

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gökhan YAMAN

**AKYATAN LAGÜNÜ'NDE SU KALİTESİNİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ
ANALİZİ**

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2010

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKYATAN LAGÜNÜ'NDE SU KALİTESİNİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ
ANALİZİ**

Gökhan YAMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**Bu tez 23/08/2010 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği İle
Kabul Edilmiştir.**

.....
Yrd.Doç.Dr. Zeliha SELEK
DANIŞMAN

.....
Doç.Dr.Fuat BUDAK
ÜYE

.....
Yrd. Doç. Dr. Hatice ÇAĞATAY
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL
Enstitü Müdürü**

Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Projeleri Araştırma Projeleri Birimi Tarafından
Desteklenmiştir.

Proje No: MMF.2009.YL.1

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların
kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 Sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'ndaki hükümlere
tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**AKYATAN LAGÜNÜ'NDE SU KALİTESİNİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ
ANALİZİ**

Gökhan YAMAN

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Zeliha SELEK
Yıl: 2010, Sayfa: 226
Üye : Yrd. Doç. Dr. Zeliha SELEK
: Doç. Dr. Fuat BUDAK
: Yrd. Doç. Dr. Hatice ÇAĞATAY

Bu çalışmada, Türkiye'nin en büyük lagün gölü olan ve Ramsar Alanı (Uluslararası Öne Sahip Sulak Alanlar Sözleşmesi) içerisinde bulunan Akyatan Lagünü'nde Haziran 2008-Kasım 2008 dönemleri arasında sıcaklık, çözülmüş oksijen (ÇO), pH, alkalinite, elektriksel iletkenlik (Eİ), tuzluluk, çözülmüş katı madde (ÇKM), klorür (Cl⁻), askıda katı madde (AKM), sülfat, toplam fosfor (TP), nitrit (NO₂), nitrat(NO₃) gibi fiziksel ve kimyasal parametrelerin değişimleri 14 farklı istasyonda aylık periyotlarda izlenmiştir. Elde edilen bu veriler DHI firması tarafından geliştirilen MİKE 21 HD ve AD bilgisayar programı kullanılarak su kalitesinin değişimi tespit edilmeye çalışılmıştır.

Sonuçta; Akyatan lagünü yüzey suyunda ÇO miktarı kalite parametresi sınıflarına göre II. Kalite su sınıfına girdiği saptanmıştır. Lagünün batı bölgesinde Tuzluluk, Eİ, ÇKM ve Cl⁻ değerlerinin, deniz suyunda bulunan değerlerden daha yüksek değerlere olduğu gözlenmiştir. AKM değerinin yağış, rüzgâr ve dalganın etkisiyle yükseldiği saptanmıştır. Sülfat değerinde çok yüksek sonuçlara rastlanmamış ancak, drenaj kanallarındaki sülfat sonuçlarının, lagüne göre daha düşük seviyelerde seyrettiği görülmüştür. Su kalitesini gözlemek amacıyla analiz edilen bütün parametreler; MİKE 21 HD ve AD bilgisayar programı kullanılarak gölün batimetrisi oluşturulmuş ve bu kalite parametrelerinin mevcut durumu hakkında bilgiler elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akyatan, lagünler, su kalitesi, Mike 21 HD ve AD

ABSTRACT

MSc THESIS

COMPUTER AIDED ANALYSES OF WATER QUALITY IN AKYATAN LAGOON

Gökhan YAMAN

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA**

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Zeliha SELEK
Year: 2010 Pages: 226
Jury : Asst. Prof. Dr. Zeliha SELEK
Assoc. Prof. Dr. Fuat BUDAK
Asst. Prof. Dr. Hatice ÇAĞATAY

In this study, Turkey's largest lagoon, lake, (in Ramsar area of International Importance Wetlands Convention), Akyatan Lagoon were monitored between June 2008-November 2008 period, using the physical and chemical parameters such as temperature, dissolved oxygen (DO), pH, alkalinity, electrical conductivity (Ei), salinity, dissolved solids (TDS), chloride (Cl⁻), suspended solids (TSS), sulfate, total phosphorus (TP), nitrite (NO₂), nitrate (NO₃), parameter variations of 14 different stations at monthly intervals. The data obtained from this current work were applied to MIKE 21 HD and AD computer program developed by the firm DHI in order to determine the variation of water quality.

In conclusion, Akyatan lagoon was classified as II. quality class according to water quality parameter DO amount in surface water. At the western part of lagoon, salinity, EC, TDS and Cl⁻ values, the values were found higher than sea water. It was found that the values of TSS were increased by the rainfall, wind and waves effect. Amount of sulphate were found low but compare to drainage canals for sulphate, lower levels observed in drainage canals. In order to monitor the water quality of all parameters analyzed; bathymetry of the lake was created using the computer program MIKE 21 HD and AD have been and information about the current state of the quality parameters were obtained.

Key Words: Akyatan, lagoons, water quality, Mike 21 HD and AD

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca değerli fikirlerinden ve yardımlarından faydalandığım ve bu tezi hazırlamamda bana büyük destek veren, beni bilgi ve tecrübesiyle destekleyen çalışmamda gösterdiği ilgi ve sabrından dolayı, danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Zeliha SELEK'e, hocam Sayın Doç. Dr. Fuat BUDAK' a, beni her konuda aydınlatan ve destekleyen, görüş ve önerileriyle bana yardımcı olan, rahat bir çalışma ortamının oluşmasını sağlayan hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet YÜCEER ve diğer bütün Çevre Mühendisliği Bölümü hocalarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmalarımın deneysel aşamasında benden yardımlarını esirgemeyen Çevre Mühendisi Ozan ÇETİNER'e, yüksek lisans öğrencileri Başak Deniz ERGÜN'e, Hakkı EGE'ye, Beyza ARIKAN'a, Ayşegül Demir'e, Mehmet Fahri KAV'a, İlker Balcılar'a ve bölümümüzün diğer doktora ve yüksek lisans öğrencileri sevgili arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmasının belirlenmesi ve arazi çalışmasının yürütülmesi için her türlü katkılarından dolayı DSİ VI. Bölge Müdürlüğüne, Bölge Müdür Yardımcısı Sayın Dr. Bülent SELEK'e; tezde kullandığım yazılımı temin eden ve kullanmamda bana yardım eden İnşaat Müh. Dr. İ.Kaan TUNÇOK', Çevre Baş. Müh. İrfan ASLANKURT'a; Biyolog Erdal NEVŞAT ve Mehmet BAKLACI'ya ayrıca teşekkür ederim.

Hayatım ve eğitimim boyunca maddi ve manevi her yönüyle benim yanımda olan ve beni destekleyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XVI
1.GİRİŞ.....	1
1.1.Sulak Alanlar.....	1
1.1.1.Sulak Alanların Sınıflandırılması.....	2
1.1.2.Sulak Alanların Önemi ve İşlevleri.....	5
1.1.3.Sulak Alanları Etkileyen Faktörler.....	7
1.1.4.Ülkemizdeki Sulak Alanlar ve Durumları.....	8
1.2.Lagünler.....	11
1.2.1.Lagünlere Etki Eden Faktörler.....	13
1.3.Akyatan Lagünü.....	16
1.3.1.Bölgenin Meteorolojik ve İklimsel Özellikleri.....	19
1.3.2.İşlev ve Değerleri.....	21
1.3.3.Flora ve Faunası.....	21
1.3.4.Alanın Ornitoloji (Kuş bilimi) Açısından Önemi:.....	23
1.3.5.Tarihi ve Kültürel Değerleri.....	24
1.3.6.Tarım ve Hayvancılık.....	25
1.3.7.Balıkçılık.....	25
1.3.8.Turizm.....	26
1.3.9.Avcılık.....	26
1.4.Koruma ve Yönetim.....	26
1.5.Su Kalitesi ve Havza Modellemede Kullanılan Yazılımlar.....	27
1.5.1.QUAL2E/QUAL2E-UNCAS.....	28
1.5.2.Water Quality Analysis Simulation Program(WASP).....	32

1.5.3.CE-QUAL-W2.....	36
1.5.4.Better Assessment Science Integrating Point and Nonpoint Sources (BASINS).....	38
1.5.5.Hydrologic Engineering Center-River Analysis System(HEC-RAS)	39
1.5.6.Hydrologic Engineering Center -Hydrologic Modelling System (HEC-HMS).....	41
1.6.Mike 21 Hidrodinamik Modelleme Akış Sistemi	42
1.6.1.Mike 21 Modeline Esas Olan Temel Kaynak Veriler.....	43
1.6.1.1.Temel Parametreler.....	43
1.6.1.2.Hidrodinamik Parametreler	43
1.6.2. .Mike 21 Model Parametrelerinin Hazırlanması.....	44
1.6.1.3.Hidrodinamik Modül.....	44
1.6.2.1.Veritoplama.....	44
1.6.2.2.Verit Analizi	44
1.6.2.3.Model Batimetrisi	48
1.6.2.4.Sınır Verileri.....	49
1.6.2.5.Hassasiyet Analizi ve Kalibrasyon Parametrelerinin Seçimi.....	50
1.6.2.6.Taban Sürtünme Katsayısı	52
1.6.2.7.Eddy Vizkositesi.....	54
1.6.2.8.Rüzgâr Sürtünme Katsayısı.....	55
1.6.3.Mike 21 Hidrodinamik Akış Modelleme Sistemi Denklem Takımları ...	56
1.6.3.1.Mike 21 Hidrodinamik Akış Modeli Çözüm Algoritması.....	57
1.6.4.Mike 21 Hidrodinamik Akış Modeli Kütle Denklemleri.....	62
1.6.4.1.X Yönlü Kütle Denklemi	62
1.6.4.2.Y Yönlü Kütle Denklemi	63
1.6.4.3.Momentum Denklemleri	63
1.6.4.4.Zamana Bağlı Terim	65
1.6.4.5.Konvektif ve Kısmi Momentum Düzeltme Terimleri	65
1.6.4.6.Yerçekimi Terimi.....	65
1.6.4.7. Taban Direnci Terimi.....	66
1.6.4.8. Coriolis Kuvveti Terimi.....	66

1.6.4.9. Rüzgâr Sürtünmesi Terimi	67
1.6.4.10. Atmosfer Basıncı Terimi.....	67
1.7. Mike 21 Flow Model-Advection Dispersion Modeli	69
1.7.1. Genel	69
1.7.2. Dağılım Prosesi.....	70
1.7.3. Türbülans.....	72
1.7.4. Kesme Akışları	74
1.7.5. Alt Grid Ölçeği	76
1.7.6. Katsayıların Tahmini.....	77
1.7.6.1. Temel Formüller	77
1.7.6.2. Deneyimin Kanıtı.....	80
1.7.6.3. Genel Bir Açıklama	83
1.7.7. Isı Yayılmı.....	85
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	87
3. MATERYAL VE METOD	113
3.1. Materyal	113
3.1.1. Çalışma Alanı	113
3.1.2. Akyatan Lagünü'ne Gelen Noktasal Kirlilik Kaynakları.....	115
3.1.3. Çalışma Dönemine Ait İklimsel Veriler	115
3.1.4. Su Kalitesi Gözlem İstasyonları	117
3.2. Metod.....	119
3.2.1. Fiziksel ve Kimyasal Su Kalitesi Gözlem Verileri.....	119
3.2.2. Mike 21 HD- AD Modelinin Seçimi	122
3.2.3. Mike 21 Su Kalitesi Model Tanımı	123
4. BULGULARI VE TARTIŞMA	129
4.1. Askıda Katı Madde İstasyon Bazında Aylık Değişimi.....	129
4.1.1. Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar	129
4.1.2. Lagünün Kuzey Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	131
4.1.3. Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	132
4.1.4. Lagünün Lagün Ağzı- Deniz Bölümündeki İstasyonlar	133
4.1.5. Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar.....	134

4.2. Alkalinite'nin İstasyon Bazında Aylık Değişimi	135
4.2.1.Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar	135
4.2.2.Lagünün Kuzey Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	136
4.2.3.Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	137
4.2.4.Lagünün Lagün Ağzı- Deniz Bölümündeki İstasyonlar	138
4.2.5.Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar.....	139
4.3. Elektriksel İletkenliğin İstasyon Bazında Aylık Değişimi.....	140
4.3.1.Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar	140
4.3.2.Lagünün Kuzey Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	141
4.3.3.Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	142
4.3.4.Lagünün Lagün Ağzı- Deniz Bölümündeki İstasyonlar	143
4.3.5.Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar.....	144
4.4.Klorür'ün İstasyon Bazında Aylık Değişimi	145
4.4.1.Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar	145
4.4.2.Lagünün Kuzey Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	146
4.4.3.Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	147
4.4.4.Lagünün Lagün Ağzı- Deniz Bölümündeki İstasyonlar	148
4.4.5.Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar.....	149
4.5. Nitrit'in İstasyon Bazında Aylık Değişimi	150
4.5.1.Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar	150
4.5.2.Lagünün Kuzey Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	151
4.5.3.Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	152
4.5.4.Lagünün Lagün Ağzı- Deniz Bölümündeki İstasyonlar	153
4.5.5.Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar.....	154
4.6.Nitrat'ın İstasyon Bazında Aylık Değişimi	155
4.6.1.Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar	155
4.6.2.Lagünün Kuzey Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	156
4.6.3.Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	157
4.6.4.Lagünün Lagün Ağzı- Deniz Bölümündeki İstasyonlar	158
4.6.5.Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar.....	159
4.7. PH'nın İstasyon Bazında Aylık Değişimi	160

4.7.1.Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar.....	160
4.7.2.Lagünün Kuzey Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	161
4.7.3.Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	162
4.7.4.Lagünün Lagün Ağzı- Deniz Bölümündeki İstasyonlar	163
4.7.5.Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar.....	164
4.8. Su sıcaklığının İstasyon Bazında Aylık Değişimi	165
4.8.1.Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar	165
4.8.2.Lagünün Kuzey Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	166
4.8.3.Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	167
4.8.4.Lagünün Lagün Ağzı- Deniz Bölümündeki İstasyonlar	168
4.8.5.Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar.....	169
4.9. Sülfat'ın İstasyon Bazında Aylık Değişimi	170
4.9.1.Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar.....	170
4.9.2.Lagünün Kuzey Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	171
4.9.3.Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	172
4.9.4.Lagünün Lagün Ağzı- Deniz Bölümündeki İstasyonlar	173
4.9.5.Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar.....	174
4.10.Toplam Fosfor'un İstasyon Bazında Aylık Değişimi	175
4.10.1.Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar.....	175
4.10.2.Lagünün Kuzey Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	176
4.10.3.Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	177
4.10.4.Lagünün Lagün Ağzı- Deniz Bölümündeki İstasyonlar	179
4.10.5.Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar.....	180
4.11.Tuzluluk İstasyon Bazında Aylık Değişimi	181
4.11.1.Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar.....	181
4.11.2.Lagünün Kuzey Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	182
4.11.3.Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	183
4.11.4.Lagünün Lagün Ağzı- Deniz Bölümündeki İstasyonlar	184
4.11.5.Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar.....	185
4.12.Çözünmüş Katı Madde İstasyon Bazında Aylık Değişimi	186
4.12.1.Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar.....	186

4.12.2.Lagünün Kuzey Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	187
4.12.3.Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	188
4.12.4.Lagünün Lagün Ağzı- Deniz Bölümündeki İstasyonlar	189
4.12.5.Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar.....	190
4.13.Çözünmüş Oksijen İstasyon Bazında Aylık Değişimi.....	191
4.13.1.Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar.....	191
4.13.2.Lagünün Kuzey Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	192
4.13.3.Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar	193
4.13.4.Lagünün Lagün Ağzı- Deniz Bölümündeki İstasyonlar	194
4.13.5.Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar.....	195
4.14. Akyatan Lagünü Batimetrisi	197
5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER	203
5.1.Su Kalitesi Parametreleri Sonuçları.....	203
5.2. Mike 21 HD Programı ile İlgili Sonuçlar.....	207
KAYNAKLAR.....	209
ÖZGEÇMİŞ	219
EKLER.....	220

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1 Türkiye'nin Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanlar Listesi(Erdem,2004)	9
Çizelge 1.2. Adana ve Karataş'ın 1990-2008 Yıllarına ait Ortalama Sıcaklık ve Yağış Değerleri(DMİ, 2009)	20
Çizelge 1.3. Elder'in Katsayısı ile Kalibrasyon Karsayısının Karşılaştırılması.....	81
Çizelge 3.1. Karataş İlçesi İklimsel Verilerin Aylık Değişimi(DMİ, 2008).....	116
Çizelge 3.2. Çalışma İstasyonlarının Yeri ve Koordinatları	118
Çizelge 3.3. Çalışma Alanında Analizi Yapılan Parametreler ve Analiz Yöntemleri	121
Çizelge 4.1. Akyatan Lagünü AKM Parametresinin Aylık Değişimi(Batı ve Orta)	130
Çizelge 4.2. Akyatan Lagünü AKM Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı).....	131
Çizelge 4.3. Akyatan Lagünü AKM Aylık Değişimi(Güney Kıyı)	132
Çizelge 4.4. Akyatan Lagünü AKM Aylık Değişimi(Lagün ağzı-Deniz)	133
Çizelge 4.5. Akyatan Lagünü AKM Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları).....	134
Çizelge 4.6. Akyatan Lagünü Alkalinite Aylık Değişimi(Batı ve Orta)	135
Çizelge 4.7. Akyatan Lagünü Alkalinite Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı)	136
Çizelge 4.8. Akyatan Lagünü Alkalinite Aylık Değişimi(Güney Kıyı)	137
Çizelge 4.9. Akyatan Lagünü Alkalinite Aylık Değişimi(Lagün ağzı- Deniz).....	138
Çizelge 4.10. Akyatan Lagünü Alkalinite Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları)	139
Çizelge 4.11. Akyatan Lagünü Elektriksel İletkenlik Aylık Değişimi(Batı- Orta)..	140
Çizelge 4.12. Akyatan Lagünü Elektriksel İletkenlik Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı)	141
Çizelge 4.13. Akyatan Lagünü Elektriksel İletkenlik Aylık Değişimi(Güney Kıyı)	142
Çizelge 4.14. Akyatan Lagünü Elektriksel İletkenlik Aylık Değişimi(Lagün Ağzı- Deniz)	143
Çizelge 4.15. Akyatan Lagünü Elektriksel İletkenlik Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları).....	144
Çizelge 4.16. Akyatan Lagünü Klorür Aylık Değişimi(Batı ve Orta).....	145

Çizelge 4.17. Akyatan Lagünü Kloür Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı).....	146
Çizelge 4.18. Akyatan Lagünü Klorür Aylık Değişimi(Güney Kıyı)	147
Çizelge 4.19. Akyatan Lagünü Klorür Aylık Değişimi(Lagün Agzı- Deniz).....	148
Çizelge 4.20. Akyatan Lagünü Klorür Aylık Değişimi(Derenaj Kanalları)	149
Çizelge 4.21. Aktayan Lagünü Nitrit Aylık Değişimi(Batı ve Orta).....	150
Çizelge 4.22. Akyatan Lagünü Nitrit Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı)	151
Çizelge 4.23. Akyatan Lagünü Nitrit Aylık Değişimi(Güney Kıyı)	152
Çizelge 4.24. Akyatan Lagünü Nitrit Aylık Değişimi(Lagün agzı-Deniz).....	153
Çizelge 4.25. Akyatan Lagünü Nitrit Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları).....	154
Çizelge 4.26. Akyatan Lagünü Nitrat Aylık Değişimi(Batı ve Orta).....	155
Çizelge 4.27. Akyatan Lagünü Nitrat Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı).....	156
Çizelge 4.28. Akyatan Lagünü Nitrat Aylık Değişimi(Güney Kıyı).....	157
Çizelge 4.29. Akyatan Lagünü Nitrat Aylık Değişimi(Lagün Ağzı- Deniz)	158
Çizelge 4.30. Akyatan Lagünü Nitrat Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları)	159
Çizelge 4.31. Akyatan Lagünü pH Aylık Değişimi(Batı ve Orta).....	160
Çizelge 4.32. Akyatan Lagünü pH Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı)	161
Çizelge 4.33. Akyatan Lagünü pH Aylık Değişimi(Güney Kıyı).....	162
Çizelge 4.34. Akyatan Lagünü pH Aylık Değişimi(Lagün Ağzı-Deniz)	163
Çizelge 4.35. Akyatan Lagünü pH Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları)	164
Çizelge 4.36. Akyatan Lagünü Su Sıcaklığı Aylık Değişimi(Batı ve Orta)	165
Çizelge 4.37. Akyatan Lagünü Su Sıcaklığı Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı)	166
Çizelge 4.38. Akyatan Lagünü Su Sıcaklığı Aylık Değişimi(Güney Kıyı).....	167
Çizelge 4.39. Akyatan Lagünü Su Sıcaklığı Aylık Değişimi(Lagün Agzı-Deniz) ..	168
Çizelge 4.40. Akyatan Lagünü Su Sıcaklığı Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları)	169
Çizelge 4.41. Akyatan Lagünü Sülfat Aylık Değişimi(Batı ve Orta).....	170
Çizelge 4.42. Akyatan Lagünü Sülfat Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı).....	171
Çizelge 4.43. Akyatan Lagünü Sülfat Aylık Değişimi(Güney Kıyı)	172
Çizelge 4.44. Akyatan Lagünü Sülfat Aylık Değişimi(Lagün Ağzı-Deniz).....	173
Çizelge 4.45. Akyatan Lagünü Sülfat Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları).....	174
Çizelge 4.46. Akyatan Lagünü Toplam Fosfor Aylık Değişimi(Batı ve Orta)	176
Çizelge 4.47. Akyatan Lagünü Fosfor Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı)	177

Çizelge 4.48. Akyatan Lagünü Toplam Fosfor Aylık Değişimi(Güney Kıyı).....	178
Çizelge 4.49. Akyatan Lagünü Toplam Fosfor Aylık Değişimi(Lagün Ağzı-Deniz)	179
Çizelge 4.50. Akyatan Lagünü Toplam Fosfor Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları) .	180
Çizelge 4.51. Akyatan Lagünü Tuzluluk Aylık Değişimi(Batı ve Orta).....	181
Çizelge 4.52. Akyatan Lagünü Tuzluluk Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı).....	182
Çizelge 4.53. Akyatan Lagünü Tuzluluk Aylık Değişimi(Güney Kıyı).....	183
Çizelge 4.54. Akyatan Lagünü Tuzluluk Aylık Değişimi(Lagün Ağzı-Deniz).....	184
Çizelge 4.55. Akyatan Lagünü Tuzluluk Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları)	185
Çizelge 4.56. Akyatan Lagünü ÇKM Aylık Değişimi(Batı ve Orta).....	186
Çizelge 4.57. Akyatan Lagünü ÇKM Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı).....	187
Çizelge 4.58. Akyatan Lagünü ÇKM Aylık Değişimi(Güney Kıyı).....	188
Çizelge 4.59. Akyatan Lagünü ÇKM Aylık Değişimi(Lagün Ağzı- Deniz).....	189
Çizelge 4.60. Akyatan Lagünü ÇKM Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları).....	190
Çizelge 4.61. Akyatan Lagünü ÇO Aylık Değişimi(Batı ve Orta).....	192
Çizelge 4.62. Akyatan Lagünü ÇO Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı).....	193
Çizelge 4.63. Akyatan Lagünü ÇO Aylık Değişimi(Güney Kıyı).....	194
Çizelge 4.64. Akyatan Lagünü ÇO Aylık Değişimi(Lagün ağzı-Deniz).....	195
Çizelge 4.65. Akyatan Lagünü ÇO Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları).....	195

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1. Sulak Alan Tipleri(Somay,2006)	3
Şekil 1.2. Sulak Alan Tipi(Pakelne, 2004)	5
Şekil 1.3. Sulak Alan Değerleri.....	7
Şekil 1.4. Bir Lagünün Tuzluluk Değişimlerine Göre Bölgelere Ayrılması(Kırdağlı, 1999)	13
Şekil 1.5. Akyatan Lagününün Coğrafi Konumu(Google Earth, 2010)	19
Şekil 1.6. QUAL2E Model Ağı(Brown ve Barnwell, 1987,Ertürk, 2004)	29
Şekil 1.7. Su Kalitesi Parametrelerinin Birbiri ile İlişkisi(Mike 21 User Guide, 2009).	30
Şekil 1.8. WASP Model Kutuları ve Model Ağı(Ambrose ve ark., 1993, Ertürk, 2004)	33
Şekil 1.9. Hidrodinamik Model Kurgusu.....	45
Şekil 1.10. Mike 21 Model Oluşumunun Detayları(Gourbesville, 2000)	46
Şekil 1.11. Rüzgâr Sürtünme Katsayıları(Mike 21 Flow Model HD User Guide, 2009).....	56
Şekil 1.12. Mike 21 HD Hesap Ağı.....	58
Şekil 1.13. Zamansal Ortalama (Mike 21 User Guide, 2009).....	58
Şekil 1.14. Yan Besleme	59
Şekil 1.15. Tarama Sırasına Göre Hesap Döngüsü(Mike 21 User Guide, 2009).....	61
Şekil 1.16. Mike 21 Hesap Ağı ve Zamansal Ortalama.....	62
Şekil 1.17. X Yönündeki Momentum Denklemi Hesap Ağı(Mike 21 User Guide, 2009).....	64
Şekil 1.18. Göl Ortamında Meydana Gelen Değişim(Applications of a new ecosystem model to study the dynamics of phytoplankton and nutrients in the Ariake Sea, west coast of Kyushu, Japan)	68
Şekil 3.1. Çalışma Alanı (Google Earth, 2010).....	114
Şekil 3.2. Çalışma Alanı ve Gözlem İstasyonlarının Konumu	117
Şekil 3.2. Şekil 3.3.Numune Alınan İstasyonları(Deniz, lagün ağzı, lagün içi ve drenaj kanalları).....	120

Şekil 4.1. Mike 21 HD Veri Giriş Dosyaları.....	197
Şekil 4.2. Akyatan Lagünü Batimetri Veri Dosyalarının Digital Ortama Dönüştürülmesi.....	199
Şekil 4.3. Akyatan Lagünü Batimetri Haritası.....	200
Şekil 4.3. Akyatan Lagünü Batimetri Haritası Plot Görünümü	201

SİMGELER VE KISALTMALAR

u	: x yönündeki hız bileşeni
v	: y yönündeki hız bileşeni
w	: z yönündeki hız bileşeni
ρ	: Akışkan özgül kütlesi
γ	: Akışkan özgül ağırlığı
t	: Zaman
m	: Kütle
a	: İvme
p	: Basınç kuvveti
V	: Hız vektörü
X	: x yönündeki kütleli kuvvet
Y	: y yönündeki kütleli kuvvet
Z	: z yönündeki kütleli kuvvet
g	: Yerçekimi ivmesi
ϕ	: Hız potansiyel fonksiyonu
C_R	: Courant sayısı
c	: Hız büyüklüğü
Δt	: Zaman adımı
Δx	: Hesap ağı açıklığı
h	: Su derinliği
f	: Hata fonksiyon değeri
S	: Hassasiyet büyüklüğü
C	: Chezy sayısı
M	: Manning sayısı
E	: Eddy vizkozitesi katsayısı
C_w	: Rüzgâr sürtünme katsayısı
W	: Deniz seviyesinden 10 m yukarıda esen rüzgâr hızı
ψ	: Kalibrasyon parametresi
θ	: Parametreler takımı
θ_{opt}	: Optimum parametreler takımı

Θ	: Parametreler uzayı
w_i	: Farklı kalibrasyon hedefleri için atanmış ağırlık katsayıları
f_{agg}	: Farklı kalibrasyon hedeflerini bir arada temsil eden hata fonksiyon değeri
$g_i(f_i)$: Farklı kalibrasyon hedeflerini genel bir ölçek ile ifade eden dönüşüm fonksiyonu
ε	: Dönüşüm sabiti
σ	: Standart sapma
r	: Korelasyon katsayısı
α	: Regresyon doğrusu lineer fonksiyon sabiti
β	: Regresyon doğrusunun eğimi
y_k	: Türetilmiş parametreler takımı
$P(t)$: Parametreler takımı alt kümesi
DHI	: Danish Hydraulic Institute (Danimarka Hidrolik Enstitüsü)
GOP	: Global Optimization
HD	: Hydrodynamic
HOT	: Higher Order Terms (Yüksek Mertebeli Terimler)
OBS	: Observed (Gözlemlenmiş veriler)
RE	: Relative Error (Nispi Hata)
RMSE	: Root Mean Square Error (Hataların Kareli Ortalamalarının Karekökü)
SCE	: Shuffled Complex Evolution (Karma Popülasyon Gelişimi)
SIM	: Simulated (Modellenmiş veriler)
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
TP	: Toplam Fosfor
AKM	: Askıda Katı Madde
ÇKM	: Çözünmüş Katı Madde
NO_3	: Nitrat
NO_2	: Nitrit
PO_4^{3-}	: Fosfat
Eİ	: Elektriksel İletkenlik

YD3	: 3 nolu Yüreğir Drenaj
P2D1	: 2 nolu Pompa, 1 nolu Drenaj
BaCl ₂	: Baryum Klorür
AgNO ₃	: Gümüş Nitrat
Cd	: Kadmiyum
Cu	: Bakır
Mn	: Mangan
Pb	: Kurşun
Zn	: Çinko
Cl	: Klorür
SKKY	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği

1. GİRİŞ

Sulak alanlar en verimli biyolojik üretim sistemleri olarak bilinmektedir. Sulak alanlar, karasal ve aquatik sistemler arasındaki sınır üzerinde meydana gelmekte ve yaşamsal öneme sahip ekosistemleri oluşturmaktadırlar. Sulak alanlar, nehir kanalı içinde, dere kenarlarında, göl ya da taşkın düzlüklerinde oluşabilmektedir (Kusler, 2003). Sulak alanlar, geçmişten beri yiyecek ve hammadde kaynağı, dinsel ve manevi amaçlı ve estetik amaçlı yerler olarak kullanılmaktadır(Mitsch ve Gosselink, 2000). Nüfusun artmasıyla su sağlama, sel kontrolü, su kirliliği kontrolü ve diğer su kaynaklarını planlama ihtiyacı yoğunluk kazanmıştır. Benzer şekilde eğitim, balıkçılık, araştırma, kuş gözleme, tekne gezintisi, yürüyüş gibi sudan kültürel amaçlı faydalanma isteklerinde de bir artış söz konusu olmuştur. Bütün bunlar sağlıklı sulak alan, kıyı ekosistemleri, taşkın düzlükleri ve sucul ekosistemlere bağlıdır. Nüfus artışının neden olduğu gelişmeler sonucunda erozyon ve kirlilik de artmıştır. Hem insanları, hem de sulak alanlar ve benzer ekosistemleri tehdit eden bu olaylarla sulak alanlar doldurularak, drene edilerek, suyu kirletilerek, hidrolojik rejimleri değiştirilerek ve diğer aktivitelerle bozulmuştur. Geçmişte çeşitli nedenlerle kurutulan sulak alan ekosistemlerinin günümüzde; hidrolojik, fiziksel, kimyasal, biyolojik ve sosyoekonomik yararlarının getirdiği “sulak alan değeri” kavramı kabul edilmeye başlanmıştır. (Dugan, 1991; Balkaya ve Çelikoba, 2005; Erdem, 2004; Korkanç, 2004).

