1	155	382	174	66,7	7	1205	7,9	295	212	74	5,5	1319	7,8	147	312	90	75,6	0,3	1246	7,6	18	87	24	76,7	0	1244	50	58	94,5	88	72	88	77	86	99,3
D-19/4/90	1	42109	1	7,8	159	350	150	69,3	3	1304	7,8	192	160	75	2,5	1206	7,7	166	312	82	75,6	0,2	1276	7,7	41	152	41	79,3	0	1341	14	49	94	75	51	74	57	73	99,3
D-20/4/90	1	40871	1	7,7	193	298	120	60	3	1068	7,8	160	200	38	2,5	1167	7,8	135	222	?	?	0,3	1211	7,8	16	69	?	?	0	1199	16	?	88	88	69	92	77	?	99,3
D-22/4/90	5	36088	15	7,5	75	133	142	39,4	2	860	7,6	127	172	47	1,8	838	7,6	73	124	62	67,7	0,3	871	7,3	9	32	12	80	0	889	43	64	86,1	88	74	88	76	92	100
D-23/4/90	5	47255	1	7,7	181	264	124	61,3	3	1087	7,8	148	150	52	3	1047	7,8	122	232	68	61,8	0,3	1103	7,7	19	72	28	64,3	0	1008	18	55	91,7	84	69	90	73	77	96,2
D-24/4/90	5	55300	2	7,9	254	356	206	56,3	4	1300	7,9	207	222	53	3,5	1347	7,9	91	184	66	69,7	0,3	1188	7,6	18	100	20	76	0	1202	56	70	91,4	80	46	93	72	90	99,5
D-25/4/90	5	37646	1	7,8	355	556	184	50	3	1278	7,8	308	194	52	3	1376	7,8	122	216	78	71,8	0,2	1395	7,7	42	124	48	74,2	0	1310	60	60	93,3	66	43	88	78	74	98,5
D-26/4/90	5	34528	1	7,9	262	444	324	48,1	7	1319	7,9	279	380	43	6	1362	7,9	161	347	90	77,8	0,4	1476	7,6	31	174	67	73,6	1	1398	42	76	94,2	81	50	88	61	79	92,3
D-27/4/90	1	31417	3	7,8	237	549	236	71,2	4	1397	7,9	286	280	67	8	1368	7,8	176	416	112	69,6	0,4	1469	7,7	39	287	84	81,6	0	1480	39	60	95,6	78	31	84	48	64	95
D-29/4/90	7	27333	2	7,6	238	348	174	64,4	4	1110	7,6	372	124	76	2,5	1105	7,4	172	364	104	78,8	1	1171	7,4	44	210	73	81,1	2	1256	54	16	60	74	42	82	40	58	57,1
D-1/7/90	5	30201	1	7,3	137	398	188	57,4	4	1179	7,3	164	204	59	4,3	1164	7,3	81	204	62	64,5	0,1	1165	7,4	9	66	10	70	0	1264	51	70	97,6	89	68	93	83	95	100
D-2/7/90	1	39445	1	8,1	187	488	216	55,6	7	2440	8	191	252	49	5	2340	7,9	130	304	66	72,7	0,2	2230	8	28	80	21	70,5	0	2190	32	74	96	79	74	85	84	90	100
D-3/7/90	5	37252	4	7,6	131	436	476	27,7	5	1603	7,8	151	416	29	5	1479	7,8	114	269	78	56,4	0,1	1591	7,9	13	90	16	68,8	0	1625	25	81	98	89	67	90	79	97	100
D-4/7/90	1	37643	1	7,7	145	382	168	54,8	4	1814	7,9	180	184	57	3	1820	8,1	113	271	70	65,7	0,2	1893	8,1	15	88	15	73,3	0	1879	37	62	95	87	68	90	77	91	100

D-5/7/90	1	36389	1	7,7	156	391	156	53,8	4	1358	7,8	161	172	58	3	1412	7,9	116	285	66	72,7	0,3	1460	7,9	11	86	14	50	0	1425	28	62	91,7	91	70	93	78	91	100
D-6/7/90	1	33020	1	7,7	176	422	176	61,4	4	2200	7,7	176	196	59	3,5	2180	7,7	120	274	72	63,9	0,3	2230	7,8	14	82	16	68,8	0	2140	32	63	91,4	88	70	92	81	91	100
D-8/7/90	1	36095	5	7,5	112	341	256	46,9	4	2070	7,4	101	238	48	3	2430	7,5	95	251	82	75,6	0,2	1930	7,6	18	114	27	74,1	0	2700	5,9	66	93,3	81	55	84	67	90	100
D-9/7/90	5	39590	5	7,8	144	361	220	53,6	5	1790	7,8	112	236	54	3,3	1760	7,8	53	239	78	64,1	0,2	1710	7,6	14	74	20	70	0	1660	53	67	93,8	74	69	90	80	91	100
D-10/7/90	5	42859	13	7,8	161	326	268	44,8	5	1570	7,9	152	208	55	5	1640	7,9	76	173	74	64,9	0,2	1690	7,8	23	111	26	76,9	0	1720	50	64	97	70	36	86	66	90	100
D-11/7/90	5	36325	3	7,7	135	304	222	46,8	4	1087	7,7	135	250	55	3,5	1143	7,8	107	260	96	72,9	0,2	1162	7,9	14	96	18	68,9	0	1169	21	62	94,3	87	63	90	68	92	100
D-12/7/90	1	33522	3	7,7	189	416	248	58,1	6	1330	7,7	194	252	64	4,5	1931	7,8	114	304	104	71,2	0,2	1426	7,8	27	108	26	76,9	0	1416	41	59	95,6	76	65	86	74	90	100
D-13/7/90	1	33680	2	7,6	215	532	282	63,8	5	1444	7,6	253	296	62	5	1437	7,8	120	320	90	75,6	0,2	1418	7,8	17	92	15	75,3	0	1433	53	70	96	86	71	92	83	95	100
D-15/7/90	1	31293	1	7,7	150	337	182	?	3	1189	7,7	117	190	68	2,5	1199	7,7	108	256	62	?	0,5	1282	7,8	18	85	20	76	0	1378	7,7	67	80	83	67	88	75	89	100
D-16/7/90	5	36010	1	7,9	189	424	264	55,3	4	2270	7,8	190	318	55	5,5	2310	8	119	250	90	66,7	0,4	2130	8	16	68	21	78,1	0	1848	37	72	93,6	87	73	92	84	92	100
D-17/7/90	5	35445	3	7,9	182	388	272	43,4	4	1704	7,9	166	262	48	4	1731	7,9	110	274	82	51,2	0,2	1734	8	18	71	18	53,3	0	1788	34	69	96,3	84	74	90	82	93	100
D-18/7/90	5	32540	1	7,7	290	566	352	52,8	8	2540	7,7	314	358	54	8	2730	7,7	122	304	78	89,7	0,2	2750	7,9	18	116	15	93,3	0	2580	61	78	98,1	85	62	94	80	96	100
D-19/7/90	1	32929	1	7,8	246	641	376	56,4	6	1683	7,8	265	378	58	8	1724	7,9	132	338	170	63,5	1,7	1710	7,9	31	100	34	79,4	0	1742	50	55	79,4	77	70	87	84	91	99,7
D-20/7/90	5	32575	2	7,7	244	607	380	53,7	6	2160	7,8	242	436	54	8	2220	7,9	139	353	164	45,9	1,8	2120	8	18	104	26	72,3	0	2270	43	62	77,5	87	71	93	83	93	100
D-22/7/90	5	30019	5	7,6	175	416	224	51,8	5	1463	7,7	183	214	57	3,5	2120	7,7	105	274	104	62,9	0,8	2250	7,9	18	?	21	66,7	0	2610	43	51	77,1	83	?	90	?	91	98,9
D-23/7/90	1	27711	2	7,4	342	400	232	64,7	5	1858	7,6	259	284	61	6	1907	7,6	133	278	86	72,1	0,2	1835	7,6	23	106	38	76,8	0	1511	49	70	96,7	83	62	93	74	84	99,6
D-24/7/90	5	33999	2	7,5	191	488	506	35,6	6	2590	7,4	172	580	41	7,8	2530	7,6	102	267	84	71,4	0,2	2670	7,7	22	110	33	75	0	2850	41	86	97,4	78	59	89	78	94	98,8
D-25/7/90	5	33959	2	7,7	235	614	692	29,5	8	1589	7,7	242	716	32	9,5	1632	7,7	94	246	244	23,8	0,2	1588	7,9	16	90	52	29,2	0	1625	61	66	98,4	83	63	93	85	93	100
D-26/7/90	1	33290	1	7,7	128	392	236	59,3	3	2100	7,6	130	176	57	4	2200	7,7	118	272	88	59,1	0,2	2010	7,8	?	164	49	67,3	0	2070	9,2	50	95	?	40	?	58	79	98,4
D-27/7/90	5	33877	2	7,6	166	452	320	46,3	5	1160	7,7	221	388	47	5,5	1137	7,7	87	216	76	73,7	0,2	1147	7,8	19	56	28	75	0	1148	61	80	97,3	78	74	89	88	91	97,8
D-29/7/90	5	26871	2	7,3	139	369	284	49,3	4	991	7,5	161	312	45	4	986	7,3	87	198	90	62,2	0,1	978	7,5	19	116	34	72,9	0	1070	46	71	97,5	78	41	86	69	88	99,5
D-30/7/90	5	37634	2	8,1	151	?	268	47,8	4	1732	8	160	248	60	3	1803	8	85	?	84	69	0,2	1721	8,2	12	?	17	77,6	0	1643	47	66	93,3	86	?	92	?	94	100
D-31/7/90	5	32909	0	7,5	221	391	260	46,2	4	2140	7,5	173	244	53	4,5	2090	7,5	112	261	74	78,4	0,2	2000	7,6	17	127	20	78	0	1950	35	70	96,7	85	51	92	68	92	100
D-2/9/90	5	44601	2	7,5	140	231	360	?	4	806	7,5	146	328	?	3,5	811	7,5	79	145	64	?	0,2	834	7,6	12	39	11	?	0	905	46	81	94,3	85	73	91	83	97	99,5
D-3/9/90	5	43614	7	7,8	143	400	472	?	7	2230	7,8	95	226	?	4	2160	7,8	97	235	74	?	0,3	2170	7,8	14	82	12	?	0	1910	?	67	93,8	86	65	90	80	98	99,7
D-4/9/90	1	40529	5	7,7	192	253	186	?	5	1818	7,6	250	194	?	4,5	1745	7,5	108	197	80	?	0,3	1625	7,5	14	48	13	?	0	1726	57	59	94,4	87	76	93	81	93	99,6
D-5/9/90	1	38231	1	7,7	124	234	120	?	2	1550	7,9	123	220	?	4	1651	7,8	87	156	76	?	0,2	1586	7,9	18	84	74	?	0	1661	29	66	95	79	46	86	64	38	88,9
D-6/9/90	5	36909	1	7,6	172	394	226	51,3	6	1324	7,6	197	302	47	4	1306	7,7	119	257	92	65,2	0,2	1368	7,8	14	74	13	70,8	0	1418	40	70	96,3	88	71	92	81	94	100
D-7/9/90	5	37002	2	7,6	268	324	226	53,1	4	1390	7,6	265	236	53	4,5	1389	7,6	110	179	98	69,4	0,2	1352	7,7	13	97	15	69,3	0	1358	59	59	95,6	88	46	95	70	93	99,5
D-9/9/90	5	43377	7	7,6	176	200	176	50	3	859	7,6	149	172	51	2	860	7,6	90	178	76	65,8	0,2	926	7,7	13	45	18	68,9	0	1020	40	56	90	86	75	93	78	90	99,3
D-11/9/90	5	37862	5	7,6	146	243	164	57,3	3	1095	7,6	193	208	56	3	1089	7,6	68	165	86	76,7	0,3	1095	7,7	6	59	14	82,9	0	1095	65	59	91,7	91	64	96	76	92	100
D-12/9/90	5	35809	5	7,8	139	380	256	53,1	6	2040	7,8	201	340	48	8,5	2000	7,9	131	278	104	73,1	0,2	1950	7,9	11	51	8	57,5	0	1690	35	69	97,6	92	82	92	87	97	99,6
D-13/9/90	5	35729	3	7,9	205	529	264	61,4	7	2750	7,9	220	324	61	6	2850	7,8	111	325	90	73,3	0,3	2550	7,8	11	?	9	62,2	0	2500	50	72	95	90	?	95	?	97	100
D-14/9/90	8	41206	3	7,8	117	366	500	27,2	4	3230	7,8	135	620	32	7	3170	7,7	81	181	106	49,1	0,2	3690	7,8	12	67	12	75	0	3950	40	83	97,1	85	63	90	82	98	100
D-16/9/90	5	15519	4	7,6	148	400	564	31,6	7	1554	7,6	235	798	29	11	1515	7,6	49	151	120	48,3	0,4	1259	7,7	11	54	9	80	0	1267	79	85	96,8	78	64	93	87	98	100
D-17/9/90	5	49986	3	7,8	158	256	194	47,4	3	1831	7,8	218	240	47	4	1860	7,8	94	198	98	59,2	0,3	1862	7,7	10	66	9	75,6	0	1813	57	59	92,5	89	67	94	74	95	100
D-18/9/90	5	51575	2	7,7	123	246	186	39,8	3	1288	7,7	241	300	25	4,5	1328	7,7	101	202	86	37,2	0,2	1287	7,7	12	70	15	56	0	1317	58	71	95,6	88	65	90	72	92	99,2
D-19/9/90	5	44869	1	7,7	133	410	204	62,7	5	1490	7,7	161	256	58	4,5	1421	7,7	69	251	88	68,2	0,3	1386	7,7	8	144	11	80	0	1361	57	66	94,4	88	43	94	65	95	99,6
D-20/9/90	5	43491	1	7,5	237	388	178	57,3	4	1620	7,6	300	240	53	4,5	1571	7,7	113	243	84	69	0,2	1631	7,8	12	76	12	86,7	0	1590	62	65	95,6	89	69	95	80	93	99,5

D-21/9/90	5	45453	2	7,7	203	357	222	58,6	3	1828	7,6	215	208	73	5	1817	7,6	98	169	86	65,1	0,2	1890	7,6	9	73	13	?	0	1868	54	59	96	91	57	96	80	94	100
D-23/9/90	1	37190	1	7,8	199	380	244	55,7	5	1453	7,8	110	196	60	3,5	1430	7,8	104	204	116	72,4	1,5	1436	7,9	13	43	15	74,7	0	1458	5,5	41	57,1	88	79	94	89	94	100
D-24/9/90	5	40067	3	7,8	214	941	304	53,3	7	1454	7,8	396	320	58	7	1528	7,8	107	243	106	67,9	0,2	1456	7,9	11	55	14	74,3	0	1324	73	67	97,9	90	77	95	94	95	99,7
D-25/9/90	5	57606	5	7,7	208	298	260	37,7	4	1236	7,8	245	284	47	5	1285	7,8	90	220	124	48,4	0,3	1416	7,9	19	?	14	82,9	0	1611	63	56	94	79	?	91	?	95	100
D-26/9/90	5	46791	2	7,9	206	305	188	56,4	4	1200	7,9	?	272	50	6	1228	7,9	113	210	88	65,9	0,2	1237	7,9	14	55	10	92	0	1084	?	68	97,5	88	74	93	82	95	100
D-27/9/90	5	46852	?	7,7	247	361	286	51	5	1180	7,7	146	212	56	2,5	1251	7,7	135	248	134	52,2	0,6	1144	7,9	11	56	10	78	0	1222	7,5	37	76	92	77	96	85	97	100
D-28/9/90	1	38761	4	7,5	438	681	370	56,8	6	1396	7,6	212	348	64	6	1446	7,6	148	350	88	77,3	0,2	1356	7,6	15	120	11	70,9	0	1311	30	75	96,7	90	66	97	82	97	100
D-30/9/90	1	42046	2	7,8	255	282	166	67,5	2	950	7,8	284	172	65	2	965	7,8	164	259	112	76,8	0,5	971	7,9	13	56	20	80	0	1093	42	35	75	92	78	95	80	88	99
D-1/8/90	5	33322	0	7,6	217	315	400	59	4	2080	7,5	225	376	65	4	2090	7,4	131	215	67	77,6	0,1	2190	7,5	22	81	28	71,4	0	2170	42	82	97,5	83	62	90	74	93	98,6
D-2/8/90	5	10050	0	7,6	208	556	210	52,4	4	2340	7,5	244	148	66	2,5	2080	7,4	95	205	73	75,3	0,1	2070	7,6	18	75	34	71,8	0	2080	61	51	96	81	63	91	87	84	100
D-3/8/90	5	55930	1	7,8	223	459	364	45,6	6	2220	8	220	346	41	4,5	2300	7,9	85	199	63	74,6	0,1	2240	8	19	56	23	78,3	0	2350	61	82	97,8	78	72	92	88	94	99,1
D-5/8/90	5	52851	0	8,1	64	161	172	40,7	2	1350	8	59	146	45	1,1	1315	7,9	44	114	63	63,5	0,1	292	8,1	8	31	14	80	0	1400	25	57	90,9	82	73	88	81	92	100
D-6/8/90	5	40585	0	8	66	152	364	20,3	2	1403	8,1	86	412	20	2,5	1383	8	49	114	80	46,3	0,2	1407	8	11	24	12	76,7	0	1433	43	81	92	78	79	83	84	97	100
D-7/8/90	5	45027	3	7,7	48	156	242	25,6	1	1400	7,9	63	266	25	1,9	1403	7,8	37	112	84	47,6	0,2	1363	8	5	60	12	83,3	0	1407	41	68	89,5	87	46	90	62	95	100
D-8/8/90	9	47338	2	8,1	69	126	138	39,1	1	882	8,1	150	180	39	1,9	902	8,2	53	100	62	59,7	0,1	920	8	8	52	9	88,9	0	902	65	66	94,7	85	48	88	59	94	100
D-9/8/90	9	44207	1	7,8	70	188	112	48,2	1	1031	7,9	125	194	41	2,8	1074	7,9	44	101	54	61,1	0,2	1064	8	12	53	16	62,5	0	1056	65	72	94,5	73	48	83	72	86	100
D-10/8/90	9	43563	1	7,8	95	206	132	43,9	2	828	7,8	74	112	57	1,2	856	7,9	47	158	62	64,5	0,1	85	7,9	21	99	39	66,7	0	891	37	45	91,7	55	37	78	52	71	96,7
D-12/8/90	10	47718	1	7,8	31	81	208	20,2	1	715	7,8	32	246	25	1,5	714	7,8	?	80	233	20,2	0,7	712	7,9	3	25	12	73,3	0	831	?	5,3	53,3	?	69	90	69	94	100
D-13/8/90	9	42587	2	7,8	77	256	248	30,6	3	910	7,9	71	270	29	3	931	7,9	26	120	71	45,1	0,3	917	8	7	62	9	93,3	0	919	63	74	90	73	48	91	76	96	100
D-15/8/90	9	35098	1	7,8	100	256	234	37,6	3	993	7,8	97	168	50	1,3	953	7,8	?	140	95	52,6	0,4	1034	8	11	58	10	76	0	985	?	44	68	?	59	89	77	96	100
D-16/8/90	5	38052	1	7,6	94	409	194	57,7	3	997	7,6	?	192	54	2,5	996	7,7	?	194	103	57,3	0,7	988	7,9	14	65	11	69,1	0	990	?	46	72	?	67	85	84	94	99,2
D-17/8/90	1	31404	1	8	?	321	160	67,5	3	1096	7,9	?	164	61	2,5	1136	7,9	?	179	85	65,9	0,3	1082	8,1	11	98	15	66,7	0	1061	?	48	88	?	45	?	70	91	100
D-19/8/90	9	38905	0	7,7	58	197	130	64,6	2	1135	7,7	85	146	62	2,5	1169	7,8	44	123	54	79,6	0,2	1141	7,9	20	42	16	67,5	0	1143	48	63	94	55	66	66	79	88	99
D-20/8/90	9	38620	1	7,5	95	302	176	59,1	3	1120	7,6	94	152	59	2,5	1145	7,6	48	316	107	64,5	1,2	1155	7,7	19	59	15	77,3	0	1040	49	30	52	60	81	80	81	92	98,3
D-21/8/90	1	34352	0	7,4	112	470	172	65,1	5	1207	7,4	100	192	65	4	1208	7,4	74	213	69	72,5	0,2	1175	7,6	14	97	15	72	0	1162	26	64	95	81	55	88	79	91	99,8
D-22/8/90	1	34785	1	7,5	126	397	188	67	5	1950	7,5	121	190	63	3,5	1760	7,6	75	190	68	72,1	0,2	1720	7,7	16	101	15	61,3	0	1570	38	64	95,7	79	47	87	75	92	100
D-23/8/90	1	27109	0	7,6	158	276	142	64,8	2	1939	7,6	205	278	56	7,5	1878	7,6	102	269	123	65,9	1	1920	7,7	24	77	21	59	0	1959	50	56	86,7	77	71	85	72	85	98,3
D-24/8/90	1	32802	1	7,3	203	405	212	67,9	5	1922	7,3	?	320	61	8,5	1874	7,4	97	225	74	78,4	0,3	1820	7,4	22	114	24	70,8	0	1796	?	77	97,1	77	49	89	72	89	97,8
D-25/8/90	1	35876	1	7,9	81	448	296	?	?	1315	7,7	128	380	?	?	1355	7,8	65	319	70	?	?	1401	7,9	27	123	33	?	?	1525	49	82	?	59	61	67	73	89	?
D-27/8/90	9	41410	1	7,9	85	269	110	?	2	1342	7,8	139	198	?	4	1325	7,8	65	168	65	?	0,2	1362	7,9	15	?	23	?	0	1375	53	67	95	77	?	82	?	79	100
D-28/8/90	5	40933	2	7,8	120	303	290	?	5	1818	7,8	125	250	?	4	1800	7,8	78	192	68	?	0,2	1846	7,9	10	76	10	?	0	1723	38	73	95	87	60	92	75	97	99,6
D-29/8/90	1	34764	1	7,5	127	284	188	?	3	2260	7,6	143	222	?	3,5	2500	7,6	114	192	92	?	0,4	2140	7,7	?	62	14	?	0	2100	20	59	90	?	68	?	78	93	100
D-30/8/90	1	39489	1	7,8	131	320	166	?	3	1680	7,8	135	196	?	2,5	1690	7,8	90	214	88	?	0,2	1551	7,8	15	74	14	?	0	1672	33	55	92	83	65	89	77	92	99,2
D-31/8/90	5	42230	1	8,1	132	288	144	?	1	1581	8,3	143	196	?	3	1705	8,3	80	184	74	?	0,2	1717	8,3	11	64	13	?	0	1720	44	62	93,3	86	65	92	78	91	100
D-2/12/90	11	29388	1	8,2	339	713	356	72,5	10	2170	8	334	584	84	8,5	2110	7,9	223	372	116	84,5	1,3	2140	7,6	17	83	12	71,7	0	2330	33	80	84,7	92	78	95	88	97	99,9
D-3/12/90	1	30935	2	8,1	255	550	214	69,2	6	1919	8,2	227	246	68	8	1917	8,1	161	372	100	78	0,2	1815	7,8	18	87	22	81,8	0	1690	29	59	97,5	89	77	93	84	90	100
D-4/12/90	11	26348	1	8,1	253	473	212	79,3	7	1990	8,1	250	246	75	6	1950	8,1	202	384	112	82,1	0,2	2220	7,7	23	105	22	89,1	0	2130	19	55	96,7	89	73	91	78	90	99,9
D-6/12/90	11	28680	2	8,1	256	539	188	74,5	5	1803	8,1	337	218	75	5,2	1732	8,1	186	365	102	84,3	0,5	1804	7,8	27	116	23	87	0	1932	45	53	90,4	86	68	90	79	88	100
D-7/12/90	5	32799	6	8,4	215	440	190	69,5	?	1380	8,3	228	228	68	?	1408	8,1	113	213	78	76,9	?	1362	7,8	9	60	13	76,9	?	1379	50	66	?	92	72	96	86	93	?

D-9/12/90	1	33545	1	8,2	145	747	310	55,5	6	1059	8,2	181	264	53	4,7	1056	8,1	118	353	110	65,5	1	1082	7,7	15	100	18	77,8	0	1210	35	58	78,7	87	72	90	87	94	99,7
D-10/12/90	11	28791	1	8,7	354	539	232	68,1	6	1620	8,4	?	178	71	2,5	1677	8,4	114	356	130	78,5	1,5	1529	7,9	14	67	17	82,4	0	1359	?	27	40	88	81	96	88	93	99,8
D-11/12/90	11	27219	2	8,3	302	566	212	69,8	6	2270	8,3	319	216	69	6,3	2240	8,1	?	475	144	73,6	1,7	2200	?	?	?	?	?	?	?	33	73	?	?	?	?	?	?	?
D-12/12/90	11	31849	5	8	330	511	184	79,3	4	2110	8	372	212	75	5	2100	8,1	204	396	128	78,1	1	2050	7,7	34	119	33	80,8	0	2270	45	40	80	83	70	90	77	82	99,8
D-13/12/90	11	30352	6	8,2	324	539	196	77,6	5	2090	8,2	282	190	73	4,5	2180	8,1	203	396	110	85,5	1	2130	7,8	21	89	19	89,5	0	2210	28	42	77,8	90	78	94	84	90	99,8
D-14/12/90	11	32009	3	8,1	288	459	216	73,2	?	1755	8	399	258	71	?	1690	7,9	183	364	104	76,9	?	1729	7,6	18	75	18	84,4	?	1750	54	60	?	90	79	94	84	92	?
D-16/12/90	1	34492	0	7,9	253	354	162	76,5	4	1443	8	232	202	71	4	1455	8,2	162	287	96	81,3	0,5	1520	7,9	16	69	12	90	0	1689	30	53	87,5	90	76	94	81	93	99,7
D-17/12/90	1	36452	0	8,2	154	310	128	71,9	3	1520	8,2	164	148	70	3	1350	8,1	126	237	82	80,5	0,2	1403	7,7	15	50	11	90,9	0	1280	23	45	93,3	88	79	90	84	91	100
D-18/12/90	1	34361	1	8,2	172	345	152	73,7	4	1552	8,2	286	156	74	3,5	1500	8,2	140	310	74	83,8	0,2	1736	7,8	16	85	14	94,3	0	1679	51	53	94,3	89	73	91	75	91	100
D-19/12/90	1	36432	18	8,1	168	334	196	65,3	7	2230	8,1	188	188	66	4,5	2110	8,2	133	210	74	78,4	0,2	2190	7,8	20	74	20	85	0	2320	29	61	95,6	85	65	88	78	90	100
D-20/12/90	1	37009	2	8,3	181	348	184	84,8	5	1337	8,3	278	200	78	5,5	1479	8,3	124	264	76	89,5	0,2	1544	7,8	21	48	19	90,5	0	1605	55	62	96,4	83	82	88	86	90	100
D-21/12/90	11	37281	2	8,1	287	484	308	76,6	6	1653	8,1	392	308	75	5,5	1640	8,1	155	332	118	83,1	0,3	1777	7,8	22	80	16	92,5	0	1880	61	62	94,5	86	76	92	84	95	99,1
D-23/12/90	1	28437	1	7,9	176	387	162	75,3	4	1344	7,9	178	156	80	3	1331	7,9	155	312	100	84	0,6	1420	7,7	17	51	14	71,4	0	1468	13	36	80	89	84	90	87	91	100
D-24/12/90	1	29955	1	7,6	203	301	146	68,5	?	1299	7,8	229	176	65	?	1319	7,9	135	242	108	72,2	?	1375	7,6	?	51	32	78,8	?	1430	41	39	?	?	79	?	83	78	?
D-26/12/90	11	35263	0	8	201	434	118	73	5	1727	8,1	300	214	73	4,5	1700	8,1	131	317	114	66,7	0,9	1749	7,7	12	55	18	66,7	0	1750	56	47	80	91	83	94	87	85	99,8
D-27/12/90	1	34319	1	8,1	236	448	178	76,4	5	1325	8	241	180	77	4,5	1259	7,9	150	226	90	77,8	0,5	1344	7,8	16	79	17	85,3	0	1276	38	50	88,9	89	65	93	82	90	99,8
D-28/12/90	1	32730	1	7,8	290	376	146	83,6	?	1441	7,8	222	154	86	?	1460	7,7	150	242	72	83,3	?	1446	7,5	?	89	19	92,6	?	1491	32	53	?	?	63	?	76	87	?
D-30/12/90	1	30164	1	7,9	232	503	194	78,4	6	1200	7,9	407	220	80	5,5	1222	8	149	297	112	80,4	0,4	1167	7,8	?	?	14	94,3	0	1399	63	49	93,6	?	?	?	?	93	99,8
D-1/11/90	9	45006	5	8	?	182	134	61,2	3	1007	8	?	190	51	3	1041	8	?	137	76	84,2	0,2	1106	7,8	?	42	11	76,4	0	1117	?	60	93,3	?	69	?	77	92	99,6
D-2/11/90	5	44158	8	8	124	463	230	47,8	?	1599	7,9	123	230	49	3	1586	7,9	94	251	88	63,6	?	1631	7,6	27	90	20	70	?	1554	24	62	?	71	64	78	81	91	?
D-4/11/90	9	39223	2	8,1	151	294	186	57	4	1006	8	148	154	61	2,8	1000	7,9	94	204	90	71,1	0,2	988	7,8	9	39	11	87,3	0	1038	37	42	92,7	90	81	94	87	94	99,5
D-5/11/90	5	42394	2	8,2	241	688	270	53,3	5	1566	8,2	331	244	56	4,2	1571	8,2	125	294	108	61,1	0,2	1550	7,8	26	?	21	64,8	0	1409	62	56	95,2	79	?	89	?	92	99,8
D-6/11/90	1	44364	3	8	182	364	154	68,8	3	1672	8,1	156	224	49	3,5	1750	8	136	261	86	65,1	0,2	1694	7,8	20	83	17	77,6	0	1683	13	62	94,3	85	68	89	77	89	99,7
D-7/11/90	1	44235	2	7,9	195	428	210	69,5	7	1835	8,2	194	250	57	3,5	1873	8,2	121	289	104	67,3	0,2	1855	8	15	75	22	72,7	0	1820	38	58	94,3	88	74	92	83	90	99,8
D-8/11/90	1	45151	2	8,3	185	457	184	69,6	4	1944	8,3	161	228	61	5,5	2050	8,1	109	325	98	75,5	0,4	2090	7,8	18	98	17	75,3	0	1824	32	57	92,7	84	70	90	79	91	98,8
D-9/11/90	5	47032	2	8,2	139	294	256	40,6	3	1456	8,1	140	260	39	2,5	1361	8	81	172	90	55,6	0,2	1504	7,7	11	55	14	71,4	0	1751	42	65	92	86	68	92	81	95	100
D-11/11/90	9	41372	2	7,8	119	220	128	62,5	2	1444	7,9	117	138	55	1,2	1493	7,9	91	161	76	68,4	0,3	1391	7,9	7	45	9	84,4	0	1431	22	45	75	92	72	94	80	93	99,3
D-12/11/90	5	45729	5	8,2	139	263	144	61,1	2	1665	8,3	159	204	51	2,5	1717	8	85	208	80	82,5	0,2	1807	7,8	9	51	10	90	0	1698	47	61	92	89	76	94	81	93	99,3
D-13/11/90	5	49314	2	8,1	166	318	118	55,9	3	1820	8	198	134	63	2	1779	8,1	95	213	60	70	0,2	1768	7,9	15	74	12	76,7	0	1810	52	55	90	84	65	91	77	90	99,6
D-14/11/90	1	44038	0	8	138	304	136	66,2	3	2050	8,1	144	168	61	3	2000	8,2	107	243	68	88,2	0,2	1852	7,8	17	106	20	85	0	1854	26	60	93,3	84	56	88	65	85	99,6
D-15/11/90	11	29816	0	8,5	251	447	152	65,8	3	1770	8,4	312	204	63	3,8	2880	8,2	192	439	108	72,2	0,9	2490	7,9	26	158	30	82,7	0	2240	39	47	76	87	64	90	65	80	99,7
D-16/11/90	1	29448	0	8,2	192	357	286	79	?	2950	7,9	127	230	70	?	2980	7,7	158	304	92	89,1	?	2780	7,6	27	77	31	87,7	?	2790	?	60	?	83	75	86	78	89	?
D-18/11/90	1	35825	1	8	111	371	142	73,2	5	1440	8	157	154	71	4	1437	7,9	109	197	80	90	0,2	1560	7,7	14	131	24	83,3	0	1757	31	48	96,3	87	34	87	65	83	99,8
D-19/11/90	9	47384	1	8,2	147	224	146	65,8	4	1758	8,2	118	138	67	1,4	1740	8	85	106	74	70,3	0,2	1712	7,7	15	23	18	82,2	0	1707	28	46	85,7	82	78	90	90	88	100
D-20/11/90	1	47306	0	8,2	206	324	166	63,9	4	1782	8	261	146	69	3	1830	8	105	220	84	71,4	0,2	1879	7,8	12	66	23	66,1	0	1833	60	43	93,3	89	70	94	80	86	98,6
D-21/11/90	1	40127	8	8,1	233	456	214	67,3	6	1586	8,1	268	238	70	4,5	1672	8	114	260	74	81,1	0,2	1784	7,9	33	140	32	78,1	0	1839	58	69	95,6	71	46	86	69	85	99,8
D-22/11/90	11	28005	3	8,2	226	419	178	70,8	5	2210	8,3	197	218	71	4	2150	8,2	141	318	100	80	0,4	2170	7,8	19	100	28	75,7	0	1914	28	54	91,3	87	69	92	76	84	99,4
D-23/11/90	11	28819	2	8,4	195	392	188	70,2	4	2790	8,2	218	210	67	4	2680	8	130	267	82	78	0,3	2550	7,9	18	86	19	78,9	0	2520	40	61	93,8	86	68	91	78	90	100
D-25/11/90	11	27098	2	8,2	197	497	254	73,2	7	1685	8,2	?	274	66	7	1681	8,2	130	307	132	72,7	1,3	1697	7,7	10	70	19	73,7	0	1894	?	52	82,1	92	77	95	86	93	100

D-26/11/90	11	42667	3	8,3	173	427	208	71,2	6	1979	8,4	221	204	71	5	1955	8,3	113	291	82	82,9	0,2	1862	7,7	16	105	20	86	0	1789	49	60	97	86	64	91	75	90	99,6
D-27/11/90	1	47222	2	8,1	148	321	142	73,2	3	1681	8,1	194	242	67	7	1704	8	130	274	104	75	0,8	1653	7,8	12	78	14	82,9	0	1705	33	57	88,6	91	72	92	76	90	99,7
D-28/11/90	11	32157	1	8,1	243	572	200	78	5	2280	8,2	289	240	74	6,5	2340	8	166	372	98	81,6	0,2	2320	7,8	13	86	13	89,2	0	2230	43	59	97,7	92	77	95	85	94	100
D-29/11/90	11	25687	1	8,2	316	743	280	72,1	7	2390	7,8	363	260	71	7	2460	8,1	169	408	112	76,8	0,3	2380	7,7	16	98	16	77,5	0	2210	53	57	96,4	91	76	95	87	94	99,8
D-30/11/90	11	26040	2	8,1	302	702	244	75,4	9	2480	8	357	304	71	12	2250	8	194	412	114	82,5	0,2	2640	7,8	19	118	18	83,3	0	2590	46	63	98,3	90	71	94	83	93	100
D-1/10/90	5	47623	3	7,7	283	310	170	61,2	3	1065	7,8	235	270	51	5,5	1100	7,8	110	227	108	66,7	0,5	1090	7,9	16	85	20	80	0	993	53	60	91,8	86	63	94	73	88	99,2
D-2/10/90	5	54578	4	7,9	313	341	512	33,6	6	915	7,9	205	520	34	7,5	976	7,9	107	200	106	64,2	0,2	1002	7,9	13	74	16	80	0	1021	48	80	97,3	88	63	96	78	97	100
D-3/10/90	5	36911	6	7,7	300	610	452	45,1	8	1313	7,7	375	556	44	10	1312	7,7	150	323	212	49,1	2,5	1238	7,7	21	116	14	85,7	0	1133	60	62	75	86	64	93	81	97	99,8
D-4/10/90	5	35244	6	7,8	177	412	196	69,4	5	2190	7,8	330	476	52	7,5	2330	7,8	151	274	124	61,3	0,3	2350	7,7	8	90	17	76,5	0	2220	54	74	96,7	95	67	96	78	91	99,6
D-5/10/90	5	39566	6	7,7	192	416	236	57,6	5	1447	7,6	296	384	54	7	1445	7,7	148	270	108	66,7	0,4	1380	7,8	13	78	14	71,4	0	1408	50	72	94,3	91	71	93	81	94	99,6
D-7/10/90	9	45469	2	7,3	129	237	234	38,5	2	1190	7,4	123	228	42	2	1202	7,4	73	175	110	34,5	0,2	1309	7,5	7	66	19	63,2	0	1631	41	52	90	90	62	95	72	92	98,7
D-8/10/90	9	46240	3	7,9	122	287	168	50	2	1906	7,8	157	188	53	2	2130	7,8	99	198	92	58,7	0,2	810	7,8	12	43	16	77,5	0	1425	37	51	92,5	88	78	90	85	91	97,5
D-9/10/90	9	45903	1	8	90	271	144	66,7	5	1221	8	110	164	71	3	1209	7,8	78	179	74	73	0,2	1266	7,7	10	41	14	74,3	0	1283	29	55	95	87	77	89	85	90	98,9
D-10/10/90	1	44343	1	8	169	327	126	68,3	3	1940	8,1	172	180	78	2,5	1950	7,8	106	272	78	79,5	0,2	1886	7,9	15	93	17	72,9	0	1891	38	57	92	86	66	91	72	87	99,2
D-12/10/90	9	39343	5	8	140	555	282	45,4	7	850	8	134	208	48	3,5	890	7,9	44	160	76	60,5	0,2	906	7,8	7	75	10	72	0	882	67	64	94,3	84	53	95	87	97	99,7
D-14/10/90	9	34347	1	7,9	155	243	210	47,6	3	848	7,9	170	138	52	1,5	858	8	89	133	74	75,7	0,3	902	8	9	35	12	58,3	0	898	48	46	83,3	90	74	94	86	94	99,2
D-15/10/90	9	53012	4	8,2	157	361	208	51	5	1015	8,2	197	188	53	4	931	8,1	93	204	86	60,5	0,3	1019	7,9	12	51	17	58,8	0	967	53	54	93,8	87	75	92	86	92	99,6
D-16/10/90	9	52258	2	8,4	195	246	172	60,5	4	1631	8,3	184	156	69	3,8	1564	8,2	92	165	86	72,1	0,4	1626	8	11	42	18	77,8	0	1635	50	45	89,3	88	75	94	83	90	99,7
D-17/10/90	9	49493	4	8,1	102	269	156	52,6	3	1082	7,9	177	152	53	2,5	1180	8	68	165	76	71,1	0,2	1041	7,8	10	54	13	83,1	0	1079	62	50	92	85	67	90	80	92	99,2
D-18/10/90	1	46200	3	8,3	192	294	172	55,8	4	1983	8,3	157	150	61	2	1934	8,1	107	207	104	61,5	0,4	1886	7,9	15	69	20	84	0	1880	32	31	82,5	86	67	92	77	88	99,4
D-19/10/90	11	46069	6	8,2	185	334	156	60,3	4	1987	8,3	217	162	64	4	2100	8,2	121	299	114	64,9	0,5	2050	7,9	16	65	11	80	0	2040	44	30	87,5	87	78	91	81	93	99,3
D-21/10/90	9	44324	2	7,8	174	173	134	68,7	3	967	7,8	165	114	68	2	980	7,8	104	202	100	70	0,3	1013	7,8	21	81	28	75,7	0	1105	37	12	87,5	80	60	88	53	79	96
D-22/10/90	12	48950	3	8,1	109	211	880	13,2	6	1745	7,9	154	1108	14	7	1534	8	46	111	118	44,1	0,4	1556	7,9	7	35	13	76,9	0	1495	70	89	95	85	69	94	83	99	99,8
D-23/10/90	9	60017	4	7,9	120	284	518	17,8	4	1048	7,9	115	460	20	4	1046	8	92	215	134	43,3	0,5	1135	8	11	88	20	54	0	1171	20	71	88,8	88	59	91	69	96	99,8
D-24/10/90	5	41569	3	7,9	115	357	334	33,5	4	1760	8	186	464	38	6	1858	8	92	230	110	54,5	0,5	1785	7,9	8	61	18	57,8	0	1595	51	76	92,5	91	74	93	83	95	99,4
D-25/10/90	5	40915	2	8	244	?	194	50,5	3	1885	8	?	284	42	2,8	2080	7,9	141	251	140	52,9	0,6	2020	8	13	63	16	62,5	0	2030	?	51	78,6	91	75	95	?	92	99,4
D-26/10/90	9	44858	1	8,1	380	318	194	55,7	3	1970	8,1	137	188	55	1,8	2080	8	99	239	104	63,5	0,4	2130	7,9	16	71	22	59,1	0	2190	28	45	77,8	84	70	96	78	89	99,3
D-28/10/90	9	47576	6	8,1	?	188	128	67,2	2	1465	8,1	?	158	56	2	1489	7,9	?	176	80	80	0,3	1435	7,8	?	59	24	73,3	0	1566	?	49	85	?	67	?	69	81	99
D-29/10/90	1	47501	1	8,2	?	384	180	64,4	4	1567	8,2	?	224	55	2,5	1512	8,1	?	270	110	63,6	0,3	1570	7,8	?	122	22	68,2	0	1463	?	51	88	?	55	?	68	88	99,7
D-30/10/90	1	47506	1	8	?	307	196	60,2	4	1557	8	?	228	49	5	1575	8	?	233	96	62,5	0,3	1620	7,9	?	74	26	60	0	1639	?	58	94	?	68	?	76	87	99,8
D-1/3/91	5	26343	2	7,7	275	553	528	43,9	7	1105	7,8	166	516	45	8,5	1174	7,9	84	265	158	59,5	1,4	1422	7,7	24	87	29	82,8	0	1782	49	69	83,5	71	67	91	84	95	98,6
D-3/3/91	1	32884	1	7,8	169	337	132	75,8	3	1568	7,9	192	204	69	4,5	1526	7,9	137	332	126	77,8	1,8	1516	7,7	14	71	14	94,3	0	1450	29	38	60	90	79	92	79	89	99,2
D-4/3/91	1	40745	2	7,7	156	547	166	66,3	6	1667	7,9	135	174	68	4	1730	7,9	118	333	100	74	1	1619	7,7	15	120	17	82,4	0	1576	13	43	75	87	64	90	78	90	99,7
D-5/3/91	1	39804	5	7,9	209	416	196	68,4	5	1711	7,9	277	250	70	7	1774	7,9	138	348	110	78,2	0,6	1845	7,7	16	107	19	77,8	0	1813	50	56	91,4	88	69	92	74	90	99,6
D-6/3/91	1	45804	2	7,9	170	380	146	79,5	5	1949	7,9	236	160	76	4,5	1957	7,9	161	328	82	90,2	0,6	2110	7,8	23	127	21	93,3	0	2130	32	49	86,7	86	61	87	67	86	99,6
D-7/3/91	9	42289	3	7,7	150	289	182	73,6	3	1698	8	130	134	69	2	1718	8	76	202	68	73,5	0,5	1604	7,7	25	87	21	83,8	0	1694	42	49	75	67	57	83	70	89	100
D-8/3/91	5	44548	1	7,9	218	272	216	40,7	?	1360	7,9	261	236	44	?	1328	7,8	154	213	100	64	?	1427	7,7	16	101	18	84,4	?	1514	41	58	?	90	53	93	63	92	?
D-10/3/91	1	36792	1	7,9	168	303	148	66,2	3	1069	8	158	158	66	3	1070	7,9	92	248	74	86,5	0,4	1150	7,7	16	78	12	83,3	0	1244	42	53	88,3	83	69	91	74	92	100
D-11/3/91	1	36410	2	8	173	396	242	57	7	1879	8,1	253	210	64	6,3	1916	7,9	85	341	108	66,7	0,7	1761	7,7	21	70	18	88,9	0	1605	66	49	88,8	75	80	88	82	93	99,6