Bu çalışmanın amacı hem Uluslararası Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanların Korunması Sözleşmesi (Ramsar Sözleşmesi) alanı hem de Yaban Hayatı Koruma Sahası olan Türkiye'nin en büyük sulak alan sistemi Akyatan Lagünü'nün su kalitesinin Mike 21 Hydrodynamic Module bilgisayar programı kullanılarak analizi amaçlanmıştır.

1.1 .Sulak Alanlar

Sulak alanlar su kuşlarının yaşam ortamı olması yanında, buldukları bölgedeki su rejimini dengeleyen ve çok zengin biyolojik çeşitliliğe sahip olan

ekosistemlerdir. Yeryüzünün tropikal ormanlarla birlikte en yüksek organik madde üreten ekosistemler sulak alanlar olup, çok yüksek ekonomik değerleri vardır (İnaç, 2001; Korkanç, 2004).

Sulak alan kavramı, yer yüzeyinde oluşmuş olan bataklıklar, sazlıklar, bitkisel bölgeler, yer yüzeyindeki düşük kotlu yerler, nehir, ırmak, göl ve kıyı bölgeleri ile kenarları kuru alanlar arasındaki yerler için tanımlanan kolektif bir terimdir (Somay, 2001). Ramsar (Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanların Korunması) Sözleşmesi'ne göre sulak alanlar; Doğal veya yapay; sürekli veya mevsimsel; durgun veya akan su kütleleri; acı veya tuzlu; gel-git bölgelerinde suların çekildiği dönemlerde su seviyesi 6 m'yi aşmayan; deniz kesimlerini de kapsayan bütün bataklıklar, turbalık ve suyla kaplı alanlar, tatlı-tuzlu su gölleri, kıyı veya iç bölge deltaları, nehir taşkın ovaları, baraj göl ve göletleri, sazlıklar, tuzcul ve tatlı su bataklıkları olarak tanımlanmaktadır.(Çevre Atlası, 2004; Balkaya ve Çelikoba, 2005; Pakalne, 2004; Dugan, 1991; Altan ve ark., 2004)

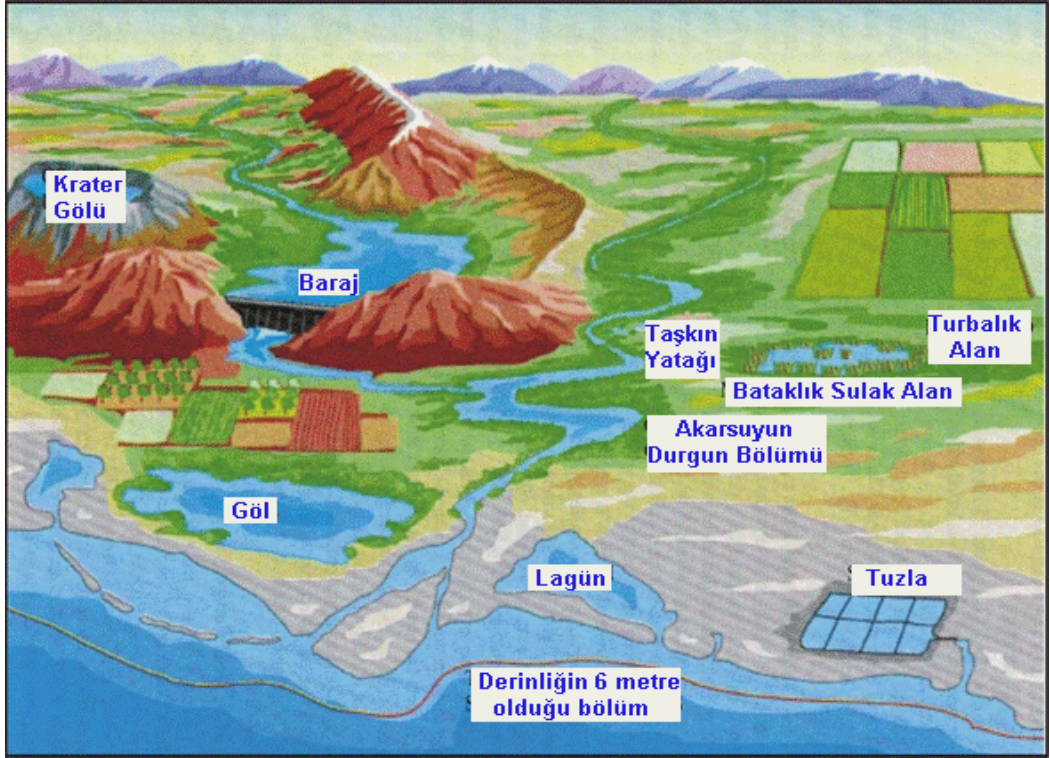
Ayrıca yapılan birçok tanımın yanında, genel olarak suya doymunluğun aşırı olduğu ve bu durumun toprak gelişimi, bitki türleri ve hayvan toplulukları üzerinde etkili olduğu alanlara da, “sulak alan ya da ıslak alan” denilmektedir. Genellikle bir alanın sulak alan olmasını belirleyen en önemli özellik, toprak ya da alt tabakanın en azından belli bir süre içerisinde suyla kaplı ya da suya doymun olmasıdır. Yani sulak alanlar, genellikle yeraltı su seviyesinin karanın yüzeyine yakın olduğu ya da sığ su ile kaplanmış kara alanlarında meydana gelir (Cowardin ve ark., 1985; Yasar-Korkanç, 2004; Pakalne, 2004).

1.1.1. Sulak Alanların Sınıflandırılması

Çoğu sulak alan için, su seviyesindeki alçalma ve yükselmeyi belirleyen özel bir desen ya da rejimden söz edilebilir. Hidrolojik rejim taşkın sıklığına, ıslak alanın konumuna, su kaynaklarına ve iklim koşullarına göre değişmektedir. Bir ıslak alan sistemi içerisinde olası dört su kaynağı bulunmaktadır. Bunlar;

- Doğrudan yağmur ve kar yağışı ile elde edilen su,

- Nehir, dere gibi kaynakları da içermek üzere çevre alanlardan yüzey akışı ile elde edilen su,
- Yeraltı suyu girişi ile elde edilen su,
- Gel-git suları'dır (Marsh, 1991).



Şekil 1.1. Sulak Alan Tipleri(Somay,2006)

Su kayıplarına bakıldığında ise, buharlaşma ve terleme ile yeraltına doğru sızıntılarla, nehir, dere gibi su kolları tarafından dışarı su verilmesiyle ve gel-git olaylarındaki su çıkışı ile su kaybettikleri görülmektedir. Su giriş ve çıkışları bir bütün olarak sulak alanlardaki su dengesini tanımlamaktadır. Yağış, yüzey akışı, yeraltı suyu, gel-git ve taşkınlar gibi hidrolojik hareketlilik, besin maddeleri ve enerjinin sulak alanlara ulaşmasını sağladığı gibi, sulak alanların diğer sistemleri beslemesini de sağlamaktadır (Hughes, 1992).

Sulak alanlar, ekolojik anlamda farklı oluşumları ve değişik amaçlara hizmet eden işlevlerine göre çeşitli şekillerde sınıflandırılmıştır. Sulak alanların sınıflandırılmasıyla ilgili ilk çalışmalar, ABD'de başlamış ve pek çok sınıflandırma

yapılmıştır. Bu sınıflandırmalar oldukça ayrıntılı olup, bunun yanında genel bazı sınıflamalar da bulunmaktadır. Örneğin Marsh (1991) sulak alanları hidrolojik koşullara ve fizyografik konuma bağlı olarak dört gruba ayırmıştır. Bunlar;

- Yüzeysel sulak alanlar,
- Yeraltı suyu sulak alanları,
- Nehir ve göl kıyısı sulak alanları,
- Yukarıdakilerin en az ikisini kapsayan kombine ıslak alanlardır.

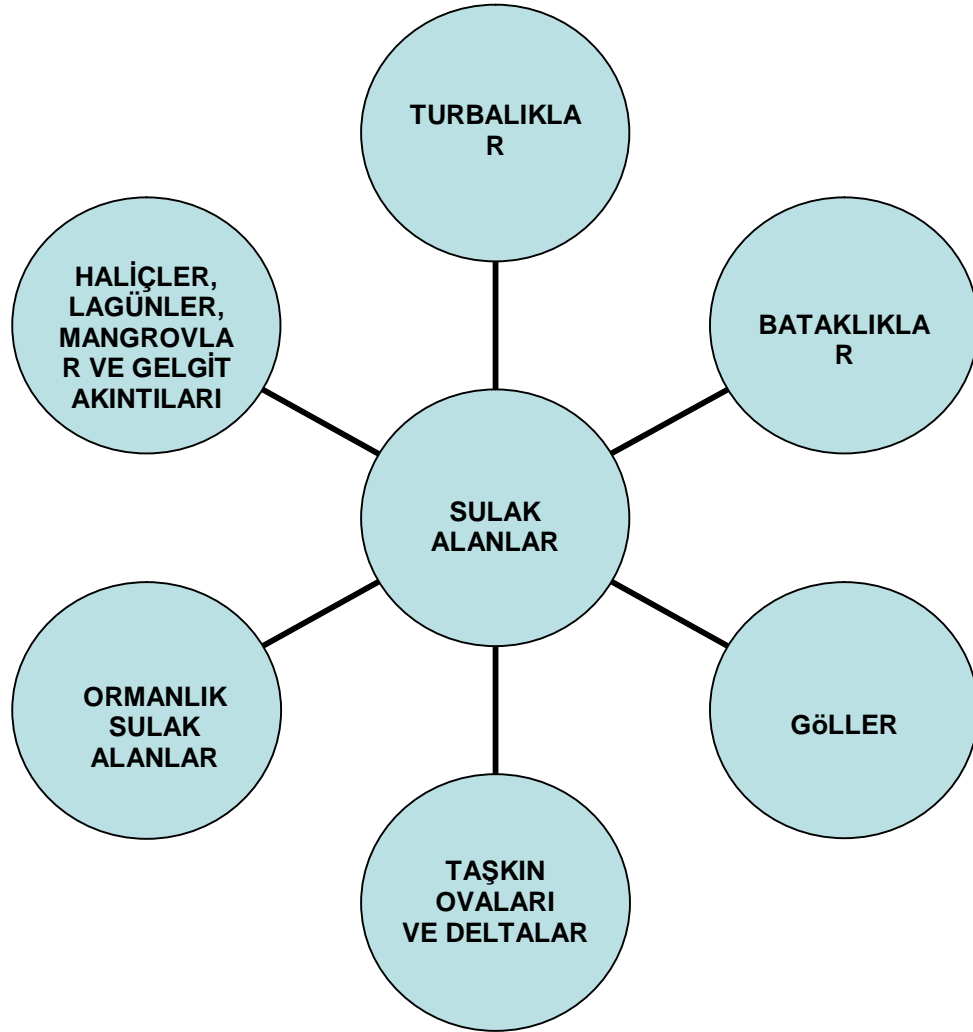
Ülkemizdeki sulak alanların karakterlerine daha çok uyan bir sınıflama da, European Community (1993), tarafından yapılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre, sulak alanlar 7 ana grupta toplanmıştır. Bunlar;

1. Haliç ve deltalar,
2. Tatlı su bataklıkları,
3. Göller,
4. Nehir ve taşkın ovaları,
5. Turbalıklar,
6. Kıyısal sulak alanlar,
7. İnsan yapısı sulak alanlardır.

Ramsar sınıflandırma sistemi ise sulak alanların hızlı bir şekilde belirlenmesini sağlayan ve kesin çerçevesi olan bir tanımlamayı içeren bir yapıdadır. Bu sınıflandırmaya göre sulak alanlar 6 ana grupta toplanmaktadır.(Kabii, 2005, Pakalne 2004, Dugan 1990).

1. Haliç(Akarsu Ağızları), Lagünler, Mangrovlar ve Gel-git akıntıları
2. Tatlı su bataklıkları
3. Göller
4. Taşkın ovaları ve Deltalar
5. Turbalıklar

6. Ormanlık sulak alanlar



Şekil 1.2. Sulak Alan Tipi(Pakelne, 2004)

1.1.2. Sulak Alanların Önemi ve İşlevleri

Tarih boyunca, insanlar yerleşim yeri olarak nehir vadileri, açık kıyılar, taşkın ovaları ve göller gibi sulak alanları seçmişlerdir. Binlerce yıl, Mısırlılar, Mezopotamyalılar, Çinliler, Hintliler, İnduslar, Aztekler gibi pekçok topluluk sulak alanlarla iç içe yaşamışlar ve büyük uygarlıklar kurmuşlardır. (Dugan,1999; Baklaya ve Çelikoba,2005).

Bugün de çevresinde yaşayan halkın yaşamında önemli bir yer tutan, bölge ve ülke ekonomisine katkılar sağlayan sulak alanlar; doğal dengenin ve biyolojik

çeşitliliğin korunması yönünden de yaşam ortamları içerisinde önemli ve farklı bir statüye sahiptirler. Günümüzde ise sulak alanların önemi kavranmaya başlamış olup, “sulak alan değeri” kavramı gelişmiştir. Sulak alan değeri, bir sulak alanın toplum için önemli ve yararlı işlevlerini veya niteliklerini ortaya koymaktadır (Marble, 1992). Sahip olduğu değerleriyle, buldukları bölge ve ülkenin olduğu kadar tüm dünyanın da doğal zenginlik müzeleri olarak kabul edilen sulak alanların özelliklerini, önem ve işlevleri aşağıdaki gibidir:

1.) Sulak alanlar buldukları bölgenin su rejimini dengelemekte üstün işlev ve katkı sağlarlar.

- a.) Yeraltı suyu deşarjı ve deşarjı
- b.) Taşkın kontrolü
- c.) Taban suyunun dengelenmesi
- d.) Tuzlu su girişinin önlenmesi

2.) Buldukları yörenin iklimini stabilize ederler.

3.) Tortu ve zehirli maddeleri alıkoyarak ya da besin maddelerini kullanarak suyu temizler.

4.) Yeryüzünün en fazla biyolojik üretim yapan ekosistemleri olup, çok zengin biyolojik çeşitliliğe sahiptirler.

5.) Yüksek bir ekonomik değere sahip olup, bölge ve ülke ekonomisine katkı sağlarlar. Bu katkılar:

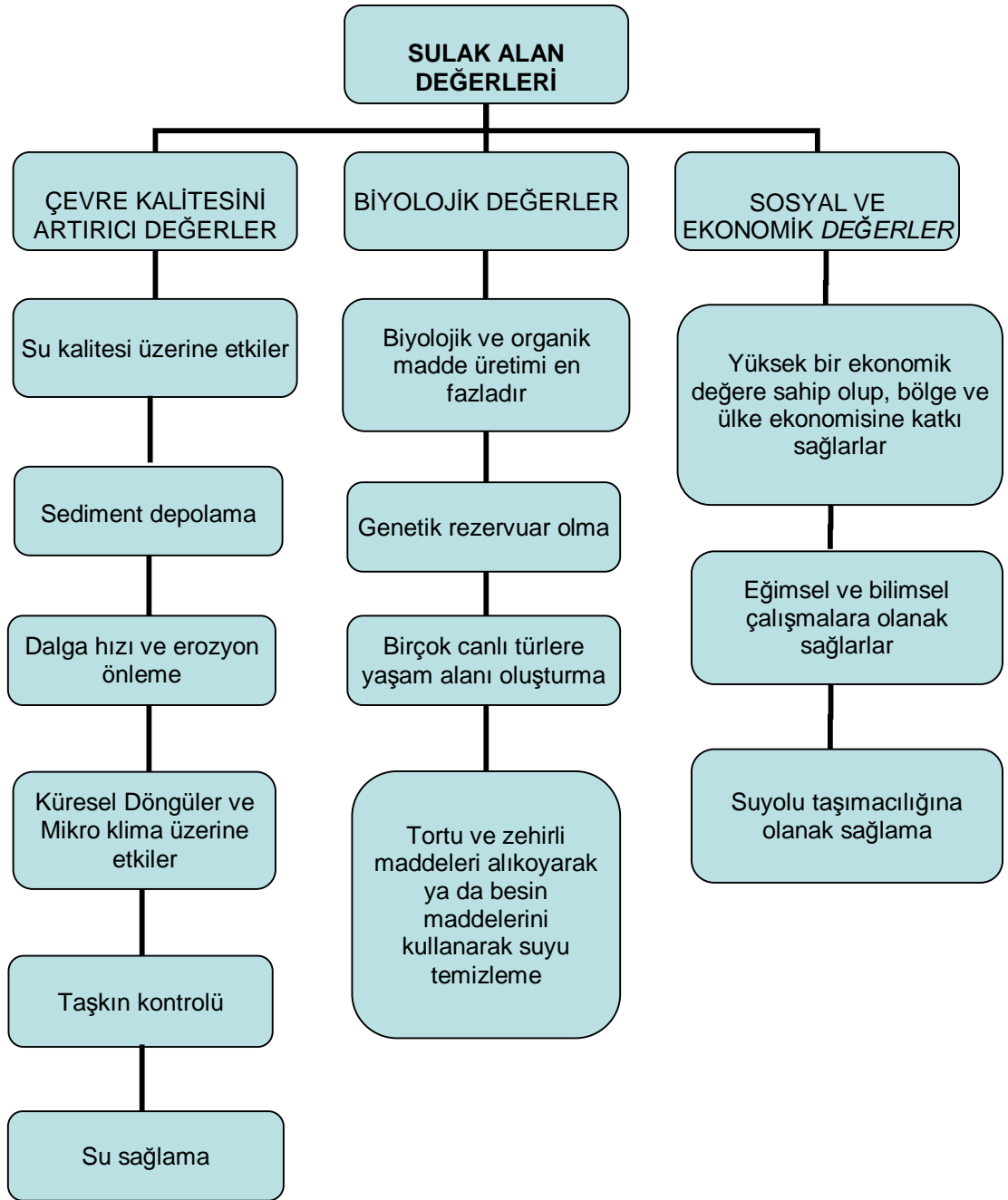
- a.) Balıkçılık
- b.) Tarım
- c.) Hayvancılık
- d.) Saz üretimi
- e.) Eğlence, turizm

6.) Eğitim ve bilimsel çalışmalara olanak sağlamak.

7.) Sulak alanlar suyolu taşımacılığına olanak sağlarlar.

Ayrıca sulak alanların değerlerini Yaşar-Korkanç üç ana başlıkta toplamıştır:

- Çevre kalitesini arttırıcı değerleri,
- Biyolojik değerler,
- Sosyo-ekonomik değerler (Yaşar-Korkanç, 2004).



Şekil 1.3. Sulak Alan Değerleri

1.1.3. Sulak Alanları Etkileyen Faktörler

Sulak alanlar ekolojik olarak çok büyük öneme sahiptirler, fakat bu alanlar; çeşitli etkilerle bozulmaya, zarar görmeye, alan olarak azalmaya ve kirlenmeye karşı

karşıya kalmaktadır (Balkaya ve Çelikoba, 2005). Bu etkiler dört ana başlık altında toplanabilir:

1. Tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizdeki sulak alanları tehdit eden sorunların başında, tarım ya da yerleşim amaçlı kurutmalar gelmektedir.
2. Sulak alanlar için diğer bir sorun ise sanayi, tarım ve yerleşim alanlarından kaynaklanan kirlenmelerdir.
3. Sulak alanların ekolojik işleyişini olumsuz yönde etkileyen bir diğer yanlış uygulama, göllere yabancı balık türlerinin aşılmasıdır.
4. Sazlıkların yakılması, tahribi, kontrolsüz saz kesiminin yanısıra, su kuşlarını tehdit eden en önemli sorunlardan biri de yanlış ve aşırı avlanmadır (Arcak,2009; Görgün, 2002; Beklioğlu ve ark., 2007).

Sulak alan ekosistemleri buldukları havzanın en çukur yerinde veya en alt noktasında oluştuklarından dolayı havzadaki tarım alanlarının drenaj suları, yerleşim alanlarının atıksuları ve sanayi tesislerinin atık suları nihayetinde sulak alanlara ulaşmaktadır. Gerek yerleşim alanlarının, gerekse sanayi tesislerinin çok büyük bir kısmının henüz arıtma tesisleri bulunmadığı için kirliliğe neden olmaktadır (Beklioğlu ve ark., 2007).

1.1.4. Ülkemizdeki Sulak Alanlar ve Durumları

Türkiye'deki sulak alanlar, üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizin sahip olduğu değişik iklim, topografya, yükselti, toprak yapısı ve geçirgenliğine bağlı olarak farklı özellikler göstermektedir(Arcak,2009;Balkaya ve Çelikoba, 2005). Ülkemizde sulak alanları, sahile yakın sulak alanlar ve Anadolu yaylasındaki sulak alanlar olmak üzere iki gruba ayırabiliriz. Bu iki grup iklim koşulları bakımından önemli farklılıklar gösterirler. Sahile yakın sulak alanlar; yıl boyu su varlığı, bitki ve besin maddesi zenginliği ve iklim koşulları yönünden su kuşlarının barınma, beslenme ve korunmaları için çok daha uygundur. Özellikle soğuk kış şartlarında Anadolu yaylasındaki göllerin donması sonucu, burada kışlayan kuş popülasyonları kıyılardaki sulak alanlarda barınmaktadır.

Türkiye’de sulak alanların uluslararası düzeyde önem taşımasının nedeni; Türkiye’nin coğrafi konumundan kaynaklanmaktadır. Batı Palearktık bölgedeki kuş göç yollarından en önemli ikisi Türkiye üzerinden geçmektedir:

1. Kuzeydoğu-Güney göç rotası(Çoruh Vadisi)
2. Kuzeybatı-Güney göç rotası(Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007)

2004 Ocak ayı itibari ile 138 ülkenin taraf olduğu ve sadece sulak alanların korunması amacıyla oluşturulan Ramsar(Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanların Korunması) Sözleşmesi’ne ülkemiz 30 Aralık 1993 tarihinde taraf olmuş ve sözleşme Bakanlar kurulu tarafından 17 Mayıs 1994 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bu sözleşme ile birlikte ülkemizde 200 adet sulak tespit edilmiştir. Bu sulak alanların genel görünümü Şekil 1.4’te verilmiştir. Ülkemizde 1994-1998 yılları arasında 9 adet sulak alanımız Ramsar Sözleşmesi’ne dâhil edilerek taraf olunmuştur. Bu sulak alanlar: Seyfe Gölü, Sultan Sazlığı, Göksu Deltası, Kuş (Manyas) Gölü ve Burdur Gölü(1994), Gediz Deltası, Kızılırmak Deltası, Akyatan Gölü ve Uluabat Gölü’dür(1998). Bu doğrultuda Çevre ve Orman Bakanlığı sulak alanlarda karşılaşılan problemleri çözmek, Ramsar Sözleşmesi’ni uluslar arası düzeyde uygulamak için *Sulak Alanlar Yönetmeliği’ni* uygulamaya koymuştur.(Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007; Balkaya ve Çelikoba, 2005).

Çizelge 1.1.Türkiye'nin Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanlar Listesi(Erdem,2004)

	SULAK ALANIN ADI	Bulunduğu il/iller	ALAN Hektar	KORUMA STATÜSÜ**
1	Meriç Deltası	Edirne	7000	TKA (2369 ha),DS (Tamamı)
2	İğneada	Kırklareli	5399	YHKS, TKA; DS
3	Kocaçay Deltası	Bursa	4200	YHKS
4	Gediz Deltası	İzmir	14900	YHKS, DS, RA
5	Küçük MenderesDeltası	İzmir	1500	YHKS, DS
6	Büyük	Aydın	9800	MP,DS

	Menderes Deltası			
7	Güllük Deltası	Muğla	1400	-
8	Kızılırmak Deltası	Samsun	21700	YHKS, DS, RA
9	Yeşilirmak Deltası	Samsun	3000	YKS
10	Göksu Deltası	İçel	15000	YHKS,DS,OC KB,RA
11	Tuzla Gölü	Adana	2800	YHKS
12	Akyatan Lagünü	Adana	14700	YHKS, RA
13	Ağyatan Lagünü	Adana	2200	-
14	Yumurtalık Lagünü	Adana	16430	TKA;DS
15	Büyük Çekmece Gölü	İstanbul	2850	İSR,
16	Küçük Çekmece Gölü	İstanbul	1500	-
17	İznik Gölü	Bursa	29880	DS
18	Uluabat Gölü	Bursa	19900	RA
19	Kuş(Manyas) Gölü	Balıkesir	20400	YKS,DS,MP,RA
20	Marmara Gölü	Manisa	6800	-
21	Bafa Gölü	Aydın, Muğla	12281	DS, TKA
22	Köyceğiz Gölü	Muğla	8000	YKS, OCKB
23	Sapanca Gölü	Adapazarı, Kocaeli	4700	DS
24	Sarıkum Gölü	Sinop	785	TKA, DS
25	Gavur Gölü	Kahramanmaraş	1500	-
26	Işıkli Gölü	Denizli	7300	-
27	Acı Göl	Afyon, Denizli	836	YHKS
28	Yarışlı Gölü	Burdur	915	-
29	Burdur Gölü	Burdur, Isparta	24800	YHKS, RA
30	Karataş Gölü	Burdur	1190	YHKS
31	Eğirdir Gölü	Isparta,	47250	ISR, DS
32	Eber gölü	Afyon	16800	DS
33	Akşehir Gölü	Afyon, Konya	35300	DS
34	Balıkdanı	Eskişehir	1470	DS, YHKS
35	Mogan Gölü	Ankara	973	OCKKB
36	Samsam Gölü	Konya	830	DS
37	Kozanlı Gölü	Konya	630	DS
38	Kulu Gölü	Konya	860	DS
39	Ereğli Sazlıkları	Konya, Karaman	5600	DS, TKA
40	Bolluk Gölü	Konya	1150	DS
41	Tersakan Gölü	Konya	6400	DS
42	Tuz Gölü	Ankara, Konya, Aksaray	260000	DS, OCKB
43	Çorak Gölü	Burdur	1150	-
44	Salda Gölü	Burdur	4370	DS
45	Karamık Sazlığı	Afyon	4500	DS

46	Cavuşçu Gölü	Konya	1200	DS
47	Uyuz Gölü	Konya	15	DS
48	Çöl Gölü	Konya	1045	-
49	Tödürge Gölü	Sivas	750	-
50	Hazar Gölü	Elazığ	7000	-
51	Palas Gölü	Kayseri	2720	DS
52	Sultan Sazlığı	Kayseri	17200	YHKS,DS,TK A, RA
53	Seyfe Gölü	Kırşehir	10700	DS, TKA, RA
54	Beyşehir Gölü	Konya, Isparta	73000	MP,DS
55	Erzurum Ovası	Erzurum	3300	-
56	Sarısu Ovası	Ağrı	4800	-
57	Haçlı Gölü	Muş	2500	-
58	Bulanık Ovası	Muş	8000	-
59	Aktaş Gölü	Ardahan	2700	ASB
60	Cıldır Gölü	Ardahan	14000	-
61	Kuyucak Gölü	Kars	219	YHKS
62	Çalı Gölü	Kars	25	-
63	Doğu Beyazıt Sazlığı	Ağrı	8750	-
64	Sodalı Gölü	Bitlis	1500	-
65	Erçek Gölü	Van	9520	-
66	Van Gölü	Van, Bitlis	390000	-
67	Yüksekova Sazlığı	Hakkâri	24900	-
68	Balık Gölü	Ağrı	3400	ISR
69	Nemrut Gölü	Bitlis	4500	-
70	Demir Köprü Barajı	Manisa	5060	-
71	Sarıyar Barajı	Ankara	8400	YHKS
72	Hirfanlı Barajı	Ankara, Kirsehir	26300	-
73	Yedikır Barajı	Amasya	593	YHKS, DS
74	Keban Barajı	Elazığ	12500	-
75	Fırtına Deresi ***	Rize		MP
76	KaraDere***	Rize		-

*Değerlendirme uluslararası Sulak Alanların Korunması Sözleşmesi (Ramsar Sözleşmesi) kriterlerine göre yapılmıştır.