D-1/1/91	1	32441	1	8,1	198	351	134	76,1	3	1341	8,1	264	142	73	2,5	1300	8,1	138	234	98	83,7	0,3	1355	7,9	15	77	17	85,3	0	1394	48	31	88	89	67	92	78	87	99,6
D-2/1/91	1	40740	1	8,2	127	444	172	73,3	3	1658	8,2	117	184	72	4	1629	8,1	66	315	94	83	0,5	1644	7,8	15	85	15	90	0	1491	44	49	87,5	77	73	88	81	91	99,7
D-3/1/91	11	34637	4	8,1	231	368	162	76,5	4	1854	8,1	273	158	75	4,5	1846	8,1	158	308	76	86,8	0,4	1822	7,8	18	92	15	83,3	0	1734	42	52	92,2	89	70	92	75	91	100
D-4/1/91	11	34322	3	8,4	249	600	216	77,8	5	1566	8,3	220	204	75	5,3	1583	8,2	161	328	86	76,7	0,4	1643	7,7	18	88	12	83,3	0	1655	27	58	92,4	89	73	93	85	94	99
D-6/1/91	1	35111	1	7,9	228	461	126	74,6	3	1113	8,1	243	142	76	2,5	1104	8	122	279	92	78,3	0,5	1061	7,8	14	89	13	65,4	0	1142	50	35	80	89	68	94	81	90	99,2
D-7/1/91	11	40585	1	8,3	230	524	158	70,9	5	1178	8,2	285	186	67	5,5	1217	8,1	117	304	82	70,7	0,3	1178	7,8	13	92	13	73,1	0	1114	59	56	94,5	89	70	94	82	92	100
D-8/1/91	1	37735	2	7,9	203	487	168	77,4	4	1353	8,1	231	196	70	5,5	1338	8,1	107	341	60	86,7	0,2	1250	7,8	17	166	15	90	0	1268	54	69	96,4	84	51	92	66	91	99,7
D-9/1/91	5	34277	2	8,2	133	531	220	73,6	7	1514	8,2	207	288	65	11	1535	8	92	257	72	72,2	0,4	1476	7,7	11	83	17	73,5	0	1429	56	75	96,8	88	68	92	84	92	99,9
D-10/1/91	1	41451	1	8	131	384	154	74	5	1260	8,1	189	298	75	6,5	1300	8	114	273	80	80	0,3	1367	7,8	18	95	19	84,2	0	1443	40	73	96,2	84	65	86	75	88	100
D-11/1/91	1	45183	0	7,8	205	347	142	67,6	?	1373	7,7	339	148	69	?	1312	7,8	101	219	72	81,9	?	1409	7,7	19	100	19	85,1	?	1473	70	51	?	81	54	91	71	87	?
D-13/1/91	1	27415	1	7,7	241	332	158	65,8	4	1133	7,8	182	194	67	3,3	1148	7,9	118	256	90	80	0,3	1190	7,7	12	156	11	70,9	0	1236	35	54	90,8	90	39	95	53	93	99
D-14/1/91	1	42614	0	8,3	113	347	120	71,7	3	1385	8,2	106	134	75	2,5	1377	8,1	98	279	68	88,2	0,4	1380	7,8	7	84	11	90,9	0	1355	7,5	49	84	93	70	94	76	91	100
D-15/1/91	1	48914	0	8,1	203	434	128	70,3	4	1496	8,3	222	114	72	2,5	1533	8,2	134	271	84	71,4	1	1489	7,7	13	60	11	76,4	0	1520	40	26	60	90	78	94	86	91	100
D-16/1/91	1	49174	1	7,9	188	434	126	66,7	3	2450	8,1	159	156	68	3	2680	8,2	139	422	90	71,1	1	2950	7,8	22	155	28	78,6	0	2740	13	42	66,7	84	63	88	64	78	98
D-17/1/91	1	45151	1	8,2	166	307	118	79,7	4	1697	8,2	214	130	80	3,5	1661	8,2	148	295	96	77,1	1,2	1624	7,7	19	116	27	88,3	0	1821	31	26	65,7	87	61	89	62	77	100
D-18/1/91	1	37143	1	8,2	222	493	162	75,3	5	1620	8,3	211	162	73	4	1746	8,2	140	330	86	83,7	0,6	1834	7,7	16	105	11	81,8	0	1734	34	47	85	89	68	93	79	93	100
D-20/1/91	1	30244	1	7,6	224	337	146	69,9	4	1146	7,8	240	168	71	4	1144	7,9	134	302	92	78,3	0,4	1205	7,7	17	78	8	80	0	1283	44	45	90	87	74	92	77	95	99,7
D-21/1/91	11	34032	1	8,2	223	470	166	72,3	6	1343	8,3	273	196	76	5	1362	8,2	161	337	92	73,9	0,5	1419	7,8	16	86	13	39,2	0	1311	41	53	90	90	75	93	82	92	100
D-22/1/91	11	34904	1	8	272	665	188	73,4	6	2200	8,1	293	192	74	5	2200	8	164	304	96	87,5	0,6	2130	7,7	20	76	15	80	0	2150	44	50	88	88	75	93	89	92	99,6
D-23/1/91	11	36063	1	8,2	346	350	144	72,2	5	1233	8,3	257	152	75	4	1230	8,1	174	300	86	97,7	0,6	1266	7,8	20	61	10	70	0	1297	32	43	85	89	80	94	83	93	99,8
D-24/1/91	11	35500	3	8,2	148	545	188	76,6	5	1329	8,2	221	230	74	5	1354	8,2	152	337	94	80,9	0,4	1407	7,7	14	71	11	86,4	0	1387	31	59	92	91	79	91	87	94	100
D-25/1/91	1	37730	1	8	427	815	204	70,6	?	1455	7,9	517	186	73	?	1558	7,9	?	423	118	78	?	1602	7,4	23	101	20	88	?	1590	?	37	?	?	76	95	88	90	?
D-27/1/91	11	28209	1	7,9	319	532	250	71,2	7	1379	8	331	254	69	6	1453	8	150	299	92	73,9	0,4	1431	7,7	15	60	14	85,7	0	1508	55	64	93,3	90	80	95	89	94	100
D-28/1/91	11	32680	3	8,2	334	594	256	67,2	7	1380	8,3	268	238	67	5,5	1400	8,2	180	372	118	66,1	0,9	1352	7,9	20	62	11	80	0	1167	33	50	83,6	89	83	94	90	96	100
D-29/1/91	11	32974	3	8,1	311	420	208	69,2	7	1474	8,2	258	198	73	3,3	1559	8,1	189	309	152	71,1	3	1402	7,8	18	41	12	83,3	0	1466	27	23	7,7	91	87	94	90	94	99,7
D-30/1/91	11	33189	1	8,1	238	591	202	84,2	6	1380	8	282	210	80	5,5	1372	8,2	153	290	106	90,6	0,5	1413	7,9	16	63	17	94,1	0	1417	46	50	90,9	90	78	93	89	92	99,8
D-31/1/91	11	34579	3	8,3	261	592	216	71,3	8	1663	8,4	244	256	73	8	1685	8,2	163	400	170	77,6	3,5	1680	7,8	24	47	13	92,9	0	1848	33	34	56,3	85	88	91	92	94	99,7
D-1/5/91	9	46126	1	7,5	122	289	114	73,7	3	1103	7,6	122	146	64	2	1060	7,6	97	242	70	77,1	0,3	1094	7,6	12	99	10	96	0	1131	21	52	87,5	88	59	90	66	91	100
D-2/5/91	1	43445	4	7,8	133	295	158	55,7	3	1436	7,9	140	158	54	2,5	1448	7,9	92	206	74	73	0,3	1370	7,7	14	66	12	75	0	1203	34	53	88	85	68	90	78	92	100
D-3/5/91	1	35990	2	7,9	142	272	160	56,3	2	1543	7,9	154	174	58	3	1485	7,8	114	295	86	74,4	0,3	1560	7,6	18	74	14	85,7	0	1565	26	51	90	84	75	87	73	91	100
D-5/5/91	9	36976	1	7,9	152	510	136	67,6	3	1235	7,7	145	148	66	2,5	1266	7,7	75	204	72	69,4	0,3	1247	7,6	16	65	11	90,9	0	1279	48	51	88	79	68	90	87	92	99,3
D-6/5/91	11	33085	1	7,7	185	518	202	66,3	3	2350	7,8	345	210	68	3,5	2120	7,7	156	355	98	83,7	0,5	2080	7,7	14	65	13	92,3	0	1568	55	53	87,1	91	82	92	88	94	99,3
D-7/5/91	1	34150	3	7,9	228	486	184	69,6	5	1912	8	209	214	69	4	1867	8	145	297	100	78	0,5	1889	7,8	24	86	16	81,3	0	1888	31	53	88,8	83	71	90	82	91	99,6
D-8/5/91	9	60081	4	7,6	100	212	280	34,3	4	651	7,6	121	288	36	3	646	7,5	73	149	98	44,9	0,5	697	7,4	15	59	14	85,7	0	937	40	66	83,3	80	60	85	72	95	100
D-9/5/91	9	57629	4	7,3	80	204	180	32,2	2	940	7,4	84	198	34	1,5	912	7,5	45	125	74	45,9	0,3	863	7,4	10	51	10	80	0	683	46	63	80	78	59	88	75	94	100
D-10/5/91	5	48110	1	7,7	179	340	150	53,3	?	1509	7,7	168	198	49	?	1517	7,6	108	163	60	66,7	?	1568	7,2	14	96	10	72	?	1548	36	70	?	87	41	92	72	93	?
D-12/5/91	9	59184	1	7,5	94	189	120	56,7	2	1200	7,5	122	144	51	1,3	1206	7,6	71	203	54	66,7	0,2	1260	7,5	13	33	10	68	0	1353	42	63	84	82	84	86	83	92	100
D-13/5/91	9	47489	0	7,6	135	297	164	57,3	3	1000	7,7	175	196	53	2,5	1040	7,8	99	250	98	59,2	0,5	968	7,7	20	43	18	83,3	0	906	43	50	80	80	83	85	86	89	99,2
D-14/5/91	1	35374	4	7,9	175	566	292	57,5	8	1268	8	196	406	50	9,2	1358	7,9	139	327	110	72,7	0,5	1385	7,8	20	80	16	87,5	0	1234	29	73	95,1	86	76	89	86	95	99,3

D-15/5/91	1	33434	3	7,9	223	538	284	62,7	8	1425	8	218	256	63	6,5	1441	7,9	153	355	112	78,6	0,5	1403	7,9	18	104	19	84,2	0	1391	30	56	92,3	88	71	92	81	93	99,7
D-16/5/91	5	31967	3	7,9	222	516	456	46,5	9	1335	7,9	302	374	53	9	1393	7,8	161	352	110	74,6	0,4	1450	7,7	21	96	19	82,1	0	1493	47	71	95,6	87	73	91	81	96	99,8
D-17/5/91	1	32835	2	7,8	159	516	248	61,3	5	1405	7,7	201	314	55	5	1340	7,8	127	314	104	71,2	0,4	1381	7,7	17	72	15	86,7	0	1390	37	67	92	87	77	89	86	94	99,8
D-19/5/91	1	33000	2	7,7	153	404	238	56,3	5	1049	7,7	138	184	63	2,7	1073	7,7	114	265	116	69	0,5	1061	7,7	33	111	41	80,5	0	1126	17	37	81,5	71	58	78	73	83	99,4
D-20/5/91	5	47243	1	7,7	168	376	272	45,6	5	1052	7,8	136	296	45	5,6	1063	7,7	97	242	80	72,5	0,2	1083	7,7	14	87	15	100	0	1070	29	73	96,4	86	64	92	77	95	99,8
D-21/5/91	1	40295	1	7,7	238	327	194	60,8	6	1725	7,8	210	252	55	6,3	1724	7,8	101	233	82	68,3	0,3	1736	7,7	12	79	14	91,4	0	1673	52	68	95,2	88	66	95	76	93	99,8
D-22/5/91	1	38792	2	7,7	250	431	196	64,3	6	1219	7,9	399	238	62	6	1232	7,9	133	310	86	74,4	0,2	1212	7,7	15	90	17	76,5	0	1197	67	64	96,7	89	71	94	79	91	99,1
D-23/5/91	1	36162	3	7,4	224	421	204	68,6	5	1328	7,7	293	248	65	6,5	1341	7,7	119	282	94	72,3	0,2	1331	7,7	18	98	20	80	0	1265	59	62	96,9	85	65	92	77	90	98
D-24/5/91	13	36495	0	7,7	213	627	2008	17,9	?	1257	7,6	308	1692	18	?	1335	7,5	97	226	66	69,7	?	1255	7,6	16	119	13	76,9	?	1289	69	96	?	84	47	93	81	99	?
D-26/5/91	9	36922	1	7,6	122	338	174	62,1	5	1035	7,7	135	216	57	5,5	1030	7,7	108	244	68	79,4	0,2	1099	7,6	14	44	12	82,3	0	1140	20	69	97,3	87	82	89	87	93	99,6
D-27/5/91	9	43497	2	7,8	134	323	190	61,1	5	2070	7,8	126	206	54	3	2050	7,9	85	229	118	61	0,3	1784	7,7	15	56	13	84,6	0	1680	33	43	90	82	76	89	83	93	99,6
D-28/5/91	6	38809	1	7,6	179	432	1228	22,8	36	1889	7,6	174	1692	21	46	1906	7,7	99	227	90	66,7	0,5	1962	7,6	18	71	17	82,4	0	1932	43	95	98,9	82	69	90	84	99	99,9
D-29/5/91	5	34301	4	7,9	243	459	286	54,5	7	1174	7,9	216	342	46	7,5	1202	7,9	123	253	90	57,8	0,3	1190	7,8	15	103	14	85,7	0	1167	43	74	96	88	59	94	78	95	99,8
D-30/5/91	5	33968	2	7,7	198	546	308	62,3	13	1869	7,8	239	420	53	19	1893	7,9	81	222	76	84,2	0,4	1804	7,7	17	79	27	77,8	0	1792	66	82	97,9	79	64	91	86	91	99,6
D-31/5/91	6	34094	1	7,8	156	483	964	23,7	18	2120	7,8	196	764	30	17	2110	7,8	97	170	92	60,9	0,4	1930	7,6	15	?	20	75	0	1966	51	88	97,6	85	?	90	?	98	99,9
D-1/4/91	1	34573	1	7,7	156	276	146	71,2	3	1265	7,7	166	206	66	4,5	1270	7,7	114	176	124	72,6	0,9	1260	7,7	30	43	44	79,5	1	1270	31	40	80	74	76	81	84	70	84,6
D-2/4/91	1	35395	1	7,8	273	473	210	73,3	5	1232	7,9	213	224	69	6	1257	7,9	170	310	116	79,3	0,1	1214	7,7	22	85	22	78,8	0	1116	20	48	98,3	87	73	92	82	90	100
D-3/4/91	1	34525	1	7,8	312	576	224	67,9	6	1300	7,9	324	268	72	5	1280	7,9	157	306	92	73,9	0,4	1248	7,8	23	74	23	81,2	0	1251	52	66	93	85	76	93	87	90	100
D-4/4/91	11	35861	1	8,1	242	492	176	75	6	1530	8,2	397	238	68	5	1612	8,1	148	312	88	75	0,1	1589	7,9	20	84	19	77,6	0	1566	63	63	98	87	73	92	83	89	100
D-5/4/91	1	43082	1	7,8	173	496	178	66,3	5	1329	7,9	365	212	63	5	1303	7,9	124	304	100	78	0,4	1338	7,7	23	88	23	87	0	1408	66	53	92	82	71	87	82	87	98,9
D-7/4/91	1	27931	2	7,5	296	455	278	78,4	4	1439	7,6	255	182	69	3,9	1436	7,6	131	318	84	83,3	0,3	1421	7,6	15	106	13	96,2	0	1423	49	54	92,3	89	67	95	77	95	100
D-8/4/91	1	32954	1	7,7	269	423	192	67,7	6	1164	7,9	360	266	59	7	1170	7,9	145	314	94	70,2	0,6	1222	7,7	16	110	15	97,8	0	1149	60	65	91,4	89	65	94	74	92	100
D-9/4/91	1	33773	4	7,9	233	506	222	72,1	5	1410	7,9	328	242	69	5,8	1366	7,9	201	388	102	84,3	0,4	1589	7,7	18	90	16	93,8	0	1461	39	58	93,9	91	77	92	82	93	99,6
D-10/4/91	1	33666	3	7,6	237	494	204	71,6	6	1187	7,7	241	224	65	5	1248	7,6	164	341	102	84,3	0,7	1350	7,6	24	71	57	88,2	0	1312	32	55	86	85	79	90	86	72	99,1
D-11/4/91	1	39715	1	7,8	241	539	212	70,8	6	1338	7,9	232	218	67	5,5	1403	7,9	160	353	92	80,4	0,2	1427	7,8	20	81	13	92,3	0	1364	31	58	96,4	88	77	92	85	94	100
D-12/4/91	1	28923	1	7,2	133	467	186	65,6	?	1398	7,4	141	216	65	?	1425	7,5	130	393	76	84,2	?	1586	7,5	20	147	31	83,9	?	1543	7,8	65	?	85	63	85	69	83	?
D-14/4/91	5	32317	1	7,5	166	393	242	55,4	5	958	7,7	206	256	55	5,5	982	7,7	135	260	96	79,2	0,4	1038	7,6	13	27	10	90	0	1082	35	63	93,6	90	90	92	93	96	100
D-15/4/91	1	33090	0	7,9	205	453	198	70,7	5	1479	7,9	199	214	70	5,5	1530	7,9	130	301	92	76,1	0,3	1401	7,8	15	70	22	63,6	0	1233	35	57	94,5	89	77	93	85	89	100
D-16/4/91	1	33371	1	7,8	290	448	218	66,9	6	1842	8	254	200	62	5	1829	7,9	137	312	90	75,5	0,3	1856	7,8	19	92	22	79,5	0	1843	46	55	94	86	71	93	80	90	99,1
D-17/4/91	1	33813	3	7,7	212	468	224	66,1	5	1475	7,8	337	260	62	6	1506	7,9	149	320	114	75,4	0,3	1612	7,8	18	92	14	85,7	0	1654	56	56	95,8	88	71	92	80	94	99,6
D-18/4/91	1	35456	6	8,1	184	412	216	62	5	1800	8,1	194	234	62	5	1770	8	116	276	106	66	0,5	1817	7,7	14	84	12	91,7	0	1760	40	55	90	88	70	92	80	94	99,6
D-19/4/91	1	38045	10	8,1	177	428	220	61,8	5	1372	8	160	244	56	5,3	1335	7,9	138	372	90	73,3	0,4	1340	7,7	20	104	18	88,9	0	1323	14	63	93,3	86	72	89	76	92	99,6
D-21/4/91	1	31191	2	7,9	270	321	168	66,7	4	1026	7,9	226	200	63	3,5	971	7,8	100	226	82	80,5	0,3	1009	7,7	14	51	16	82,5	0	1086	56	59	91,4	86	77	95	84	91	100
D-22/4/91	5	36215	6	7,5	161	392	266	48,1	6	1156	7,8	252	208	47	3,5	1105	7,9	110	238	82	78	0,4	1108	7,7	15	59	13	83,1	0	1035	56	61	88,6	86	75	91	85	95	99,7
D-23/4/91	1	34719	9	7,7	173	388	322	50,3	6	1196	7,7	167	210	62	4,5	1171	7,8	149	319	110	76,4	0,7	1234	7,6	20	108	24	79,2	0	1250	11	48	84,4	87	66	88	72	93	99,6
D-24/4/91	5	35729	3	7,7	334	841	616	59,7	14	1285	7,8	357	572	56	16	1378	7,9	170	?	102	80,4	0,4	1420	7,8	23	100	20	96,7	0	1433	52	82	97,4	87	?	93	88	97	100
D-25/4/91	5	36395	7	7,7	183	449	380	52,6	7	1306	7,8	258	464	51	7,5	1410	7,9	125	292	88	77,3	0,3	1498	7,7	23	54	19	89,5	0	1512	52	81	96	82	82	87	88	95	99,7
D-26/4/91	9	41503	9	7,5	133	346	274	46	?	1186	7,3	125	146	59	?	1203	7,1	113	196	74	73	?	1229	7	17	65	18	83,3	?	1272	9,6	49	?	85	67	87	81	93	?
D-28/4/91	9	27642	2	7,5	69	170	180	40	1	810	7,5	130	310	40	3	827	7,5	83	124	80	65	0,3	866	7,5	13	39	14	92,9	0	949	36	74	90	84	69	81	77	92</	