** RS: Ramsar Alanı, DS: Doğal sit, MP: Milli Park, TKA: Tabiatı Koruma Alanı, TP: Tabiat Parkı, HKS. Yaban Hayatı Koruma Sahası, ÖÇKB: Özel Çevre Koruma Bölgesi

*** Türkiye’de saptanmış uluslararası öneme sahip akarsu niteliğindeki iki sulak alandır.

1.2 .Lagünler

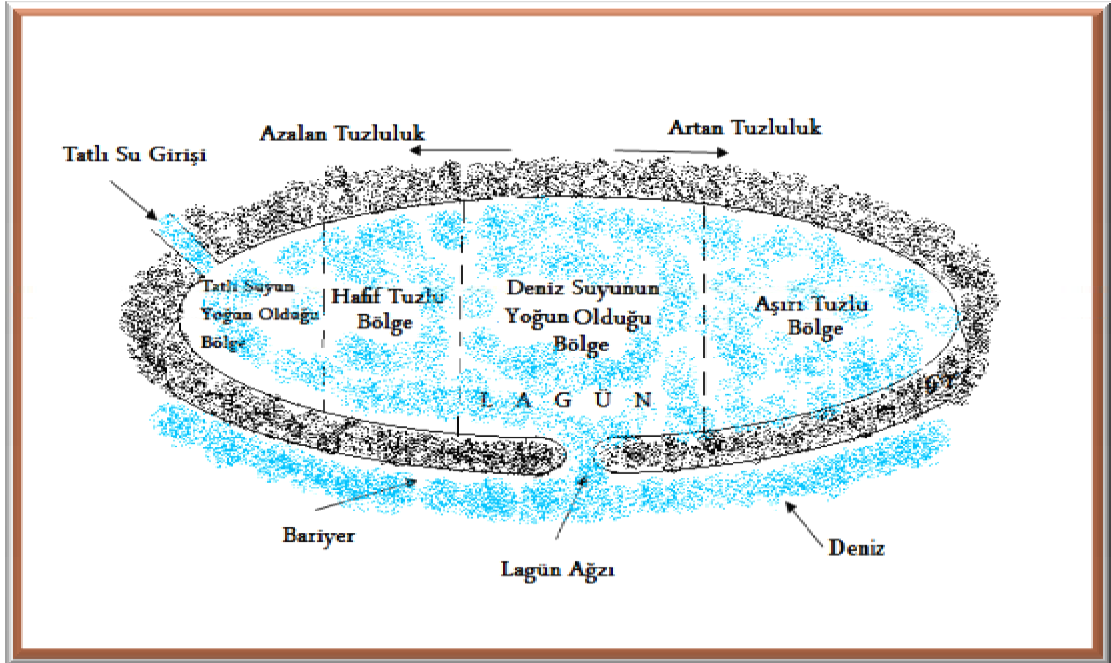
Genel olarak lagünler, deniz gibi daha büyük su kütlelerine bağlantısı olan sığ göller olarak tanımlanırlar. En genel tanım ise şu şekildedir: Lagünler, rölatif olarak

sığ suya sahip, çökelme nedeniyle oluşan bariyerler nedeniyle de denizden kısmen veya tamamen ayrı olabilen yüzeysel su alanlarıdır. Bu alanların oluşumu genel olarak kıyılar arkasında alçak topoğrafik yapıya sahip bölgelerde oluşur. Kayalık veya dik yamaçlı kıyılar ile sediment hareketi sonucu yığılmaların fazla olduğu kıyılarda görülür.

Lagünler çevreleriyle ve değişik şekillerde bağlandığı deniz ile doğal denge çevresinde etkileşim içinde olan değişik faktörlerin etkisi altında oluşmakta; bu nedenle de doğal hayatın en karmaşık ve o derecede hassas parçalarından biridir.

Bir lagünün karakteristiğini belirleyen en önemli özellik lagünün deniz ile olan bağlantısıdır. Bu bağlantı uzun bir kanal, bir bataklık, rüzgârla oluşmuş kum tepesi formasyonu, bir akarsu veya sadece bir dar ağız şeklinde olabilir. Lagünlerin deniz ile olan bu bağlantı şekli lagünün doğal yapısına, sahil şeridinin morfolojik ve ekolojik durumuna etki eder. Bağlantı bölgesinde akıntı durumu mevsimsel ve denizdeki dalga koşullarına bağlı olmak koşulu ile her iki yönde olabilmektedir. Lagünlerdeki tuzluluk konsantrasyonu değişimi de akım yönüne bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle lagün suları deniz su kalitesinin veya tam tersinin etkisi altındadır.

Lagünlerin doğal dengesi; lagün ağzının doğal yapısının korunduğu yerlerde kararlı denge durumunu sürdürdüğü, aksi durumda tamamıyla bozulmaya uğradığı belirtilmiştir. Bu nedenle lagünlerin doğal dengesinin korunması lagün ağzının morfolojik yapısına bağlıdır.(Kırdağlı M., Kapdaşlı S.)



Şekil 1.4. Bir Lagünün Tuzluluk Değişimlerine Göre Bölgelere Ayrılması(Kırdağlı, 1999)

1.2.1 .Lagünlere Etki Eden Faktörler

İnsanoğlu lagün çevresinde çeşitli faaliyetlerde bulunmuşlardır. Bunlar;

- Balıkçılık,
- Ulaştırma,
- Mesire yeri,
- Endüstriyel faaliyetlerdir.

Bu nedenle bu alanlar insanlar için her zaman oldukça önemli görülmüştür(Zarillo ve diğ, 1993). Lagün ve lagün kanallarında inşa edilebilecek yeterince iyi etüd edilmemiş mühendislik yapıları, kum elde edilmesi için dip taraması, arazi ıslahı, kentsel, tarımsal ve endüstriyel atık tahliyelerine bağlı olarak meydana gelebilecek ekolojik dengedeki değişimler bu hassas sistemin dengesinin bozulmasına neden olmakta ve lagündeki değişimleri hızlandırmaktadır. Lagünlere etki eden faktörleri şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Morfolojik etkenler

2. Gel-git etkisi
3. Sedimentasyon etkisi
4. Rüzgâr, dalga, akıntı etkisi
5. Lagünlerde kirlilik etkisi
6. Buharlaşma etkisi

Lagünlerde morfolojik değişimler lagün kıyılarında meydana gelen erozyon nedeniyle görülmektedir. Lagün ve kanalların morfolojik değişimine şu etkenler neden olmaktadır:

1. Dip taraması
2. Arazi ıslahı
3. Evsel, endüstriyel ve tarımsal atık deşarjlarıdır.

Bu etkenler lagün sisteminin dengesini bozmaktadır. Ayrıca lagün morfolojisindeki bu değişimler hem lagünde yaşayan canlıları hem de lagündeki insan aktivitelerini ve taşımacılığı etkilemektedir.

Lagünlere gelgit akımının gelmesi durumunda lagündeki tuzluluk oranı bir haliçinkine benzemektedir. Gelgit akımının az olması durumunda kumsal sığılıklar oluşabilmekte ve bölgeler bataklıklara dönüşerek sazlıklar oluşabilmektedir. Ayrıca lagün giriş ağzından uzaktaki tuzlu su bölgesinde gelgit etkisi azalır, buralarda sazlıklar bulunmaz. Bu geçiş bölgesinde lagün kıyıları dar bir bataklık örtüsü ile sınırlanmıştır. Kısmi bitki örtüsü yoktur. Kıyı erozyonu neticesinde oluşan kumsal veya kaba bir malzemeye sahiptir. Lagünlerde tuzluluk miktarı tatlı su kaynağına doğru azalmaktadır. Bu bölgelerde sazlıklar bulunur. Bu sazlıklar sudaki katı madde yapısında etkin olur ve killi malzemeleri tutarlar. Bunun sonucu olarak lagünlerde çeşitli yerlerde adacıklar meydana gelir. Sazlık alanların büyümesi tatlı su bölgesinin küçülmesine neden olmaktadır. Buna karşın bitki örtüsünün ortadan kalkması ise lagün kıyılarında erozyona neden olmaktadır.

Lagünlerde sediment dengesindeki bozukluğun ilk olarak akarsuların doğrudan denize bağlanması ile oluştuğunu göstermektedir. Nehirlerin denize bağlanması ile lagünlerin dolması engellenmiş ve böylece bataklıklar azaltılmıştır. Ayrıca denize inşa edilen dalgakıran da denizden gelen sedimentasyon girişini azaltmıştır. Buna karşın lagünde kirlilikten dolayı direnç kuvvetlerinin azalması,

kanal taşımacılığı ve balıkçılık gibi aktivitelerin çoğalması sonucu sediment miktarının arttığı bilinmektedir. Sediment konsantrasyonu ile dalga akım ilişkileri incelenmiş kanallarda hızın, sığ bölgelerde ise dalga hareketinin lagün tabanında etkili olduğu görülmüştür. Bununla birlikte ortalama su derinliği ile ortalama sediment konsantrasyonu arasında lineer bir ilişki olduğu bilinmektedir. Lagünlerde oluşan değişimler toplam giren çıkan sedimentler arasındaki farklar ve iç bölgelerdeki sedimentlerin yeniden dağılımından oluşmaktadır.

Rüzgâr lagünlerde esme yönüne bağlı olarak akım hızlarında bazı değişiklikler meydana getirebilmektedir. Rüzgâr lagünlerde büyük boyutlarda olduğu durumlarda lagünün bir ucundan diğer ucuna seviye farkı oluşabilmektedir. Lagünler içerisindeki katı madde hareketi, dalga ve akıntı karakteristiklerine bağlı olarak oldukça karmaşık yapıya sahiptir. Bu katı madde hareketi lagündeki bitki örtüsünü de etkileyebilmektedir.

Hızlı gelişen yerleşim, kıyısız bölgelerde çevre sorunlarını ortaya çıkartmakta ve yarı kapalı su kütlelerinde ötrofikasyona neden olmaktadır. Yerleşim bölgelerinin atık sularının bu alanlara deşarj edilmesi nedeniyle de kirletilmektedir. Bu kirlenme özellikle lagünlerde biyolojik ve kimyasal kirlenmeye, balıkçılık gibi faaliyetlere etki etmektedir.

Lagünlerde genellikle sığ su kütlelerine sahip olduğundan güneş ışığı tabana rahatça ulaşabilmekte ve böylece su sıcaklığının artmasına sebep olmaktadır. Bu sıcaklık artışı birçok biyolojik ve kimyasal reaksiyonu hızlandırmaktadır. Örneğin hızlı yosun üremesi ile suda ötrofikasyon meydana gelmektedir. Bu olay sonucunda bu su alanları bataklıklara dönmektedir.

Kuvvetli rüzgâr ve yağmur ile birlikte tabana çökelmiş atık malzeme tekrar hareket eder ve askı malzemesi haline gelir ve suda bulanıklık artar, güneş ışığı aşağı tabakalara ulaşamaz ve sonuç olarak sudaki fotosentez olayını engeller. Bulanıklıkla birlikte zehirli gazlar meydana gelir ve bu durum lagünün dengesinin aniden bozulmasına ve kitlesel balık ölümlerine neden olabilmektedir.

Sığ lagünlerde buharlaşma daha etkili olabilmektedir. Buharlaşmanın fazla ve kanal akımlarının az olduğu yaz aylarında lagünlerde seviye kaybı meydana gelmekte ve denizden lagüne doğru oluşan akım sonucu lagünün tuzluluğu

artmaktadır. Lagün ağzından giren tuzlu su akım yönünde ve rüzgâr etkisinde içerilere doğru ilerler. Yağmurlu zamanlardan sonra ise lagünde tuzluluk oranı azalmaya başlamaktadır. Tuzluluğun artması neticesinde lagün ve çevresindeki doğal yaşamda yeni oluşumlar meydana gelir. Buharlaştırma etkisinin azalması ve tuzluluğun dönmesiyle birlikte ekolojik denge tekrar değişebilmektedir.

1.3 .Akyatan Lagünü

Akyatan Lagün Gölü Adana ilinin Karataş ilçesi sınırlarındadır. Toplam alanı 9520 ha'dır. Bu alanın 2018 ha' orman, 5000 ha'ı göl, 2502 ha'da kumul, sazlık ve bataklıktır. Uluslar arası koruma anlaşması olan Ramsar Sözleşmesi'nde yer alan bilgilere göre Akyatan Lagünü'nün toplam alanı 14700 ha'dır. Uzunluğu 17 km dir. En geniş bölümü yaklaşık 4 km'dir. Adana iline uzaklığı 48 km, Karataş ilçesine ise 3 km dir. 36° 40' 16'' Güney enlemleri ile 35° 08' 08'' Batı, 32° 22' 30'' doğu boylamları arasında yer almaktadır (Dural, 2004).

Akyatan Lagünü, Akdeniz'in su düzeylerinin değişmeye başladığı 4. dönemin sonunda (10.000 yıl önce) oluşmaya başlamış, lagünün bulunduğu yerde Seyhan ve Ceyhan nehirlerinin yataklarından taşmasıyla geniş bir bataklık oluşmuş ve bataklık, zamanla kumların kıyıda oluşturduğu kordonla denizden ayrılmış ve bugünkü görünümünü almıştır. Kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzanan bir eksen üzerinde üçgen bir görünüme sahiptir.

Akyatan gölü, Türkiye'nin en büyük lagün gölü olup tipik bir alüvyal baraj gölüdür. Akdeniz sahili boyunca uzanır. Akyatan Lagün sisteminin ekolojik en önemli iki bileşeni Seyhan ve Ceyhan deltalarıdır. Göl alanı mevsimsel olarak değişim göstermektedir. Örneğin göl alanı yaz aylarında azalırken; kış aylarında yağışlarla birlikte artmaktadır. Özellikle yaz aylarında lagünün batı ucunda suların çekilmesi nedeniyle geniş çamur düzlükleri oluşmaktadır. Ayrıca bu çamur düzlükleri gölün batı ve kuzeydoğu kısımlarında oluşmakta, Kapıköy civarlarında ise bazı adalar karayla birleşmektedir(Anonim, 2007; Altan ve ark., 2004; Demir,2008). Türkiye'nin en büyük kumulları yine Akyatan Lagününde görülmektedir. Sahil kenarındaki kumlar, lagünün güneybatı kenarı ve Akdeniz arasında uzanıp 2 ila 4 km

genişliği ve 25 m yüksekliğinde kumullar oluştururlar. Bu kumullar güçlü rüzgar etkisi ile her yıl ortalama 1 ila 2 m iç kısımlara doğru hareket eder. Bu hareket tarım alanlarını ve sığ olan lagünü tehdit etmektedir. Bu sebepten dolayı bu alanlarda çeşitli önlemler alınmıştır. Bu önlemlerden en önemlisi Adana Orman Müdürlüğü tarafından yapılan ormanlaştırma projeleridir. Bu proje ile kumulların taşınımı durdurulmuş ve uluslararası öneme sahip olan Türkiye'nin en büyük lagün gölü kumla dolmaktan kurtarılmış olup ayrıca lagünün fauna türlerinin doğal ortamı da bu sayede korunmuştur. Ayrıca ormanlaşma lagünü korumasının yanında bir takım yararlar da sağlamıştır. Orman alanı çoğu fauna türlerine bir habitat ve ev sahipliği yapmaya başlamıştır. Diğer bir fayda ise bölge ekonomisine katkısı olan balıkçılığın korunmasıdır(Ortaçşeme, 1997; Demir,2008). Bunun yanı sıra lagün kenarında oluşan sıra halindeki kumullar arasında deniz seviyesinin altında oluklar oluşmaktadır. Bu oluklar yağışlarla birlikte suyla dolmaktadır. Bu nedenle kumulların kuzeybatısında hiç kurumayan ve ekolojik açıdan önemli tatlı su birikintileri ve bataklıklar bulunmaktadır(Anonim, 2007; Demir,2008)

Akyatan Lagünü'nde, lagünün güneydoğusundan çıkan 2 km'lik dar bir kanal lagünü denize bağlanmaktadır. Lagün gölünün sularının yüksek olduğu dönemlerde kanal aracılığıyla gölden denize, düşük olduğu dönemlerde ise denizden göle doğru su akışı olmaktadır. Bunu sonucunda göl suyundaki tuzluluk mevsimsel olarak değişmektedir. Gerçekte göl tuzludur fakat bu tuzluluk; yağış miktarına ve sulama dönemlerindeki drenaj suyu girişine bağlı olarak değişim göstermektedir. Kışın ve ilkbaharda, drenaj kanalları ile taşınan sular ve yağışların etkisi ile göl suyu az da olsa tatlılaşmakta, yazın ise yüksek buharlaşma ve denizden göle olan su girişi nedeniyle tuzluluk oldukça artmaktadır. Ayrıca, tuzluluk denize bağlantının olduğu ve batı kesimde daha yüksek, sızıntı ve drenaj sularının etkili olduğu kuzey kesimlerde ise daha düşüktür(Altan ve ark., 2004; Demir, 2008).

Akyatan Lagünü'ne boşalan yağıştan ve sulamadan dönen sulardan oluşan 2 önemli tatlı su kaynağı vardır. Bunlar 2 adet ana drenaj kanallarıdır. Bu drenaj kanallarından ilki 1991 işletmeye açılan ve lagüne doğudan boşalan P1D2 drenaj kanalı; ikincisi ise 1967 yılında inşa edilen ve lagüne kuzeybatıdan boşalan YD3 drenaj kanalıdır.

Akyatan Lagünü, Seyhan Nehri ve Ceyhan Nehri su ve toprak kaynakları geliştirme hizmetleri uygulanmadan önceki doğal koşullarda; Seyhan ve Ceyhan nehri taşkınlarının, yaklaşık 93 000 ha havzanın yağış sularının, yeraltı sularının, taban suyunun ve deniz tuzlu suyunun etkisi altında kalmaktaydı. Daha sonra ASO Projesi (Seyhan barajı, Seyhan regülatörü, Seyhan nehri seddeleri, taşkın koruma, drenaj ve sulama sistemi) ve ACO Aslantaş Projesi (Aslantaş barajı, Cevdetiye regülatörü, Ceyhan nehri seddeleri, taşkın koruma, drenaj ve sulama sistemi) inşa edildikten sonra sulama alanının ve özellikle de buharlaşmanın yoğun ve lagünde tuzlanmanın yüksek olduğu dönemde sulamadan dönen suların, etkisine maruz kalmamıştır(Demir, 2008). Akyatan Lagün Gölü'nde su rejiminin hem yağış, sıcaklık, buharlaşma gibi mevsimsel koşullardaki değişimler ve hem de lagün havzasında lagünün beslenmesi sonucunda, lagündeki beslenme-boşalım-buharlaşmaya bağlı olarak lagün su seviyesi mevcut koşullarda kışın derinleşmekte ve yazın sığlaşmaktadır. Sığlaşma ve derinleşmeye paralel olarak lagün alanı da 5050–7430 ha arasında değişmektedir(Dinçer, 2007; Demir,2008).

Akyatan Lagünü'nü çevresindeki başlıca kirlilik kaynakları tarımsal drenaj ve İncirlik sanayi bölgesinden gelen sanayi atık sularıdır. Akyatan Lagünü'nün sedimentlerinde ağır metallerin neden olduğu kirlenme fazla değildir.

Ayrıca Karataş Bölgesinde doğal ve insan kökenli başlıca ağır metal kaynaklarını;

- toprak,
- ticari gübreler,
- pestisitler ve kireç,
- kanalizasyon atıkları,
- hayvansal atıklar,
- kentsel atıklar,
- atık sular,
- madencilik ve araçlardan çıkan dumanlar oluşturmaktadır(Küçükgülmez, 2005; Demir,2008).



Şekil 1.5. Akyatan Lagününün Coğrafi Konumu(Google Earth, 2010)

1.3.1 .Bölgenin Meteorolojik ve İklimsel Özellikleri

Türkiye'nin güneyinde bulunan Adana ilinin Toros Dağları dışında kalan

bölmelerinde tipik bir Akdeniz iklimi görülür. Akdeniz ikliminin genel özellikleri; yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlı olmaktadır. Bu bölgede sıcaklık, derece derece azalır; yağmur ise, dağların üst kısımlarına doğru çıktıkça azalır. Bu karakteristik özellik net olarak 700-800 m’de görülür. Ovada sıcaklık nadiren 0 °C ye düşer (Altınözlü, 2002). Bölgede genellikle nemli hava kütlelerinin karşılaştığı dağ yamaçları boyunca yükselip soğumaya uğramasıyla meydana gelen yağışlar genellikle yamaç yağışları oluşur. Bölgenin sıcaklığı yüksekliğe bağlı olarak güneyden kuzeye gidildikçe azalır. Nem oranı kışın bütün havzada, yazın ise kıyı ovasında yüksektir. Yazın hava nemle yüklü olmasına karşılık, bazı yıllarda hiç yağış düşmediği görülür. Yazın iklimin ve enlemin etkisiyle ısınan hava, birikim nedeniyle ağırlaştığı için yükselmez ve doyma noktasına ulaşamaz. Böylece yazın nem yüklü sıcak bir hava görülür. Yıllık ortalama sıcaklık güneyde yaklaşık 18°C iken kuzeyde bu değer 7,9°C’ ye kadar düşer. Aşağıda çalışma alanının 1990–2008 yılları arasında Karataş ve Adana’nın aylık ortalama sıcaklıkları ve yağış normalleri verilmiştir.

Çizelge 1.2. Adana ve Karataş'ın 1990-2008 Yıllarına ait Ortalama Sıcaklık ve Yağış Değerleri(DMİ, 2009)

Aylar	ADANA		KARATAŞ	
	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama Yağış (mm)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama Yağış (mm)
Ocak	9.3	89.8	10.1	109.8
Şubat	10.1	87.7	10.8	111.5
Mart	13.3	52.0	13.7	62.5
Nisan	17.4	55.4	17.1	38.1
Mayıs	22.0	44.2	21.2	37.1
Haziran	26.0	14.9	24.9	13.2
Temmuz	28.4	9.6	27.3	4.1
Ağustos	28.8	7.0	28.1	6.3
Eylül	26.2	16.6	25.8	27.3
Ekim	22.0	40.7	22.1	57.5
Kasım	15.2	90.3	16.0	127.2
Aralık	10.7	124.3	11.5	183.4

1.3.2 .İşlev ve Değerleri

Deltalar, mikro ve makro floranın yüksek bir üretim düzeyine ulaştığı, dünyanın en verimli doğal alanlarıdır. Bu yüksek verimin oluşturduğu yiyecek ağı, başta su kuşları olmak üzere, değişik türden zengin bir yaban hayatının barınmasına ve beslenmesine imkân sağlamaktadır.

Deltalar, balıkların yumurta döktüğü, özellikle yavru balıkların beslendiği ve korunduğu alanlardır. Yapılan araştırmalar, yediğimiz balıkların üçte ikisinin hayatlarının tamamını ya da belirli bir devresini sulak alanlarda geçirdiğini göstermiştir. Bu nedenle sulak alanlar, özellikle deltalar balıkçılığın devamlılığı yönünden hayati öneme sahiptirler.

Akyatan Lagünü, yaşama ortamlarının çeşitliliği, barındırdığı hayvan ve bitki türleri ile çok sayıda uluslararası öneme sahip sulak alan kriterine sahip bir sulak alan ekosistemidir. Kışın Orta Anadolu'daki sulak alanların donması sonucu pek çok su kuşu güneydeki sulak alanlarımızda kışı geçirmektedir. Ayrıca, göç yolu üzerinde bulunmasından dolayı göç sırasında değişik türden çok kalabalık kuş gruplarına beslenme ev konaklama imkânı sağlamaktadır. Bu durum Akyatan lagününün önemini daha da artırmaktadır.

Değişik habitatları, zengin bitki ve hayvan varlığı ile bilimsel çalışmalar için birer açık hava laboratuvarıdır. Taban suyunu dengeleme, denizden tuzlu su girişini önleme gibi işlevleriyle bölgenin su rejiminin düzenlenmesine katkı sağlarlar.

Tüm bunların yanı sıra, Akyatan lagünü, su ürünleri üretimi ve turizm faaliyetleri gibi imkânlarıyla yöre ekonomisine önemli katkılar sağlayan çok yönlü bir sulak alan ekosistemidir.

Güzel manzarası ve barındırdığı yaban hayatı ile kuş gözleme, balık tutma ve avcılık gibi rekreasyonel faaliyetler için de ideal bir ortamdır (Anonim, 2008).

1.3.3 .Flora ve Faunası

Yörede, Türk-İran ve Akdeniz bitki coğrafyasının etkisi hakimdir. Yaşam ortamlarının çeşitliliği, farklı ekolojik istekleri olan bitki türlerini gelişmesine imkan

sağlamıştır. Bitkiler açısından en ilginç kesimi, deniz ve lagün arasında yer alan kumullar oluşturmaktadır. Lagünlerden kumullara çıkıldıkça hakim tür olan zakkum ve kirpi dikenini görülmektedir. Daha içerilerde canavar otu, fare kulağı, fiğ ve yonca yaygındır. Çalılık alanlar ise mersin, böğürtlen ve smilax türlerinden oluşmaktadır. Kumul vadiler ise *Ophyrus sphegodes*, *Serapias sp.* ve *Orchis sp.* ile kaplıdır.

1955 yılında kumul stabilizasyonu amacıyla ağaçlandırma çalışmaları başlatılmış ve bugüne kadar yaklaşık 3687 hektar kumul alanı ağaçlandırılmıştır. Ağaçlandırmada, okaliptüs, kıbrıs akasyası, yalancı akasya, fıstık çamı, kızılçam ile selvi kullanılmıştır.

Tatlı suyun etkili olduğu alanlarda saz, kamış ile nilüfer ve sarısüsen bulunmaktadır. Tuzlu su bataklıklarında ılgınlar ile *Salicornia sp.* ve *Sueda sp.* yaygındır. Kapıköyü yakınlarındaki adalar *Daffodilis narcissus* ile kaplıdır. Köylerin çevrelerindeki çayırarda ise süsen ile akyıldız görülmektedir.

Açık su yüzeyleri, sazlıklar, tatlı ve tuzlu bataklıklar, tatlı su birikintileri, gölcükler, geniş kumul ekosistemleri, kumsallar gibi farklı ekolojik karakterlerdeki yaşam ortamları, başta su kuşları olmak üzere değişik türlerden çok zengin bir yaban hayatının barınmasına olanak sağlamaktadır.

Göl ile deniz arasındaki geniş kumullar, çalılık alanlar etoburlar takımından birçok memeli için çok uygun yaşama ortamlarıdır. Alanda en yaygın görünen tür çakaldır. Alanda görünen diğer türler; tilki, yaban kedisi, tavşan ve kirpidir.

Göl kıyılarında ve eski nehir kollarının oluşturduğu küçük göllerin bulunduğu yerlerde yaygın olarak kuyruksüren görülmektedir. Bölge, türün Asya'daki dağılımının en batı kesimidir. Ayrıca, bölgede su samurunun da görüldüğüne dair kayıtlar vardır.

Sulak alan habitatları bakımından zengin çeşitlilik gösteren bölge, bol miktarda ağaç kurbağası, ova kurbağası ve gece kurbağası bulunmaktadır.

Sürüngenler bakımından da oldukça zengin olan bölgedeki, önemli türler yeşil kaplumbağa ve adi deniz kaplumbağasıdır. Bölgedeki kumsallar Akyatan, Samandağ, Kazanlı, Göksu Deltası ve Kuzey Kıbrıs'ta Lara kumsalları, *Chelonia mydas*'ın Akdeniz'deki önemli birkaç üreme alanıdır. Türkiye kıyıları arasında deniz kaplumbağası, *Chelonia mydas*'nın yumurtlama alanlarından en önemlisi olan

Akyatan Lagünü “birinci derecede önemli yumurtlama alanı” olarak sınıflandırılmıştır (Canbolat, 2004;WWF-Türkiye, 2003) ve bu kaplumbağaların % 43’ü bu kumsalda yuvalamaktadır (Altan ve ark., 2004; Kasperek ve ark., 2001). Doğal Hayatı Koruma Derneği tarafından 1988’de yapılan çalışma sırasında Akyatan’da 17 Temmuz tarihinde 250 iz sayılmıştır (Kasperek ve ark., 2001) . 1991 Ağustos ayında yapılan 3 günlük incelemede 210 yuva sayılmıştır. 1994 çalışması sırasında 496 C.mydas yuvası ile 38 yuva/km verimlilik saptanmıştır.

Tatlı su birikintileri ve kanallarda çizgili kaplumbağa ile bataklık kaplumbağasına; kumullarda ise kara kaplumbağasına sıkça rastlanır. Çukurbaşı yılan, ok yılanı, yılanöz kertenkele, tıknaz kertenkele, bukalemun, *Cryptodactylus kotschyii* ile *Agama stellio* kumullarda görülen diğer sürüngen türleridir (Anonim, 2008).

1.3.4 .Alanın Ornitoloji (Kuş bilimi) Açısından Önemi:

Alanın en önemli fauna elemanlarını su kuşları oluşturmaktadır. Akyatan gölü, uluslararası ölçütlere göre, ülkemizdeki uluslararası öneme sahip sulak alanlardan birisi olup ülkemizin en büyük lagünlerindedir (Altan ve ark., 2004). Göç yolu üzerinde bulunması, yaşama ortamlarının çeşitliliği ve uygun iklim koşulları alanı kuş varlığı yönünden zengin ve önemli kılmıştır.

1990 yılı Mart, Nisan ve Mayıs aylarında yapılan bir araştırmada, alanda 250 kuş türü tespit edilmiştir. Göç sırasında binlerce kıyı kuşu gölde konaklamaktadır. Göl çevresindeki çamur düzlükleri kıyı kuşları için ideal ortamlardır. Göç sırasında kalabalık gruplar oluşturan kıyı kuşları; kılıçgaga küçük cılıbit, küçük kumkuşu, döğüşkenkuş ve bataklık çulluğudur. Ayrıca önemli Kuş Türleri olarak Üreyen yaz ördeği (5 çift), turaç (75 çift), sazhorozu, kocagöz, akça cılıbit, mahmuzlu kızkuşu ve küçük sumru (100 çift) popülasyonlarıyla “Önemli Kuş Alanı” statüsü kazanır. En önemlileri suna (maks.854), fiyu (maks. 13.900), elmabaş patka (maks. 16.801), dikkuyruk (Maks. 978), sakarmeke (maks. 46.000) ve her yıl önemli bir kısmı İran’ın Urumiye gölünden gelen flamingo (maks. 9579) olmak üzere büyük sayıda su kuşu (maks. 85.054) gölde kışlar. Alan göç sırasında, küçük karabatak ile en önemlileri

kılıçgaga (maks. 1589), akça cılıbit (maks 3918) ve küçük kumkuşu (maks. 5165) olmak üzere, kıyı kuşları için büyük önem taşır.