D-29/4/91	9	35760	2	7,6	115	295	182	51,6	25	1400	7,7	125	166	55	19	1418	7,8	98	225	84	81	1	1396	7,7	19	58	19	84,2	0	1316	22	49	94,7	81	74	84	80	90	99,8
D-1/7/91	1	33416	2	7,4	167	333	242	66,1	5	1960	7,6	211	202	67	4,5	2090	7,7	106	274	80	87,5	0,1	1942	7,7	12	73	14	78,6	0	1788	50	60	97,8	89	73	93	78	94	99,8
D-2/7/91	9	35518	4	7,8	133	105	208	54,8	4	1293	7,8	138	236	53	4,5	1347	7,8	91	125	58	82,8	0,1	1323	7,7	16	20	16	93,7	0	1318	34	75	97,8	82	84	88	81	92	99,7
D-3/7/91	1	35623	4	7,6	151	404	204	67,6	4	1565	7,6	137	232	63	4	1629	7,6	88	277	80	70	0,1	1575	7,4	12	?	13	92,3	0	1467	36	66	97,5	86	?	92	?	94	99,7
D-4/7/91	1	32815	7	7,8	151	485	198	71,7	4	1535	7,7	140	156	62	4	1528	7,7	102	283	78	76,7	0,1	1571	7,6	13	101	14	76,8	0	1605	27	50	97,5	87	64	91	79	93	99,7
D-5/7/91	5	32454	3	7,4	148	545	202	72,3	?	1337	7,4	138	272	63	?	1334	7,4	67	200	76	88,9	?	1283	7,4	11	163	11	90,9	?	1365	51	72	?	84	19	93	70	95	?
D-7/7/91	1	26590	3	7,5	134	351	108	81,5	3	1135	7,5	154	182	65	3	1115	7,5	123	351	124	75,8	0,9	1117	7,4	12	107	15	78,7	0	1220	20	32	70	90	70	91	70	86	99,7
D-8/7/91	5	33636	34	7,5	166	481	368	51,1	6	1355	7,6	155	302	54	5,5	1359	7,9	110	283	96	75	0,3	1283	8	29	113	?	?	?	1240	29	68	94,5	74	60	83	77	?	?
D-9/7/91	5	32334	19	7,6	179	461	298	55,7	5	1340	7,6	225	212	63	5,5	1395	7,5	111	307	84	76,2	0,2	1292	7,4	20	125	24	78,3	0	1300	51	60	96,4	82	59	89	73	92	99,8
D-10/7/91	1	35178	4	7,7	159	396	154	68,8	3	1440	7,8	159	184	67	3,1	1520	7,8	105	295	82	83	0,2	1415	7,7	23	109	30	86,7	0	1479	34	55	93,5	78	63	86	73	81	99,7
D-11/7/91	1	?	6	7,7	146	375	244	57,4	4	1413	7,8	158	280	56	6,5	1486	7,7	116	282	96	81,3	0,7	1449	7,6	23	112	32	82,5	0	1410	27	66	89,2	80	60	84	70	87	99,8
D-12/7/91	1	?	3	7,8	198	604	288	58,3	5	1235	7,8	229	222	60	4,5	1330	7,7	144	391	104	73,1	0,9	1320	7,7	31	159	41	82,9	0	1399	37	53	80	79	59	84	74	86	99,6
D-14/7/91	9	?	1	7,6	177	388	170	69,4	4	1147	7,7	166	198	67	3	1126	7,6	89	208	68	82,4	0,2	1105	7,7	14	74	16	87,5	0	1170	46	66	93,3	84	64	92	81	91	100
D-15/7/91	1	?	6	7,7	197	545	254	59,8	6	1202	7,7	182	248	61	4	1218	7,7	120	325	124	77	0,6	1168	7,6	20	216	18	100	0	1205	34	50	85	83	34	90	60	93	100
D-16/7/91	1	?	1	7,6	149	412	208	57,7	4	1593	7,7	127	194	61	4	1710	7,7	96	298	128	65,6	0,7	1606	7,8	17	110	22	83,6	0	1602	24	34	82,5	82	63	89	73	89	100
D-17/7/91	4	?	1	7,6	149	359	242	61,2	4	1315	7,7	221	280	63	7	1240	7,7	121	294	138	62,3	0,7	1250	7,8	105	290	104	86,5	0	1434	45	51	90	13	1,4	30	19	57	100
D-18/7/91	4	?	1	7,6	186	495	222	65,8	6	1518	7,6	168	222	64	4,5	1496	7,6	110	?	112	69,6	1	1505	7,6	101	292	74	83,8	0	1642	35	50	77,8	8,2	?	46	41	67	95,5
D-19/7/91	4	?	2	6,9	233	472	242	65,3	5	1183	7,3	192	236	59	4,5	1165	7,3	124	357	116	65,5	1,4	1253	7,5	101	236	78	74,4	0	1374	35	51	68,9	19	34	57	50	68	99,6
D-21/7/91	5	?	1	7,3	185	395	216	62	3	1367	7,4	238	232	60	3	1383	7,5	93	263	102	58,8	0,3	1356	7,6	31	117	39	71,8	0	1444	61	56	90	67	56	83	70	82	100
D-22/7/91	1	?	4	7,5	182	605	208	75	5	1672	7,5	155	230	62	5	1734	7,5	129	308	82	75,6	0,1	1693	7,6	26	86	21	70,5	0	1603	17	64	98	80	72	86	86	90	100
D-23/7/91	1	?	2	7,6	198	432	224	64,3	4	2150	7,7	195	208	67	3,5	2100	7,6	106	290	92	73,9	0,2	2140	7,6	19	90	33	82,4	0	2240	46	56	95,7	82	69	90	79	85	100
D-24/7/91	1	?	2	8,1	129	318	140	67,1	3	1319	8	124	136	69	2	1320	7,6	101	277	70	85,7	0,1	1270	7,5	15	86	22	86,4	0	1289	19	49	95	85	69	88	73	84	100
D-25/7/91	1	?	6	7,7	115	408	290	51	4	2150	7,7	139	198	68	2,5	2050	7,6	96	290	98	75,5	0,1	1924	7,5	20	118	46	75,7	0	2060	31	51	96	79	59	83	71	84	100
D-26/7/91	5	?	2	7,6	132	253	200	49	3	2110	7,6	129	256	50	2,5	2060	7,6	106	245	94	83	0,1	1974	7,6	15	90	28	85,7	0	1959	18	63	96	86	63	89	64	86	99,3
D-28/7/91	1	?	1	7,5	188	263	148	67,5	2	1645	7,5	148	134	78	1,7	1668	7,6	98	198	56	89,3	0,1	1671	7,7	14	85	21	85,7	0	1760	34	58	94,1	86	57	93	68	86	100
D-29/7/91	9	?	0	7,8	114	273	138	73,9	4	1870	7,8	128	172	76	3,5	1929	7,8	80	192	68	82,4	0,2	1835	7,5	14	73	14	88,6	0	1809	38	61	95,7	83	62	88	73	90	99,7
D-30/7/91	1	?	1	7,4	159	394	170	69,4	3	1450	7,4	155	196	60	3	1556	7,4	111	?	78	71,8	0,1	1690	7,6	16	110	26	78,5	0	1693	28	60	98,3	86	?	90	72	85	99,7
D-31/7/91	1	?	2	7,5	170	336	168	69	3	1531	7,5	192	200	67	3	1485	7,6	101	265	80	80	0,1	1642	7,7	19	99	34	79,4	0	1648	47	60	98,3	81	63	89	71	80	99,2
D-2/6/91	1	32308	2	7,7	118	295	178	62,9	3	1459	7,7	137	236	53	4	1442	7,7	103	231	104	67,3	0,3	1474	7,6	12	72	11	81,8	0	1607	25	56	92,5	88	69	90	76	94	99,3
D-3/6/91	1	31114	1	7,8	181	462	216	62	6	1315	7,8	197	354	54	8	1377	7,8	124	307	118	64,4	0,3	1270	7,7	22	68	20	75	0	1142	37	67	96,3	82	78	88	85	91	99,1
D-4/6/91	1	31205	1	7,7	214	467	242	61,2	5	1171	7,8	218	318	55	6	1205	7,7	132	300	116	67,2	0,2	1312	7,7	22	86	22	81,8	0	1333	39	64	96,7	83	71	90	82	91	98,9
D-5/6/91	5	35509	1	7,8	181	358	228	64	4	1224	7,9	243	456	50	9,5	1263	7,9	107	272	112	66,7	0,3	1265	7,8	16	105	16	75	0	1268	56	75	96,8	85	61	91	71	93	99,8
D-6/6/91	1	34903	2	7,7	227	416	218	62,4	5	1335	7,7	257	416	50	8	1350	7,7	156	311	134	59,7	0,5	1368	7,7	25	86	16	75	0	1379	39	68	93,8	84	72	89	79	93	99,8
D-7/6/91	1	34294	6	7,6	146	438	174	67,8	?	1102	7,6	182	332	55	?	1093	7,5	123	340	112	64,3	?	1239	7,5	23	78	16	87,5	?	1213	32	66	?	81	77	84	82	91	?
D-9/6/91	9	30614	1	7,7	146	313	168	64,3	4	1019	7,7	173	246	59	5,9	1020	7,7	116	183	124	64,5	0,2	1034	7,6	16	59	15	80	0	1056	33	50	96,6	86	68	89	81	91	100
D-10/6/91	5	33239	3	7,8	217	591	264	66,7	8	1234	7,7	227	500	53	8,5	1219	7,8	135	338	132	66,7	0,3	1294	7,7	17	84	27	77,8	0	1247	41	74	97,1	87	75	92	86	90	99,7
D-12/6/91	5	32100	2	7,5	277	523	324	67,9	7	1817	7,6	315	348	56	9	1816	7,8	154	297	84	66,7	0,2	1829	7,7	21	53	19	77,9	0	1819	51	76	98,3	86	82	92	90	94	100
D-13/6/91	1	32538	1	7,6	219	511	286	58	7	1326	7,8	243	382	57	7	1420	7,8	142	323	106	71,7	0,2	1359	7,7	22	98	21	74,3	0	1361	42	72	97,1	85	70	90	81	93	99,7
D-14/6/91	5	35571	2	7,2	166	549	138	63,8	?	1769	7,4	197	426	50	?	1882	7,5	111	287	74	70,3	?	2100	7,6	15	85	9	88,9	?	2030	44	83	?	87	70	91	85	94	?

D-16/6/91	1	33210	1	7,5	164	353	218	61,5	5	1535	7,6	185	244	58	5	1489	7,7	107	229	80	75	0,2	1573	7,6	15	59	14	71,4	0	1679	42	67	97	86	74	91	83	94	99,6
D-17/6/91	1	34097	1	7,8	192	330	190	57,9	6	1775	7,8	206	218	55	5,5	1782	7,8	117	275	82	73,2	0,2	1716	7,7	10	70	19	67,4	0	1605	43	62	96,4	92	75	95	79	90	99,6
D-18/6/91	1	31224	1	7,8	231	473	222	62,2	5	1309	7,8	279	268	58	6	1368	7,9	118	299	82	78	0,2	1529	7,7	27	136	29	75,9	0	1523	58	69	97,5	77	55	88	71	87	99,6
D-19/6/91	1	35389	0	7,6	157	392	232	53,4	5	1565	7,7	163	274	54	6	1517	7,8	103	250	76	81,6	0,2	1630	7,6	18	65	22	81,8	0	1610	37	72	97,5	83	74	89	83	91	99,5
D-20/6/91	1	36708	4	7,8	196	403	200	66	5	1592	7,8	301	236	70	4,5	1478	7,7	130	288	74	83,8	0,2	1469	7,6	12	54	14	85,7	0	1483	57	69	95,6	91	81	94	87	93	99,8
D-21/6/91	1	33064	1	7,7	266	438	200	62	5	1396	7,9	217	214	63	4,5	1423	7,9	137	269	74	75,7	0,2	1471	7,8	13	104	16	77,5	0	1441	37	65	95,6	91	61	95	76	92	99,6
D-24/6/91	9	31949	3	7,3	133	310	208	56,7	4	1134	7,5	137	168	64	2,5	1133	7,6	104	212	64	81,3	0,2	1143	7,6	6	90	12	83,3	0	1226	24	62	92	94	58	96	71	94	99,7
D-25/6/91	1	35195	3	7,6	134	404	190	57,9	6	1305	7,7	207	212	59	5,5	1341	7,8	109	325	64	81,3	0,2	1286	7,6	17	95	26	73,1	0	1190	47	70	97,3	84	71	87	77	86	99,8
D-26/6/91	1	34886	1	7,6	178	310	198	66,7	6	1560	7,7	156	178	66	3	1549	7,7	100	248	74	89,2	0,1	1590	7,7	13	62	22	81,8	0	1635	36	58	96,7	87	75	93	80	89	99,8
D-27/6/91	1	33708	0	7,8	171	380	164	82,9	5	1565	7,8	216	190	80	4,5	1589	7,8	119	279	52	100	0,1	1571	7,7	12	74	13	83,1	0	1560	45	73	97,8	90	74	93	81	92	99,8
D-28/6/91	1	32253	2	7,7	140	380	178	65,2	5	1668	7,7	147	182	68	3,5	1789	7,8	110	272	66	84,8	0,2	1898	7,8	15	92	22	77,3	0	1883	25	64	95,7	86	66	89	76	88	100
D-30/6/91	1	29793	2	7,6	137	372	170	71,8	4	1704	7,7	143	172	?	3,3	1616	7,7	100	290	76	81,6	0,5	1705	7,8	10	78	10	100	0	1817	30	56	84,6	90	73	93	79	94	99,8
D-1/10/91	9	32208	1	7,6	145	258	194	58,8	3	985	7,6	161	204	56	2,8	991	7,7	94	196	82	70,7	0,2	1050	7,8	19	55	20	88	0	1124	42	60	92,9	80	72	87	79	90	99,6
D-2/10/91	5	33649	1	7,5	147	351	230	47	4	1395	7,7	169	264	48	4,2	1390	7,8	99	253	86	76,7	0,3	1160	7,8	24	89	17	84,7	0	1068	41	67	92,9	76	65	84	?	93	99,7
D-3/10/91	9	34536	0	7,6	133	316	188	61,7	3	1273	7,5	219	218	60	3,5	1322	7,6	69	264	92	71,7	0,2	1373	7,7	20	104	22	76,4	0	1371	69	58	94,3	71	61	85	67	88	99,6
D-4/10/91	1	33178	1	7,6	155	392	182	64,8	5	1198	7,7	?	180	67	4	1264	7,8	34	356	78	79,5	0,4	1245	7,8	12	68	15	72	0	1248	?	57	90	65	81	92	83	92	99,8
D-5/10/91	9	33695	1	7,3	133	520	?	85	3	1258	7,6	155	128	80	3	1251	7,7	87	194	?	?	0,2	1130	7,8	16	44	?	?	0	1165	44	?	93,3	82	77	88	92	?	99,7
D-6/10/91	1	30442	5	7,8	152	318	204	55,9	4	1615	7,9	135	236	57	4,5	1595	7,9	103	198	74	75,7	0,3	1630	7,9	13	62	13	86,2	0	1534	24	69	93,3	87	69	91	81	94	99,7
D-8/10/91	5	29448	3	7,6	115	272	266	38,4	3	1418	7,7	117	290	40	3,5	1385	7,7	75	248	84	69,1	0,2	1446	7,6	18	52	18	68,9	0	1498	36	71	95,7	76	79	84	81	93	99,2
D-9/10/91	5	33623	1	7,8	135	366	240	49,2	5	1344	7,7	149	354	46	7	1274	7,7	112	220	110	60	0,2	1182	7,8	29	84	23	81,7	0	1144	25	69	97,1	74	62	79	77	90	99,6
D-11/10/91	5	30927	0	7,8	184	424	366	51,9	7	1365	7,7	167	304	51	6	1384	7,8	75	212	88	72,7	0,2	1353	7,7	13	64	15	80	0	1374	55	71	96,7	83	70	93	85	96	99,7
D-12/10/91	9	34823	0	7,9	170	332	226	64,6	5	1219	7,9	163	272	59	5,5	1223	7,9	94	192	78	76,9	0,2	1134	7,8	21	24	18	83,3	0	1105	42	71	96,4	78	88	88	93	92	99,6
D-13/10/91	5	34018	1	7,6	153	464	274	55,5	6	1149	7,7	142	284	54	6	1165	7,7	82	228	74	75,7	0,2	1157	7,7	21	92	18	82,2	0	1180	42	74	96,7	74	60	86	80	93	98,2
D-15/10/91	9	42876	0	7,8	133	349	310	47,7	7	875	7,8	128	356	41	6	870	7,8	67	172	64	78,1	0,2	887	7,8	16	55	19	77,9	0	976	48	82	97,5	76	68	88	84	94	99,6
D-16/10/91	5	34820	0	8,1	185	439	256	56,3	8	2210	7,9	180	316	53	7	2070	7,9	121	247	102	72,6	0,3	1770	7,8	33	47	21	80	0	1539	33	68	96,4	73	81	82	89	92	99,7
D-17/10/91	1	31780	0	7,7	175	457	262	60,3	5	1700	7,7	?	356	60	7,5	1698	7,8	?	251	98	81,6	0,3	1659	7,8	25	64	24	87,5	0	1631	?	73	96	?	75	86	86	91	98,3
D-18/10/91	1	33370	0	7,8	223	511	202	63,4	5	1473	7,8	228	276	59	5,5	1584	7,7	122	273	86	72,1	0,2	1510	7,8	22	81	22	81,8	0	1504	47	69	96,4	82	70	?	84	89	99,6
D-19/10/91	1	34408	0	8	174	442	268	57,5	6	1306	7,9	180	302	64	7,2	1316	7,9	121	275	96	70,8	0,4	1219	7,9	20	54	18	77,8	0	1241	33	68	94,4	84	80	89	88	93	99,6
D-20/10/91	1	32720	2	7,8	235	489	252	65,1	5	2110	7,8	244	268	64	5	2100	7,9	135	303	88	68,2	0,2	2120	7,9	27	140	24	70,8	0	2080	45	67	96	80	54	89	71	91	95,6
D-22/10/91	1	28707	0	7,8	117	296	142	71,8	3	1494	7,8	108	158	67	3	1516	7,8	96	250	68	91,2	0,2	1564	7,8	23	77	19	80	0	1680	11	57	93,3	76	69	80	74	87	96,7
D-23/10/91	1	36182	?	7,7	195	380	216	66,7	5	1542	7,8	170	240	67	3,5	1311	7,8	119	238	82	80,5	0,2	1443	7,9	37	100	18	88,9	0	1365	30	66	94,3	69	58	81	74	92	98,9
D-24/10/91	1	34364	1	7,9	191	?	184	73,9	7	1384	7,8	192	164	67	5	1461	7,8	114	?	66	97	0,4	1480	7,8	12	?	15	93,3	0	1463	41	60	92	90	?	94	?	92	98,5
D-25/10/91	1	35400	1	7,6	156	364	194	63,9	6	1680	7,6	169	222	56	5	1637	7,6	89	?	86	60,5	0,3	1537	7,7	21	64	18	77,8	0	1840	47	61	94	76	?	87	82	91	99,8
D-26/10/91	1	30964	3	7,7	220	540	184	62	4	1445	7,7	?	140	59	3	1414	7,6	?	207	86	81,4	0,2	1428	7,9	16	27	15	70,7	0	1337	?	39	93,3	?	87	93	95	92	95,7
D-27/10/91	1	35573	7	7,6	176	333	178	64	4	1627	7,7	170	178	67	3	1684	7,6	?	247	106	77,4	0,2	1720	7,6	16	67	23	80	0	1799	?	40	95	?	73	91	80	?	98,6
D-29/10/91	1	29801	2	7,7	172	400	136	70,1	2	1402	7,7	182	178	65	2,5	1417	7,8	123	263	106	69,8	0,3	1421	7,7	15	59	22	81,8	0	1468	32	40	88	88	78	91	85	84	96,7
D-30/10/91	1	31524	2	7,9	?	478	204	64,7	6	1798	7,9	?	214	66	7,2	1814	7,9	?	365	120	70	2,5	1713	7,8	?	90	21	85,7	0	1568	?	44	65,3	?	75	?	81	90	99,2
D-1/8/91	1	29834	3	7,4	160	348	194	61,9	3	1720	7,5	148	172	65	2,5	1729	7,6	105	265	80	82,5	0,2	1780	7,7	15	95	28	77,1	0	1772	29	54	92	86	64	91	73	86	99,3
D-2/8/91	1	28492	3	7,5	124	281	172	66,3	3	1520	7,5	117	172	65	2	1479	7,6	77	221	90	68,9	0	1535	7,8	12	75	20	86	0	1549	34	48	99	84	66	90	73	88	99,3

D-4/8/91	9	24978	1	7,3	146	288	124	67,7	2	1210	7,4	145	109	69	1,3	1164	7,4	81	200	52	67,3	0,1	1202	7,5	20	?	29	82,9	0	1259	?	52	92,3	75	?	86	?	77	99
D-5/8/91	9	29719	0	7,6	133	284	186	71	5	1114	7,6	136	194	68	2,5	1095	7,6	61	160	52	94,2	0,1	1076	7,8	11	60	21	91,4	0	1100	55	73	96	82	63	92	79	89	99,6
D-6/8/91	9	29741	0	7,9	151	316	196	64,3	3	948	7,8	163	200	69	3	904	7,9	90	220	71	81,7	0,2	929	8	16	44	22	85,5	0	951	45	65	95	82	80	89	86	89	100
D-7/8/91	9	29027	0	7,6	136	328	186	67,7	3	899	7,6	132	170	72	2,5	921	7,6	73	192	61	83,6	0,2	872	7,8	11	76	23	76,5	0	898	?	64	94	85	60	92	77	88	99,3
D-8/8/91	9	30211	1	7,6	114	521	506	44,3	8	866	7,5	113	498	44	8	882	7,6	58	137	65	78,5	0,1	880	7,9	11	44	20	78	0	884	49	87	98,8	81	68	90	92	96	99,7
D-9/8/91	9	30848	0	7,7	142	376	144	70,8	3	940	7,6	129	164	70	7,5	918	7,6	?	255	86	79,1	0,2	933	7,8	9	57	14	82,9	0	947	?	48	97,3	?	78	94	85	90	99,3
D-11/8/91	9	17527	1	7,5	150	171	172	37,2	1	732	7,5	113	220	38	1	731	7,5	42	113	49	67,4	0,1	691	7,6	11	39	16	85	0	728	63	78	90	74	66	93	77	91	98,6
D-12/8/91	9	33331	0	7,6	92	233	234	37,6	1	829	7,6	103	172	57	1,5	852	7,6	65	167	97	58,8	0,2	879	7,7	8	47	18	77,8	0	929	37	44	86,7	88	72	91	80	92	99,3
D-13/8/91	9	27998	1	7,5	138	268	154	66,2	2	890	7,5	105	166	64	1,5	880	7,7	65	157	97	64,9	0,2	827	7,8	8	33	13	84,6	0	858	38	42	86,7	88	79	94	88	92	98,8
D-14/8/91	9	32845	0	7,6	84	251	98	71,4	2	866	7,6	110	104	67	1,5	877	7,6	54	161	66	69,7	0,3	840	7,6	7	49	17	87,1	0	879	51	37	80	87	70	92	81	83	99
D-16/8/91	9	27933	0	7,6	158	375	178	60,7	4	1049	7,7	153	168	60	3	992	7,7	49	177	56	71,4	0,1	910	7,9	9	103	30	64	0	828	68	67	96,7	82	42	94	73	83	98,6
D-18/8/91	9	27527	0	7,3	191	240	166	73,5	3	1072	7,4	130	156	76	2,5	1023	7,4	80	?	71	77,5	0,3	990	7,5	8	44	11	100	0	999	39	55	88	90	?	96	82	93	99,3
D-19/8/91	9	32363	0	7,6	159	310	146	68,5	2	1096	7,6	131	166	71	1,7	1083	7,7	98	169	64	84,4	0,2	1112	7,9	21	59	16	70	0	1083	25	61	91,2	79	65	87	81	89	99,4
D-20/8/91	9	31437	0	7,6	132	304	148	64,9	2	939	7,7	147	156	62	1,8	974	7,8	80	155	62	77,4	0,1	1008	7,9	14	42	13	83,1	0	1012	46	60	94,4	83	73	89	86	91	99,5
D-21/8/91	9	31914	2	7,7	127	274	144	72,2	2	1031	7,6	124	162	69	3	1048	7,6	80	157	69	82,6	0,2	1020	7,8	9	35	16	82,5	0	1053	?	?	?	?	78	?	?	?	?
D-22/8/91	9	28088	0	7,5	153	307	124	82,3	3	1044	7,6	163	136	71	2,5	1039	7,7	97	188	62	91,9	0,2	1045	7,9	10	46	12	90	0	1038	41	54	94	90	76	94	85	90	100
D-23/8/91	9	27838	0	7,6	179	265	128	71,9	2	992	7,6	102	120	85	2	1012	7,7	88	188	66	84,9	0,1	1036	7,9	11	54	14	82,9	0	1044	14	45	95	88	71	94	80	89	100
D-25/8/91	9	29271	0	7,5	99	585	140	71,4	?	962	7,6	103	194	62	?	966	7,6	61	129	55	83,6	?	993	7,7	25	95	26	76,9	?	968	41	72	?	59	26	75	84	81	?
D-26/8/91	9	32723	0	7,7	93	252	176	56,8	2	894	7,7	108	146	66	3	873	7,7	63	224	55	78,2	0,2	915	7,9	19	54	6	100	0	942	?	62	93,3	70	76	80	79	97	99,6
D-27/8/91	1	33535	0	7,8	192	346	172	68,6	4	988	7,8	210	192	69	4,5	991	7,7	100	215	80	73,8	0,1	966	7,9	17	88	16	90	0	950	?	58	97,8	83	59	91	75	91	100
D-28/8/91	9	32922	0	7,4	139	367	180	64,4	3	1060	7,5	163	200	63	3,5	1040	7,6	105	250	70	85,7	0,1	1152	7,7	25	84	20	84	0	1136	?	65	97,1	76	66	82	77	89	99
D-29/8/91	1	32190	0	7,3	200	545	258	65,1	4	1260	7,4	191	226	67	3,5	1198	7,5	115	244	77	76,6	0,1	1351	7,7	21	71	27	71,1	0	1326	40	66	97,1	82	71	90	87	90	99,8
D-30/8/91	9	30488	0	7,5	152	300	132	69,7	?	1073	7,4	150	210	60	?	1081	7,4	93	233	64	84,4	?	1188	7,3	17	55	18	80	?	1224	?	70	?	82	76	?	82	86	?

## EK 2. Karaman Atıksu Arıtma Tesis Normalize Verileri

GİRİŞ+PROSES						ÇIKIŞ			
Atıksu Sıcaklığı	pH	Günlük Debi	AKM	KOI	Elektrik Sarfiyat	Atıksu Sıcaklığı	pH	AKM	KOI
0,66087	0,75771	0,39500	0,16937	0,18713	0,37975	0,70220	0,53733	0,17356	0,16414
0,32174	0,70079	0,49731	0,20406	0,27539	0,40357	0,35055	0,59707	0,14598	0,11688
0,40435	0,73557	0,55196	0,16601	0,23465	0,34616	0,41648	0,59280	0,17356	0,17426
0,39565	0,68814	0,47374	0,27119	0,25502	0,39838	0,39890	0,58427	0,11839	0,16414
0,36522	0,54585	0,58277	0,14028	0,17921	0,46364	0,37253	0,39867	0,16437	0,15401
0,60870	0,57115	0,43738	0,30252	0,41117	0,66505	0,71978	0,52453	0,15517	0,14726
0,51304	0,66917	0,38261	0,26000	0,27539	0,53917	0,50879	0,53520	0,17356	0,17089
0,26087	0,64387	0,56441	0,46923	0,52546	0,67622	0,26264	0,51173	0,15517	0,14726
0,54348	0,58696	0,61913	0,32490	0,40891	0,46937	0,56154	0,45627	0,14598	0,15738
0,37826	0,52372	0,24614	0,14587	0,12603	0,48227	0,34176	0,41787	0,13678	0,15738
0,33913	0,65020	0,57524	0,21972	0,23692	0,49906	0,57033	0,44987	0,13678	0,14388
0,60870	0,60277	0,45782	0,34056	0,80156	0,47874	0,56593	0,88293	0,21034	0,18439
0,70435	0,71344	0,48214	0,35846	0,47341	0,33495	0,69780	0,55653	0,18276	0,15738
0,30435	0,68814	0,52249	0,15594	0,20750	0,48043	0,46923	0,49893	0,12759	0,15738
0,49565	0,67866	0,51201	0,55762	0,43494	0,60724	0,50440	0,53093	0,19195	0,17764
0,56522	0,62490	0,75317	0,27790	0,33197	0,21189	0,55714	0,48187	0,16437	0,15401
0,72609	0,58379	0,42308	0,36182	0,36025	0,69488	0,80769	0,51600	0,20115	0,14726
0,35217	0,62490	0,46957	0,32490	0,40438	0,52591	0,32681	0,50533	0,11839	0,13376
0,85652	0,57115	0,25511	0,23427	0,28557	0,76202	0,88681	0,55653	0,13678	0,14051
0,54348	0,69130	0,45776	0,20182	0,35573	0,50969	0,52198	0,41147	0,16437	0,14388
0,54348	0,57431	0,58097	0,67622	0,66238	0,78998	0,72418	0,50747	0,20115	0,20802
0,64783	0,68498	0,35360	0,25105	0,30820	0,42822	0,68901	0,50533	0,10920	0,14388
0,66957	0,74506	0,31133	0,24545	0,45983	0,43568	0,72857	0,53307	0,12759	0,14051
0,54783	0,67549	0,39286	0,33385	0,67482	0,46605	0,37692	0,58427	0,16437	0,13713
0,64348	0,51423	0,38087	0,38979	0,42928	0,61654	0,73297	0,54373	0,18276	0,16751
0,60000	0,70711	0,31336	0,12685	0,10226	0,39463	0,66264	0,54373	0,12759	0,13713
0,70435	0,51423	0,42586	0,29245	0,30481	0,70605	0,83846	0,46267	0,19195	0,13376
0,38696	0,77036	0,50148	0,35063	0,42475	0,29395	0,38571	0,59920	0,27471	0,17764
0,65217	0,75771	0,28661	0,38196	0,51754	0,28649	0,72857	0,55867	0,15517	0,15063
0,62174	0,73557	0,31087	0,17720	0,22560	0,28649	0,68901	0,54160	0,10920	0,13376
0,58261	0,68182	0,43391	0,49385	0,53791	0,66505	0,55275	0,56933	0,13678	0,13376
0,31304	0,70395	0,61924	0,20517	0,25728	0,43939	0,49121	0,48827	0,15517	0,17426
0,66522	0,51739	0,22292	0,26448	0,42928	0,68555	0,79011	0,48827	0,90000	0,65696
0,63478	0,75455	0,47374	0,53189	0,82758	0,45805	0,69341	0,62267	0,10920	0,14726
0,70870	0,59644	0,42951	0,45133	0,46096	0,68368	0,85165	0,44560	0,19195	0,20802
0,36522	0,51423	0,54247	0,12797	0,18147	0,45618	0,35055	0,45200	0,12759	0,16414
0,56522	0,58063	0,50397	0,27678	0,29123	0,65571	0,82967	0,45413	0,18276	0,15738
0,63478	0,73874	0,30033	0,24657	0,29349	0,43193	0,68462	0,52667	0,20115	0,17764
0,53913	0,64071	0,46969	0,52629	0,51301	0,69859	0,75055	0,47760	0,28391	0,30928
0,65217	0,55850	0,40033	0,31035	0,31726	0,69488	0,70659	0,54800	0,14598	0,17426
0,62174	0,67866	0,35076	0,46476	0,46322	0,35333	0,69341	0,46053	0,15517	0,16751
0,22609	0,60909	0,59979	0,20629	0,31386	0,45989	0,23626	0,49253	0,34828	0,16076
0,32609	0,49842	0,51954	0,11566	0,17808	0,70360	0,32857	0,39653	0,13678	0,15063
0,67826	0,43834	0,48052	0,40657	0,73706	0,76014	0,75495	0,47973	0,74368	0,90000
0,63913	0,71344	0,35163	0,23091	0,25842	0,33124	0,68462	0,55440	0,17356	0,18776
0,33043	0,61542	0,61467	0,15147	0,18487	0,44872	0,33736	0,43280	0,14598	0,16414

0,55652	0,58696	0,56366	0,26448	0,26068	0,48602	0,57473	0,46480	0,16437	0,17089
0,40435	0,67866	0,49945	0,24993	0,25276	0,39092	0,40769	0,55653	0,16437	0,17764
0,44348	0,69130	0,37051	0,21301	0,26634	0,41330	0,45165	0,53307	0,14598	0,16751
0,39130	0,71976	0,45365	0,35510	0,35573	0,38346	0,39890	0,56720	0,20115	0,18439
0,63478	0,75455	0,47646	0,30699	0,52772	0,44872	0,57912	0,74213	0,12759	0,10338
0,45652	0,68814	0,42933	0,20182	0,26634	0,39092	0,46484	0,54160	0,13678	0,12700
0,44783	0,67549	0,43101	0,26224	0,25502	0,39463	0,47802	0,61413	0,19195	0,16414
0,36087	0,70079	0,48185	0,35063	0,36139	0,39463	0,34615	0,58427	0,17356	0,16751
0,54348	0,60909	0,47033	0,18168	0,17694	0,77881	0,54396	0,52667	0,17356	0,20464
0,53913	0,69763	0,45730	0,48490	0,68501	0,35733	0,60110	0,58213	0,13678	0,19789
0,69130	0,55850	0,33843	0,28462	0,45304	0,70047	0,75934	0,52667	0,50460	0,48819
0,58696	0,53636	0,47224	0,49049	0,86719	0,60724	0,49560	0,54160	0,27471	0,19451
0,66087	0,57747	0,37994	0,49049	0,47228	0,75456	0,74615	0,45413	0,16437	0,13713
0,46957	0,78617	0,54832	0,34280	0,33536	0,51398	0,50440	0,58640	0,20115	0,19789
0,43478	0,70395	0,49291	0,36629	0,61598	0,68742	0,47802	0,53307	0,14598	0,18101
0,45652	0,72292	0,43443	0,31147	0,29010	0,49535	0,47802	0,55013	0,21034	0,18439
0,65217	0,57431	0,41764	0,34503	0,38854	0,58670	0,85604	0,46907	0,19195	0,17764
0,62174	0,71344	0,32448	0,25329	0,25276	0,30141	0,69341	0,45840	0,27471	0,19451
0,36522	0,53953	0,40015	0,17385	0,16223	0,43005	0,35934	0,39867	0,13678	0,14388
0,46957	0,70079	0,44769	0,35399	0,39760	0,42447	0,50440	0,59067	0,31149	0,19789
0,44783	0,65652	0,54172	0,23203	0,33423	0,59344	0,36813	0,55013	0,16437	0,17426
0,58696	0,67866	0,34075	0,35846	0,43833	0,52894	0,59670	0,51387	0,12759	0,17089
0,38261	0,59012	0,44277	0,49161	0,52207	0,73589	0,39890	0,53947	0,14598	0,18439
0,46957	0,72609	0,47050	0,33944	0,41344	0,51398	0,50440	0,60347	0,27471	0,15738
0,30000	0,64704	0,49221	0,30923	0,37044	0,47892	0,32418	0,58213	0,17356	0,11350
0,33913	0,68814	0,50842	0,17273	0,16676	0,48973	0,41209	0,50320	0,13678	0,14051
0,50870	0,76403	0,43987	0,17608	0,36704	0,45578	0,47363	0,75280	0,13678	0,15738
0,40000	0,73557	0,56870	0,13804	0,15431	0,39838	0,42527	0,59067	0,16437	0,16414
0,45652	0,76087	0,27544	0,24993	0,26973	0,43193	0,46484	0,54587	0,14598	0,16751
0,66522	0,68814	0,17099	0,16490	0,21429	0,27903	0,74615	0,51813	0,12759	0,13713
0,54783	0,59012	0,50883	0,55427	0,72235	0,53784	0,63626	0,57573	0,21954	0,19114
0,46957	0,65020	0,48503	0,33944	0,71556	0,54569	0,50440	0,53520	0,12759	0,15063
0,42174	0,58379	0,45823	0,50839	0,67709	0,47499	0,54396	0,49040	0,15517	0,19451
0,39130	0,79565	0,46685	0,22979	0,28218	0,34991	0,40330	0,56933	0,10000	0,16751
0,39130	0,75138	0,46176	0,27119	0,33423	0,56623	0,39890	0,57787	0,18276	0,17764
0,53913	0,59960	0,61409	0,23650	0,24597	0,45993	0,54835	0,51600	0,16437	0,19789
0,58696	0,66917	0,49661	0,24210	0,43267	0,48602	0,64945	0,58640	0,13678	0,19789
0,41739	0,71344	0,44636	0,36406	0,31952	0,49164	0,42527	0,53733	0,21034	0,17426
0,59130	0,66917	0,39494	0,26448	0,61033	0,51305	0,58791	0,37947	0,19195	0,21477
0,26522	0,60593	0,53500	0,20517	0,30028	0,54011	0,30659	0,55013	0,17356	0,15738
0,42609	0,71344	0,45058	0,36406	0,42475	0,42076	0,46044	0,59707	0,19195	0,17764
0,62609	0,64387	0,47936	0,50615	0,51867	0,67250	0,81209	0,49253	0,12759	0,18101
0,64783	0,10000	0,29831	0,23091	0,30368	0,45431	0,66264	0,52880	0,15517	0,14726
0,49130	0,62806	0,48092	0,31371	0,34668	0,52144	0,53516	0,59707	0,21034	0,18439
0,51739	0,70079	0,43837	0,47035	0,44286	0,44685	0,54396	0,54587	0,21034	0,18439
0,56957	0,63755	0,40079	0,45580	0,69180	0,38141	0,60110	0,55227	0,17356	0,12700
0,37826	0,60593	0,51491	0,33944	0,35347	0,49535	0,39451	0,56720	0,15517	0,15738
0,40435	0,74822	0,49111	0,20965	0,23918	0,39092	0,41648	0,57360	0,26552	0,17089
0,69130	0,58696	0,42841	0,54867	0,58204	0,61283	0,77253	0,53947	0,17356	0,18776
0,46522	0,69447	0,45232	0,38196	0,42475	0,38717	0,50440	0,59707	0,22874	0,17089
0,67391	0,70711	0,38319	0,20965	0,28331	0,26040	0,74176	0,52667	0,11839	0,14726
0,44348	0,67549	0,42476	0,28126	0,29463	0,39463	0,46484	0,55440	0,19195	0,20464
0,44783	0,56166	0,56024	0,12797	0,15884	0,60350	0,43846	0,46907	0,16437	0,15063
0,68261	0,52055	0,41011	0,54531	0,60014	0,60537	0,75055	0,46907	0,11839	0,15738
0,22174	0,71976	0,21893	0,22084	0,30255	0,65946	0,25385	0,62267	0,14598	0,17089
0,39565	0,78617	0,44335	0,25105	0,27992	0,47297	0,41648	0,57573	0,22874	0,16414

0,62609	0,71344	0,30763	0,30699	0,34328	0,39092	0,66264	0,53307	0,14598	0,16751
0,40435	0,69130	0,43466	0,14923	0,16450	0,39463	0,38571	0,58853	0,25632	0,17426
0,41304	0,63755	0,47664	0,36406	0,39533	0,69301	0,38571	0,49253	0,29310	0,16076
0,67826	0,75771	0,50321	0,15259	0,16789	0,36854	0,72857	0,51173	0,13678	0,14726
0,50000	0,64387	0,46923	0,11343	0,14413	0,46923	0,54396	0,59920	0,18276	0,17426
0,77826	0,72292	0,29344	0,38867	0,15997	0,17366	0,78132	0,45200	0,16437	0,10338
0,63043	0,65020	0,44120	0,12462	0,14187	0,45431	0,70220	0,51600	0,17356	0,17764
0,39565	0,62174	0,49812	0,31259	0,42023	0,49730	0,39011	0,49893	0,11839	0,16751
0,63913	0,73557	0,31788	0,19510	0,26860	0,44314	0,68462	0,52667	0,13678	0,16076
0,39130	0,90000	0,45545	0,15594	0,48133	0,46119	0,46044	0,53093	0,32069	0,22489
0,54783	0,58696	0,59956	0,61469	0,56846	0,59232	0,53956	0,45627	0,14598	0,12363
0,61739	0,77036	0,20659	0,15594	0,31839	0,23427	0,71538	0,56933	0,13678	0,16076
0,36522	0,51739	0,61878	0,17497	0,28218	0,48973	0,37253	0,39227	0,12759	0,17426
0,44783	0,51739	0,32992	0,13469	0,17129	0,47953	0,43846	0,36880	0,13678	0,15401
0,44348	0,71660	0,46674	0,28685	0,28897	0,42447	0,47802	0,59920	0,18276	0,16414
0,71739	0,56166	0,31243	0,27790	0,30255	0,48414	0,80769	0,50107	0,21954	0,12700
0,60870	0,71976	0,37224	0,23650	0,27426	0,36854	0,64066	0,52667	0,13678	0,13713
0,47826	0,55850	0,29669	0,14476	0,13508	0,49535	0,46484	0,44773	0,11839	0,15063
0,21739	0,59644	0,46789	0,22420	0,26407	0,57924	0,25385	0,47333	0,19195	0,18776
0,36522	0,72925	0,44537	0,17161	0,24144	0,42076	0,35934	0,58427	0,21034	0,15738
0,51304	0,58063	0,59215	0,29021	0,32065	0,48663	0,52637	0,38587	0,12759	0,15063
0,56957	0,49209	0,44815	0,29916	0,45644	0,51510	0,56593	0,61627	0,19195	0,26203
0,35652	0,55850	0,62862	0,18503	0,19844	0,15968	0,37253	0,42000	0,14598	0,15401
0,61739	0,66917	0,35945	0,25217	0,32970	0,48789	0,82088	0,52027	0,13678	0,16751
0,47391	0,70395	0,53442	0,42336	0,31952	0,37600	0,50879	0,52667	0,21954	0,17764
0,39130	0,69447	0,49297	0,32601	0,37496	0,67809	0,35495	0,51173	0,19195	0,27553
0,44348	0,74190	0,50634	0,28573	0,31726	0,48414	0,48242	0,53307	0,32989	0,20802
0,53043	0,57747	0,59006	0,18056	0,28218	0,45805	0,54396	0,47973	0,14598	0,14051
0,36522	0,55217	0,56470	0,13916	0,17581	0,37038	0,36374	0,37520	0,14598	0,15063
0,56087	0,66285	0,47681	0,42559	0,40552	0,60537	0,44286	0,53307	0,21954	0,14388
0,28696	0,63123	0,52985	0,42671	0,47567	0,52703	0,25824	0,49253	0,22874	0,16751
0,47826	0,67549	0,49667	0,26895	0,30707	0,56249	0,51758	0,59280	0,22874	0,18439
0,46522	0,69763	0,51717	0,40434	0,46209	0,51398	0,48242	0,53947	0,18276	0,15063
0,30000	0,67549	0,33722	0,20741	0,27426	0,35921	0,49121	0,48827	0,12759	0,16751
0,47826	0,57747	0,45938	0,55986	0,67822	0,48414	0,44286	0,58427	0,12759	0,14388
0,32174	0,71028	0,61722	0,22420	0,25050	0,51416	0,32857	0,54373	0,15517	0,18439
0,46957	0,60277	0,46332	0,31818	0,77214	0,61283	0,31978	0,53520	0,16437	0,24852
0,46087	0,65020	0,51740	0,30811	0,35460	0,46735	0,50000	0,58427	0,14598	0,16414
0,65217	0,75455	0,32650	0,22979	0,25050	0,42822	0,70659	0,53733	0,12759	0,14051
0,49130	0,62806	0,44549	0,10000	0,10000	0,49160	0,55714	0,59707	0,25632	0,19789
0,43913	0,64071	0,63789	0,19846	0,19392	0,29207	0,58352	0,47760	0,13678	0,17426
0,43043	0,74506	0,47681	0,21636	0,21994	0,47668	0,43407	0,55227	0,11839	0,17089
0,69130	0,60593	0,42152	0,54979	0,61146	0,62216	0,76813	0,51600	0,13678	0,19114
0,44348	0,70711	0,50211	0,34168	0,37949	0,45059	0,48242	0,60347	0,21034	0,17764
0,34348	0,65020	0,20717	0,38979	0,52207	0,69114	0,36374	0,55440	0,14598	0,16414
0,40435	0,70395	0,44097	0,16266	0,18826	0,40959	0,42967	0,57147	0,18276	0,15401
0,38261	0,72925	0,55069	0,30028	0,27086	0,52649	0,39451	0,52027	0,21034	0,17089
0,68696	0,70395	0,33177	0,24545	0,26068	0,61654	0,67143	0,52880	0,13678	0,14051
0,63913	0,59644	0,46766	0,26559	0,33989	0,63892	0,69780	0,53307	0,14598	0,21814
0,47826	0,67866	0,40119	0,26671	0,24484	0,43193	0,48681	0,55013	0,19195	0,16751
0,53043	0,62490	0,16583	0,34503	0,50622	0,54587	0,68462	0,57147	0,18276	0,16076
0,45217	0,76087	0,46344	0,20629	0,24144	0,37600	0,47363	0,54160	0,17356	0,20802
0,39565	0,59960	0,57628	0,28797	0,33197	0,64079	0,40330	0,51387	0,24713	0,18439
0,40000	0,68498	0,48092	0,19846	0,18713	0,38346	0,41648	0,59920	0,17356	0,13038
0,44348	0,52055	0,45052	0,15371	0,16676	0,53265	0,45165	0,46907	0,15517	0,17426