Yemişli Gölü, eskiden sazhorozunun Türkiye’de Göksu Deltası dışında bilinen tek üreme alanıydı. Ancak, Yemişli Gölü’nün geri dönüşü olmayan biçimde tahrip edilmesi sonucu, bu nadir türün geleceği tehlike altına girmiştir. Ayrıca, bahar göçü boyunca, büyük sayılarda çeltikçi ve leylekle birçok ördek ve kıyı kuşu türü de, yakın bir zamana kadar bu gölde görülmekteydi.

Böcekler bakımından son derece zengin olan gölün sazlık kıyıları ve çalılıklarla kaplı kumulları, ibibik, gökkuzgun ve kırlangıç gibi kuşlar için ideal beslenme ve barınma alanlarıdır.

Akyatan gölü kışlama alanı olarak son derece önemlidir. Özellikle şiddetli soğukların Anadolu’ya egemen olduğu dönemlerde, Anadolu yaylasındaki göllerin donmasıyla birlikte alandaki kuş varlığı büyük sayılara ulaşmaktadır. Her yıl 70.000 ile 80.000 arasında su kuşu kışı alanda geçirmektedir.

Akyatan Gölü ve deniz arasındaki kumullar çeşitli türlerden küçük ötücülerin üreme ve konaklama dönemlerinde yaşam ortamıdır. İzmir yalıçapkını bölgede ürerken, alaca yalıçapkını çoğunlukla kış aylarında görülür. 1990 yılında bir WIWO (Hollanda) ekibi tarafından yapılan çalışmada, baharda çok sayıda kıyı kuşunun Akyatan Gölü’nde konakladığı, ancak besin maddelerinin yetersiz oluşundan dolayı, bunların bölgede kısa bir süre kaldığı ortaya konmuştur(Anonim, 2007).

1.3.5 .Tarihi ve Kültürel Değerleri

Yöredeki ilk yerleşim Neolitik Çağın (İ.Ö. 800–5500 yılları) sonlarına kadar uzanmaktadır. Gölün doğusunda yer alan Karataş kasabasının yakınlarında ilk çağda antik Mallos kenti bulunmaktaydı. Mallos kentinin güney batısında ise Çukurova’nın ilk liman kenti olan Magarsos kenti kurulmuştur. Kuzey kesimi surlarla çevrili olan kentin liman tarafında kale, tiyatro, Athena Tapınağı, kilise, hamam, lahit, ve sarnıç kalıntıları bulunmaktadır. Ortaçağda yıkılan kale Abbasiler tarafından onarılmıştır. Osmanlı döneminde yapılan Karataş Hanı ise büyük ölçüde yıkılmıştır. İ.Ö.17.yüzyılda Hititlerin egemenliğinde olan bölgeye, Türkiye Cumhuriyeti’nin

kuruluşuna kadar, Asurlar, Yunanlılar, Romalılar, Bizanslılar, Selçuklular ve Osmanlılar egemen olmuşlardır (Anonim, 2007).

1.3.6 .Tarım ve Hayvancılık

Çukurova nitelikli toprakları ve uygun iklim koşullarıyla ülkemizin en verimli, aynı zamanda en büyük delta ovasıdır. Deltanın çok büyük kısmı tarımsal amaçlarla kullanılmaktadır. Ovadaki ana ürün 1980’li yıllarda pamuk iken günümüzde mısırdır. Diğer önemli ürünler hububat, meyve, sebze, çeltik ve turunçgillerdir. Sulama suyu Adana’nın kuzeyindeki Seyhan Barajı’ndan gelir. Yakın dönemde, kumullar ve göl arasında kalan düzlüklerde, çilek, hıyar, kavun ve karpuz tarımı yoğunluk kazanmıştır. Bu tarlalar yeraltı suyuyla sulanmaktadır.

Deltanın tamamı dikkate alındığında göl ve civardaki nüfus yoğunluğu ve tarımsal verimin üst kesimlere nazaran daha düşük olduğu görülmektedir. Ancak, üst kesimlerdeki tarım alanlarının yerleşime ve sanayiye açılması, hızlı nüfus artışı ve yoğun göç deltadaki doğal alanlar üzerindeki baskının artmasına neden olmuş; göl çevresindeki geçici sulak alanların tamamına yakını direne edilerek tarıma açılmıştır. Yine, göl çevresindeki kumullar düzeltilerek kavun, karpuz ve çilek alanlarına dönüştürülmüştür.

Ağaçlandırılmış kumul alanlarında otlatma yasaktır. Ancak, Kapı ve İnaplıhüyük Köyü yakınlarındaki kumul alanlarda aşırı otlatmanın etkileri görülmektedir (Anonim, 2007).

1.3.7 .Balıkçılık

Akyatan Lagünü’ndeki en önemli ekonomik etkinliklerden biri geleneksel dalyan balıkçılığıdır (Çevre durum raporları rehberi, 2006; Altan ve ark., 2004). Doğu Akdeniz’in en zengin dalyanlarından birisidir. Denizle olan bağlantısından göle beslenmek ve üremek amacıyla bolca balık girmektedir. Gölün denize açılan bölümünde geleneksel bir dalyan inşa edilmiştir. Dalyan Karataş’lı balıkçılar tarafından işletilmektedir. Gölde avlanan balık türleri; kefal, çipura, levrek, yılanbalığı, yayın, karabalık, bıyıklı balık, sazan, aynalı sazan, gökkuşağı alası ve

sırazdır. Gölün doğu kesimlerinde Mavi Yengeç avlanmaktadır (Gelibolu, 2006).

Gölde avlanan balıkların bir bölümü ihraç edilmektedir. Gölün doğru kesimlerinde mavi yengeç avlanmaktadır. Usulsüz ve yasa dışı avlanma, yavru balık toplanması ve tarım alanlarından gelen kirlilik göldeki balık popülasyonlarının zarar görmesine neden olmuştur (Anonim, 2007).

1.3.8 .Turizm

Akyatan gölünde turizm faaliyetleri yok denecek kadar azdır. Sadece gölü denize bağlayan kanalın doğusunda tatil konutları inşaa edilmiştir (Anonim, 2007).

1.3.9 .Avcılık

Alanın tamamı Orman Bakanlığınca 1987 yılında Yaban Hayatı Koruma Sahası ilan edilerek avcılık yasaklanmıştır. Ancak, denetimlerin yetersizliği nedeniyle sınırlı da olsa avcılık yapılmaktadır (Anonim, 2007).

1.4 .Koruma ve Yönetim

Akyatan lagünü, 05.05.1937 tarih ve 3167 sayılı Kara Avcılığı Kanunu'nun 16. maddesine dayanarak Akyatan Gölünün güneyindeki Akyatan-Kapıkum Kumul Tespit ve Ağaçlandırma Sahası ile gölü çevreleyen sazlık alanın 500 metre içinde kalan bölgede Orman Bakanlığı Merkez Av Komisyonu kararına göre 1986 yılında "Su Kuşları ve Turaç Koruma ve Üretim Sahası" adı altında korumaya alınmıştır. Koruma alanı adı, saha sonra zengin yerli ve göçmen kuş potansiyeli, su kuşları için önemli bir konaklama ve üreme yeri özelliği taşıması da göz önüne alınarak 1987'de "Akyatan Gölü Yaban Hayatı Koruma Sahası" olarak değiştirilmiştir (Altan ve ark., 2004). Lagünü 15 Nisan 1998 tarihinde ise Ramsar Alanı ilan edilerek Ramsar listesinde ilk 9 sulak alan içerisinde yerini almıştır (Çevre Atlası; Altan ve ark., 2004). 1996 yılında Bayındırlık ve İskan Bakanlığı ve Çevre Bakanlığı'nın işbirliğiyle deltadaki tüm doğal alanları kapsayacak şekilde hazırlanan çevre düzeni planında, sulak alan ekosistemi ve sistemle ilişkili habitatlar dikkate alınarak, mutlak

koruma, ekolojik etkilenme ve tampon bölgeler belirlenmiş; her bir bölge için koruma ve kullanım esaslarını düzenleyen özel plan kararları geliştirilmiştir. Alan için geliştirilmiş bir yönetim planı mevcut değildir. Değişik etkinlikler için farklı kuruluşların yetkili olması ve kuruluşlar arasında yeterli koordinasyon ve işbirliğinin olmayışı korumada sıkıntılara neden olmaktadır (Görgün, 2002; Anonim, 2007).

1.5 .Su Kalitesi ve Havza Modellemede Kullanılan Yazılımlar

Son yıllarda hızla gelişen bilişim teknolojisi, su kalitesi ve havza yönetiminde matematiksel modellerin kullanılması yaklaşımının artmasına neden olmuştur. Yine son yıllarda sucul ekosistemlerde yapılan araştırmalar ve bu bölgelerdeki çevresel yönetim amacı ile kullanılan matematiksel modellerin sayısının 4000 civarında olduğu tahmin edilmektedir (Ertürk,A. 2005; Jorgensen, 1999). Detaylı bir modelleme çalışmasında birçok yazılım kullanılabilir. Bunlar:

- Matematiksel modelleme yazılımları
 - Hidrolojik,
 - Hidrodinamik,
 - Su kalitesi
 - Havza modelleme yazılımlar
- Matematiksel modellemeye yardımcı yazılımları
 - Senaryo üreticiler,
 - Model parametre tahmin yazılımları,
 - Genel amaçlı duyarlılık analizi yapan yazılımlar, vb.
- Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımları
- Diğer yazılımlar
 - Program geliştirme araçları,
 - Elektronik tablolama yazılımları,
 - Veri tabanı yazılımları, vb.

olarak sıralanabilmektedir. Son dönemlerde bu yazılımların kullanılmasındaki amaç, çalışılan bölge için karar destek sisteminin oluşturulmasıdır. Su kalitesi ve havza yönetiminde kullanılan programların bazıları şunlardır:

1. QUAL2E/QUAL2E-UNCAS
2. Water Quality Analysis Simulation Program(WASP)
3. CE-QUAL-W2
4. Better Assessment Science Integrating Point and Nonpoint Sources (BASINS)
5. Hydrologic Engineering Center -River Analysis System(HEC-RAS)
6. Hydrologic Engineering Center -Hydrologic Modelling System (HEC-HMS)
7. Mike 21 Model- Hydrodynamic Flow Module and Advection/Dispersion Module

1.5.1 .QUAL2E/QUAL2E-UNCAS

Bu program tek boyutlu kararlı hal akarsu modelleyen bir program olup Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Kurumu (USEPA) tarafından geliştirilmiştir. QUAL2E ve QUAL2-UNCAS çok iyi bilinen genel amaçlı akarsu su kalitesi modelleridir. Bu iki model dünyada bir çok akarsuya uygulanmış ve güvenilirlikleri kanıtlanmıştır (Ertürk,A. 2004; Sivri, N. 2004; Küçükballı, A. 2003).

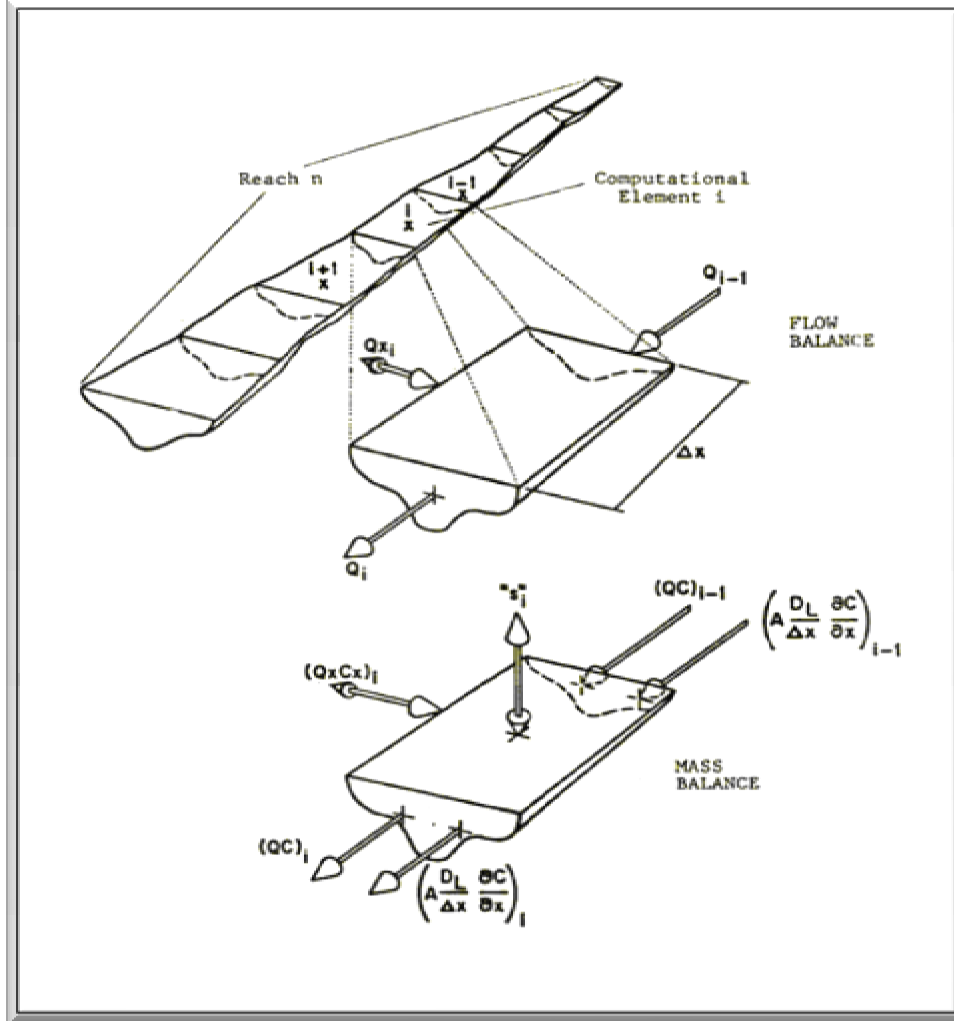
QUAL2E su kalitesinde meydana gelen değişimleri ve su ortamının kararlı durumunda oluşan değişimleri yarı dinamik olarak simüle edebilmektedir. QUAL2-UNCAS ise belirsizlik analizi yapabilmek için geliştirilmiştir. Ayrıca QUAL2E'nin farklı kurumlar tarafından geliştirilmiş uyarlamalarında bulunmaktadır. Bunlar MODQUAL ve QUAL2K dır. Bu uyarlamalar Tuna Nehri ve Nakdong Nehri(Güney Kore) nehirlerine uygulanmıştır (Park&Lee, 2002; Chapra&Peiletier, 2003, Ertürk, A. 2004). Bu model akarsuyu bölümlere ve hesap elemanlarına ayırmaktadır. Bu bölümler:

- Hidrolik özellikler
- Su kalitesi kinetikleri ve
- Sabit akarsu kısımları
- Hesap elemanları ise tam karışımli reaktörler

olarak oluşturulmuştur.

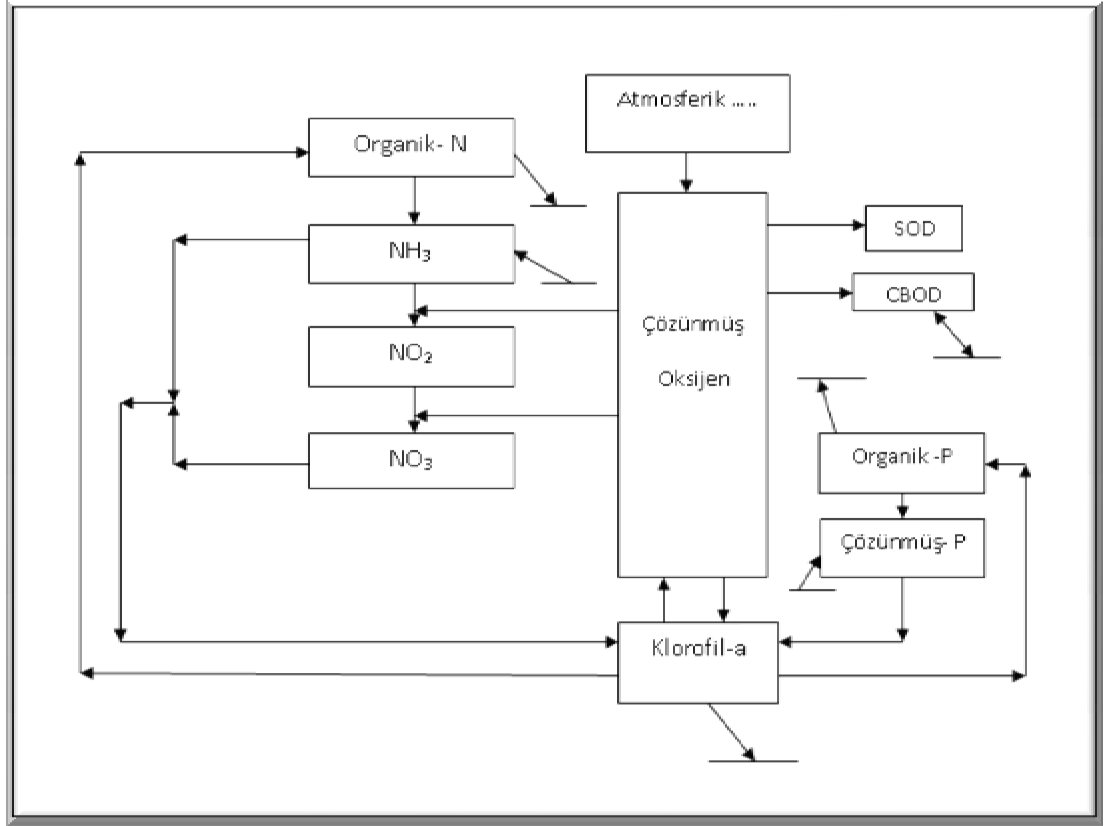
Model su kalitesi hesaplarını tek boyutlu yatay dağılım denklemi ile yapmaktadır.

(1.1.)



Şekil 1.6. QUAL2E Model Ağı(Brown ve Barnwell, 1987,Ertürk, 2004)

Su kalitesi ile ilgili değişkenler ve birbirleri ile ilişkileri aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Şekil 1.7. Su Kalitesi Parametrelerinin Birbiri ile İlişkisi(Mike 21 User Guide, 2009)

QUAL2E modeline veri girişi grafik kullanıcı ara yüzü ile yapılmaktadır. Akarsuyun geometrik yapısını ve su kalitesini ifade etmeye yarayan parametreler grafik kullanıcı arayüz ile programa girilerek model çalıştırılabilmektedir. Fakat bu grafik kullanıcı ara yüzler sispeten eski yazılım teknolojileri ile uyumlu olduğundan günümüz teknolojileri ile kullanımı zor olabilmektedir (Ertürk, 2004). Programın kaynak kodu Center for Exposure Analysis and Modelling birimi tarafından dağıtılmaktadır. Bu kodlar FORTAN 77 standardına uyularak yazılmış olduğundan sorunsuzca derlenebilir. QUAL2E'nin diğer yazılımlarla iletişimi ise sadece girdi çıktı dosyaları aracılığı ile olabilmektedir.

QUAL2E ile yağış ve akış gibi hidrolojik hesaplar yapılamamaktadır. Bunun yanında kararlı ve üniform akım koşulları için hidrolik ve hidrodinamik hesaplar yapılabilmektedir. Program verilen debiye ve akarsu özelliklerine göre derinlik ve akış hızı hesaplayabilmektedir. Bu hesaplarda geometrik şekline göre iki formül

kullanılmaktadır.

Birincisi Manning Formülü;

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \text{ ve } n = \text{pürüzlülük katsayısı} - \mathbf{0,01 - 0,15}, \quad (1.2.)$$

İkincisi ise;

$$D = a \cdot Q^b \text{ ve } V = c \cdot Q^d \quad (1.3.)$$

Bu denklemlerde;

- Q : Debi
D : Derinlik
V : Hız
a : Derinlik çarpanı
b : Derinlik üstel katsayısı
c : Hız çarpanı
d : Hız üstel katsayısı

QUAL2E ile aşağıdaki su kalite parametreleri modellenenbilmektedir. Bunlar:

- Sıcaklık
- Çözünmüş Oksijen
- Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
- Organik Azot
- Amonyum Azotu
- Nitrat Azotu
- Nitrit Azotu
- Fosfat Fosforu
- Organik Fosfor
- Klorofil-a

Bu parametrelerden üç tane korunan ve bir tane korunmayan değişken seçilerek akarsu boyunca değişimleri hesaplanabilmektedir. Bu modelde biyokimyasal süreçler basitleştirilmiştir. Örneğin bu modelde nitrifikasyon ve denitrifikasyon gibi azot sabitleme süreçleri hesaba katılmamıştır(Ertürk, 2004).Sonuç olarak QUAL2E modeli Türkiye’de ve dünyada iyi bilinmektedir. Fakat modelin bazı avantaj ve dezavantajları vardır:

Avantajlar	Dezavantajlar
İhtiyaca göre düzenlenebilmektedir.	Model hidrolik yapıların etkilerini modelleyemeyerek tam bir hidrodinamik modelleme yapamamaktadır.
	Bazı biyokimyasal süreçleri içermemektedir.
	Yazılan firma tarafından güncellenmemektedir.
	Windows işletim sistemlerinin yeni sürümleri ile modelin çalıştırılmasında sorunlar çıkmaktadır.

Bu nedenlerden dolayı ana su kalitesi modelleme programı olarak kullanılmamaktadır. Fakat bir akarsuyun durumunun ön değerlendirilmesinde fikir elde edebilmek ve ana modelleme programları için alt yapı oluşturmada kullanılabilir(Ertürk,2004; Sivri, 2005).

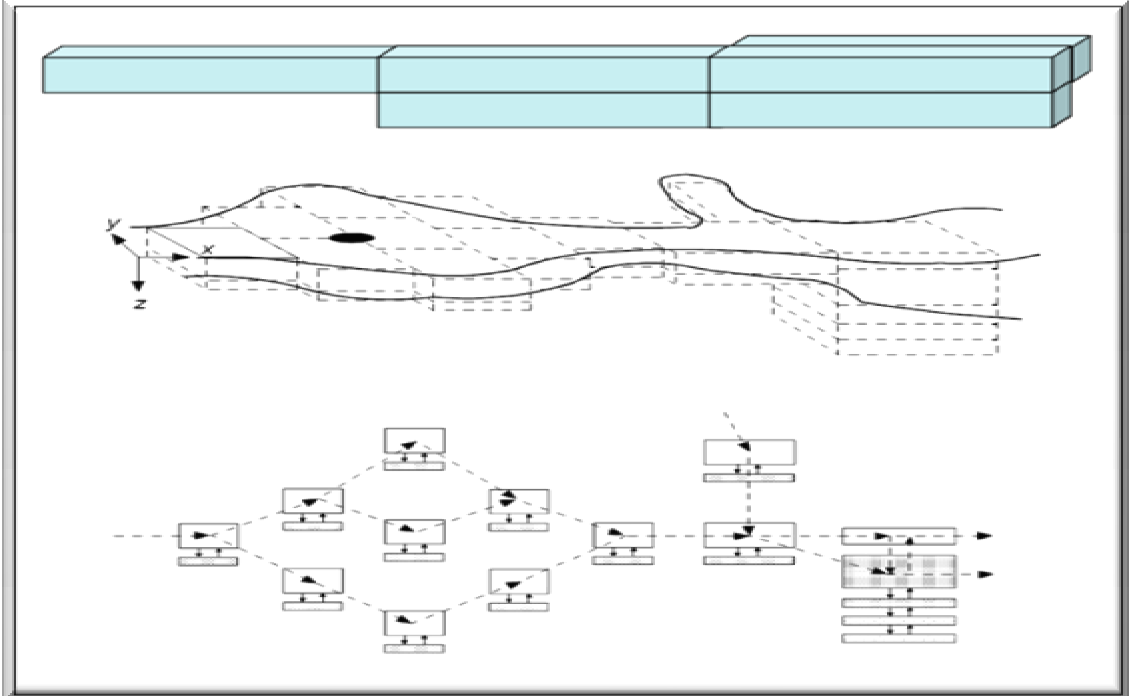
1.5.2 .Water Quality Analysis Simulation Program(WASP)

Çok boyutlu ve dinamik bir su kalitesi simülasyonu programı olan Water Quality Analysis Simulation Program (WASP), Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Kurumu (USEPA) tarafından geliştirilmiştir. Modelin çeşitli sürümleri bulunmaktadır. Bunlardan 5.10 sürümü MS-DOS işletim sistemi altında çalışacak

şekilde tasarlanmıştır. Bunun yanında kaynak kodunun erişilebilir olması sebebiyle; model kullanıcı ihtiyaçlarına göre düzenlenip kullanıcıya özel uyarlamaların geliştirilebilmesi önemli özelliklerindedir.

Program için model girdi verilerinin hazırlanması çok karışıktır. Bu girdilerin hazırlanması için uygulamaya özel uyarlamalar geliştirilmiştir. Türkiye’de bu uyarlamalardan bazıları mevcuttur. Bu uyarlamalardan biri; sığ göllerde köklü su bitkilerinin su kalitesi üzerine etkilerin belirlenmesi amacıyla geliştirilmiştir (Muhammetoğlu,1998). Diğeri kıyı alanlarında ekosistem modellemesinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir(Ertürk, 2004). Bu uyarlamalarla girdi verileri kolaylıkla girilebilmektedir. Diğeri bir sürüm olan 7.0 da ise grafik kullanıcı arabirimi olan eski sisteme göre daha geliştirilmiş bir sürümdür.

WASP simülasyon modeli oldukça esnek model ağına sahip bir kutu modelidir. Model su ortamlarını sıfır, bir, iki, ve üç boyutlu olarak modelleyebilmektedir.



Şekil 1.8. WASP Model Kutuları ve Model Ağı(Ambrose ve ark., 1993, Ertürk, 2004)

WASP modelinde su ekosistemlerinin değişik kısımlarını temsil edebilen dört model kutusu türü vardır. Bunlar:

1. Atmosfer ile teması olan su kutusu
2. Atmosfer ile teması olmayan su kutusu
3. Su ile teması olan sediment yatağı su kutusu
4. Su ile teması olmayan sediment yatağı su kutusu

olarak tanımlanmıştır. Kutular arasındaki su ve kütle alışverişi altı taşınım alanıyla tanımlanmıştır. Bunlar:

1. Su sütununda akıntı ile taşınım
2. Yatak sediment boşluklarında taşınım
3. Su sütununda çökme/yeniden askıya geçme ile taşınım 1
4. Su sütununda çökme/yeniden askıya geçme ile taşınım 2
5. Su sütununda çökme/yeniden askıya geçme ile taşınım 3
6. Yağış ve buharlaşma ile taşınım

olarak tanımlanmıştır. Burada 3, 4, 5 taşınım alanları farklı çökme hızlarını ifade etmektedir(Ertürk,2004; Muhammetoğlu,2000).

WASP modeline veri girişi 7.0 sürümünde grafik ara yüzü olmasından dolayı eski sürüm olan 5.10 göre kolaylaştırılmıştır. Bu modeldeki grafik kullanıcı arayüzü QUAL2E dekine göre daha kullanışlı ve daha iyi tasarlanmıştır.

WASP modeli diğer yazılımlarla iletişimde, değişik veri kaynaklarından zaman serilerini okuyabilmektedir. Bu veriler oluşturulan şablonlar sayesinde kolaylıklar güncellenebilmektedir. Ayrıca hidrolojik modellerle yayılı yük dosyaları, hidrodinamik modellerle de hidrodinamik girdi dosyaları ile bağlanabilmektedir. EPA tarafından geliştirilmiş olan Water Resources Database(WRDB) sistemine veri aktarabilmektedir (Ertürk,2004; Sivri,2005).

WASP, yağış-akış gibi hidrolojik hesapları yapamamaktadır. Fakat EPA tarafından geliştirilmiş olan hidrolojik simülasyon programlarından HSPDF ve SWIMM tarafından üretilen verileri okuyabilmektedir. WASP modeli hidrodinamik hesapları sınırlı şekilde hesaplama yeteneğine sahiptir. Bu modelde QUAL2E deki $D = a \cdot Q^b$ ve $V = c \cdot Q^d$ formülleri kullanılmaktadır. Ayrıca kinetik dalga denkleminin çözümüne göre hidrodinamik hesaplar yapılabilmektedir. WASP

hidrodinamik hesaplarda yetersiz kaldığı durumlarda, dış hidrodinamik model bağlantısı sayesinde başka bir hidrodinamik modelin ürettiği verileri okuyabilmektedir. Bu dış modeller; DYNHYD, RIVMOD, CE-QUAL-RIV1 ve EFDC dir(Ertürk,2004).

WASP modelinde su kalitesi hesapları ayrıntılı bir şekilde hesaplanabilmektedir. Bu model içerisinde su kalitesi hesabını yapan dört ayrı modül bulunmaktadır. Bunlar;

1. Eutrophication Modülü
2. Toxi modülü
3. Mercury Modülü
4. Heat Modülü

Eutrophication Modülü, besi maddesi ve çözülmüş oksijen döngülerini simülasyonunu yapmaktadır. Bu modülde,

- Organik azot
- Amonyum azotu
- Nitrat azotu
- Nitrit azotu
- Organik fosfor
- Fosfat fosforu
- Tuzluluk
- Biyokimyasal oksijen ihtiyacı
- Çözülmüş oksijen
- Fitoplankton ve bentik alg

gibi su kalitesi parametrelerinin hesabı yapılabilmektedir(Ertürk, 2004).

Toxi modülü, su ortamlarındaki zehirli kimyasalların simülasyonunu yapmak üzere geliştirilmiştir. WASP tarafından;

- Basit yapıli zehirli kimyasallar
- Parçalanamayan zehirli kimyasallar
- Organik zehirli kimyasalların

simülasyonu yapılabilmektedir.

Mercury Modülü, civa kirliliğinin modellenmesi amacıyla geliştirilmiştir. Toxi modülünün özel bir versiyonudur. Heat modülü, sucul ortamlardaki sıcaklık ve koliform bakterilerin modellenmesi için geliştirilmiştir(Ertürk, 2004).

Avantajlar	Dezavantajlar
Programın yetenekleri, esnek yapısı, birçok sisteme ve problemlere uygulanabilmektedir.	Modelin kaynak kodu gelişmiş sürümlerde doğrudan elde edilememektedir.
Model çıktılarının yorumlanmasını kolaylaştıran son işlem programı bulunmaktadır.	Kullanımı zor ve karmaşık olup eğitim gerektirmektedir.
Model çıktıları CBS sistemine aktarılarak kirletici konsantrasyonlarının zamana ve konuma göre değişimleri yapılabilmektedir.	
Yazılan firma tarafından güncellenmektedir.	

WASP modeli yazılan firma tarafında sürekli olarak geliştirilmektedir. Ayrıca su ortamlarında birçok probleme uygulanabilirliği, esnek yapısı ve model çıktılarının yardımcı programlarla yorumlanmasının sağlanabilmesi nedeniyle kullanımı dünyada ve Türkiye’de yaygınlaşmaktadır(Ertürk,2004).

1.5.3 .CE-QUAL-W2

CE-QUAL-W2 modeli Army Corps of Engineers ve Portland üniversitesi tarafından geliştirilen iki boyutlu hidrodinamik ve su kalitesi modelidir. Model aslında baraj gölleri için geliştirilmiş olmakla birlikte birçok su ortamına uygulanabilmektedir. Bu ortamlar akarsular, doğal göller, haliçler’dir. Ayrıca model herhangi bir havzada iki boyut kabulü ile modellenebilecek tüm su ortamlarını tek bir model altında modelleyebilmektedir.

Model bir yatay(ana akım yönünde) ve bir düşey (derinlik boyunca) boyutta modelleme yapabilmektedir. Bu sebeple sistem olarak dar veya yanal olarak tam karışım kabulü yapılabilecek, derinlik boyunca önemli değişimler (sıcaklık, tuzluluk, tabakalaşması vb.) olan sistemlerde kullanılabilir. Modelin bileşenleri şu şekilde sıralanabilir:

- Yalnızca veri girişini sağlayan bir grafik arayüzü
- Kullanıcının girdiği verileri kontrol eden bir ön işlemci
- Hidrodinamik ve su kalitesi simülasyon programı
- Su bütçesi hesaplarını yapan bir yardımcı program

oluşmaktadır.

Modele veri girişi birçok girdi dosyası şeklinde olmaktadır. Bu dosyaların tümü metin tabanlıdır ve herhangi bir metin düzenleyici kullanılarak hazırlanabilmektedir. Modele alanın temel özelliklerinin tanımlandığı ana girdi dosyası ve model alanının geometrisinin tanımlandığı batimetri dosyası, bir grafik kullanıcı arayüzü ile oluşturulabilmektedir. Modelin kaynak kodu açıktır ve Fortran 95 standardında hazırlanmıştır.

CE-QUAL-W2 modeli ile yağış-akış gibi hidrolojik hesaplar ile havzadan gelen kirletici yükü hesaplarını yapamamaktadır. Fakat basit girdi dosyaları biçimi nedeniyle hidrolojik model çıktıları bu model tarafından okunmasını sağlayacak arayüz programları geliştirilmiştir(Ertürk, 2004).

Model iki boyutlu türbülanslı Navier-Stokes denklemlerini kullanarak hidrodinamik modelleme yapabilmektedir. Ayrıca akarsu-rezervuar sistemleri üzerinde bulunabilecek hidrolik yapıların(dolu savak, batmış savak, kapaklar vb.) çoğunun hidrodinamik etkilerini modelleyebilmektedir.

CE-QUAL-W2 modeli su kalitesi hesaplarını çok ayrıntılı olarak yapabilmektedir. Bu model yardımıyla su ortamının durumunu gösteren birçok önemli parametre modellenabilmektedir. Bunlar:

- Organik azot ve fosfor
- Amonyum azotu
- Nitrat azotu

- Fosfat fosforu
- Silisyum(çözünmüş ve partiküller)
- Tuzluluk
- BOİ(biyokimyasal oksijen ihtiyacı)
- Çözünmüş oksijen
- Fitoplankton
- Bentik alg

gibi su kalitesi değişkenleri modellenenbilmektedir.

Sonuç olarak CE-QUAL-W2 modeli çok gelişmiş ve yetenekli bir modeldir. Bu modelin en önemli özelliği hidrolik yapıların etkilerini modelleyebilmesidir. Bu özelliklerinin yanında uzun modelleme yapılacağı durumlarda model kalibrasyonu uzun süreler alabilmektedir. Ayrıca sucul ortamlarda bulunan besi maddelerinin dinamiklerini çok ayrıntılı olarak ele alabilmektedir. Ayrıca bu modelde model çıktılarının yorumlanmasını sağlayan görsel programlar bulunmamaktadır(Ertürk, 2004).

1.5.4 .Better Assessment Science Integrating Point and Nonpoint Sources (BASINS)

Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı tarafından geliştirilmiştir. Bu model tüm havza alanını modelleyebilmektedir. BASINS kendisine entegre edilmiş modellere girdi verisi sağlayıp onları uzaktan yöneten ve birbirleri ile alışveriş yapmalarını sağlayan bir modelleme arayüzüdür. Modeller ile verileri CBS yardımıyla birleştirmekte ve birçok modelin bir havzasının modellenenbilmesi için birbiriyle uyumlu çalışmaları sağlanabilmektedir. BASINS ile çalışabilen modeller şunlardır:

- Hydrological Simulation Program FORTRAN(HSPF)
- Soil Water Assesment Tool(SWAT)
- PLOAD
- AQUATOX

BASINS kendi başına çalışabilen bir program değildir. Ana bir programın(ArcView) altında çalışmaktadır. Modele veri girişi, grafik kullanıcı arayüz ve CBS ile gerçekleştirilebilmektedir. Model desteklediği diğer modellerle veri alışverişi yapabilmekte; birbirleriyle uyumlu çalışmalarını ve birbirlerinin kullanacağı verileri de üretebilmektedirler(Ertürk, 2004).

BASINS sayısal arazi verilerini kullanarak akarsu ağlarını ve alt havza sınırlarını belirleyebilmektedir. Birlikte çalıştığı modeller yardımı(HSPF, SWAT) ile yağış ve akış gibi hidrolojik hesaplar yapılabilmektedir(Ertürk,2004). Bu model herhangi bir hidrolik ve hidrodinamik hesap yapamamaktadır. Modele entegre edilebilen modeller(HSPF, SWAT) ile tek boyutlu hidrodinamik hesaplar yapılabilmektedir. Ayrıca AQUATOX modeli de sınırlı bir hidrolik hesap yapabilme özelliğine sahiptir.

BASINS yine tek başına herhangi bir su kalitesi hesabı yapamamaktadır Fakat yine birlikte çalıştığı modeller yardımıyla bu hesapları yapabilmektedir. BASINS, SWAT modeli ile birlikte yayılı yük hesabı yapabilmektedir. HSPF ile hem yük hesabı yapmakta hem de akarsu modülleriyle (WASP) ötrofikasyon modüllüne yakın bir detayda su kalitesi hesabı yapabilmektedir. AQUATOX ise çok ayrıntılı su kalitesi hesabı yapabilmektedir.

Sonuç olarak, BASINS tek başına çok işlevli bir modül olamasa da kendisi ile uyumlu modellerle birlikte çalışabilmektedir. Türkiye’de kullanımı yaygın değildir.

1.5.5 .Hydrologic Engineering Center-River Analysis System(HEC-RAS)

HEC-RAS, United States Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (HEC) tarafından geliştirilen ve bir akarsu ortamını tek boyutlu olarak hidrolik ve hidrodinamik olarak analiz edebilen bir modelleme programıdır. Modele bileşenleri şunlardır;

- Grafik kullanıcı arayüzü
- Hidrolik analiz bileşenleri
- Veri toplama ve yönetme bileşenleri
- Sonuçların raporlanması ve görselleştirilmesi ile ilgili bileşenlerdir.

HEC-RAS, hidrolik analizleri üç ayrı şekilde yapabilmektedir. Bunlar:

1. Kararlı(permanan) akım koşullarında su yüzü profilinin hesaplanması
2. Dinamik (permanan olmayan) akım koşullarında su yüzü profilinin hesaplanması
3. Hareketli sınır koşullarında sediment taşınımının hesaplanması

ile ilgili bileşenler olarak düzenlenmiştir.

Hidrolik analiz bileşenleri, ortak analiz verileri ve ortak geometrik, hidrolik rutinleri kullanacak şekilde tasarlanmıştır. HEC-RAS ayrıca su yüzeyi profilini ile;

- Köprü ayaklarında oyulma hesapları
- Üniform akım hesapları
- Stabil kanal tasarımı
- Sediment taşınım kapasitesi

gibi tasarım bileşenlerini de içermektedir(Ertürk,2004).

HEC-RAS modeline veri girişi grafik kullanıcı arayüzü ile kolaylaştırılmıştır. Akarsuyun geometrik yapısını tanımlayan veriler ve akarsu içindeki hidrolik yapılar ile ilgili verilerin tümü, grafik kullanıcı arayüzü ile girilmektedir. Ayrıca veri girişi kolaylaştıran CBS arayüzü de bulunmaktadır(Ertürk,2004).

HEC-RAS modelli yağış ve akış gibi hidrolojik hesapları yapamamaktadır. Fakat yardımcı modeller yardımı ile oluşturulmuş olan hidrolojik veriler okunabilmektedir. HEC-RAS tek boyutlu olarak hidrodinamik hesapları yapabilmektedir. Model; nehir rejimi, sel rejimi yada hidrolik sıçrama gibi karışık rejim durumlarında hesap yapabilmektedir. Ayrıca hidrolik yapı ve su seviyesi kontrol elemanlarının su yüzü profiline etkisini de hesaplayabilmektedir. Hidrolik analiz hesapları Manning formülüne dayanmaktadır. Buna ek olarak su yüzü kotunun kısa mesafede değişmesi durumunda momentum denklemlerini kullanmaktadır.

Model su kalitesi hesabı yapmamakla birlikte, bu modelin çıktı dosyaları uygun modellere yazılmak suretiyle su kalitesi modelleme çalışmalarına yardımcı olmaktadır(Ertürk,2004).

Sonuç olarak HEC-RAS modeli modern ve kullanımı kolay olan bir yazılımdır. Bu modelde veri girişi kolaylaştırılmış ve CBS entegrasyonu sağlanmıştır. Bir akarsuyun hidrolik analizini tamamen yapabilmektedir. Özellikle

sel rejiminde hesap yapabilmesi Türkiye'deki akarsularda kullanımını yaygınlaştırmıştır. Modelin dezavantajı ise modelin kaynak kodunun açık olmamasıdır(Ertürk,2004).

1.5.6 .Hydrologic Engineering Center -Hydrologic Modelling System (HEC-HMS)

United States Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (HEC) tarafından geliştirilmiş olan HEC-HMS modeli değişik büyüklük ve özellikteki havza alanlarında yağış ve akış gibi hidrolojik hesapları yapabilen bir simülasyon programıdır.

Model bütünleşmiş bir çalışma ortamından oluşmaktadır. Bu çalışma ortamı bileşenleri:

- Veri tabanı bileşenleri
- Veri girişi yardımcıları
- Hesap bileşenleri
- Sonuçları görselleştirip raporlayan bileşenler

dir. Tüm bu bileşenler grafik arayüzü ile yönetilmektedir. HEC-HMS havza alanında değişik hidrolojik elemanların simülasyonunu yapabilmektedir. Bu elemanlar:

- Alt havza
- Akarsu kolu
- Rezervuar
- Kavşak noktası
- Yön değiştirme
- Kaynak
- Kuyu

HEC-HMS modelinde tüm bileşenler birbirine bir ağ ile bağlanmış şekilde çalışmaktadırlar.

Modele veri girişi grafik arayüzü ile kolaylaştırılmıştır. Modele hidrolojik veriler grafik arayüz ile zaman serisi verileri ise veri tabanı desteği ile

girilebilmektedir. Ayrıca veri girişini kolaylaştıran CBS arayüzü de bulunmaktadır.

HEC-HMS modeli ile hidrolojik hesaplar birbiri ile ilişkili bir model ağı veri yapısı içinde tanımlanmaktadır. Hesaplar mabadan mansaba doğru yapılmaktadır. Modelde sızma kayıpları için çeşitli seçenekler bulunmaktadır. Basit modelleme için tek tabakalı model, karmaşık sızma ve evapotranspirasyon hesaplarının yapılmasında ise beş tabakalı zemin nemi modeli kullanılmaktadır(Ertürk,2004). Yağış- akış hesapları birim hidrograf yöntemlerinin yanı sıra, kanallar ve düzlüklerde kinetik dalga yönteminin de kullanılması mümkün olabilmektedir. Model hesapları dinamik olarak yapılabilmekte ve model çıktıları hem zaman serisi hem de grafik olarak kayıt edilebilmektedir. Ayrıca modelde yağış ve evatranspirasyon verilerinin analizi modele entegre edilmiş bir meteorolojik model tarafından gerçekleştirilebilmektedir. Model kısıtlı olarak rezervuarlarda ve kanal ağı içinde su kütlesi dengesi akım öteleme gibi hidrodinamik hesapları yapabilmektedir. HEC-HMS modeli su kalitesi veya kirletici yükü hesabı yapamamaktadır.

Sonuç olarak model detaylı ve kolay bir şekilde hidrolojik hesapları yapabilmektedir. Ayrıca veri girişi kullanıcı arayüz ile kolaylaştırılmış ve CBS entegrasyonu sağlanmıştır. Model çıktılarının yorumlanması ve görselleştirilmesini sağlayan elemanların olması da ayrı bir avantajıdır. Tek dezavantajı ise kaynak kodunun açık olmamasıdır(Ertürk, 2004).

1.6 .Mike 21 Hidrodinamik Akış Modelleme Sistemi

Danimarka Hidrolik Enstitüsü (Danish Hydraulic Institute, DHI) tarafından geliştirilmiş olan Mike 21 hidrodinamik akış modeli; iki boyutlu serbest yüzeyli akışlar için tasarlanmış bir sayısal modelleme programıdır. Model tabakalaşmanın ihmal edildiği her türlü denizlerde, kıyı bölgelerinde, körfezlerde, akarsu ağızlarında ve göllerde meydana gelen hidrolik ve çevresel olayların simülasyonunu yapabilmektedir. Hidrodinamik modül ile çeşitli zorlayıcı etkenler karşısında su seviyesinde meydana gelen değişimleri ve akış özelliklerini benzeştirmek mümkün olabilmektedir. Advection-dispersion modülünde ise sucul ortamın su kalitesi ile ilgili değişimler gözlenebilmektedir.

Hidrodinamik modülün temel parametrik bileşenleri aşağıdaki gibidir:

- Taban direnci,
- Rüzgâr direnci,
- Barometrik basınç gradyanı,
- Coriolis kuvveti,
- Momentum dağılımı,
- Modele giren ve çıkan debi kaynakları,
- Buharlaşma,
- Dinamik olarak değişen ıslak ve kuru hesap alanı,
- Dalga gerilme akıları

Hidrodinamik modül ile bu değişkenlerin incelenmesi mümkündür. Mike 21 HD modülü, kartezyen sistemde x ve y doğrultularında sabit ağ aralıkları ile dizilmiş ve sonlu farklar metodu dikkate alınarak yazılmış bir modelleme programıdır. Bu nedenle model alanı dörtgen tercih edilmelidir. Örneğin hesap noktalarının kare ya da dikdörtgen ağ sistemi şeklinde girilmesi gerekmektedir.

1.6.1 .Mike 21 Modeline Esas Olan Temel Kaynak Veriler

1.6.1.1 .Temel Parametreler

- Batimetri
- Simülasyon periyodu
- Açık sınırı belirten yerel konum koordinatları
- Modele giren ve çıkan debi kaynakları
- Dinamik olarak değişen ıslak ve kuru hesap alanı

1.6.1.2 .Hidrodinamik Parametreler

- Başlangıç deniz suyu seviyesi
- Hidrodinamik sınır şartı değerleri
- Modele giren ve çıkan hidrodinamik debi değerleri
- Eddy viskozitesi

- Taban sürtünme direnç katsayısı
- Dalga gerilme akısı kuvvetleri
- Rüzgâr koşulları

1.6.1.3 .Hidrodinamik Modül

Mike 21 hidrodinamik modül, koylarda, körfezlerde ve sahil bölgelerinde su seviyesi ve akış koşullarını benzeştirmek için kullanılan sayısal bir modelleme sistemidir. Hidrodinamik modül ile tek tabakalı, kararsız, ve iki boyutlu akışları benzeştirmek mümkündür. Hidrodinamik modül, konum ve zamana bağlı kütle ve momentumun korunumu denklemlerini integre etmek için Alternatif Doğrulama Metodu(Alternating Direction İmplicit, ADI) olarak bilinen tekniği kullanmaktadır. Modelde her bir yön ve her bir ağ hattı boyunca meydana gelen denklem matrisleri çift tarama(Double Sweep) yöntemi ile çözülür.

1.6.2 .Mike 21 Model Parametrelerinin Hazırlanması

1.6.2.1 .Veri Toplama

Mike 21 HD gibi hidrodinamik model sistemleri, model kurgusu esnasında kullanıcı tarafından belirtilecek çalışma alanı ile ilgili birçok model parametrelerinin hazırlanması gerekmektedir. Bu model parametrelerinden bazıları arazi verilerinden, bazıları meteorolojik verilerden ve bazıları da gözlem haritalarından temin edilebilir.

Fakat tüm model parametrelerinin belirlenmesine tam katkı sağlayabilecek kapsamlı arazi verisi nadiren elde edilebilmektedir. Ek olarak bazı model programları fikirsel bir yapı içerdiğinden arazi verileri ile doğrudan değerlendirilemezler.

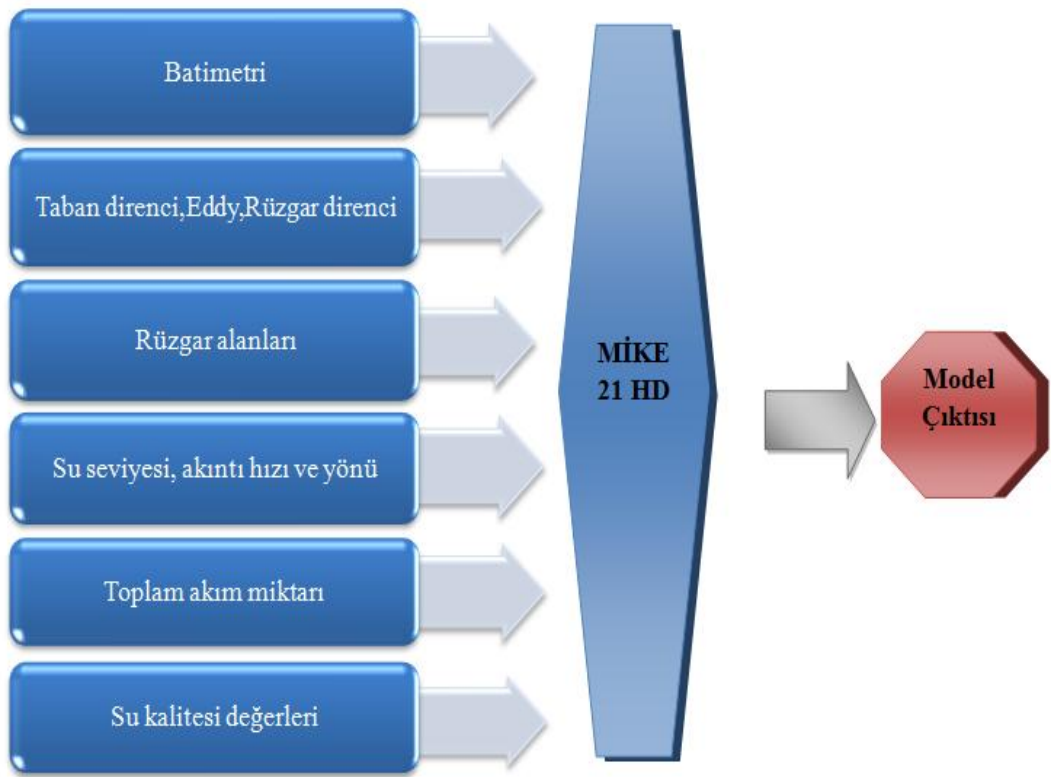
1.6.2.2 .Veri Analizi

Mike 21 model parametrelerinin hazırlanması esnasında arazi verileri en belirgin değişimleri tanımlamak üzere kullanılmaktadır. Bunun için uygun parametre sınıfları ile fikirsel bir model oluşturmak gerekmektedir. Uygun parametreler şu şekilde sıralanabilir:

- Su seviyesi ölçümleri

- Akıntı hızı ölçümleri
- Akıntı yönü ölçümleri
- Deniz suyu sıcaklığı ölçümleri
- Deniz suyu tuzluluk oranı ölçümleri
- Rüzgar ölçümleri
- Su kalitesi parametrelerinin ölçümleri

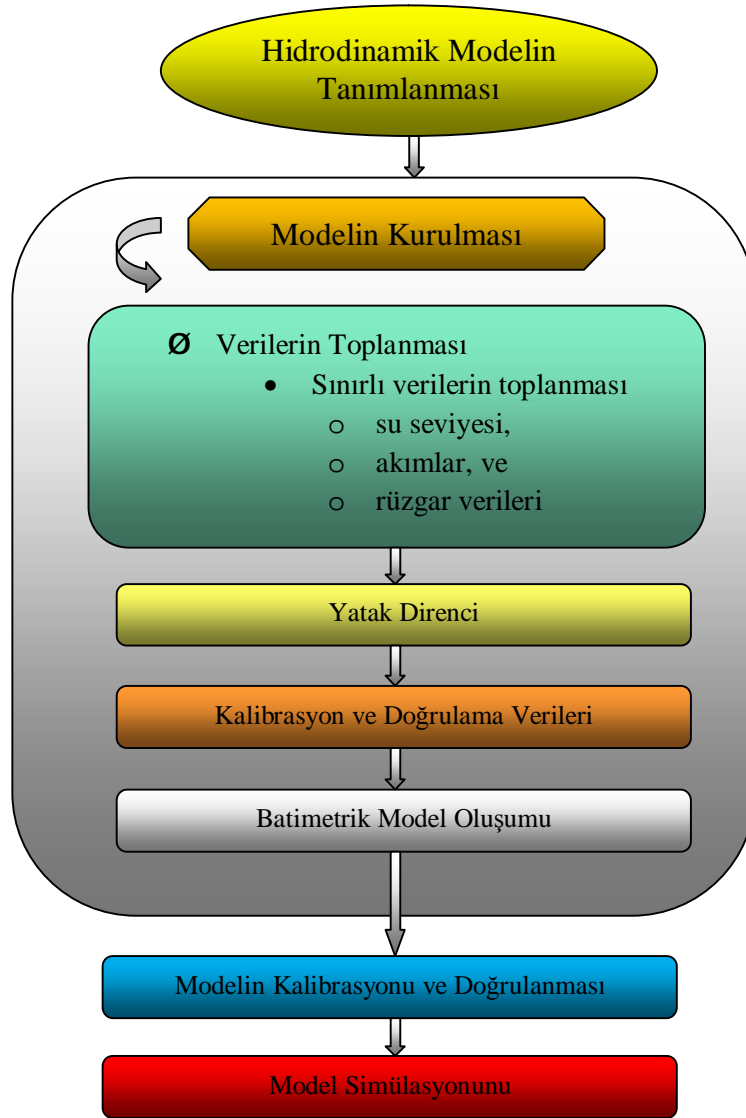
gibidir.



Şekil 1.9. Hidrodinamik Model Kurgusu

Burada hidrodinamik model kurgusu şeklinde maddeler halinde verilen her bir sınıf için bazı parametreler doğrudan arazi verileri ile değerlendirilebilirken, bazıları için kalibrasyon gerekmektedir. Kalibrasyon gerektiren durumlarda, kalibrasyon oldukça sade ancak aynı zamanda ana model parametrelerinin hesap alanı içerisinde değişimlerini içerecek özellikte ve kapsamda olmalıdır. Bu nedenle bir çalışma alanında kalibrasyon için toplanan ölçümler, alanın akıntı özelliklerinin

düzen ve ani değişimlerin az olduğu bölgelerinden elde edilmelidir. Bu durumun nedeni, sayısal modellerin açık sınırlarda belli başlı bazı kabuller yapmış olmasından ve yazılan programların bir diferansiyel denklemler takımı olarak ani değişimlere gereken yanıtı vermekte zorlanmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 1.10. Mike 21 Model Oluşumunun Detayları(Gourbesville, 2000)

Ø Zaman Serisi Analizleri:

Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucu elde edilen model girdilerinin belirli

bir dönemi kapsayan ‘zaman serisi’ olarak adlandırılan düzenli ve ardışık ölçümleri içermektedir. Zaman serisi analizlerinin iki temel amacı vardır:

- Ardışık gözlem ile temsil edilen olgunun doğasını saptamak
- Zaman serisi değişkenlerinin gelecekteki değerlerini önceden tahmin etmek

Zaman serisi analizleri diğer birçok analizde olduğu gibi ölçülen serinin sistematik bir gözlemden ve serinin saptanmasını zorlaştıran düzensiz sinyallerden oluştuğu varsayılmaktadır. Zaman serisi analizleri iki temel bileşen ile ifade edilmektedir:

- Eğilim bileşeni
- Periyodik bileşen

Burada eğilim bileşeni, zamanla değişen fakat en az ölçüm dönemi içerisinde kendini yinelemeyen lineer veya genellikle lineer olmayan değişimi ifade etmektedir. Periyodik bileşen ise ilerleyen zaman içerisinde sistematik aralıklar ile kendisini yineleyen değişimleri ifade etmektedir. Bu iki zaman serisi bileşenleri, gerçek zamanlı ölçüm verileri içerisinde bir arada bulunabilirler.

Zaman serisi analizleri, özellikle çalışma alanı dışında kalan ölçümlerin varlığı ve rüzgâr, sıcaklık değişimleri gibi olayların katkısı durumunda, hidrodinamik ölçümler ve analizler içerisinde var olan periyodik sinyallerin tespit edilmesinde kullanılmaktadır. Zaman serisi verilerine has en karakteristik özellik, ardışık gözlemlerin genellikle bağımsız olmadığı ve analizlerde gözlem değerlerini zamansal sınırlamalarına göre hesaba katma gerekliliğidir. Ardışık gözlemlerin bağımlı olması durumunda, geçmiş gözlemlerden yola çıkarak gelecekteki değerleri önceden kestirmek mümkün olabilmektedir. Burada herhangi bir zaman serisi önceden kesin olarak tahmin edilebiliyorsa bu deterministik bir zaman serisi olarak nitelendirilebilmektedir. Fakat birçok zaman serisinin gelecekteki değerleri, geçmişteki değerlerle kısmen belirlenebilmesi nedeniyle stokastik olarak değerlendirilebilmektedir.

Ø Veri Değerlendirme Teknikleri:

Veri değerlendirme işlemi, modelleme sistemine girilecek bilgileri düzenlemek amacı ile sahadan alınan ölçüm değerlerinin olası belirsizliklerden arınması ve model dinamikleri ile tam bir uyum sergilemesi için uygulanan bir iyileştirme yöntemidir. İki boyutlu modelleme sistemi olan MİKE 21 içerisinde yer alan veri değerlendirme modülü yardımıyla, hidrodinamik model çözümlerinde su seviyesi değişimlerinin iyileştirilmesi ve model dinamikleri ile uyumlu hale getirilmesi, oldukça kısıtlı ölçüm verilerine rağmen mümkün olabilmektedir. Veri değerlendirme modülü uygulama ve tasarım amaçlı çalışmalarda geçmişe yönelik tahminlerde kullanılabileceği gibi, gerçek zamanlı ve ileriye yönelik tahmin çalışmalarının bir parçası olarak da kullanılabilmektedir. Veri değerlendirme modülü her iki durumda da, modele kurulacak sisteme ait iyileştirilmiş bir tahmin ve buna bağlı belirsizlik unsurunu verebilmektedir. Model çıktıları, model dinamikleri ve ölçülmüş veri değerlerinin yanı sıra bunların rölatif belirsizlikleri ile uyum içerisindedir. Sistem belirsizliklerini modellemekte kullanılan yaklaşım, genellikle model hatalarının, zorlayıcı terimler olarak da isimlendirilen başlangıç sınır koşullarına bağlı hatalar olduğu varsayımına dayanmaktadır. Genellikle açık sınır boyunca, gel git'e bağlı su seviyesi değişimleri oldukça yüksek bir doğrulukla elde edilebilmektedir(Özcan, Gündemir, 2006). Buna karşın meteorolojik etkilerden kaynaklanan değişimler büyük hatalar içerebilmektedir. Tüm bu veri değerlendirme çalışmaları ile elde edilecek sonuç geçmişe ya da ileriye dönük tahmin çalışmalarında model için iyileştirilmiş bir başlangıç sınır koşulu sağlayabilmektir.

1.6.2.3 .Model Batimetrisi

Model batimetrisi, hidrodinamik modelde çalışma alanı içerisindeki su derinliklerini tanımlamak için kullanılmaktadır. Batimetri hazırlama modelle sistemi aşamalarını en önemli kısmıdır. Model batimetrisinin önceden hazırlanması hem zaman tasarrufu sağlar, hem de modelin ilerleyen aşamalarında karşılaşılabilecek kalibrasyon sürecini ortadan kaldırmaktadır. Modelin ilerleyen aşamalarında karşılaşılabilecek çoğu problem, batimetri oluştururken aşağıdaki hususlar takip edilerek

önceden giderilebilmektedir(MİKE 21 HD, 2009).