0,34783	0,71660	0,56679	0,46811	0,58996	0,40213	0,40330	0,54373	0,24713	0,19114
0,50435	0,67549	0,42910	0,39427	0,48472	0,41330	0,54835	0,58640	0,29310	0,19789
0,39565	0,66285	0,53627	0,28014	0,35233	0,44238	0,44725	0,53093	0,16437	0,18776
0,65217	0,67549	0,44201	0,20182	0,23352	0,26040	0,72857	0,60773	0,13678	0,17089
0,41739	0,69763	0,54392	0,38084	0,40438	0,60350	0,42088	0,57573	0,21954	0,18776
0,45652	0,61225	0,56250	0,16154	0,18826	0,42447	0,46044	0,38800	0,19195	0,15063
0,40870	0,53320	0,35244	0,19622	0,25502	0,63146	0,39451	0,53307	0,11839	0,15063
0,66957	0,73241	0,35204	0,16601	0,19165	0,31261	0,73297	0,59067	0,10920	0,16076
0,67391	0,61225	0,32552	0,52294	0,56733	0,66505	0,75055	0,44773	0,21954	0,15401
0,61739	0,66601	0,45753	0,15259	0,18826	0,10000	0,66264	0,55013	0,13678	0,15063
0,32609	0,56166	0,37960	0,41441	0,52433	0,74897	0,32418	0,50320	0,14598	0,18101
0,32174	0,65336	0,61803	0,15706	0,24257	0,47297	0,46484	0,49467	0,16437	0,15063
0,65652	0,72292	0,31157	0,52629	0,76082	0,43568	0,71099	0,52453	0,18276	0,15738
0,63913	0,66917	0,38944	0,37301	0,44738	0,70234	0,79011	0,57573	0,15517	0,19114
0,52174	0,62806	0,41688	0,11790	0,12716	0,40209	0,58352	0,60560	0,13678	0,16414
0,64348	0,70079	0,28870	0,23874	0,28331	0,25665	0,71538	0,52667	0,14598	0,14388
0,56522	0,64387	0,44057	0,67846	0,73479	0,38346	0,58352	0,57573	0,19195	0,16751
0,64348	0,72925	0,34897	0,34392	0,29802	0,40213	0,68901	0,50320	0,11839	0,13038
0,56522	0,66285	0,41266	0,44797	0,57412	0,37459	0,62308	0,49680	0,12759	0,15401
0,29565	0,68498	0,55886	0,33497	0,68501	0,37132	0,27582	0,54587	0,17356	0,19114
0,36522	0,53636	0,52985	0,16490	0,19505	0,34987	0,37253	0,44133	0,16437	0,16751
0,50870	0,81146	0,56609	0,48825	0,82306	0,44685	0,53516	0,53947	0,19195	0,17426
0,40435	0,74822	0,51358	0,25217	0,24597	0,36479	0,40330	0,57787	0,23793	0,19114
0,64783	0,76403	0,33403	0,23315	0,27765	0,42822	0,68022	0,53947	0,12759	0,14051
0,31739	0,67549	0,50107	0,28238	0,50396	0,42634	0,36813	0,55440	0,18276	0,15401
0,56087	0,63439	0,44740	0,30140	0,35460	0,40209	0,59231	0,53307	0,13678	0,14726
0,56522	0,56482	0,46407	0,55650	0,56846	0,67809	0,78132	0,42640	0,18276	0,18101
0,55217	0,60909	0,42505	0,21972	0,48133	0,51809	0,42967	0,51173	0,27471	0,22489
0,37826	0,70395	0,50767	0,25217	0,21881	0,42822	0,37253	0,53520	0,15517	0,17764
0,41304	0,64071	0,35945	0,48490	0,71216	0,67996	0,39451	0,55013	0,14598	0,28903
0,50870	0,63439	0,62156	0,90000	0,69859	0,74710	0,69780	0,52240	0,18276	0,18776
0,27826	0,60909	0,50385	0,34392	0,35460	0,44497	0,24945	0,49680	0,15517	0,15401
0,71304	0,59012	0,38527	0,26671	0,42362	0,59604	0,65824	0,49893	0,11839	0,13038
0,44348	0,55850	0,48486	0,11007	0,15205	0,47950	0,42527	0,40507	0,14598	0,16414
0,14783	0,60909	0,37195	0,20741	0,15997	0,56061	0,20549	0,47760	0,16437	0,10000
0,66522	0,77668	0,14846	0,24769	0,30820	0,38721	0,76813	0,53093	0,13678	0,15738
0,61739	0,72609	0,31967	0,20629	0,25615	0,30886	0,68022	0,49253	0,14598	0,15401
0,30000	0,63755	0,50750	0,32154	0,34441	0,53823	0,20989	0,49040	0,21954	0,15738
0,36087	0,63755	0,55793	0,26448	0,29463	0,51398	0,60549	0,45627	0,11839	0,19789
0,57391	0,59328	0,45736	0,53413	0,68388	0,67250	0,78132	0,43280	0,23793	0,20464
0,42174	0,56798	0,55480	0,14140	0,20410	0,46364	0,46484	0,47547	0,18276	0,17426
0,32174	0,70079	0,30583	0,20406	0,27539	0,58000	0,35055	0,59707	0,14598	0,11688
0,58261	0,69130	0,40160	0,71986	0,81061	0,41341	0,64066	0,63120	0,21034	0,13376
0,74348	0,60909	0,24348	0,24210	0,25276	0,59416	0,69341	0,53307	0,14598	0,15738
0,29130	0,55217	0,47409	0,15930	0,15092	0,47297	0,29780	0,41360	0,14598	0,15738
0,50435	0,62490	0,46662	0,71874	0,80269	0,68555	0,41209	0,52027	0,16437	0,18439
0,63478	0,68814	0,45950	0,13469	0,17242	0,44314	0,71978	0,57147	0,11839	0,15401
0,43478	0,67549	0,59574	0,25105	0,41231	0,46641	0,33297	0,53733	0,17356	0,14051
0,47826	0,65336	0,43593	0,32378	0,50057	0,66692	0,42527	0,51813	0,19195	0,18101
0,55652	0,61225	0,38846	0,25329	0,26407	0,37787	0,58791	0,41573	0,13678	0,16751
0,58261	0,66601	0,44728	0,11231	0,13055	0,51027	0,63626	0,54587	0,11839	0,16076
0,48696	0,62490	0,42111	0,29133	0,65559	0,48544	0,45604	0,49680	0,10920	0,13713
0,33913	0,57431	0,37612	0,26448	0,23126	0,37975	0,46044	0,47760	0,21034	0,18439
0,33043	0,64071	0,60969	0,20182	0,26747	0,41142	0,48681	0,49893	0,15517	0,16751
0,63913	0,61858	0,37607	0,44238	0,47001	0,68742	0,70659	0,52667	0,29310	0,15738

0,26087	0,59644	0,51109	0,18615	0,18826	0,49348	0,23538	0,47760	0,17356	0,22827
0,61304	0,75771	0,31927	0,35846	0,35347	0,32753	0,69341	0,56933	0,25264	0,14726
0,34348	0,71028	0,37010	0,30923	0,40778	0,50281	0,38571	0,54373	0,18276	0,15738
0,62609	0,58063	0,43148	0,61580	0,62277	0,66317	0,83846	0,57573	0,21954	0,14388
0,60870	0,69447	0,34138	0,22084	0,30820	0,38721	0,65385	0,10000	0,13678	0,17764
0,66087	0,71028	0,32274	0,21413	0,30141	0,40955	0,72418	0,53733	0,13678	0,15738
0,71739	0,58063	0,24678	0,31706	0,24597	0,31445	0,79890	0,48187	0,24713	0,13376
0,61304	0,68182	0,29738	0,22084	0,33423	0,28667	0,65385	0,52880	0,16437	0,16751
0,36522	0,54901	0,43252	0,13245	0,16450	0,33870	0,36374	0,38373	0,12759	0,18439
0,69783	0,76719	0,23132	0,40210	0,52433	0,47164	0,53077	0,62053	0,10920	0,14388
0,37391	0,56798	0,52302	0,33944	0,41004	0,49906	0,33516	0,47120	0,14598	0,17426
0,63478	0,64704	0,27932	0,23427	0,24710	0,42447	0,66703	0,52667	0,14598	0,16751
0,37826	0,54585	0,29848	0,17161	0,17921	0,45805	0,33297	0,47973	0,11839	0,15738
0,63478	0,72609	0,39048	0,26224	0,28670	0,37600	0,66703	0,55440	0,29310	0,23502
0,42609	0,70395	0,56001	0,21748	0,29123	0,32562	0,44286	0,59493	0,17356	0,16751
0,64348	0,62174	0,43640	0,12462	0,63975	0,41849	0,51758	0,52453	0,21954	0,13038
0,54783	0,69447	0,45226	0,18727	0,37157	0,46346	0,54835	0,56080	0,15517	0,12700
0,54783	0,60909	0,48723	0,40993	0,42136	0,70234	0,77692	0,43493	0,13678	0,16076
0,67826	0,59644	0,38498	0,42895	0,42249	0,56620	0,74176	0,42853	0,14598	0,13376
0,45652	0,55850	0,57026	0,15818	0,17129	0,34241	0,46044	0,44560	0,13678	0,16414
0,51739	0,72925	0,54687	0,45692	0,44965	0,35737	0,51758	0,54160	0,17356	0,14726
0,43913	0,53953	0,45828	0,53524	0,76535	0,90000	0,45165	0,56720	0,20115	0,16414
0,64348	0,71660	0,31151	0,22084	0,27313	0,43568	0,68901	0,51600	0,13678	0,17764
0,35652	0,69130	0,51723	0,15818	0,18147	0,33683	0,54835	0,48613	0,13678	0,16414
0,54783	0,58696	0,59898	0,31147	0,37270	0,43568	0,56593	0,42213	0,16437	0,18439
0,44348	0,71660	0,47884	0,35846	0,24936	0,51027	0,42967	0,55440	0,23793	0,15063
0,53043	0,59328	0,55868	0,17497	0,19844	0,51960	0,54396	0,52880	0,14598	0,14388
0,73913	0,57115	0,20700	0,29133	0,26860	0,28086	0,72418	0,53520	0,20115	0,15738
0,73913	0,57431	0,48938	0,41888	0,48812	0,68368	0,86044	0,51173	0,22874	0,17764
0,67391	0,59644	0,33733	0,42000	0,49378	0,62587	0,74176	0,44987	0,12759	0,15401
0,50870	0,71344	0,42065	0,35958	0,34554	0,36108	0,52637	0,53307	0,19195	0,16076
0,51739	0,61542	0,47571	0,15930	0,29463	0,53823	0,53077	0,56720	0,14598	0,13038
0,67826	0,57431	0,41920	0,56993	0,53451	0,67063	0,73736	0,46693	0,19195	0,17089
0,61739	0,62490	0,49794	0,49497	0,45870	0,41795	0,53956	0,50107	0,10000	0,22489
0,61739	0,70711	0,47311	0,13469	0,18373	0,44314	0,68022	0,62267	0,13678	0,14726
0,50435	0,53320	0,46413	0,41664	0,48246	0,60162	0,74176	0,39013	0,21034	0,14726
0,38261	0,65020	0,62561	0,15706	0,22107	0,37413	0,53956	0,47120	0,12759	0,16751
0,64348	0,72609	0,33363	0,20629	0,21542	0,33499	0,69780	0,52240	0,10000	0,14726
0,47391	0,61542	0,46691	0,27566	0,36591	0,62029	0,60989	0,56720	0,12759	0,14726
0,66087	0,46364	0,37045	0,47706	0,64427	0,65013	0,72857	0,52880	0,17356	0,16414
0,46957	0,65652	0,53697	0,34951	0,38402	0,45805	0,49121	0,60347	0,12759	0,18776
0,71739	0,79249	0,29223	0,63483	0,62617	0,32937	0,77253	0,55440	0,16437	0,16751
0,41739	0,68182	0,52962	0,29804	0,33989	0,34616	0,43846	0,62267	0,25632	0,16751
0,52261	0,59644	0,28279	0,27007	0,25163	0,62216	0,36813	0,52027	0,19195	0,15401
0,57391	0,64071	0,47658	0,28797	0,41231	0,52148	0,63626	0,42640	0,11839	0,13376
0,41739	0,77036	0,57304	0,41888	0,43607	0,32562	0,43846	0,58640	0,18276	0,17764
0,61739	0,69447	0,40716	0,26671	0,30934	0,24919	0,67143	0,53733	0,12759	0,13713
0,69565	0,61858	0,43808	0,34839	0,38854	0,69114	0,77253	0,53520	0,15517	0,16751
0,49130	0,71028	0,49812	0,31706	0,43494	0,50447	0,52637	0,51813	0,15517	0,19114
0,33913	0,52372	0,22101	0,29469	0,21655	0,37975	0,39890	0,48613	0,14598	0,18776
0,40435	0,72925	0,52684	0,26671	0,25502	0,37975	0,39890	0,57573	0,17356	0,16414
0,41739	0,67866	0,42881	0,19846	0,25615	0,45805	0,42967	0,55440	0,14598	0,16414
0,34348	0,68182	0,46697	0,13245	0,10453	0,36292	0,43846	0,58000	0,12759	0,17426
0,54348	0,61858	0,56036	0,45357	0,47228	0,75398	0,57033	0,51600	0,14598	0,16751
0,56087	0,70711	0,40363	0,53189	0,56846	0,47052	0,39890	0,69733	0,10920	0,16414
0,73478	0,65968	0,33942	0,35958	0,53564	0,52832	0,64945	0,54373	0,28391	0,19451



0,46087	0,71344	0,41949	0,32490	0,43041	0,53243	0,53516	0,52667	0,21034	0,20127
0,36522	0,70079	0,40762	0,27790	0,26407	0,43939	0,38571	0,56293	0,18276	0,17089
0,76087	0,59960	0,46384	0,32713	0,48246	0,61470	0,89121	0,51600	0,21034	0,18439
0,61304	0,70395	0,32077	0,24098	0,33536	0,39838	0,64505	0,52880	0,13678	0,16076
0,41739	0,59328	0,47334	0,56881	0,62956	0,32937	0,42088	0,54160	0,10920	0,20464
0,43913	0,61225	0,45713	0,34839	0,38854	0,67809	0,42967	0,54800	0,20115	0,15401
0,46522	0,66285	0,56823	0,32490	0,37723	0,49160	0,49121	0,59067	0,16437	0,17426
0,69565	0,57747	0,40623	0,21972	0,41231	0,45059	0,81209	0,45627	0,19195	0,15063
0,48261	0,65336	0,55301	0,31259	0,35347	0,55856	0,54835	0,54800	0,19195	0,25190
0,68261	0,46996	0,26522	0,37413	0,52207	0,71539	0,81648	0,50747	0,65172	0,56920
0,31739	0,62806	0,40687	0,49944	0,47454	0,49254	0,46044	0,51813	0,18276	0,38354
0,73043	0,42253	0,24527	0,32937	0,28557	0,57924	0,71978	0,55440	0,19195	0,13376
0,59130	0,60909	0,52933	0,39091	0,63296	0,53640	0,61429	0,46267	0,11839	0,16076
0,42174	0,67549	0,30983	0,23538	0,67595	0,52404	0,56154	0,53520	0,13678	0,14388
0,23913	0,67866	0,55567	0,28462	0,28444	0,54011	0,14396	0,55227	0,32069	0,17089
0,36087	0,56482	0,41943	0,13692	0,13055	0,40584	0,36374	0,37520	0,13678	0,12025
0,16957	0,61225	0,53500	0,45133	0,52659	0,67063	0,17912	0,50107	0,10000	0,15738
0,38696	0,59012	0,50518	0,63035	0,64427	0,62216	0,38132	0,47333	0,28391	0,17764
0,40000	0,70395	0,43136	0,25105	0,44965	0,62364	0,42967	0,60773	0,19195	0,18101
0,40435	0,70079	0,51028	0,22420	0,34781	0,37971	0,41209	0,57573	0,21954	0,19789
0,40435	0,59012	0,61380	0,36853	0,41796	0,54775	0,55714	0,47973	0,32069	0,13713
0,25652	0,65968	0,65873	0,45357	0,50849	0,66876	0,27582	0,50533	0,18276	0,12025
0,29130	0,64071	0,55764	0,51399	0,60127	0,77135	0,28901	0,54800	0,15517	0,38354
0,61739	0,66917	0,29767	0,20294	0,27086	0,25294	0,64945	0,52240	0,11839	0,16076
0,34348	0,63439	0,40200	0,53413	0,61938	0,64638	0,27143	0,49467	0,16437	0,15738
0,35217	0,65968	0,62393	0,20741	0,27199	0,39092	0,50879	0,50320	0,15517	0,17426
0,50435	0,56482	0,57385	0,16266	0,21768	0,45989	0,51758	0,41573	0,15517	0,16414
0,65652	0,58063	0,38325	0,31930	0,32744	0,58858	0,82527	0,47547	0,21034	0,16414
0,46522	0,71976	0,29026	0,30476	0,52772	0,44220	0,42967	0,53947	0,12759	0,34304
0,39130	0,74506	0,54183	0,29580	0,35686	0,37600	0,40330	0,59280	0,22874	0,16751
0,65217	0,58063	0,40531	0,20406	0,23352	0,50281	0,71978	0,59067	0,17356	0,15063
0,65217	0,66285	0,45012	0,17832	0,19844	0,56995	0,71978	0,59920	0,17356	0,17089
0,46957	0,69130	0,52400	0,23091	0,25502	0,53640	0,46923	0,53520	0,13678	0,13713
0,36087	0,61542	0,39969	0,86196	0,87737	0,49831	0,40330	0,51387	0,11839	0,17089
0,27826	0,53953	0,34781	0,13916	0,12263	0,58486	0,34176	0,42000	0,15517	0,14726
0,66522	0,57431	0,41474	0,29133	0,41004	0,68368	0,74176	0,49893	0,45862	0,38692
0,64348	0,71976	0,33646	0,19399	0,18260	0,39838	0,69780	0,52453	0,16437	0,13713
0,64348	0,68498	0,47056	0,34056	0,51528	0,45431	0,70659	0,64187	0,12759	0,13376
0,61304	0,57115	0,68693	0,89552	0,74611	0,59791	0,75055	0,49893	0,19195	0,21139
0,63913	0,77984	0,33820	0,25217	0,36591	0,38346	0,68901	0,60987	0,18276	0,15063
0,38261	0,70711	0,41746	0,18392	0,44173	0,26223	0,39890	0,58213	0,19195	0,19789
0,40870	0,56166	0,46234	0,46028	0,49378	0,54980	0,41648	0,47547	0,17356	0,16414
0,55652	0,64704	0,45255	0,38084	0,51641	0,40955	0,59231	0,51600	0,17356	0,16076
0,59565	0,67233	0,31388	0,22531	0,33649	0,48789	0,63187	0,52453	0,10920	0,15738
0,62174	0,60593	0,52956	0,28573	0,41683	0,73589	0,68901	0,55227	0,24713	0,29241
0,37826	0,73241	0,50628	0,20294	0,21994	0,37975	0,38571	0,58000	0,15517	0,16076
0,40435	0,74506	0,51601	0,21972	0,20184	0,39838	0,41209	0,57787	0,22874	0,19451
0,44783	0,65336	0,56285	0,31483	0,37496	0,45506	0,44286	0,53733	0,10000	0,17089
0,64348	0,44150	0,44798	0,30476	0,82871	0,84778	0,69341	0,53093	0,17356	0,16751
0,64783	0,67549	0,33415	0,25217	0,25955	0,71726	0,66264	0,53733	0,14598	0,12700
0,45652	0,57747	0,57287	0,14140	0,20750	0,46364	0,46044	0,40720	0,15517	0,17764
0,41304	0,75771	0,53749	0,28685	0,33423	0,34616	0,42967	0,60133	0,22874	0,16414
0,62609	0,71976	0,46622	0,12797	0,17129	0,43798	0,68901	0,52667	0,15517	0,17764
0,45652	0,55534	0,41688	0,17273	0,20071	0,43380	0,46484	0,43493	0,18276	0,17426
0,36957	0,69763	0,50692	0,35399	0,38741	0,43568	0,30220	0,49040	0,14598	0,16076
0,66522	0,65652	0,16433	0,16042	0,22900	0,17459	0,75495	0,52667	0,13678	0,15738