- Açık sınırlarda bazı kabuller yapıldığından, açık sınırdan 5-10 ağ noktası uzaklıkta ve akıntı şekli düzgün olmalıdır. Burada açık sınırlara yakın tüm bölgelerde batimetri düzgün olmalıdır.
- Seçilen ağ aralığı, benzeştirilmek istenen akış için önemli olan tüm batimetrik değişimleri yansıtabilecek çözünürlükte olmalı ve ideal Courant katsayısını sağlamalıdır.

Courant Sayısı:

$$C_R = c \cdot \Delta t / \Delta x \quad (1.4.)$$

c : Hız büyüklüğü (m/sn)

Δt : Zaman adımı (sn)

Δx : Ağ aralığı (m)

Bir gel-git dalgası için gerekli hız formülü:

$$c = (g \cdot h)^{1/2} \quad (1.5.)$$

g : Yerçekimi ivmesi (m/sn²)

h : Su derinliği (m)

Model sisteminin stabil olabilmesi için Courant sayısı 5 ten fazla olmaması gerekmektedir.

1.6.2.4 .Sınır Verileri

Modelleme çalışmalarında batimetri hazırlamadan sonraki en önemli aşama hidrodinamik sınır koşullarının tanımlanmasıdır. İyi tanımlanmış bir sınır koşul, doğru sonuçlar ve daha az stabilite problemi anlamına gelmektedir. MİKE 21 HD neredeyse düzlemsel akışı verebilen kısmi diferansiyel denklemleri çözümleyebilmektedir. Ayrıca tüm diferansiyel denklemler gibi sınır koşulları

gerektirmektedir. Bilinmeyen değişkenler yüzey seviyesi ve x ve y doğrultularındaki akı yoğunlukları olduğu için, uygulamada her bir zaman adımı için açık sınır boyunca tüm ağ noktalarında bu üç değişkenden ikisi modele girilmelidir. Fakat birçok uygulamada yalnızca yüzey seviyesi ve genel akım doğrultusu veya sınırdan geçen toplam akım ve genel akım doğrultusu bilinmektedir. Sınır değerleri girdisi için iki kombinasyon mümkündür:

- Su seviyesi ve akış doğrultusu girilir. Burada su seviyesi açık sınır boyunca sabit veya değişken olabilir. Değişim zamanla sabit sinüzoidal veya zaman serisi ya da konum serisi veri dosyalarında belirlendiği durumlarda değişebilmektedir. Akım yönleri program içerisinde otomatik olarak akıma dik alınabileceği gibi konum serisi dosyasından da alınabilmektedir. Veri dosyası sınır boyunca tek bir ağ noktası için bir yön içermelidir.
- Sınırdan geçen toplam akım debisi ve akış doğrultusu girilir. Zamanla toplam akım sabit veya sinüzoidal olarak değişim gösterebilmekte veya zaman serisi veri dosyası olarak girilebilmektedir. MİKE 21 tarafından sınır boyunca her bir ağ noktasında toplam akımın dağılımı ve derinliği hesaplanabilmektedir.

1.6.2.5 .Hassasiyet Analizi ve Kalibrasyon Parametrelerinin Seçimi

Modelleme çalışmalarında hassasiyet analizleri, modellenen değerlerin elde edilen verileri ile karşılaştırıldığında hangi verinin daha duyarlı olduğunu belirlemek için yapılmaktadır. Hassasiyet analizleri her bir parametreye göre modellenmiş değerlerdeki değişimi ölçebilmektedir. MİKE 21 modelin de bu işlemi MİKE 21 AUTOCAL gerçekleştirebilmektedir.

Hassasiyet analizleri, hangi parametrenin sonuca daha duyarsız olduğunu tespit ve sabit değerlere atanabileceğine karar verebilmek için başlangıç model çalışmalarında kullanılabilir. Fakat burada analiz sonuçları çok dikkatli bir şekilde yorumlanmalıdır. Çünkü kullanılan hassasiyet analizleri parametre değerlerine bağlıdır, bu nedenle bazı başlangıç parametre değerleri ile

değerlendirilen hassasiyet istatistikleri, diğer parametre takımlarını kullanılarak elde edilen istatistiklerden farklı olabilmektedir. Bu durumlara ek olarak hassasiyet analizleri, parametreler arası korelasyon etkileşimini doğru şekilde hesaba katmamaktadır. Bu durum duyarsız gibi görünen parametrelerin model davranışı için önemli olan diğer parametreler ile ciddi ilişkilere sahip olabileceği ihtimalini göstermektedir(Madsan, 2000). MİKE 21 AUTOCAL modülü sadece yerel hassasiyet analiz metodunu içermektedir. Yerel hassasiyet analizi, belirlenmiş bir parametre takımı için model parametrelerinin hassasiyetini araştırır ve bu parametreler uzay içerisinde yalnızca o noktadaki parametrelerin önemi hakkında bilgiler verebilmektedir.

MİKE 21 Autocal ile bir parametrenin hassasiyeti aşağıdaki eşitlik ile ifade edilir(Mike 21 Autocal,2009).

$$S_i = \frac{\partial f}{\partial \theta_i} \quad (1.6.)$$

Burada j hesaplanmış model çıktısı olup, $\theta_i = \{\Psi_1, \Psi_2, \Psi_3, \dots \Psi_n\}$ olmak üzere dikkate alınan parametreler takımını temsil etmektedir. Burada Ψ kalibrasyon parametresidir. Hassasiyet analizi, önceden belirlenmiş parametreler takımı $(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots \theta_n)$ civarında değerlendirilir. Burada n parametreler takımı sayısıdır. Otokalibrasyon içerisinde, hassasiyet katsayılarını değerlendirmek üzere sonlu farklar yaklaşımı kullanılmaktadır. Bunun için üç durum vardır:

- İleri sonlu farklar yaklaşımı
- Geri sonlu farklar yaklaşımı
- Merkezi sonlu farklar yaklaşımı

İleri sonlu farklar yaklaşımı

$$S_i = \frac{f(\theta_1, \theta_2, \dots \theta_i + \Delta\theta_i, \dots \theta_n) - f(\theta_1, \theta_2, \dots \theta_n)}{\Delta\theta_i} \quad (1.7.)$$

Geri sonlu farklar yaklaşımı

$$S_i = \frac{f(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n) - f(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_i - \Delta\theta_i, \dots, \theta_n)}{\Delta\theta_i} \quad (1.8.)$$

Merkezi sonlu farklar yaklaşımı

$$S_i = \frac{f(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_i + \Delta\theta_i, \dots, \theta_n) - f(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_i - \Delta\theta_i, \dots, \theta_n)}{2\Delta\theta_i} \quad (1.9.)$$

Bu denklemlerde $\Delta\theta_i$ parametreler takımına ait değişim miktarını göstermekte olup, başlangıç parametre değerlerinin bir katsayısı ya da parametre değişim aralıklarının bir katsayısı olarak hesaplanır. Hassasiyet katsayılarının hesabı, ileri ve geri sonlu farklar yaklaşımı esas alındığında en az n+1 adet model değerlendirmesini gerekli kılarken, merkezi sonlu farklar yaklaşımının uygulanması durumunda 2n+1 adet model değerlendirmesini gerektirir.

Kalibrasyon süreci, tanımlanan parametre değerleri ile gerçeği yansıtmıyorsa, model veri tabanı gözden geçirilmeli ve sadece birkaç kalibrasyon parametresi içeren daha sade bir fikirsel model tanımlanmalıdır. Ayrıca, eğer model çalışma alanında gözlemlenen değişimi yeterince tanımlayamıyor ise, temel model parametrelerinin gruplara ayrılması ya da farklı süreçlerin kalibrasyona dahil edilmesine dikkat edilmelidir.

1.6.2.6 .Taban Sürtünme Katsayısı

Taban direnci, Mike 21 hidrodinamik modelinde Chezy ve Manning sayıları ile hesaplanabilmektedir. Bu iki sayının biri tercih edilerek sistem algoritmasında çözüme gidilir. Her iki durumda da kullanılan taban direnci formülü aşağıdaki gibidir(Mike 21 User Guide,2009).

$$\frac{g.u.|u|}{c^2} \quad (1.10.)$$

Burada Manning sayısı direnç katsayısı olarak tercih edilirse, uygulanacak Chezy denklemi:

$$C = M \cdot h^{1/6} \quad (1.11.)$$

gibidir.

Burada:

C : Chezy katsayısı ($m^{1/2}/sn$)

M : Manning sayısı ($m^{1/3}/sn$)

h : Su yüksekliği (m) ' dir.

Çalışma alanında önemli seviyelerde su seviyesinin rölatif değişimi varsa Manning sayısının tanımlanması ile daha kesin sonuçlara ulaşılabilmektedir. Manning sayısı değişim aralığı 20-40 $m^{1/3}/sn$ değerleri ile sınırlı olup, başka bilgi yoksa 32 $m^{1/3}/sn$ değeri ile temsil edilmesi önerilmektedir. Ayrıca Chezy katsayısının kullanılması gerekli ise, model kalibrasyonu 30-50 $m^{1/2}/sn$ değişim aralığındaki değerler ile hesaplanabilmektedir(Mike 21 User Guide, 2009). Taban direnci formülünden yola çıkılarak aşağıdaki iki sonucu varılabilir:

- Küçük direnç katsayıları (Manning veya Chezy sayılarından biri seçilerek) taban sürtünmesini arttırır.
- Büyük direnç katsayıları (Manning veya Chezy sayılarından biri seçilerek) taban sürtünmesini azaltır.

Sonuç olarak, Mike 21 modelinde taban direnci, sınır koşulları yansıtmıyor ve bu noktalarda stabilite problemi mevcutsa, sınır boyunca daha yüksek dirençli ve yaklaşık 2 ila 4 hesap ağı eninde küçük bir bandın tanımlanması gerekebilmektedir. Burada başarılı bir sonuç elde edebilmek için Manning sayısı 5 ila 10 $m^{1/3}/sn$ aralığında alınmalıdır. Fakat bu durum sadece, sınır değerleri düzeltebilmek mümkünse kullanılabilir.

1.6.2.7.Eddy Vizkositesi

Eddy vizkositesinin kısa dalga boylu salınımlar üzerindeki direnç etkisinin olması en belirgin özelliğidir. Bu etki sayesinde akıntı hızı ve su derinliği gibi kalibrasyon parametreleri üzerinde tanımlı bir kontrol kurulmasına katkı sağlayabilmektedir. Mike 21 Hidrodinamik modülü ile, Eddy vizkozitesi iki denklem ile kullanılabilir:

Akı tabanlı formül

$$\frac{\partial}{\partial x} \left\{ E \frac{\partial P}{\partial x} \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ E \frac{\partial P}{\partial y} \right\} \quad (x - momentum) \quad (1.12.)$$

Burada; P : x yönündeki akı ($m^3/sn/m$)
 E : Eddy vizkozitesi katsayısı (m^2/sn)

Hız tabanlı formül

$$\frac{\partial}{\partial x} \left\{ h \cdot E \frac{\partial u}{\partial x} \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ h \cdot E \frac{\partial u}{\partial y} \right\} \quad (1.13.)$$

Burada; u : x yönündeki hız büyüklüğü (m/sn)
 h : Su derinliği(m)

Bu formüllerden ilki, sadece sabit derinliklere sahip olan alanlarda doğru sonuçlar verdiği ve akıntı yapısındaki bozulmalardan kaçınmak için dikkatli bir şekilde uygulanması gerektiği belirtilmektedir(Mike 21 User Guide, 2009).

İkinci formül olan hız tabanlı denklemi ilkiye göre daha doğru olmasına rağmen algoritma uygulamasının zor olmasından dolayı kullanılması zor olabilmektedir. Bu durumun sebebi, sistemin bilinmeyen değişkenler olarak hız yerine akı yoğunluğunu kullanmasıdır. Bu sebeple hız tabanlı formül önceki zaman adımında edinilen hız değerini kullanarak işlemine devam etmektedir. Bu da eddy vizkozitesi katsayısı büyük olması durumunda stabilite problemlerine yol

açabilmektedir. Modelde stabilitenin sağlanabilmesi için aşağıdaki kriteri sağlaması istenmektedir.

$$\frac{E.\Delta t}{\Delta x^2} \leq \frac{1}{2} \quad (1.14.)$$

1.6.2.8 .Rüzgâr Sürtünme Katsayısı

Mike 21 Hidrodinamik modül yardımıyla çalışma alanı üzerinden esen rüzgar etkisi, aşağıdaki denklem ile hesaplanabilmektedir(Mike 21 User Guide,2009).

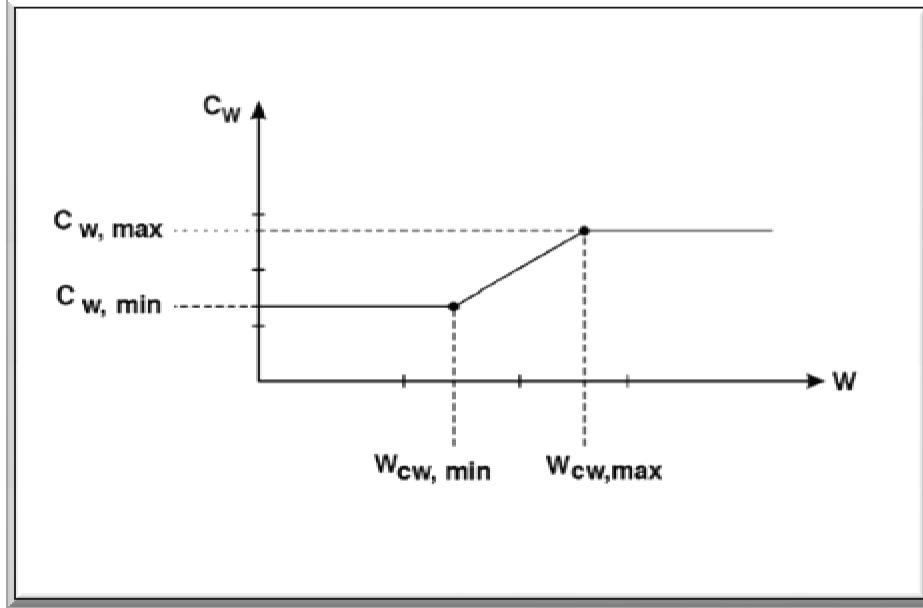
$$C_w = \frac{\rho_{hava}}{\rho_{su}} W^2 \quad (1.15.)$$

Burada; C_w : Rüzgar sürtünme katsayısı

ρ : Yoğunluk (oransal eşitliği 1/800)

W : Deniz yüzeyinden 10m yukarıda esen rüzgar hızı (m/sn)

Burada rüzgar sürtünme katsayısının 0,0026 değeri için açık denizlerde orta dereceli ve güçlü esen rüzgarlar altında oldukça iyi sonuçlar verebilmektedir. Ayrıca zayıf esen rüzgârlar için daha küçük sürtünme katsayıları da kullanmak mümkündür. Modelde çalışma alanında değişen rüzgâr hızlarının varlığı söz konusu ise, değişen rüzgar sürtünme katsayısı değerlerinin de ayrıca belirtilmesi gerekli olabilmektedir(Mike 21 User Guide,2009).



Şekil 1.11. Rüzgâr Sürtünme Katsayıları(Mike 21 Flow Model HD User Guide, 2009)

1.6.3 .Mike 21 Hidrodinamik Akış Modelleme Sistemi Denklem Takımları

Danimarka Hidrolik Enstitüsü (DHI) tarafından geliştirilmiş olan Mike 21 Hidrodinamik modül, koylarda, körfezlerde ve sahil bölgelerinde su seviyesi ve akım koşullarının simülasyonu için kullanılan sayısal bir modelleme sistemidir. Hidrodinamik modül; tek tabakalı, kararsız ve iki boyutlu akımları modelleyebilmektedir. Aşağıda belirtilen ve düşeyde integre edilen kütle ve momentumun korunumu denklemleri, su seviyesi ve akım değişimlerini tanımlamaktadır. (Mike 21 Flow Model HD User Guide, 2009).

$$\text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \quad (1.16.)$$

$$\text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \quad (1.17.)$$

$$\text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \quad (1.18.)$$

$$-fVV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_x) = 0 \quad (1.19.)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} \quad (1.20.)$$

$$+ \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{c^2.h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] + \Omega p$$

$$-fVV_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y} (p_a) = 0$$

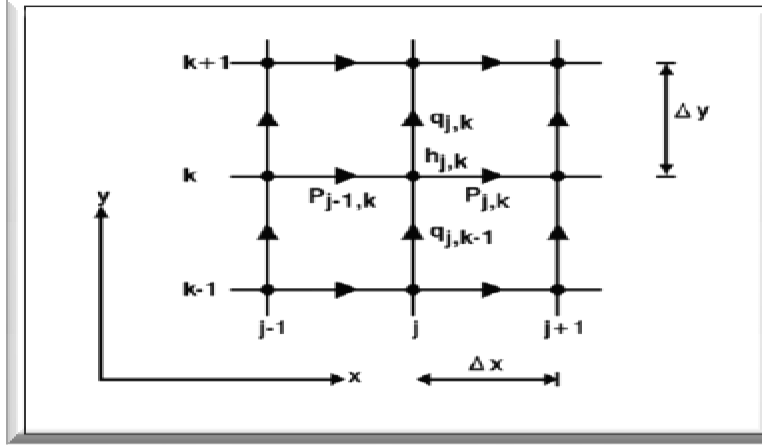
Yukarıdaki denklemlerde kullanılan sembollerin anlamları aşağıdaki gibidir:

$h(x,y,t)$: Su derinliği ($h=\zeta-d$, m)
$d(x,y,t)$: Zamanla değişen su derinliği (m)
$\zeta(x,y,t)$: Su yüzü kotu (m)
$p,q(x,y,t)$: x ve y yönlerindeki akılar ($m^3/s/m$)= (uh,vh) ; (u,v) =x ve y yönlerindeki kesitsel ortalama hızlar
$C(x,y)$: Chezy katsayısı ($m^{1/2}/s$)
g	: Yerçekimi ivmesi (m/s^2)
$f(V)$: Rüzgar sürtünme faktörü
$V, V_x, V_y(x,y,t)$: x ve y yönlerindeki rüzgar hızı ve bileşenleri (m/s)
$\Omega(x,y)$: Coriolis parametresi, enlem bağımlı (s^{-1})
$p_a(x,y,t)$: Atmosfer basıncı ($kg/m/s^2$)
ρ_w	: su yoğunluğu (kg/m^3)
x,y	: Uzamsal koordinatlar (m)
t	: Zaman (s)
$\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$: Efektif sürtünme kuvveti gerilme bileşenleri

1.6.3.1 .Mike 21 Hidrodinamik Akış Modeli Çözüm Algoritması

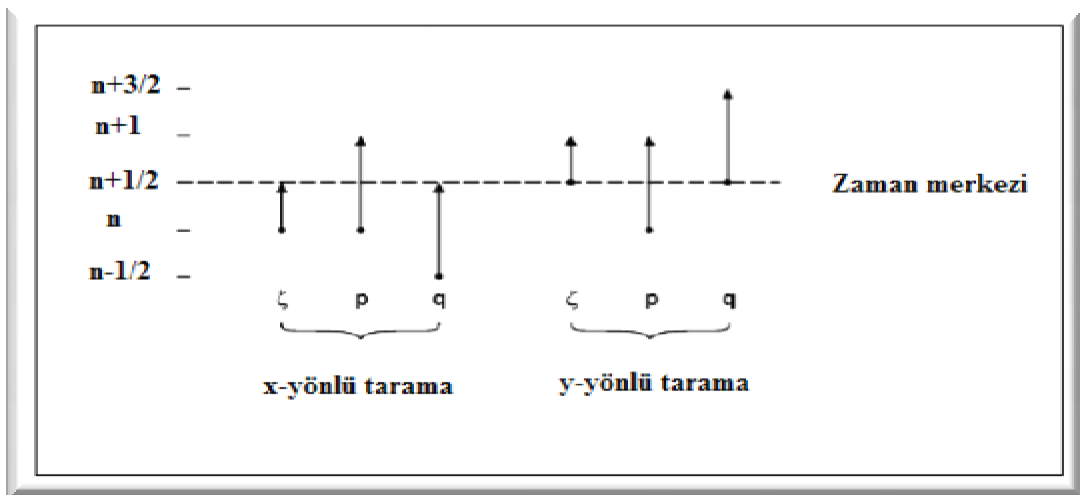
Hidrodinamik modül, konum ve zamana bağlı kütle ve momentumun korunumu denklemlerini integre etmek için Alternatif Doğrultu Metodu (Alternating

Direction Implicit, ADI) olarak bilinen tekniği kullanılmaktadır. Her bir yön ve her bir hesap ağı boyunca meydana gelen denklem matrisleri çift tarama (Double Sweep) yöntemi ile çözümlenmektedir.



Şekil 1.12. Mike 21 HD Hesap Ağı

Şekil 1.12. den görüldüğü üzere farklı terimler x ve y düzlemlerinde şaşırtmalı bir ağı sistemi üzerinde ifade edilmektedir. Hidrodinamik modül ile, su seviyesi ve x ve y doğrultularındaki akı miktarlarının zaman eksenli hesap akışı aşağıdaki şema ile kısaca özetlenebilir.



Şekil 1.13. Zamansal Ortalama (Mike 21 User Guide, 2009)

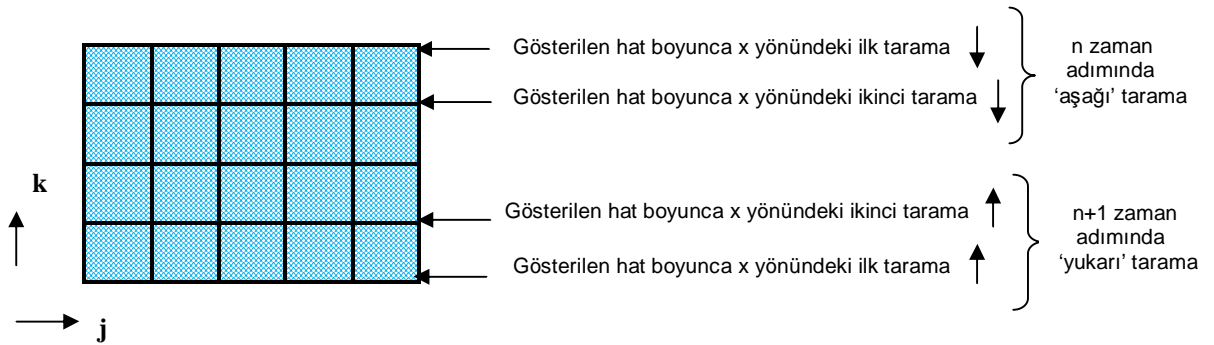
Denklemler x ve y doğrultularında değişen bir boyutlu taramalar şeklinde

çözülür. “x” doğrultulu tarama ile süreklilik ve x yönündeki momentum denklemleri çözülür, su seviyesi n zaman seviyesinden n+1/2 zaman seviyesine, p akı miktarını n zaman seviyesinden n+1 zaman seviyesine taşınır. q akı miktarını içeren terimler için, önceden bilinen n-1/2 ve n+1 zaman seviyesine taşınır. q akım miktarını içeren terimler için, önceden bilinen n-1/2 ve n+1/2 zaman seviyelerindeki değerler kullanılır.

“y” doğrultulu tarama ile süreklilik ve y yönlü momentum denklemleri çözülür, su seviyesi n+1/2 zaman seviyesinden n+1 zaman seviyesine, q akısı n+1/2 zaman seviyesinden n+3/2 zaman seviyesine taşınır. p akısını içeren terimler için, henüz x doğrultusunda yapılan taramada hesaplanmış n ve n+1 zaman seviyelerindeki değerler kullanılır.

İki doğrultuda yapılan tarama sonuçlarının birbirine eklenmesi n+1/2 zaman seviyesinde *ideal* zamansal ortalama değerini vermektedir. Momentum denklemindeki kısmi türevlerin kusursuz zamansal ortalamalarının alınması mümkün olmayacağı için *ideal* kelimesi italik yazılmıştır. İterasyona başvurulmaksızın yapılacak en iyi yaklaşım ise “yan besleme” tekniği olarak bilinmektedir.

Bir zaman adımında x yönlü tarama ile elde edilen çözümler azalan y doğrultulu sırada elde edilmektedir. Bu işlem “aşağı” tarama olarak anılmaktadır. Bir sonraki zaman adımında elde edilen çözümler ise artan y doğrultulu sırada elde edilir. Bu da “yukarı” tarama olarak anılmaktadır.



Şekil 1.14. Yan Besleme

“Aşağı” tarama esnasında kısmi türev $\partial p / \partial y$, üst kısmında $p_{j,k+1}^{n+1}$ şeklinde,

alt kısımda ise $p_{j,k-1}^n$ şeklinde ifade edilebilir. “Yukarı” tarama esnasında ise tam tersi bir durum söz konusudur. Bu şekilde $n+1/2$ seviyesinde kısmi türev $\partial p/\partial y$ için yaklaşık bir zamansal ortalama kabaca sağlanabilir ancak oluşabilecek bazı salınımların varlığı göz ardı edilemez. Sonuç olarak diferansiyel denklemler üzerinde hâkim katsayıların kusursuz zamansal ortalamalarına ulaşmanın mümkün olmayacağı söylenebilmektedir. Ardışık ağ noktaları için bir boyutlu tarama ile ifade edilen kütle ve momentum denklemleri, üç diyogonelli bir matrisi ifade etmektedir.

$$MV^{n+1} = W^n \quad (1.21.)$$

$$A_j \cdot p_{j-1}^{n+1} + B_j \cdot \zeta_j^{n+1/2} + C_j \cdot p_j^{n+1} = D_j \mid_k \quad (1.22.)$$

$$A_j^* \zeta_j^{n+1/2} + B_j^* \cdot p_j^{n+1} + C_j^* \cdot \zeta_{j+1}^{n+1/2} = D_j^* \mid_k \quad (1.23.)$$

Bu denklemlerde A, B, C, D ve A*, B*, C*, D* katsayılarının tümü bilinen sayılar değerler şeklinde ifade edilmektedir. Ayrıca p, q ve j nin de k gibi katsayı olabileceğini söylemek mümkündür. Bu sistem denklemleri çok iyi bilinen *Çift Tarama* (Double Sweep) algoritması iyi çözümlenebilmektedir. Bu algoritma çözümlendiğinde aşağıdaki gibi bir ilişki ortaya çıkmaktadır:

$$p_j^{n+1} = E_j^* \cdot \zeta_j^{n+1/2} + F_j^* \quad (1.24.)$$

$$\zeta_j^{n+1/2} = E_j \cdot p_j^{n+1} + F_{j+1} \quad (1.25.)$$

Bu eşitlikler 1.21. denklemden yerine konulduğunda E, F, E* ve F* katsayıları için tekerrür ilişkisine ulaşıldığı görülmektedir. E_j, F_j veya E_{j+1}, F_{j+1} bu değerler bir kez bilindiği zaman tüm E, F ve E*, F* katsayıları azalan j için hesaplanabilmektedir. 1.21. denklem çiftlerinden herhangi biri içerisinde sağ taraf sınır koşulunu sağlayarak, E, F taraması için tekerrür hesabı başlatılmaktadır. 1.23 ve 1.24 denklem çiftinde ise sol taraf sınır koşulunu sağlayarak içerisinde N ve q nun hesaplanabildiği tarama

başlatılmaktadır.

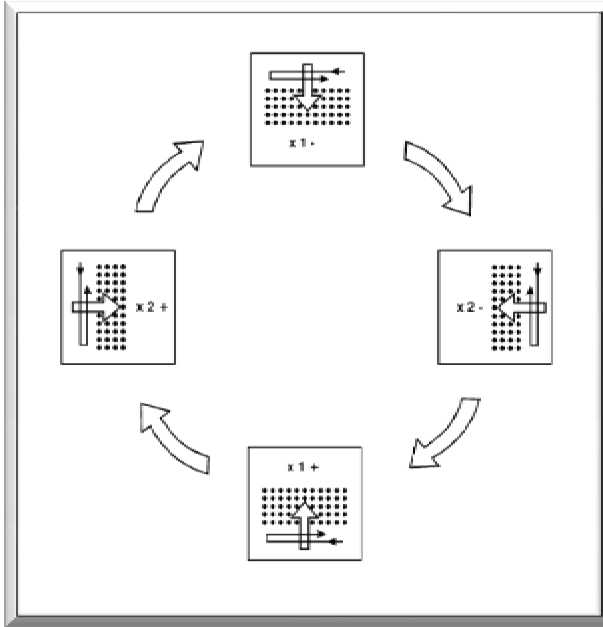
(1.26.)

(1.27.)

(1.28.)

(1.29.)

Daha önceden ele alındığı gibi, taramalar artan veya azalan bir koordinat sisteminde yürütülebilir. Bu durum aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



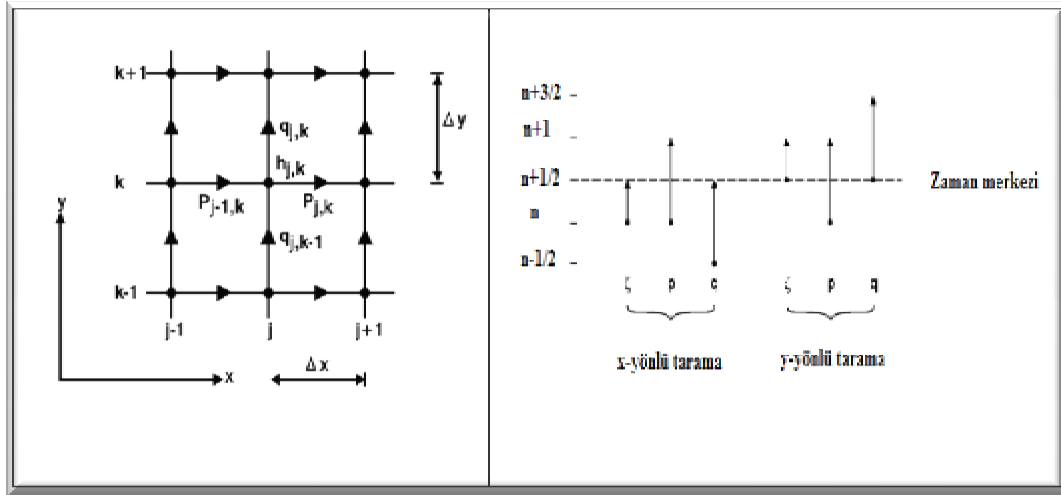
Şekil 1.15. Tarama Sırasına Göre Hesap Döngüsü(Mike 21 User Guide, 2009)

1.6.4 .Mike 21 Hidrodinamik Akış Modeli Kütle Denklemleri

1.6.4.1 .X Yönlü Kütle Denklemi

$$\text{---} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad (1.30)$$

Yukarıdaki denklem takımı ile x yönü için Taylor serisi açıldığında, hesap ağı ve zaman dilimleri gereği aşağıdaki denklemler meydana gelir:



Şekil 1.16. Mike 21 Hesap Ağı ve Zamansal Ortalama

$$\text{---} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad (1.31)$$

$$\text{---} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad \text{---}$$

1.6.4.2 .Y Yönlü Kütle Denklemi

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t} \quad (1.32.)$$

Yukarıdaki denklem takımı y yönü için Taylor serisine açıldığında şekil 5 te verilen hesap ağı ve zaman dilimleri gereği aşağıdaki denklem meydana gelmektedir.