0,53043	0,60909	0,18899	0,31259	0,56846	0,63351	0,49121	0,53733	0,11839	0,13713
0,43043	0,73557	0,45047	0,25664	0,26407	0,47297	0,43407	0,55227	0,24713	0,15401
0,55652	0,59644	0,42592	0,42671	0,41570	0,41517	0,57473	0,45840	0,15517	0,16076
0,56522	0,65652	0,43258	0,44350	0,54809	0,39095	0,58791	0,52027	0,12759	0,15738
0,38696	0,64387	0,49279	0,31483	0,37496	0,48097	0,42088	0,51173	0,27471	0,17764
0,35652	0,65968	0,62729	0,10783	0,20523	0,43005	0,37253	0,49893	0,10000	0,16414
0,48696	0,57747	0,36912	0,50168	0,59788	0,71168	0,75934	0,43707	0,19195	0,18439
0,62174	0,80198	0,37375	0,23762	0,21429	0,27157	0,68901	0,60773	0,10920	0,17426
0,42609	0,74822	0,45215	0,20517	0,23918	0,47297	0,43846	0,55440	0,10000	0,13713
0,51739	0,57747	0,58821	0,22867	0,26634	0,47110	0,52198	0,47120	0,18276	0,12363
0,60870	0,74506	0,25824	0,23538	0,43380	0,27157	0,67582	0,44347	0,26552	0,14726
0,59565	0,63123	0,44942	0,58671	0,69293	0,63146	0,75055	0,49680	0,17356	0,18776
0,49565	0,66601	0,44358	0,44238	0,53112	0,26782	0,55714	0,62907	0,16437	0,17426
0,80870	0,48577	0,38157	0,17720	0,21542	0,68368	0,83407	0,43920	0,14598	0,14726
0,39565	0,70711	0,53795	0,32713	0,37723	0,36108	0,39890	0,54800	0,19195	0,16414
0,64783	0,67233	0,41040	0,23091	0,20976	0,41705	0,68022	0,53733	0,15517	0,17764
0,60870	0,74822	0,38411	0,19622	0,23918	0,46551	0,64066	0,50747	0,12759	0,15738
0,54348	0,64387	0,45296	0,41217	0,50057	0,44314	0,58791	0,63973	0,21954	0,18101
0,72609	0,59644	0,41497	0,38420	0,35573	0,63333	0,82967	0,51813	0,21034	0,15738
0,52174	0,61225	0,34428	0,34951	0,33423	0,33499	0,55275	0,48400	0,15517	0,18101
0,46522	0,69763	0,39807	0,19510	0,27199	0,39092	0,47363	0,55227	0,12759	0,20464
0,58696	0,57115	0,90000	0,28238	0,33536	0,62400	0,72418	0,51813	0,24713	0,12363
0,62609	0,69447	0,48277	0,15483	0,10000	0,47297	0,68901	0,55227	0,12759	0,14726
0,60000	0,74506	0,33583	0,22084	0,25728	0,33870	0,66264	0,51173	0,13678	0,13713
0,48696	0,68498	0,57455	0,15483	0,18260	0,43939	0,56593	0,51813	0,11839	0,15063
0,57391	0,64387	0,52713	0,18727	0,26747	0,56249	0,60110	0,60560	0,11839	0,16751
0,21304	0,63439	0,58786	0,37189	0,36704	0,59232	0,21868	0,50533	0,19195	0,18439
0,30000	0,70079	0,33253	0,22531	0,22560	0,49723	0,32418	0,59280	0,15517	0,17089
0,66522	0,75138	0,13630	0,50951	0,54130	0,33124	0,75495	0,54160	0,14598	0,15401
0,53478	0,63755	0,44971	0,46476	0,56280	0,53766	0,49560	0,57147	0,21034	0,17089
0,37826	0,55534	0,31047	0,11455	0,23805	0,48043	0,37253	0,47333	0,12759	0,15063
0,29565	0,76719	0,59695	0,22308	0,25276	0,58393	0,37253	0,58000	0,24713	0,17089
0,58261	0,68814	0,53905	0,62364	0,73706	0,45431	0,61429	0,50747	0,17356	0,17426
0,30000	0,68182	0,34810	0,42783	0,34554	0,63092	0,32418	0,57147	0,17356	0,17089
0,62609	0,80514	0,45568	0,11007	0,13960	0,43568	0,68022	0,63973	0,17356	0,16751
0,48696	0,62806	0,49297	0,43902	0,40438	0,66317	0,44286	0,49253	0,61494	0,28565
0,44348	0,71028	0,41885	0,27119	0,39420	0,45805	0,47802	0,55227	0,20115	0,18439
0,40435	0,71976	0,48775	0,32601	0,37949	0,42822	0,41209	0,58427	0,16437	0,15063
0,66522	0,64387	0,37363	0,34056	0,54470	0,41625	0,60110	0,53093	0,19195	0,16414
0,37826	0,54269	0,46506	0,56993	0,69745	0,71168	0,55275	0,54800	0,45862	0,35992
0,59130	0,59012	0,33542	0,36294	0,52207	0,67063	0,66264	0,56720	0,21954	0,17764
0,64783	0,72609	0,46378	0,15259	0,68614	0,52386	0,50879	0,77627	0,19195	0,19789
0,37826	0,71660	0,52799	0,13580	0,17808	0,35362	0,39890	0,52667	0,13678	0,14051
0,51304	0,64704	0,45041	0,48266	0,52659	0,52631	0,36813	0,51813	0,13678	0,19451
0,51304	0,73241	0,53546	0,38867	0,47680	0,86692	0,53956	0,54587	0,12759	0,16076
0,64348	0,74506	0,32222	0,24545	0,25728	0,39092	0,68901	0,52240	0,14598	0,13376
0,36087	0,68498	0,56783	0,76014	0,55941	0,59232	0,37692	0,53520	0,25632	0,15738
0,51739	0,67549	0,43130	0,53413	0,64201	0,39463	0,57033	0,58213	0,33908	0,19789
0,57391	0,67866	0,55388	0,45021	0,46209	0,57906	0,57033	0,55013	0,15517	0,18101
0,63478	0,72609	0,33623	0,31706	0,26068	0,37600	0,66703	0,55653	0,22874	0,20464
0,32609	0,54269	0,41382	0,13357	0,13847	0,59232	0,31978	0,44133	0,15517	0,15063
0,40435	0,62806	0,44867	0,30364	0,44851	0,45560	0,40330	0,65040	0,16437	0,15063
0,50435	0,57431	0,56221	0,18392	0,16789	0,43568	0,51758	0,47547	0,15517	0,17426
0,39130	0,70395	0,53656	0,20070	0,19844	0,46177	0,40330	0,59707	0,20115	0,12363
0,74348	0,49842	0,42227	0,86308	0,76535	0,63146	0,83407	0,44133	0,17356	0,14388
0,40435	0,70711	0,53297	0,20406	0,26294	0,46926	0,42527	0,56507	0,16437	0,15063

0,55652	0,56482	0,42285	0,24098	0,40325	0,38530	0,68901	0,49893	0,15517	0,14726
0,40435	0,67549	0,42962	0,18615	0,18147	0,39463	0,41648	0,59707	0,20115	0,13376
0,59565	0,55850	0,41092	0,35063	0,35686	0,63333	0,74176	0,47120	0,14598	0,18439
0,63913	0,70079	0,31000	0,19063	0,27086	0,43939	0,67582	0,51600	0,14598	0,16414
0,36087	0,48577	0,57003	0,14140	0,17355	0,48043	0,37253	0,44560	0,12759	0,15401
0,63913	0,73874	0,33727	0,28350	0,24371	0,37600	0,68022	0,56293	0,47701	0,26878
0,39130	0,72925	0,55825	0,16378	0,22560	0,36854	0,41209	0,59493	0,22874	0,16751
0,39565	0,71344	0,48324	0,40881	0,43607	0,69488	0,38571	0,52453	0,31149	0,30253
0,35217	0,65968	0,58856	0,27007	0,32178	0,52144	0,56593	0,48187	0,13678	0,17426
0,30000	0,57431	0,48804	0,46811	0,50283	0,64079	0,27143	0,45413	0,10920	0,16751
0,71304	0,63755	0,25093	0,44350	0,45983	0,49906	0,78132	0,53733	0,14598	0,15063
0,39130	0,70711	0,53251	0,22084	0,26747	0,34616	0,39890	0,53307	0,12759	0,14726
0,35217	0,65652	0,49551	0,29357	0,30594	0,51211	0,54835	0,44133	0,17356	0,16751
0,36087	0,58379	0,54658	0,51287	0,51528	0,69114	0,40330	0,48613	0,17356	0,13376
0,66087	0,75138	0,32309	0,22196	0,29689	0,43568	0,70659	0,53733	0,11839	0,14051
0,32174	0,62490	0,60610	0,16490	0,17808	0,48414	0,48242	0,48400	0,14598	0,17089
0,64348	0,59012	0,22431	0,51399	0,50962	0,69676	0,70659	0,45200	0,15517	0,13038
0,65217	0,75455	0,34057	0,14140	0,13281	0,32378	0,72418	0,55227	0,16437	0,13713
0,48696	0,68814	0,40102	0,34727	0,35686	0,53600	0,38571	0,53947	0,10920	0,15063
0,66087	0,58696	0,39442	0,43343	0,49491	0,62216	0,72857	0,52027	0,15517	0,18101
0,64783	0,73557	0,39465	0,19399	0,24257	0,39467	0,69341	0,54373	0,15517	0,15738
0,41304	0,65336	0,44589	0,59790	0,78119	0,31445	0,39890	0,60987	0,12759	0,14726
0,39130	0,62806	0,48550	0,61692	0,76535	0,68184	0,38132	0,52880	0,12759	0,20127
0,66957	0,79565	0,39656	0,16154	0,19392	0,43568	0,71978	0,51600	0,10920	0,17764
0,46522	0,52688	0,22003	0,18727	0,21994	0,37975	0,46923	0,37947	0,14598	0,15063
0,58261	0,67233	0,50501	0,56545	0,68614	0,48321	0,47802	0,57147	0,16437	0,21477
0,33478	0,78933	0,50211	0,48266	0,47680	0,38717	0,39890	0,58427	0,19195	0,18101
0,40435	0,70079	0,52568	0,20294	0,29010	0,39092	0,41209	0,55227	0,20115	0,17426
0,28696	0,72292	0,62110	0,22420	0,25389	0,46551	0,43846	0,52453	0,11839	0,13713
0,52609	0,68814	0,49169	0,34839	0,40552	0,50656	0,46923	0,53520	0,21954	0,17764
0,53913	0,79881	0,45655	0,21636	0,40891	0,47856	0,50000	0,77200	0,12759	0,14388
0,66522	0,78617	0,38284	0,13804	0,13960	0,36108	0,71538	0,68240	0,16437	0,16414
0,49565	0,62806	0,53309	0,13021	0,16902	0,56285	0,90000	0,55867	0,14598	0,18101
0,68261	0,67549	0,44445	0,48266	0,52207	0,64825	0,82967	0,55867	0,23793	0,17089
0,70435	0,60909	0,46315	0,47818	0,62617	0,62029	0,78571	0,52027	0,42184	0,16076
0,69130	0,76087	0,41121	0,20070	0,21542	0,32937	0,75495	0,61200	0,16437	0,13713
0,33043	0,53953	0,28186	0,35287	0,25050	0,47856	0,33736	0,50320	0,14598	0,15401
0,67391	0,75455	0,44010	0,15259	0,21202	0,27903	0,72418	0,47547	0,14598	0,17426
0,70870	0,59328	0,55694	0,13357	0,12716	0,35362	0,76813	0,44987	0,13678	0,15738
0,23478	0,60593	0,64159	0,48042	0,44173	0,71539	0,24066	0,48827	0,14598	0,19451
0,25217	0,62490	0,55839	0,43902	0,46096	0,68930	0,26264	0,52667	0,11839	0,19114
0,39565	0,72292	0,55272	0,27566	0,30368	0,40209	0,39451	0,56080	0,14598	0,19451
0,45652	0,56482	0,57298	0,14811	0,17129	0,29766	0,46044	0,41787	0,13678	0,16751
0,49130	0,55850	0,62353	0,15818	0,19505	0,43568	0,50440	0,44133	0,15517	0,15063
0,41739	0,70711	0,44543	0,26000	0,28105	0,43939	0,42967	0,55653	0,15517	0,18439
0,55652	0,64387	0,61670	0,40769	0,40665	0,50281	0,57033	0,52240	0,17356	0,16751
0,53913	0,59328	0,57159	0,12909	0,16450	0,43384	0,54835	0,44773	0,15517	0,14051
0,28696	0,65968	0,35447	0,34168	0,38967	0,45989	0,29780	0,52667	0,26552	0,16751
0,50870	0,61858	0,39749	0,10783	0,15997	0,48043	0,51758	0,57787	0,15517	0,14726
0,39565	0,75138	0,28163	0,20741	0,26294	0,34987	0,38571	0,58853	0,26552	0,17089
0,28696	0,68814	0,59238	0,18168	0,19731	0,44314	0,56154	0,48613	0,13678	0,17426
0,30435	0,59328	0,44543	0,46811	0,57751	0,56620	0,32857	0,47547	0,22874	0,14388
0,40000	0,67233	0,56673	0,19846	0,21202	0,43939	0,54835	0,48827	0,12759	0,16076
0,62174	0,70079	0,29767	0,24769	0,33989	0,37225	0,65824	0,52240	0,16437	0,16751
0,41739	0,58063	0,34497	0,17832	0,23805	0,47110	0,41648	0,44773	0,13678	0,15738
0,48261	0,71660	0,57449	0,16042	0,34215	0,51063	0,50000	0,64613	0,11839	0,17426

0,68696	0,62490	0,39483	0,33720	0,40665	0,59232	0,74615	0,46907	0,12759	0,16414
0,23913	0,69130	0,49378	0,26671	0,33423	0,51341	0,25824	0,53947	0,17356	0,12700
0,53043	0,64071	0,41324	0,37972	0,45644	0,46177	0,58352	0,59920	0,16437	0,14726
0,40000	0,61542	0,41625	0,19063	0,28105	0,50840	0,57033	0,47120	0,14598	0,17089
0,46087	0,65968	0,46158	0,28350	0,46322	0,49795	0,45165	0,51173	0,15517	0,10000
0,42174	0,60277	0,44508	0,53189	0,56506	0,49906	0,45604	0,53307	0,14598	0,15063
0,49130	0,65652	0,51039	0,30811	0,36591	0,47297	0,53077	0,59707	0,14598	0,17426
0,29565	0,52688	0,42922	0,44014	0,55827	0,70234	0,30220	0,48400	0,18276	0,21477
0,63913	0,68814	0,35186	0,43566	0,69632	0,46551	0,69780	0,56507	0,12759	0,14726
0,45652	0,69130	0,63551	0,13469	0,28897	0,44126	0,57033	0,47973	0,15517	0,16751
0,37391	0,66917	0,61820	0,17049	0,18939	0,52890	0,55714	0,49253	0,13678	0,15063
0,30000	0,69130	0,46349	0,68182	0,74724	0,68930	0,28462	0,55013	0,10920	0,24515
0,45652	0,71976	0,44624	0,37972	0,43607	0,40209	0,49121	0,61200	0,14598	0,16414
0,52174	0,59644	0,53824	0,19287	0,26634	0,45805	0,53956	0,41573	0,13678	0,13376
0,39130	0,69763	0,48150	0,19175	0,18713	0,38717	0,40330	0,59067	0,18276	0,13038
0,56087	0,59012	0,44618	0,37636	0,37270	0,77881	0,84286	0,45413	0,14598	0,15738
0,72174	0,58063	0,41422	0,54308	0,54356	0,65384	0,78132	0,50747	0,18276	0,17764
0,46957	0,71344	0,51769	0,33497	0,43154	0,45805	0,49560	0,60133	0,24713	0,19789
0,41739	0,67866	0,45504	0,17161	0,20750	0,70793	0,41648	0,56080	0,18276	0,17089
0,63913	0,56798	0,43472	0,86979	0,82532	0,65946	0,86484	0,43707	0,12759	0,15738
0,65217	0,59012	0,43883	0,33497	0,41683	0,45618	0,70220	0,50747	0,18276	0,21477
0,66522	0,55534	0,27237	0,35399	0,54696	0,59232	0,71538	0,52027	0,43103	0,31941
0,60870	0,69447	0,32737	0,24769	0,34102	0,42450	0,65385	0,52240	0,13678	0,16751
0,57391	0,70395	0,46344	0,21748	0,30028	0,59604	0,62747	0,60987	0,13678	0,14388
0,29565	0,69130	0,47415	0,20629	0,26407	0,39092	0,37253	0,57147	0,18276	0,17089
0,45652	0,65020	0,50443	0,28797	0,37044	0,56061	0,48242	0,52667	0,29310	0,24852
0,41739	0,57747	0,42650	0,14476	0,26294	0,45059	0,41648	0,51173	0,13678	0,19114
0,41304	0,72292	0,52701	0,23427	0,31047	0,38346	0,41648	0,56293	0,14598	0,15063
0,62174	0,72292	0,29750	0,24769	0,28784	0,45431	0,66264	0,52880	0,10920	0,13713
0,35652	0,74822	0,44740	0,24210	0,20750	0,52148	0,26703	0,57787	0,14598	0,22152
0,60870	0,68814	0,31678	0,32713	0,78232	0,31258	0,67143	0,49893	0,17356	0,14051
0,39130	0,74822	0,51514	0,45804	0,43607	0,35733	0,41209	0,59493	0,12759	0,15738
0,66087	0,59960	0,36350	0,53972	0,52885	0,65571	0,72857	0,54160	0,25632	0,17089
0,51304	0,71660	0,61814	0,27007	0,30141	0,51193	0,49121	0,50533	0,19195	0,15401
0,65217	0,73241	0,58589	0,17832	0,17468	0,17366	0,72418	0,54160	0,17356	0,14388
0,71304	0,59644	0,39795	0,45133	0,45304	0,71351	0,78132	0,52453	0,17356	0,16076
0,37391	0,69130	0,50159	0,34503	0,34781	0,39838	0,35934	0,58427	0,13678	0,16414
0,39130	0,59960	0,51456	0,26783	0,33423	0,47297	0,54396	0,45840	0,14598	0,14726
0,67391	0,73874	0,31764	0,24657	0,27992	0,43568	0,73297	0,53307	0,14598	0,13713
0,30522	0,64704	0,63702	0,18615	0,29010	0,48602	0,46088	0,49680	0,12759	0,15401
0,65217	0,70079	0,51028	0,77469	0,54922	0,48526	0,61868	0,51813	0,11839	0,18439
0,64348	0,62490	0,36738	0,74448	0,77440	0,67063	0,55275	0,52027	0,18276	0,15738
0,38261	0,76719	0,37184	0,50168	0,60806	0,67438	0,31978	0,57147	0,22874	0,20464
0,49130	0,65652	0,52660	0,32490	0,39081	0,28649	0,52198	0,59067	0,22874	0,19789
0,53043	0,62490	0,42904	0,49049	0,67482	0,37971	0,58352	0,60987	0,11839	0,16076
0,46957	0,68182	0,47334	0,35734	0,43607	0,44314	0,50440	0,61627	0,30230	0,16751
0,32174	0,61542	0,51236	0,45692	0,36139	0,61283	0,33297	0,50960	0,25632	0,16751
0,71304	0,62806	0,24527	0,33720	0,31952	0,54757	0,78571	0,53733	0,26552	0,17764
0,45652	0,60277	0,49354	0,12350	0,13621	0,37975	0,46044	0,50960	0,12759	0,14726
0,65652	0,77668	0,33988	0,21413	0,30820	0,47297	0,72857	0,53520	0,12759	0,16751
0,50870	0,61225	0,39303	0,35510	0,45644	0,48414	0,64945	0,54800	0,13678	0,15738
0,62609	0,73874	0,28401	0,27790	0,30707	0,25290	0,68901	0,58213	0,12759	0,14388
0,36522	0,52688	0,56088	0,13469	0,41344	0,38530	0,35934	0,44133	0,13678	0,16751
0,33043	0,71344	0,60929	0,10224	0,13168	0,29207	0,46044	0,48613	0,14598	0,15738
0,32174	0,67549	0,51780	0,18951	0,24371	0,59063	0,30220	0,53947	0,14598	0,12025
0,66522	0,85889	0,36889	0,12685	0,15318	0,34241	0,71538	0,51387	0,13678	0,14051