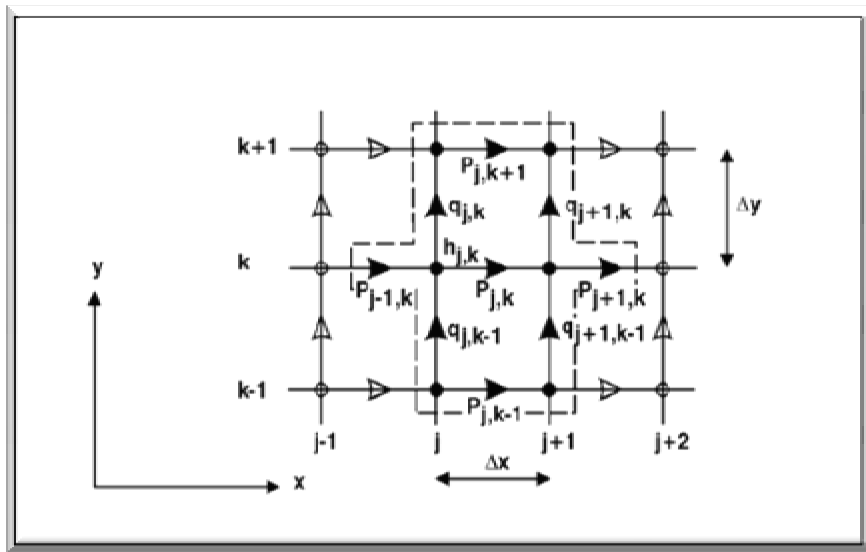
$$\begin{aligned} & 2. \left(\frac{\zeta^{n+1} - \zeta^{n+1/2}}{\Delta t} \right)_{j,k} + \frac{1}{2} \cdot \left\{ \left(\frac{p_j - p_{j-1}}{\Delta x} \right)^{n+1} + \left(\frac{p_j - p_{j-1}}{\Delta x} \right)^n \right\}_k \\ & + \frac{1}{2} \cdot \left\{ \left(\frac{q_k - q_{k-1}}{\Delta y} \right)^{n+3/2} + \left(\frac{q_k - q_{k-1}}{\Delta y} \right)^{n+1/2} \right\}_j \\ & = 2. \left(\frac{d^{n+1} - d^{n+1/2}}{\Delta t} \right)_{j,k} \end{aligned} \quad (1.33.)$$

Her bir taramanın tamamlanmasından sonra; su derinliği, yüzey kotu ve batimetriye göre kesin değerler güncelleştirilir. Sonunda x yönlü tarama sonrası; $h^{n+1/2} = \zeta^{n+1/2} - d^{n+1/2}$ ve y yönlü tarama sonrası $h^{n+1} = \zeta^{n+1} - d^{n+1}$ eşitlikleri elde edilir. Fakat Taylor serisine açılım nedeniyle oluşan genel kesme hataları benzeşim modeli sonuçlarının ölçülmüş değerlerine göre kabul edilebilir bir sapma ile farklılık göstermesine neden olabilmektedir.

1.6.4.3 .Momentum Denklemleri

Momentum denklemi oluşturulurken, daha önceki denklem tanımlamalarında verilen, y yönündeki momentum denklemi; x yönündekine benzer olduğu için burada 'x' yönü esas alınmıştır. Momentum denkleminin x yönündeki bileşeni, aşağıdaki eşitliği çözerek su ortamı hakkında akıntı hızı ve yönü üzerinde meydana gelen değişimler araştırılır.

$$\begin{aligned} & \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \\ & \text{---} \\ & \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \\ & \text{---} \end{aligned} \quad (1.34.)$$



Şekil 1.17. X Yönündeki Momentum Denklemi Hesap Ağı(Mike 21 User Guide, 2009)

1.34 denklem takımını oluşturan diferansiyel bileşenler ayrı ayrı incelendiğinde:

- Zamana bağlı terim
- Konveksiyonel ve kısmi momentum düzeltme terimleri
- Yerçekimi terimi
- Taban direnci terimi
- Momentum yayılım katsayısı(Eddy Viskozitesi) terimi
- Coriolis kuvveti terimi
- Rüzgar sürtünme terimi
- Atmosfer basıncı terimi

gibi bilgiler elde edilir.

1.6.4.4.Zamana Bağlı Terim

1.34 denkleminde verilen ilk terim zamana bağlı bir terimdir. Bu terim sonlu farklar yardımı ile şekil 5 verilen hesap ağı ve zaman dilimleri gereği aşağıdaki denklem meydana gelir:

$$\frac{\partial p}{\partial t} \approx \left(\frac{p^{n+1} - p^n}{\Delta t} \right)_{j,k} - \frac{\Delta t^2}{24} \cdot \frac{\partial^3 p}{\partial t^3} + HOT(Higher Order Terms) \quad (1.35.)$$

Denklem (1.35) içerisindeki yüksek mertebeli terimler ihmal edilebilmektedir. Standart hidrodinamik benzeşim modelleri için eşitliğin sağ tarafındaki birinci terim yeterlidir. Fakat ilgili problemin tipine göre yüksek doğruluk gerektiren çözümlerde ikinci teriminde çözüm şemasına dâhil edilmesi gerekli görülmektedir.

1.6.4.5.Konvektif ve Kısmi Momentum Düzeltme Terimleri

Gel-git hareketi neticesinde zaman bağlı değişimlerde düzeltme terimi oldukça küçük olmaktadır. Bu nedenle söz konusu terimlerin temel çözüme belirgin derecede katkıda bulunamayacağı belirtilmektedir.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p p}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q p}{h} \right) \quad (1.36.)$$

1.6.4.6.Yerçekimi Terimi

Yer çekimine bağlı yaklaşım aşağıdaki denklemlerdeki gibidir:

$$gh\zeta_x \approx g \left(\frac{h_{j,k} + h_{j+l,k}}{2} \right)^n \left(\frac{\zeta_{j+l,k} - \zeta_{j,k}}{\Delta x} \right)^{n+1/2} \quad (1.37.)$$

$$gh\zeta_x \approx FDG + g \left[\frac{\Delta t}{2} \zeta_x \zeta_t - \frac{\Delta t^2}{8} \zeta_{tt} \zeta_x - \frac{\Delta x^2}{8} h_{xx} \zeta_x - \frac{\Delta x^2}{24} h \zeta_{xxx} \right] + HOT \quad (1.38.)$$

Burada (1.37) denklemindeki yüksek mertebeli terimler(HOT) ihmal edilir. Standart hidrodinamik benzeşim modelleri için eşitliğin sağ tarafındaki birinci terim yeterli olabilmektedir. Fakat problemin tipine göre yüksek doğruluk gerektiren çözümlerde, yine ikinci terim çözüm şemasına dâhil edilmelidir.

1.6.4.7 . Taban Direnci Terimi

Taban sürtünmesi Chezy formülü ile ifade edilmektedir.

$$\frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{c^2.h^2} \quad (1.39.)$$

$$\frac{gp_{j,k}^{n+1}\sqrt{p^{*2}+q^{*2}}}{c^2h^{*2}} \quad (1.40.)$$

$$p^* = p_{j,k}^n \quad (1.41.)$$

$$q^* = \frac{1}{8} (q_{j,k}^{n-1/2} + q_{j+1,k}^{n-1/2} + q_{j,k-1}^{n-1/2} + q_{j,k}^{n+1/2} + q_{j,k-1}^{n+1/2} + q_{j+1,k-1}^{n+1/2}) \quad (1.42.)$$

$$h^* = \begin{cases} h_{j,k}^n & \text{for } p^* \geq 0 \\ h_{j-1,k}^n & \text{for } p^* < 0 \end{cases} \quad (1.43.)$$

Chezy sayısı (C), Mannig sayısından (M) aşağıdaki gibi bulunur:

$$C = M.h^{*1/6} \quad (1.44.)$$

1.6.4.8 . Coriolis Kuvveti Terimi

Coriolis Kuvveti, dünyanın dönmesinden kaynaklanan ve rüzgarın hareket yönü üzerine etkili olan bir kuvvettir. Hareket yönü üzerinde sapma miktarı, rüzgarın hızı ve bulunduğu enlem de etki olabilmektedir. Coriolis Kuvveti aşağıdaki denklem

ile hesaplanmaktadır:

$$\Omega. q \quad (1.45.)$$

1.6.4.9 . Rüzgâr Sürtünmesi Terimi

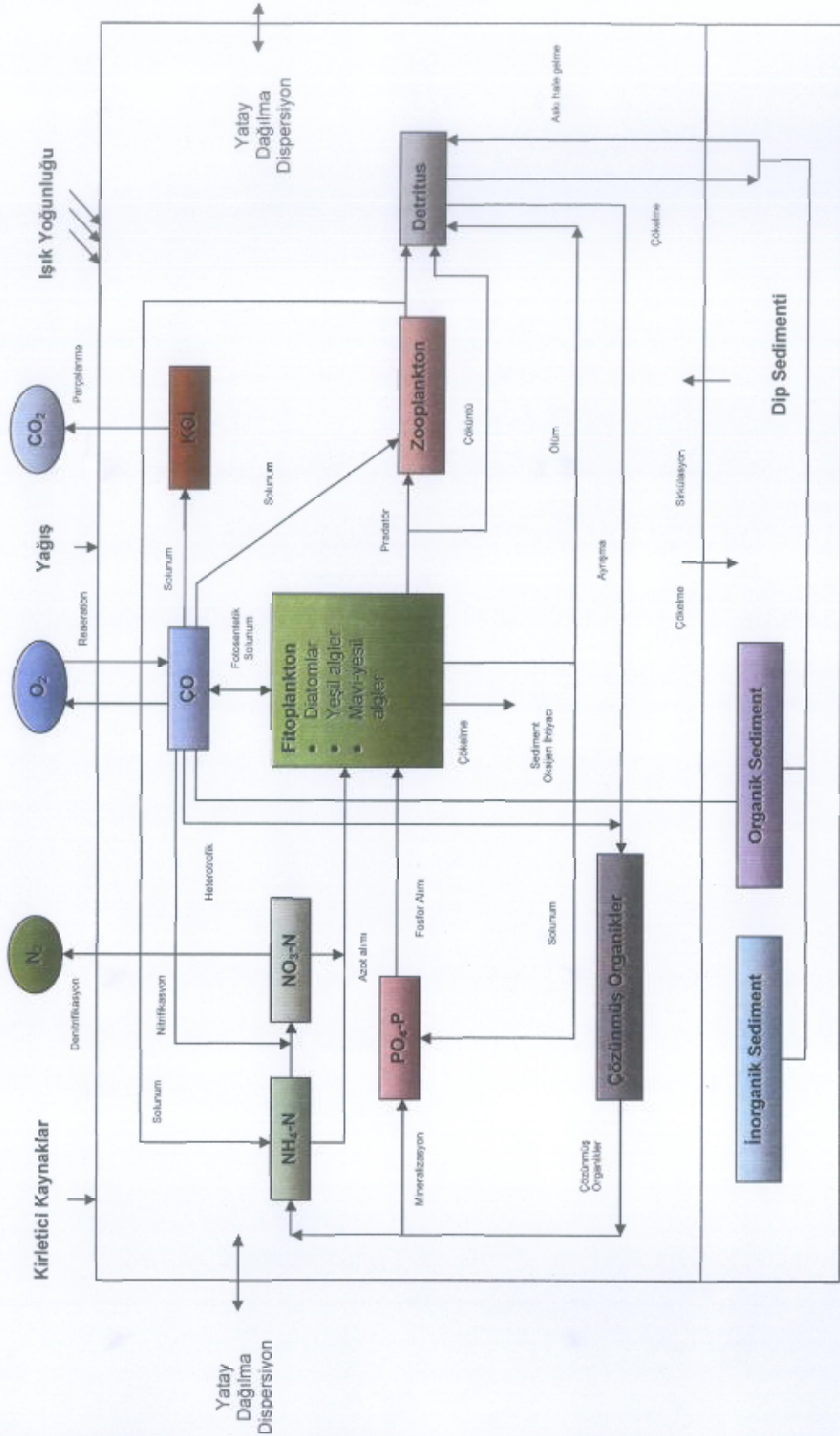
Rüzgâr sürtünmesi terimi aşağıdaki formülle hesaplanır. Buradaki tüm değişkenler her hesap noktası için ayrı ayrı değerlendirilmelidir.

$$f(v).V.V_x \quad (1.46.)$$

1.6.4.10 .Atmosfer Basıncı Terimi

Atmosfer basıncı terimi aşağıdaki formülle hesaplanır. Buradaki kısmi diferansiyel denklemleri nümerik olarak integre etmek için türevli terimler sonlu farklar yaklaşımlarıyla yer değiştirerek oluşturulan denklemler uygun sınır şartlarında çözümlenir.

Hidrolik modelleme sistemleri, modeli besleyen bazı parametrelerin (örneğin; sınır şartları, su seviyesi, akıntı hızı gibi) hazırlanmasını gerektirir. Bu veriler, arazi çalışmaları sonucunda elde edilir ve modele girdi dosyası olarak girilir. Fakat bazı model parametrelerini (örneğin; eddy viskozitesi, rüzgâr sürtünme katsayısı ve taban sürtünmesi gibi) arazi çalışmalarından elde etmek mümkün değildir. Bu durumlarda belirsiz parametreler, literatürde sahip oldukları değer aralıkları dikkate alınarak modele uygulanır ve en uygun değeri belirlenir. Bu sürece model kalibrasyonu denir.



Şekil 1.18. Göl Ortamında Meydana Gelen Değişim (Applications of a new ecosystem model to study the dynamics of phytoplankton and nutrients in the Ariake Sea, west coast of Kyushu, Japan)

1.7 .Mike 21 Flow Model –Advection Dispersion Modeli

Mike 21 modelleme programının AD modülü ile sucul ortamda bulunan çözünmüş ve askıdaki maddelerin, ortamda yatay dağılımı iki boyutlu olarak gözlemlenebilmektedir. Burada advection-dispersion kütle korunum denklemleri ile ifade edilmektedir. Kaynak noktalarında ve sucul alandaki deşarj miktarı, bileşenlerin konsantrasyonlarının tümünü içeren değişim dağılımlarını bu modül yardımı ile gözlenebilmektedir.

$$\frac{\partial}{\partial t}(hc) + \frac{\partial}{\partial x}(uhc) + \frac{\partial}{\partial x}(vhc) = \frac{\partial}{\partial x}\left(h \cdot D_x \cdot \frac{\partial c}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(h \cdot D_y \cdot \frac{\partial c}{\partial y}\right) - F \cdot h \cdot c + S \quad (1.47.)$$

Burada:

c : Bileşen konsantrasyonu (isteğe bağlı birim)

u, v : X ve Y yönündeki hız bileşenleri (m/s)

D_x, D_y : X ve Y yönündeki dağılım bileşenleri (m/s²)

F : Linear dağılım katsayısı (dakika⁻¹)

S : $Q_s, (C_s - C)$

Q_s : Kaynak(source/sink) deşarjı (m³/s/m²)

c_s : Kaynak deşarjındaki maddelerin konsantrasyonu.

1.7.1 .Genel

Dispersiyon genellikle akım bileşenlerinin dağılımlarını göstermek için genel bir terim olarak kullanıldı, hem düzenli tip prosesler üzerinde, hem de hız eğrilerinin üzerinde etkisi vardır.

Fick(1955) ve Taylor ilk olarak yol gösterme teşebbüslerinde bulunmuşlardır. Sırasıyla moleküler ve türbülans hareketlerinin de çözünen maddelerin akışkan kütlelerini parametre haline getirmişlerdir. Burada kütle akışı moleküler ve türbülanslı türbülans katsayıları ile orantılıdır. Taylor(1953-54) te bu yaklaşık katsayıları yeniden biçimlendirmiş ve difüzyonu dispersiyon katsayısı olarak düzenlemiştir.

Elder(1959) da Taylor'ın bulduğu katsayıları sığ su akışlarına uygulamak için yatay hız gradyanı tanımlamıştır.

Bir akış, kütle içerisinde herhangi bir çözünmüş veya askıda bulunan kütlelerin dağılımını akışın diğer özelliklerini de içerebilmektedir. Bachmetef'in momentum transfer prensibine başvurularak, akış sirkülasyonlarının yakın ölçüleri arasındaki momentum transferlerinin bir mekanizma olarak hız dalgalanmalarına etkisi takip edilebilmektedir. Bu durum momentum yayılımını sağlamaktadır. Bu uyumlu katsayı viskozite katsayısı olarak adlandırılmaktadır.

Ana Taşıma Prensibi	
- Yatayda yayılım(Advection)	
Akış prosesini tanımlamak için akış partiküllerinin hareketi	
- Dispersiyon yayılım(Dispersion)	- Kesme (Shear)
Tanımlanamayan akış prosesi için akış parçacıklarının yayılımı	- Alansal hız eğimi
	- Difüzyon
	- Moleküler hareket
	- Türbülans

1.7.2 Dağılım Prosesi

Genellikle taşıma-dispersiyon eşitliklerinin gelişimi aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

1. Derece

Rastgele molekül hareketlerinin filtrelenmesi } → Moleküler yayılım
 } → Viskozite

2. Derece

Verilen bir ölçek altında türbülans hareketlerinin filtrelenmesi } → Türbülans Difüzyonu
 } → Eddy - Viskozite

3. Derece

2D- Boyutlu modelleme için ortalama derinlikte
düşey hız profilinin filtrelenmesi

- Dispersiyon
- Yatak ve yüzey kesme basıncı
- Yatay kesme basıncı-kesme viskozite

1. Derece rasgele molekül hareketlerinin filtrelenmesi Newton'un temel viskozite kanunu ile ifade edilmektedir.

$$\tau_{zx} = \mu \frac{\partial u}{\partial z} \quad (1.48.)$$

Burada viskozite μ , farklı yönlerden yayılan basınç tarafından biçim değişimine maruz kalan akış direncinin bir ölçüsüdür. Burada τ , suyun farklı yönlerden gelen basınç altında akmaya karşı olan direnci göstermektedir. Burada akış dalgalanmaları moleküler hareketle ilgilidir, ve viskozite ile akış dalgalanmaları birbirine bağımlıdır. Bu nedenle dinamik viskozite μ bir akış karakteristiği olarak belirtilmiştir. Dinamik denge eşitlikleri Navier-Stokes denklemleri ile ifade edilmiştir. Burada rastgele veya rastgele olmayan moleküler hareketlerin karakteristikleri deneysel çalışmalar sonucunda hesaplanmıştır. (X yönü için);

$$v \left[\frac{\partial^2 u_i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_i}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_i}{\partial z^2} \right], i = 1,2,3 \quad (1.49.)$$

$$v = \mu / \rho \quad \longrightarrow \text{Kinetik viskozite}(L^2T^{-1}) \quad (1.50.)$$

Ayrıca akış içindeki rastgele molekül hareketleri çözünmüş ve askıdaki maddelerin kütle transferine sebep olmaktadır. Bu durum Frenk Yasası ile ifade edilebilmektedir.

$$T_i = D^m \frac{\partial c}{\partial x_i} \quad (1.51.)$$

Burada c : bileşenlerin konsantrasyonunu

D_m : moleküler difüzyon katsayısıdır.

Rastgele seçilen bir kontrol hacminin korunma prensibi yine deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen aşağıdaki formülle hesaplanabilmektedir.

$$D^m \left[\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right] \quad (1.52.)$$

1.7.3 .Türbülans

Moleküler baskı her zaman akışlar için hareketsiz olmasına karşın, akış durumları altındaki partikül akışı durumları çok daha önemli rastgele harekettir. Bu nedenle bunların yörüngeleri düzensiz ve karmaşıktır. Burada anlık hız u^1 , zaman serilerinin gözlenmesiyle elde edilir. Bu akış değişken dalgalanma hızı u^1 ile ifade edilmektedir. Moleküler çalkalanma hareketsiz akışkanlar için her zaman mevcut olmasına rağmen akış koşulları altında sıvı parçacıkları ek rastgele çok yüksek büyüklükte hareketleri yaşamaktadırlar, böylece onların yollarını çok düzensiz ve kıvrımlıdır. Burada kaydedilmiş anlık hızların zaman serisini gözlemlendiği zaman, bu akış geçici sabit ortalama hıza bindirilen kararsız dalgalanan hız tarafından karakterize edilmektedir, öyle ki;

$$u^1(x, t) = u(x, t) + u'(x, t) \quad (1.53.)$$

$$\overline{u^1(x, y)} = \frac{1}{\Delta T} \int_{t-\Delta T}^t u^1(x, t) dt = u(x, t) \quad (1.54.)$$

$$\overline{u^1(x, y)} = \frac{1}{\Delta T} \int_{t-\Delta T}^t u'(x, t) dt = 0 \quad (1.55.)$$

Bu durumlarda seçilmiş bir zaman ölçeği olan ΔT altında filtre edilmiş dalgalanmalar için mümkündür. ΔT Navier-Stokes denklemlerinin integre edilmesiyle elde edilir. Bu sonuç olarak aşağıdaki gibidir:

$$\frac{\partial}{\partial x_j} [\overline{\rho u'_i u'_j}] \quad (1.56.)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_j} [\overline{\rho u'_i c'}] \quad (1.57.)$$

Türbülansın klasik teorisi $\rho u'_i$, u'_j terimleri, Reynold'ın basıncı olarak adlandırılan deneysel olarak elde edilmiş Eddy Viskozite katsayısıdır. Bu;

$$-\overline{\rho u'_i u'_j} = \rho v^T \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \quad (1.58.)$$

Bu formül düzenlenirse;

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[v^T \frac{\partial u_i}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[v^T \frac{\partial u_i}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[v^T \frac{\partial u_i}{\partial z} \right] \quad (1.59.)$$

elde edilir.

Burada v^T , bağımsız akış durumunu ifade etmektedir. v^T birkaç model için geliştirilmiştir ve buradaki her bir eşitlik türbülansın çeşitli partiküllerini ifade etmektedir. Formüllerden biri DHI tarafından geliştirilmiştir. Bu Smagorisky izotrop türbülans formülüdür.

$$v^T = \rho \ell^2 (x_i) (S_{ij} S_{ji})^{1/2} \quad (1.60.)$$

Genel olarak v^T ifade etmek zordur. Fakat bir referans olarak düzenli kanal akımları için aşağıdaki yaklaşım kullanılabilir.

$$v^T \approx \frac{1}{10} h u^* \quad (1.61.)$$

Burada h: su derinliği

u^* : sürtünme hızıdır.

Türbülans akımları için Reynold'un benzerlik yaklaşımları, çözülmüş ve askıdaki maddelerin dağılım prensiplerini ifade etmektedir. Bu nedenle türbülans difüzyon katsayısı D^T , $D^T \cong \nu^T$ olabilmektedir ve yeni dispersiyon formülü aşağıdaki gibidir.

$$\frac{\partial y}{\partial x} \left[D^T \frac{\partial c}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[D^T \frac{\partial c}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[D^T \frac{\partial c}{\partial z} \right] \quad (1.62.)$$

1.7.4 Kesme Akışları

Birçok kıyı mühendislik uygulamalarında olduğu gibi derinlik çalışma kapsamında etki yatay boyutlarından çok daha küçüktür, iki boyutlu modeller genellikle ana akış süreçlerini açıklamak için yeterlidir. Ancak derinlik-entegrasyonu düşey ek akış yönünde sorumlu olan hız profillerinin filtrelemesini ifade etmektedir. Hız gradiyentleri ile birlikte olan akımlar genellikle "kesme akımı" olarak adlandırılmaktadır, ve şu anda "kesme etkisi" olarak bilinen ilgili yayılma mekanizması Taylor tarafından tartışılmıştır(1954). Bu nedenle derinlemesine entegre modeli "kesme akışını" açıklamak için ek ampirik koşulları içermektedir.

$$u = (U + U') \quad (1.63.)$$

$$\bar{U}' \frac{1}{h} \int_h^\xi U' dz = 0 \quad (1.64.)$$

$$\bar{u} = \frac{1}{h} \int_\xi^h (U + U') dz = U \quad (1.65.)$$

Burada; U : Derinlik- integre hız

U' : Ortalama hızdan gelen hız sapma profili

Bu eşitlikler Reynold denklemlerinde yer almaktadır. Bunlar:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} \int_{-h}^{\zeta} u u dz + \frac{\partial}{\partial y} \int_{-h}^{\zeta} v u dz &= \frac{\partial}{\partial x} (hUU) + \frac{\partial}{\partial y} (hVU) \frac{\partial}{\partial x} \int_{-h}^{\zeta} (u')^2 dz + \\ \frac{\partial}{\partial y} \int_{-h}^{\zeta} (u'v')^2 dz & \end{aligned} \quad (1.66.)$$

Buradaki son iki eşitlik, kesme etkisi için, tüm derinliklerde genel momentum transferini göstermektedir. Ayrıca tahminen benzer türbülans momentum transferleri içinde kullanılabilir. Genel olarak kabul edilen korelasyon bağımsız değerlerin çözümüyle elde edilir (Depth-integrated).

$$\frac{1}{h} \int_{-h}^{\zeta} (U')^2 dz = -v_x^s \frac{\partial U}{\partial x} \quad (1.67.)$$

$$\frac{1}{h} \int_{-h}^{\zeta} (U'V) dz = -v_y^s \frac{\partial U}{\partial y} \quad (1.68.)$$

Yukarıdaki varsayımlar ve Reynold benzerliklerinden yola çıkarak aşağıdaki yeni kütlelerin korunumu ve bileşenleri formülü oluşturulabilir;

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[v_i^s h \frac{\partial U_i}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[v_i^s h \frac{\partial U_i}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[v_i^s h \frac{\partial U_i}{\partial z} \right] \text{ ve} \quad (1.69.)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[D_i^s h \frac{\partial U_i}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[D_i^s h \frac{\partial U_i}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[D_i^s h \frac{\partial U_i}{\partial z} \right] \quad (1.70.)$$

Burada; $v_i^s \cong D_i^s$ eşit ve v_i^s, D_i^s yatay kesme basıncı(kesme viskozitesi) ve dispersiyondur. Düzenli kanal akımlarında kullanılacak formül:

$$v_i^s = D_i^s = \frac{\alpha - (\alpha')^2}{2} C_z U h \quad \text{ile} \quad (1.71.)$$

$$\alpha = \frac{\int_{-h}^{\zeta} u^3 dz}{U^3 h} \quad \text{ve} \quad (1.72.)$$

$$\alpha' = \frac{\int_{-h}^{\zeta} u^2 dz}{U^2 h} \quad (1.73.)$$

Burada; C_z : Boyutsuz Chezy sayısı

U : Ortalama hız

h : Su derinliği

Burada örneğin, 10 metrelik derin bir kanalda ortalama hız 1m/s ve boyutsuz Chezy katsayısı 18 dir. Viskozite katsayısının üssel hız dağılımı dikey olarak verilen $KZ^{0,2}$ için $v^s = 4m^2/s$ dir. Beklenildiği gibi bu sonuçlar momentum ve bileşenlerinin taşınım yoğunluğunu göstermektedir.

Burada beklenen, bu sonuçlar momentumun transfer yoğunluğunu ileri sürer ve bileşenler göz önüne alınmış ölçeğin büyüklükleri ile ilgilidir, moleküler ve türbülans etkileri uygulamanın içersinde kesme etkisi ile karşılaştırıldığında önemsiz değerlerdedir($4 m^2/s$ de 10^{-6} ya 10^{-1} m/s).

1.7.5 Alt Grid Ölçeği

Bu noktada, önemi belirtilmelidir ki; viskozite durumları ve difüzyon, sıvı parçacıklarının kararsız davranışlarını hesaba katmaya sebep olmuşlardır. Difüzyon ve dağılım, kararsız ölçekler ile ilişkilendirilen advectif proseslerin sonuçlarıdır. Bu konsept, derin integre edilmiş eşitliklerin horizontal uzamsal ayrıklaştırmasına ihtiyaç duyulduğundaki gibi ileri düzey genişletilmiş yüksek ölçekler kullanıldığı filtreleme prosedürlerinde önem kazanan bir konseptir. Bu büyüklüğü sayısal hesaplamalarda kullanılan ızgara aralığına (Δx) bağlı olan, yüksek düzeyde kararsız ölçekli hareketin hesaplanmasında ek viskozite ve dispersiyon isteneceği anlamına gelir. Yeniden, sadece tabii olarak, (Δx) in artması ile dağıtıcı katsayılar da artacaktır. Çalışmanın doğrulaması ile dağıtıcı katsayılar, derinde birleşmenin ortaya çıkardığı katsayılardan daha büyük, çeşitli büyüklük düzeylerinde olabilirler. Alt sınırdaki ($\Delta x \cong h$), dolanımın daha geniş kararsız ölçekleri kesme akışı ile ilişkilendirilecektir ve ampirik katsayılar için çok kesin ilk tahminler sağlayan kutulardır.