0,65217	0,63755	0,44398	0,22867	0,28670	0,49164	0,70220	0,53733	0,12759	0,15401
0,37391	0,57115	0,44769	0,39427	0,63296	0,71726	0,33736	0,53733	0,11839	0,21139
0,45652	0,67233	0,58091	0,20629	0,28784	0,54382	0,58352	0,43707	0,17356	0,16414
0,66522	0,73874	0,32592	0,32378	0,33197	0,32378	0,72857	0,53733	0,23793	0,16076
0,30870	0,67549	0,47525	0,29245	0,35573	0,43229	0,26264	0,50107	0,11839	0,15401
0,64348	0,64071	0,44248	0,16713	0,23013	0,40213	0,70220	0,58640	0,17356	0,15063
0,63913	0,74190	0,31336	0,22531	0,24710	0,45805	0,69780	0,54160	0,13678	0,14726
0,33478	0,68814	0,38724	0,14140	0,17355	0,47668	0,36813	0,52027	0,13678	0,15063
0,43913	0,69130	0,50912	0,27455	0,32518	0,43751	0,57912	0,53093	0,17356	0,16414
0,71739	0,57115	0,33148	0,27902	0,31273	0,47297	0,80769	0,50107	0,11839	0,16414
0,63478	0,69447	0,32882	0,11790	0,11810	0,60724	0,70659	0,54160	0,12759	0,15738
0,34783	0,68814	0,47617	0,36294	0,52885	0,49348	0,24066	0,53093	0,16437	0,20127
0,38696	0,67549	0,29564	0,37189	0,41909	0,65571	0,36374	0,56933	0,19195	0,20802
0,34348	0,65336	0,48118	0,20294	0,34102	0,50447	0,38132	0,55013	0,12759	0,20127
0,39130	0,70079	0,56320	0,14811	0,15318	0,32378	0,41648	0,58427	0,17356	0,16751
0,48261	0,77036	0,24000	0,31930	0,34441	0,50281	0,50440	0,57573	0,15517	0,17089
0,49565	0,65020	0,60859	0,24545	0,30934	0,56825	0,39890	0,45840	0,18276	0,13038
0,31304	0,58696	0,42789	0,57329	0,78006	0,68555	0,32857	0,51387	0,16437	0,32954
0,45652	0,69763	0,46830	0,54531	0,65106	0,42447	0,49560	0,61413	0,19195	0,18776
0,64348	0,80198	0,43425	0,19622	0,21542	0,47297	0,72857	0,64187	0,21034	0,17089
0,36522	0,56482	0,51560	0,13469	0,13621	0,40955	0,35934	0,44560	0,13678	0,17764
0,48696	0,72292	0,36576	0,68741	0,65106	0,60984	0,39890	0,57787	0,12759	0,14051
0,35217	0,65652	0,45058	0,18951	0,24371	0,38346	0,35934	0,57147	0,23793	0,19114
0,46522	0,62174	0,26235	0,12685	0,14413	0,20631	0,39890	0,53307	0,13678	0,16076
0,41739	0,52688	0,51149	0,15259	0,21768	0,38905	0,41648	0,40720	0,15517	0,20464
0,62304	0,59012	0,52377	0,59790	0,90000	0,57553	0,75934	0,48187	0,16437	0,18439
0,53043	0,59644	0,61311	0,15483	0,20071	0,49535	0,54396	0,49040	0,16437	0,15401
0,63478	0,70711	0,30792	0,25329	0,32065	0,43568	0,68022	0,51173	0,12759	0,17089
0,62609	0,75455	0,32332	0,22867	0,25728	0,42822	0,67143	0,52880	0,13678	0,13713
0,51739	0,80830	0,50715	0,36853	0,74611	0,48378	0,53516	0,90000	0,18276	0,11688
0,60870	0,79249	0,36964	0,17385	0,25615	0,48126	0,64066	0,59920	0,12759	0,14388
0,57826	0,66601	0,40009	0,32490	0,43267	0,39095	0,63626	0,44987	0,12759	0,14051
0,44348	0,71976	0,38712	0,18168	0,25389	0,47668	0,46044	0,53307	0,16437	0,20802
0,48261	0,67866	0,56603	0,49161	0,54696	0,50223	0,38132	0,53520	0,18276	0,20802
0,71304	0,62806	0,23606	0,29916	0,29123	0,58670	0,79890	0,51173	0,15517	0,14051
0,67826	0,71660	0,10000	0,37860	0,42928	0,44314	0,74176	0,53947	0,10000	0,15063
0,70870	0,57747	0,31539	0,28350	0,31952	0,35175	0,78132	0,50747	0,17356	0,13376
0,66087	0,58379	0,39946	0,46252	0,48586	0,63146	0,74176	0,44773	0,24713	0,16751
0,69565	0,61225	0,39396	0,45692	0,47793	0,62775	0,77253	0,49467	0,12759	0,16751
0,48261	0,71660	0,29101	0,35175	0,32178	0,50281	0,50440	0,55227	0,15517	0,17426
0,45217	0,70079	0,43831	0,22308	0,24371	0,36479	0,49121	0,62053	0,20115	0,16414
0,26522	0,61225	0,56337	0,33720	0,47001	0,38159	0,24505	0,49040	0,17356	0,14388
0,37391	0,47945	0,62538	0,12238	0,15545	0,37225	0,38132	0,40933	0,22874	0,15738
0,39130	0,68498	0,43576	0,25664	0,33876	0,38717	0,41209	0,59493	0,23793	0,17089
0,53043	0,67233	0,42424	0,39427	0,44173	0,45431	0,58352	0,60987	0,12759	0,18439
0,37391	0,73874	0,49644	0,25888	0,32291	0,48414	0,37253	0,60347	0,16437	0,15401
0,61304	0,66601	0,57547	0,30140	0,40438	0,77506	0,54396	0,52667	0,30230	0,31603
0,39130	0,75138	0,46025	0,24657	0,26068	0,39092	0,40330	0,57787	0,22874	0,18776
0,33913	0,63439	0,59331	0,25217	0,33310	0,39276	0,50879	0,45627	0,16437	0,19114
0,46087	0,62174	0,42696	0,25329	0,38854	0,49870	0,39011	0,46907	0,12759	0,16414
0,40435	0,64704	0,59718	0,21972	0,31612	0,60350	0,44725	0,66960	0,21954	0,17426
0,40435	0,76087	0,55474	0,21189	0,32744	0,46551	0,41648	0,58853	0,21034	0,18439
0,90000	0,77036	0,29055	0,27231	0,30028	0,69676	0,85604	0,53093	0,12759	0,13376
0,29130	0,63439	0,31637	0,44350	0,45078	0,58486	0,29780	0,50960	0,17356	0,17089
0,32174	0,62806	0,53164	0,20965	0,29689	0,40209	0,55275	0,47547	0,16437	0,17089
0,43043	0,72925	0,44363	0,29469	0,35686	0,37971	0,47363	0,59707	0,17356	0,18101

0,50870	0,53004	0,39621	0,17385	0,22900	0,47481	0,52198	0,50320	0,14598	0,17089
0,43478	0,54901	0,55804	0,12014	0,15545	0,46177	0,41648	0,43493	0,12759	0,14726
0,39565	0,69447	0,58196	0,30028	0,39873	0,53730	0,28022	0,52880	0,21034	0,15738
0,39130	0,78300	0,55098	0,23538	0,29010	0,34616	0,38571	0,57360	0,10920	0,16414
0,54783	0,55217	0,43205	0,29133	0,29463	0,75456	0,79011	0,45413	0,15517	0,18101
0,61304	0,65336	0,53326	0,79483	0,75969	0,37225	0,61429	0,60347	0,18276	0,18101
0,35217	0,72925	0,51311	0,36853	0,29010	0,85524	0,29341	0,57573	0,11839	0,19451
0,49565	0,66917	0,43310	0,23762	0,29576	0,46551	0,82967	0,42213	0,14598	0,15401
0,59565	0,70079	0,31510	0,21636	0,29123	0,39092	0,63187	0,52453	0,13678	0,16414
0,58261	0,59012	0,45452	0,44797	0,47001	0,66317	0,75934	0,42427	0,15517	0,18101
0,52174	0,59328	0,60048	0,21748	0,25728	0,45434	0,54396	0,51600	0,16437	0,13713
0,43913	0,53953	0,48492	0,53524	0,76535	0,47297	0,45165	0,56720	0,20115	0,16414
0,30435	0,52055	0,46234	0,13692	0,12489	0,43939	0,31099	0,33467	0,13678	0,16076
0,50435	0,72609	0,43709	0,36629	0,35120	0,44685	0,51758	0,55867	0,17356	0,16414
0,55217	0,60593	0,45730	0,49497	0,45983	0,65013	0,79011	0,47760	0,30230	0,20464
0,36522	0,53320	0,48382	0,60462	0,90000	0,70422	0,35495	0,55440	0,12759	0,20127
0,57391	0,61858	0,41492	0,34503	0,33083	0,65013	0,81209	0,43920	0,18276	0,16414
0,71304	0,59960	0,44971	0,22531	0,25842	0,73031	0,77253	0,47547	0,22874	0,22489
0,50000	0,65020	0,43478	0,48042	0,75177	0,36854	0,57033	0,59707	0,19195	0,19789
0,48696	0,72609	0,37821	0,22420	0,27539	0,50281	0,50000	0,55653	0,13678	0,16414
0,62609	0,70079	0,31701	0,10336	0,12150	0,27903	0,68901	0,53733	0,22874	0,14726
0,60000	0,68182	0,33009	0,21636	0,31047	0,33495	0,63626	0,52880	0,14598	0,12700
0,50000	0,68498	0,47959	0,34839	0,42475	0,50656	0,52637	0,53947	0,13678	0,13376
0,60870	0,65020	0,53234	0,67734	0,77666	0,45059	0,61429	0,56293	0,14598	0,13713
0,33913	0,63755	0,49580	0,23091	0,26521	0,50465	0,54396	0,41787	0,15517	0,17089
0,46957	0,69447	0,26501	0,41217	0,46775	0,40955	0,50440	0,61200	0,27471	0,19789
0,39130	0,71976	0,48208	0,27678	0,26294	0,33870	0,39890	0,58213	0,15517	0,13376
0,33478	0,50474	0,50657	0,12014	0,11924	0,46923	0,33297	0,36453	0,12759	0,16414
0,68696	0,59644	0,43061	0,49385	0,61146	0,64638	0,78132	0,51387	0,22874	0,18776
0,28261	0,52372	0,46784	0,16154	0,17016	0,43568	0,28462	0,48400	0,15517	0,15738
0,10000	0,71344	0,60604	0,17161	0,19165	0,30512	0,10000	0,56080	0,18276	0,11688
0,48261	0,58379	0,54762	0,19510	0,19731	0,49160	0,50440	0,40933	0,22874	0,17426
0,13913	0,65020	0,55081	0,48266	0,54130	0,59978	0,14835	0,49253	0,20115	0,31603
0,62174	0,71660	0,33212	0,19958	0,15771	0,40209	0,66264	0,52880	0,13678	0,11350
0,66087	0,70395	0,32523	0,23315	0,28557	0,42076	0,71099	0,53733	0,11839	0,10338
0,33478	0,52372	0,52747	0,13357	0,22673	0,55503	0,33736	0,38587	0,12759	0,15738
0,50000	0,65336	0,42534	0,32378	0,42475	0,39463	0,57033	0,60987	0,11839	0,19789
0,54348	0,65336	0,51016	0,38755	0,48020	0,50252	0,58791	0,60347	0,13678	0,15063
0,43913	0,65020	0,42036	0,30028	0,58317	0,54213	0,46044	0,52027	0,13678	0,15401
0,51739	0,55534	0,43703	0,29021	0,33536	0,49164	0,52198	0,45413	0,17356	0,14726
0,55652	0,65968	0,58972	0,29916	0,29123	0,45431	0,57033	0,50320	0,15517	0,15401
0,39565	0,65020	0,53587	0,20294	0,30141	0,53265	0,57912	0,42640	0,12759	0,15401
0,64783	0,79565	0,12258	0,27119	0,34554	0,20818	0,71538	0,51173	0,21310	0,16751
0,55652	0,67549	0,44311	0,46923	0,50170	0,51773	0,60989	0,54800	0,16437	0,12700
0,37391	0,58379	0,56360	0,19063	0,27426	0,54941	0,35934	0,47547	0,16437	0,19451
0,37391	0,74506	0,50501	0,32825	0,37610	0,53265	0,37253	0,60133	0,30230	0,19789
0,46522	0,65336	0,42204	0,24993	0,77440	0,49164	0,36374	0,46907	0,14598	0,17426
0,63913	0,59960	0,40849	0,40769	0,44738	0,67438	0,72857	0,55013	0,15517	0,20464
0,66522	0,77036	0,34214	0,15483	0,18034	0,34616	0,70659	0,52453	0,18276	0,14726
0,49130	0,57115	0,43483	0,29357	0,27652	0,53640	0,43846	0,46907	0,14598	0,14051
0,69130	0,62174	0,44311	0,29692	0,44286	0,51211	0,85165	0,43707	0,19195	0,16076
0,23913	0,65020	0,57101	0,33497	0,34781	0,53823	0,23626	0,50107	0,27471	0,11013
0,41739	0,71344	0,50924	0,43231	0,36252	0,46923	0,42527	0,53520	0,19195	0,15738
0,53043	0,57431	0,59736	0,15147	0,19279	0,43755	0,53956	0,40933	0,14598	0,14726
0,52609	0,56166	0,48191	0,13916	0,21994	0,51773	0,56593	0,52880	0,12759	0,16076
0,62174	0,69763	0,26195	0,23650	0,34554	0,37600	0,66703	0,52880	0,13678	0,16076

0,29130	0,59012	0,59093	0,56098	0,58656	0,75456	0,31099	0,50107	0,17356	0,18101
0,63478	0,64387	0,45516	0,15483	0,22221	0,48414	0,69341	0,55440	0,12759	0,18776
0,69130	0,74190	0,54571	0,21636	0,23692	0,36854	0,73297	0,58213	0,19195	0,15063
0,71304	0,61225	0,40583	0,31930	0,29802	0,66317	0,78132	0,51173	0,13678	0,15401
0,29565	0,65020	0,55069	0,48378	0,71216	0,71351	0,30220	0,47120	0,21034	0,18101
0,47826	0,68814	0,41451	0,21972	0,18600	0,52519	0,49121	0,56080	0,16437	0,16076
0,33478	0,55217	0,43686	0,12909	0,14752	0,56995	0,30220	0,49467	0,15517	0,14726
0,70000	0,63123	0,24064	0,24993	0,23692	0,49719	0,75495	0,52453	0,12759	0,14726
0,56957	0,69763	0,36026	0,21860	0,31499	0,43568	0,60549	0,55440	0,14598	0,17089
0,60000	0,69763	0,34509	0,18168	0,24936	0,32007	0,66703	0,53947	0,11839	0,14726
0,62174	0,63755	0,42152	0,12126	0,10453	0,67438	0,73736	0,47760	0,11839	0,15401
0,37826	0,63439	0,27474	0,35063	0,40665	0,50840	0,33736	0,54160	0,11839	0,16751
0,48696	0,66601	0,61513	0,30699	0,38967	0,51715	0,51319	0,63973	0,20115	0,16751
0,65217	0,77984	0,39332	0,15706	0,16450	0,31632	0,69341	0,61413	0,21034	0,23165
0,66087	0,65968	0,43356	0,22420	0,30141	0,52519	0,71978	0,63120	0,14598	0,14726
0,50435	0,72925	0,41793	0,48378	0,49943	0,44685	0,51319	0,54800	0,22874	0,18101
0,70000	0,63439	0,47357	0,17720	0,33989	0,57106	0,61868	0,69733	0,10920	0,17426
0,63478	0,70079	0,30305	0,17832	0,27652	0,25290	0,70220	0,52453	0,10920	0,12363
0,36522	0,58063	0,60193	0,22531	0,25842	0,35733	0,37253	0,40507	0,22874	0,19789
0,38696	0,70079	0,58375	0,33832	0,35686	0,37975	0,42527	0,55440	0,17356	0,16076
0,41739	0,69447	0,43032	0,22531	0,27086	0,47297	0,42967	0,55867	0,17356	0,16751
0,39130	0,77668	0,54728	0,26336	0,33876	0,37600	0,40769	0,59280	0,24713	0,17089
0,71739	0,59012	0,17233	0,31483	0,32291	0,51773	0,80769	0,47973	0,19195	0,12700
0,61739	0,62490	0,50483	0,15483	0,25728	0,61470	0,64066	0,56720	0,19195	0,17764
0,46957	0,69763	0,54287	0,44909	0,62843	0,14476	0,50440	0,61413	0,20115	0,18439
0,44348	0,71344	0,51653	0,26000	0,25502	0,43193	0,46484	0,55227	0,17356	0,17426
0,33913	0,70079	0,64570	0,23986	0,25276	0,44425	0,34615	0,53947	0,19195	0,23165
0,66087	0,83992	0,37607	0,15594	0,10339	0,35737	0,71538	0,48400	0,11839	0,12700
0,44783	0,65336	0,60130	0,25776	0,35007	0,47297	0,49121	0,48400	0,11839	0,16751
0,62174	0,72925	0,30114	0,13021	0,34554	0,42822	0,78132	0,59707	0,14598	0,16414
0,41304	0,59012	0,32349	0,45245	0,38515	0,38159	0,46484	0,54160	0,12759	0,16076
0,73913	0,76403	0,41289	0,30252	0,20750	0,19697	0,81209	0,54800	0,13678	0,14726
0,32609	0,58063	0,53743	0,19287	0,29349	0,48973	0,34615	0,49680	0,15517	0,17764
0,39130	0,75455	0,43646	0,18056	0,19844	0,36108	0,39451	0,55440	0,18276	0,16751
0,65217	0,63123	0,38915	0,40210	0,48133	0,50252	0,72418	0,49893	0,15517	0,14051
0,55652	0,60277	0,49609	0,15930	0,15318	0,48750	0,57912	0,50747	0,22874	0,17764
0,44783	0,58696	0,24434	0,12350	0,13621	0,53077	0,46044	0,49467	0,13678	0,15401
0,51739	0,72609	0,41694	0,34503	0,41231	0,42450	0,53077	0,54587	0,17356	0,18439
0,26957	0,62174	0,49968	0,59902	0,47567	0,60908	0,30220	0,49040	0,22874	0,15738
0,43913	0,63755	0,49001	0,31930	0,37723	0,40732	0,46484	0,53520	0,18276	0,24852
0,30000	0,59960	0,48364	0,60685	0,64993	0,50094	0,30659	0,48400	0,16437	0,13713
0,66522	0,76719	0,34115	0,39650	0,52433	0,33499	0,72418	0,50747	0,14598	0,17426
0,40435	0,69130	0,29929	0,35175	0,62051	0,61917	0,44725	0,52667	0,24713	0,18101
0,36522	0,54269	0,54403	0,13580	0,13734	0,43193	0,36374	0,40293	0,14598	0,15063
0,65217	0,65652	0,62231	0,28685	0,74045	0,63427	0,41648	0,51387	0,11839	0,17089
0,39130	0,69130	0,47490	0,39538	0,58656	0,18205	0,40330	0,57573	0,21034	0,16751
0,66522	0,76087	0,37236	0,17608	0,25050	0,37975	0,74176	0,55440	0,12759	0,13038
0,68696	0,59960	0,40554	0,44014	0,62164	0,49849	0,66264	0,50533	0,16437	0,16414

## ÖZGEÇMİŞ

1971 Yılında Karabük'ün Ovacık ilçesinde doğan Muharrem DÜĞENCİ, 1993 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Sakarya Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği bölümünü bitirdi. . Endüstri Mühendisliği dalında Yüksek Lisans eğitimini 1996 yılında tamamladı. 1994-2001 yılları arasında Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. Daha sonra 3 yıl özel sektörde Proje Yöneticiliği, Bilgi İşlem ve Analiz Müdürlüğü yaptı. 2004'te göreve başladığı PTT Genel Müdürlüğü Teknik İşler ve Otomasyon dairesinde, Kayıtlı Posta Gönderilerinin otomasyonu projesinde sistem analizi, yazılım geliştirme ve uygulama aşamalarında aktif görev aldı. 2005 yılında Ankara Üniversitesi Avrupa Toplulukları Araştırma ve Uygulama Merkezi (ATAUM) da Avrupa Birliği Uzmanlık programını tamamladı. Haziran 2006 PTT Genel Müdürlüğünden naklen atama ile ADASU'da Bilgi İşlem Daire Başkanı olarak göreve başladı. Oracle ve Sybase Veri Tabanı Yönetim yazılımları, Java programlama, Linux İşletim sistemi, PL SQL - Transact SQL sorgulama dilleri konularında eğitimlere katıldı ve proje uygulamalarında aktif görev aldı. Evli ve iki çocuk babası.