Temel zorluklardan biri, yatay uzlamsal ayrıklaşmaları hesaplamak için; batimetrik yapılandırma, yoğunluk grandyanları, rüzgâr sürtünmesi, tasarım gibi faktörlere oldukça bağlı olabilen yeni kararsız ölçü devinimini karakterize ederken karşılaşıldı. Bazı genel formüllerin yol gösteri olarak kullanılabileceğine rağmen, son değerlerin kesinliği her zaman kalibrasyonun yapılması gerekmektedir.

Sonuç olarak, aslen asli eşitliklerin sayısal kararlılığı, uzayda ve zamanda(genelde, analitik sonuçlar uygun olmaz) ek ayrıklaşmalara başvurmayaya yöneltir ve buda model kararlılığına (Δx) bağlı olan hareketin daha geniş ölçekleri filtrelemeyi genişletmeyi gerekli kılar. Böylece, önceki şemalaştırmayı takip etmeyerek dördüncü bir derece göz önünde bulundurulmalıdır, şöyleki;

4. Derece

Model üzerinde ortalama → Ek dispersiyon

Çözünürlük $\Delta x, \Delta t$

Ek viskozite

Ek dispersiyonu ve viskoziteyi takip edenler subgrid dispersiyon D^G ve subgrid viskozite v^G olarak kastedilmektedir.

1.7.6 .Katsayıların Tahmini

1.7.6.1 .Temel Formüller

Dispersiyon katsayısının açıklanmasında temel olarak Elder'in formülasyonları kullanılmaktadır. Kütle korunum eşitliklerini değerlendirmek için açık kanal içerisindeki çözünmüş bileşenler, bunlar yatay ve dikey hız bileşenleri sıfırcı ve yatay difüzyon ihmal edilebilir. Bu duruma örnek:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial(uc)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_z^T \frac{\partial c}{\partial z} \right] \quad (1.74.)$$

Düşey profil formülasyonları diğer formüllerde açıklanmıştı, burada bu

formüllere ek olarak, sıkıştırılmayan akışkanlar için akış sürekliliği hesaba katılarak aşağıdaki formül türetilmiştir.

$$\frac{\partial}{\partial t} (C + C') + (U + U') \frac{\partial}{\partial x} (C + C') = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_z^T \frac{\partial C'}{\partial z} \right] \quad (1.75.)$$

$x' = x - Ut$ ve $t' = t$ durumu var ise;

$$\frac{\partial}{\partial t} (C + C') + U' \frac{\partial}{\partial x'} (C + C') = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_z^T \frac{\partial C'}{\partial z} \right] \quad (1.76.)$$

Yeterince uzun bir süreden sonra, C ve C' , x' ve t nin sadece fonksiyonu olabilmekte ve aşağıdaki son formülle gösterilmektedir.

$$U' \frac{\partial C}{\partial x'} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_z^T \frac{\partial C'}{\partial z} \right], t \rightarrow \infty \quad (1.77.)$$

Bu formülün integrasyonu sonucunda elde edilen;

$$C' = \left[\int_0^z \frac{1}{D_z^T} \left(\int_0^z U' dz \right) dz \right] \frac{\partial C}{\partial x'} \quad (1.78.)$$

U' ile çarpım ve tekrar integrasyon sonucunda;

$$\frac{1}{h} \int_0^h (U' C') dz = \frac{\partial C}{\partial x'} \frac{1}{h} \left\{ \int_0^h U' \left[\int_0^z \frac{1}{D_z^T} \left(\int_0^z U' dz \right) dz \right] dz \right\} \quad (1.79.)$$

ve sonuç olarak dispersiyon katsayısı aşağıdaki gibi elde edilir;

$$D_x^S = \frac{1}{h} \left\{ \int_0^h U' \left[\int_0^z \frac{1}{D_z^T} \left(\int_0^z U' dz \right) dz \right] dz \right\} \quad (1.80.)$$

Önceki değerlendirmelerde kullanılan D_x^S Van Karman'ın logaritmik profili için hız;

$$U'(z) = \frac{u^*}{K} \left[1 + \ln \frac{z}{h} \right] \quad (1.81.)$$

Burada; u^* : kesme hızı $(\tau_o/\rho)^{1/2}$

K : Von-Karman sabiti ($\sim 0,41$)

Kısmi basınç dağılımı aşağıdaki gibidir;

$$\tau = \tau_o \left(1 - z/h \right) \quad (1.82.)$$

ve kütle momentumun taşınımının türbülans tahmini Reynold tarafından tanımlanmıştır. Düşey türbülans momentum hareketleri için;

$$\tau = \rho v_z^T \frac{\partial U'}{\partial z} \quad (1.83.)$$

$$D_z^T = v_z^T = u^* K z \left(1 - \frac{z}{h} \right) \quad (1.84.)$$

Burada 3.23 eşitliği içindeki değişkenler sonucu $\xi = z/h$ elde edilir ve 3.24 ile 3.27 denklemleri hesaba katılarak, Elder denklemi meydana gelir.

$$D_x^S = \frac{u^* h}{K^3} \left\{ \int_0^1 (1 + \ln \zeta) \left[\int_0^\zeta \frac{\int_0^\zeta (1 + \ln \zeta)}{\zeta(1-\zeta)} d\zeta \right] d\zeta \right\} \quad (1.85.)$$

Bu denklem integre edilirse;

$$D_x^S = 0,404 \frac{u^* h}{K^3} = K_E u^* h \quad K_E = 5,9 \text{ ve } K = 0,41 \quad (1.86.)$$

Elder'in ifadelerine benzer şekilde çeşitli katsayılar türetilebilir. Örneğin;

- Açık kanal akışları için; Krenkel(1962) : **9,1**. $u^* . h$
- Pürüzsüz kanallar için; Yotsukura ve Fiering(1964) : **1,3**. $u^* . h$

- Doğal akımlar için; Thackstan(1966) $:7,25.(u/u^*)^{1/4}.u^*.h$

şeklinde olabilmektedir.

Jabson ve Sayre (1970) Reynold'un eşitliklerine benzerlikleri birkaç deneysel çalışma ile kanıtlamışlardır. Ayrıca V^T nin parabolik dağılımlarını doğrulamış ve aşağıdaki eşitliği geliştirmişlerdir.

$$D_x^s = 0,07 u^*h \quad (1.87.)$$

Doğal akımlar için olan uygulamalarda Fischer(1968) boylamsal dağılım katsayıları, Elder'in formülüne göre çok küçük olduğu öngörülmüş ve 150 kat daha büyük değerler rapor edilmiştir. Bowden(1964) yatay dağılımın etkili katsayıları, dikey türbülans difüzyonunun orantılı katsayılarına ters olduğuna dikkat çekmiştir. Kesme akımı altında oluşan karışım bazı dikey dağılımlarda sabit faktörler olduğu takdirde geliştirilebilir. Bowden'in dikey türbülans difüzyon katsayısına göre 10 veya 20 gibi bir faktör sayesinde azaltılabilir, fakat bunun arttırılabilmesi yatay dağılım katsayılarının 10^5 den 10^6 cm^2/sn ye arttırılması ile gerçekleştirilebilmektedir.

Burada yazarların açıkça gösterdiği sonuçlara göre yayılmanın diğer mekanizmalarına göre, kesme etkileriyle karşılaştırılırsa baskın olabileceği görülmüştür. Fischer, boylamsal dağılıma katılan esas faktör olarak, enine difüzyon ve dikey olmayan difüzyon, yayılım baskın mekanizması, enine sirkülasyonlarla ilgili olduğunu önermiştir. Bowden kesme etkilerinin haliç ve kıyı sahillerinde ve geniş yatay girdapların varlığında dağılım proseslerinin arasında baskın olabileceğinin farkına varmıştır.

1.7.6.2 .Deneyimin Kanıtı

Üçüncü dereceye göre, birinci ve ikinci derecenin önemsiz olduğunu, ölçeklerdeki fiziksel proseslere göre iyi bir şekilde gösterilmiştir. Çevresel akışlara istinaden, saha ölçümleri ve modelleme sonuçları, Elder'in katsayılarında çoğu durumlar için ayrıca gösterilmiştir. Elder'in 2 boyutlu sirkülasyon modeli(Mike 21) ile 4 farklı uygulama için kalibre edilmiş katsayılar Çizelge 1.3 te örneklerle

açıklanmıştır.

Çizelge 1.3. Elder'in Katsayısı ile Kalibrasyon Karsayısının Karşılaştırılması

Durum	h(m)	u(m/s)	u*(m/s)	Δx (m)	Δt (s)	$E_{kal}(m^2s)$	$6.hu^*$
A	8	0,7	0,05	50	30	2-5	2,4
B	20	1,0	0,1	500	300	40-50	12
C	30	0,5	0,03	6000	600	~500	5,4
D	1000	0,1	0,003	30000	900	>6000	18

Kalibre edilmiş katsayıların büyüklüğü sadece dördüncü derece ye göre açıklanmıştır. Fakat sadece $\Delta x \gg h$ in genellikle proste baskın olduğu değerler için açıklanabilmiştir. Çoğu modellemeci, sadece dikey akış değişimlerinin ilgili olduğunun kabul edildiği durumlarda Elder formülündeki K_E katsayısını arttırarak, dördüncü derecedeki prosesleri hesaplamak için girişimde bulundular. Bununla birlikte subgrid prosesleri temsil etmek için, sadece viskozitelerin ve etkili katsayıların Δx uzunluk ve Δt zaman ölçeğinde gösterilmesiyle olabilmektedir. Bundan dolayı subgrid proseslerin etkili katsayıları aşağıdaki olası formlarda gösterilmiştir.

$$K_1 \frac{\Delta x^2}{\Delta t} \quad (1.88.)$$

$$K_2 \Delta x u \quad (1.89.)$$

$$K_3 \Delta t u^2 \quad (1.90.)$$

Çizelge 1.3 te dördüncü derece etkili katsayının 3 farklı formları ve 5 farklı durumda kalibre edilmiş sonuçlarla karşılaştırılmıştır. $K_2 \Delta x$ formu, K_2 , 5 farklı durumda sabit oluncaya denk tatmin edici olduğu gözlenmektedir. Burada şunu vurgulamak gerekmektedir, gerçek değerlere sert yaklaşımlar yapabilmeyi öngören

Euler'in formülü gibi belirlenmiş bir modelin sirkülasyonu değildir. Ayrıca dağılım katsayısı değerleri, en büyük çözümlenmemiş sirkülasyonlar ve direk olamayan Δx ve Δt ye bağlıdır. Bu durum dağılım prosesleri için oldukça önemlidir. Diğer etkilerle ilgisiz olacağı zaman Elder formülasyonu ($\Delta x \gg h$) geçerli olabilir ve bu durumlarda olayı doğrulamak mümkün olabilmektedir. Yinede formül üzerinde benzer durumlarda yapılmış deneyler ve saha gözlemleri ile birlikte tamamlandığı zaman, 2 boyutlu çevresel modellerin kalibrasyonu için çok değerli bir rehber sağlanmış olabilmektedir. Δx ve h aynı büyüklük sırasında olduğu zaman, kesme etkileri(üçüncü derece prosesler) hız ve bileşenlerinin transferinden sorumlu olabilmektedir. Uygulamada, sahil suları için sürtünme hızını Elder formülü şu şekilde verebilmektedir.

$$v_x^s \cong D_x^s = 5,9.0,06 U h \cong 0,4 U h \quad (1.91.)$$

Böylece MIKE 21 deki uygulama, $\Delta x \cong h$ dağılım katsayıları(kesme hızı ve dağılım) ilk yaklaşım olarak alınacak olursa;

$$v_x^s \cong D_x^s \cong 1,0 U h \quad (1.92.)$$

1,0 faktörü ile birlikte kalibrasyona göre büyüklerin biri muhtemelen farklılık gösterecektir. Yukarıdaki çalışmalarda vurgulanmak istenen, x yönü, akış yönüne göre sıraya konmuş şekilde göz önüne alınmıştır. Katsayılar boylamsal dağılım katsayılarını temsili olarak ifade eder. Talbot ve Talbot'un rapor ettiği testlerin gösterdiği üzere çapraz ve yan prosesler yaklaşık olarak boylamsal olanlardan büyüklük sırası olarak bir küçük olduğu bulunmuştur. Kartezyen kordinat sisteminde rastgele seçilmiş bir akışın yönü için, katsayıların tanımını karmaşıktırarak ters devrelerde sunabilmektedir. Boylamsal ve yan katsayılar olan D_L^s , D_T^s yi x ve y eksenleri üzerinde göstererek ve ters türevlerini ihmal etmek mantıklı bir yaklaşım olacaktır.

$$\frac{1}{D_x^s} = \left[\left(\frac{\cos \alpha}{D_L^s} \right)^2 + \left(\frac{\sin \alpha}{D_T^s} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (1.93.)$$

$$\frac{1}{D_y^s} = \left[\left(\frac{\sin \alpha}{D_L^s} \right)^2 + \left(\frac{\cos \alpha}{D_T^s} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (1.94.)$$

Fakat burada en büyük ölçekli dağıtılmış prosesler için subgrid akım sirkülasyonlarında olduğu gibi akımın yönünün etkisi burada önemli değildir, bu da genel olarak izotop olarak varsayılır.

1.7.6.3 . Genel Bir Açıklama

Abbott et al. (1985) ikincil büyük ölçekli sirkülasyonları iki boyutlu model kullanarak gerçek olarak benzetilebileceğinin mümkün olduğunu göstermiştir. Madsen et. Al. (1988) dayanma kuvvetinin dengelediği sirkülasyonun zaman mekanizmasının kuşağının varlığı temel alınarak aynı konuyu devam ettirmiştir.

- Uzaysal diskretizasyon modeli kabul edilerek momentum transferi oluşturulabilir. (konvektif ivmeler)
- Uzaysal diskretizasyon modeli kabul edilerek momentum transferi kabul edilmeyen; (yatay kesme gerilimiyle subgrid viskozite)

İlk mekanizma birçok durumda baskın olabilmektedir. Bu durumlar, akış sirkülasyonun ölçekleri ve uzay diskretizasyonu Δx inin akış derinliğinde çok daha büyük olduğunu ikincisinde ise $\Delta x \leq h$ olduğu ikincil sirkülasyonları tarif etmek için gerekli temel bilgilerdir. Yinede bazı durumlar için $\Delta x \gg h$ olduğu gibi pratikte ikinci mekanizma sirkülasyonun çözülmüş ölçeğini tarif etmek için gerekmektedir. Uygun bir açıklama aşağıdaki deneysel hipotezle bulunabilir:

- Minimum çözülmüş ölçekler ve maksimum çözülmüş ölçeklerin birbirin yakın büyüklüğüne dayanan ölçekler arasında momentum veya

bileşenlerinin transferi, sadece ölçeklerin aynı büyüklük sırasına sahip olduğu zaman etkilidir.

Bu basamağın tutarlılığını analiz etmek için aşağıdaki açıklamalar yapılmıştır:

- a) Akışın yapısı logaritmik bir hız profili ile iyice tanımlanacağı zaman, Δx , aynı sıradaki büyüklüğün derinliği, h , en büyük çözülmüş ölçek ise hız profilinin kendisi olur. Elder'in formülü, etkin viskozite ve dispersiyon katsayılarının tahmini için böylece geçerli olur.
- b) $\Delta x \gg h$ olduğu zaman birkaç durum bulunabilir:
- b1)** Su altında çok düzenli ve üç boyutlu etkiler ise önemsizdir. Bu durumda en büyük çözülmemiş ölçek hala derinliğe bağlı olacaktır, böylece minimum çözülmüş ölçekten çok daha küçük olacaktır. Bu nedenle çözülmemiş ölçekli momentumun transferi önemsiz kalır. Elder'in formülü hala geçerlidir fakat model viskozitesi katsayısı hassas değildir. Sirkülasyon, sadece ilk mekanizmayla gerçekleşir. Örneğin; dağıtım dönemleri sadece çözülmemiş ölçekler enerji adsorplamasında kullanılır.
- b2) Üst konfigürasyonlar ve üç boyutlu etkilerin varlığı sirkülasyonları meydana getirir. Aynı büyüklük sırasındaki ölçekler en az çözülmüş ölçeklerle ilişki içerisindedirler. Bu durumda çözülmemiş ölçeğe göre transfer olan momentum önemli hale gelmiştir.
- c) Dağıtım katsayılarının belirlenmesinde, karışım uzunluğunun maksimum çözülmemiş ölçeklerin büyüklüğüyle alakalı olması Prandtl modeli kullanılarak anlamak mantıklı olacaktır. Smagoronsky formülü kullanılarak aşağıdaki karışım uzunluğu verilmiştir:

$$\ell = C_s \Delta x \quad (1.95.)$$

Madsen et. al. (1988) C_s değerini (0,4-0,8) arasında alınmasını tavsiye etmektedir. Bu değerler önceden formüle edilmiş hipotezle bağlantılıdır.

Momentum transfer prosesi ve bileşenleri sadece çözünmemiş sirkülasyonlar Δx gibi değerler aynı olduğu zaman önem kazanmaktadır.

1.7.7 Isı Yayılmı

Serbest bir yüzeyde ısı dengesinde şunlar önemlidir: net kısa dalga radyasyonu(güneşten), net uzun dalga radyasyonun(bulutlardan), yüzeyden dışarı sürekli dalga radyasyonu(Stefan-Bolzmanns kuralı), buharlaşma ve su ile hava arasındaki sıcaklık farkından dolayı havaya ısı değişimi(konveksiyon).

Yatay olarak ısıtılmış bir sucul alanla ilgili olarak ısı kaybı, konveksiyon ve uzun dalga radyasyonu ve buharlaşma ile artacaktır. Isı kaybındaki bu artış bozulma dönemi olarak bilinir ve hesaplamada alandaki sıcaklık artışı “ F.T ”, burada F ısı bozunma katsayısı, T ise sıcaklık artışıdır. Aşağıdaki basitleştirilmiş ifade bozunma katsayısı hesaplanarak ifade edilmiştir.

Eğer $W \geq W_{min}$ ise

$$F = 0,2388/(\rho \cdot C_p \cdot H)(4,6 - 0,09(T_r + T) + 4,06 \cdot W) \quad (1.96.)$$

$$\exp(0,033(T_r + T)) + 0,2388K_{shift}/(\rho \cdot C_p \cdot H)$$

Eğer $W < W_{min}$ ise

$$F=0,2388/(\rho \cdot C_p \cdot H)((4,6 - 0,09(T_r + T) + 0,06 \cdot W_{min}))$$

$$\exp(0,03(T_r + T)) - K_{min} \left(\frac{W_{min}}{W} \right)^2 + K_{min} + K_{shift} \quad (1.97.)$$

Ψ : Su yoğunluğu

C_p : Spesifik sıcaklık

- H : Su derinliği(m)
T_r : Referans sıcaklık (°C)
T : Aşırı sıcaklık (°C)
W : Rüzgar hızı(m/s)

Programda ψ . C_p değeri 10⁶ Cal/m³ °C değerini alır.

W_{min}, K_{min} ve K_{shift} sıfır hatadadır. Fakat bir seçenek dosyası ile özelleştirilebilir. Yukarıdaki ifade soğutma suyu rezervuarları gibi çok fazla sıcaklık artışları için geçerli değildir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Dügel, (1995), “Köyceğiz Gölü’ne Dökülen Akarsuların Su Kalitesinin Fiziko-Kimyasal ve Biyolojik Parametrelerle Belirlenmesi” adlı tez çalışmasında Köyceğiz Gölü’ne dökülen akarsuların göl ortamında meydana getirdiği değişimleri Shannon-Weaver indeksi ile incelenmiştir. Sonuç olarak, akarsu bentik makroinvertebrat faunası belirlenmiş ve akarsuların göle evsel ve tarımsal alanlardan gelen atıkları taşıdığını belirtmiştir.

Özcan, (1996), Seyhan-Ceyhan Havzasının Akyatan Lagünü Sularında Pestisit Kirliliğinin Araştırılması konulu tez çalışmasında, Akdeniz’in kuzeydoğu kıyı şeridinde yer alan Akyatan Lagünü’nde pestisitler ve diğer endüstriyel kökenli kirlenmelerle kirlenmesi durumunu araştırmıştır. Bu amaçla lagünde belirlediği 5 istasyonda derinlik, tuzluluk, Eİ, ÇO, KOİ, BOİ, nitrit azotu, nitrat azotu, toplam fosfor ve pestisitler gibi parametreleri incelemiştir. Sonuç olarak; ÇO seviyelerinin yüksek olduğunu fakat nitrit, nitrat azotu ve toplam fosfor yönünden düşük olduğunu belirtmiştir. Buna sebep olarak lagünde bulunan fitoplankton ve diğer bitkilerce yoğun fotosentez etkinliğinden kaynaklandığını bildirmiş ve bu doğrultuda I. Sınıf su kapsamına girdiğini gözlemlemiştir. Lagünde ölçülen KOİ ve BOİ değerleri ise yüksek seviyede olduğunu ve bu yönden ise III. Sınıf su kapsamında olduğunu belirtmiştir. Lagünde yapılan pestisit analizinde ise toplam 26 çeşit pestisit olduğunu belirtmiştir. Bu pestisitlerden en sık ve yoğun derişime sahip olan ilk üç pestisit sırasıyla; en çok rastlanan pestisit; Aldrine (%96,9), en yüksek ortalama derişime sahip pestisitler ise pp’DDT (218,5 mg/L) ve Dikofol (298,1 mg/L) olarak belirtmiştir. Sonuç olarak pestisitlerin sonbahar aylarında meydana gelen aşırı yağışlarla birlikte tarım alanlarında biriken pestisit kalıntılarının üstten akış ile YD3 kanalı aracılığıyla lagüne gelerek lagünde pestisit derişimini yükselttiğini fakat gelen suyun fazlasının lagünden taşarak denize akmasından dolayı derişimin kısa bir sürede düşüş gösterdiğini belirtmiştir.

Rajar ve ark. (1997), hidrodinamik ve su kalitesi adlı çalışmada, su kalitesi modellenmesi için üç durum analizi geliştirmişlerdir:

1) Alpine Gölü'nde besin dağılımı ve taşınmasının ve sirkülasyonunun üç boyutlu(3D) modellenmesi.

2) Trieste Körfezi'nin (Kuzey Adriyatik) civa döngüsünün iki boyutlu(2D) modellenmesi; sedimentasyon gibi ana biyokimyasal proseslerin bazıları metilleme ve de-metilleme benzetilmesi.

3) Üç boyutlu(3D), thermohaline (sıcaklık ve tuzluluk kombinasyonu) ana faktör olduğu yerlerde, Japon denizinde radyoaktif kirliliğin uzun süreli dağılımını gözlemlemişlerdir.

Hidrodinamik ve kütle transferi modelleri LMT2D and LMT3D eş makalesindeki tanımlamalar kullanılmıştır (Rajar, R. and Cetina M., 1997). Birleşik su kalitesi modellerinde sub-models, kütle tranferiyle hidrodinamik sub-modellerin birleşimi için farklı metodolojiler geliştirmişlerdir. Metodolojinin seçimi uzay ve zaman skalasına bağlılık, yaygın baskın faktörler ve kontaminantının doğasına bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Park ve Lee (2002), BOİ ve azot dönüşümlerinde önemli rol oynayan biyokimyasal kaynakların ve denitrifikasyonun görüldüğü Nakdong Nehri'nde su kalite modelleme çalışması yapmışlardır. Su kalite kontrol yöntemleri ve alıcı ortamların su kalitesi arasındaki ilişkiye incelemek için yapılan çalışmada, QUAL2E ile alg ölümünün BOİ'ye dönüşümü, denitrifikasyon ve nehir bitkilerinin ÇO dengesine olan etkileri gibi etkileşimler kalibre edilmiştir. Kalibrasyon sonuçları nehrin aynı bölümleri için hem QUAL2E ve QUAL2K modelleri ile doğrulanmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışmada BOİ, ÇO, N ve P bileşikleri ile klorofil-a parametresi ele alınmıştır. Çalışmanın sonunda araştırmacılar, BOİ, ÇO ve TN parametreleri için iki model arasında önemli farklılıklar olduğu olduğunu ifade etmişlerdir.

Göncü, (2001), "Seydi Suyunun Azot ve Fosfor Döngüsünün Modellenmesi" adlı tez çalışmasında, Seydi suyunun azot ve fosfor yönünden QUAL2E modelini kullanarak modellemiştir. Çalışmada yaygın kaynakların etkisini taşınım faktörü ile belirlemiş ve bu kaynakların etkisi QUAL2K modeli ile modellemiştir. Çalışmada iki istasyon kullanılmıştır. Birinci istasyondan elde edilen değerler model girdisi olarak kullanılırken, ikinci istasyon kalibrasyon için kullanmıştır. Sonuç olarak elde edilen

model sonuçlarının büyük ölçüde birbiri ile uyduğunu belirtmiştir.

Ertürk ve ark. (2001), Konya Ovası ana tahliye kanalının su kalitesinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada tek boyutlu bir ekolojik nehir suyu kalite modeli olan QUAL2E'yi uygulamışlardır. Modelin kalibrasyonu ve doğrulanması yapıldıktan sonra çeşitli senaryolar oluşturarak Konya kentinden deşarj edilecek atıksuların tahliye kanalının su kalitesine olan etkilerini ve Tuz Gölü'ne ulaşacak kirlilik yüklerinin tahmini yapmışlardır.

Chubarenko ve Tchepikova, (2001), çalışmalarında Baltık Denizi'nin güneydoğu kıyısında bulunan Vistula lagününde meydana gelen tuzluluk değişimlerini Mike 21 sayısal modeli kullanarak incelemişlerdir. Vistula Lagünü'nde suni olarak önemli miktarlarda tuzluluk artışı meydana gelmiştir. Bunun nedeni Vistula Lagünü'ne gelen Vistula nehrinin bir bölümünün yönünün değiştirilmesi (lagüne dökülürken direk Baltık Denizi'ne dökülmesi), lagün girişinin derinliği nedeniyle su değişiminin yoğunlaşması, gemi geçişi için derin kanalların oluşturulması lagünün en uzak kısımlarına kadar deniz suyunun girmesi olarak belirtmişlerdir. Bu çalışmada farklı hidrolojik durumlar için tüm lagün alanının yıllık tuzluluk dinamiklerini Mike 21 sayısal modeli kullanarak modellemişlerdir. İlk olarak lagüne gelen Vistula Nehri sularının azaltılmadan önceki durumu, sonra günün koşulları altında olmak üzere suni hidrolojik ve morfolojik etkilerin lagün tuzluluğuna katkısını değerlendirmişlerdir. Ayrıca lagünde geçici ve sürekli tuzluluk değişimlerini ve yıllık değişimlerini de model yardımı ile gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak yapılan modelleme çalışması hesapları sonucu Vistula Lagünü'nün morfolojik yapısının suni olarak değiştirdiğini ispatlamışlardır.

Ning ve ark. (2001), Kao-Ping Nehri'ne deşarjı yapılan noktasal kaynakların toplam maksimum günlük yükleme oranını belirlemek için yaptıkları çalışmada, QUAL2E modeli yardımıyla, nehrin ÇO, BOİ, NH₃-N ve T-P derişimlerindeki değişimleri incelemişlerdir. Çalışmayı kurak ve yağışlı mevsim olarak iki dönemde yapan araştırmacılar, nehirdeki kirlilik parametrelerindeki derişim değişiminin noktasal kaynakların deşarjından sonra yüksek oranlarda gerçekleştiğini ve bu durumun kurak mevsimde nehir açısından kritik durumların oluşturduğunu bildirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre araştırmacılar, Kao-Ring Nehri için

sisteme verilen atık yükündeki kirlilik konsantrasyonlarının kontrol edilmesi amacıyla, çeşitli çözüm yöntemleri içeren bir su kirliliği kontrol kanununa ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymuşlardır.

Lonin ve ark. (2001), Kolombiya'da yer alan Cie'naga de Tesca kıyı lagünün ekosistemde su kalitesinin modellenmesi adlı tez çalışmasında; sığ ve ötrofik olan Cie'naga de Tesca Lagünü için su kalitesi modeli(WASP-EUTRO5 ve Mike 21-HD) gerçekleştirmişlerdir. Model 2D boyutlu; hidrodinamik ve kimyasal-biyolojik blokları ve pratikte mühendislikte yaygın kullanılan kendi kendini temizleme modelleri arasındaki çeşitlilik modelleri ve ötrofikasyon modellerini içermektedir. İleri mühendislik bölümleri;

- 1) harita ve alt harita hidrodinamik modelleri,
- 2) antropojenik ve doğal organik madde akışları,
- 3) ışık ve besin şartları ve fitoplankton üretimi arasındaki ilişki olarak belirtmişlerdir.

Burada su kalitesi modeli Cie'naga de Tesca sığ lagününde kalibre edilmiş, sıcaklık, tuzluluk, bulanıklık gibi hidrolojik parametreler ile amonyum, nitrit, nitrat, toplam fosfor, biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve çözünmüş oksijen gibi hidrokimyasal parametreleri incelemişlerdir. Cie'naga de Tesca Lagünü pozitif alternatif olarak sayısal simülasyonla gözlemlenerek, çeşitli modelleme senaryoları geliştirmişlerdir. Mühendislik kabiliyetinin modeli, model sonuçlarının sunumu ve minimum hidrobiyolojik bilgileri birleştirmişlerdir. Sonuç olarak, Cie'naga de Tesca Lagünü'ne sadece insan kaynaklı değil doğal olarak da organik kaynakların geldiğini, lagündeki fitoplankton verimliliğinin ve durumunun ortama gelen nütrient ve ışık yoğunluğuna bağlı olarak değiştiğini belirtmişlerdir.

Sauza ve ark., (2002), çalışmalarında Brezilya'nın Rio de Janeiro şehrinde bulunan aşırı tuzlu bir lagün olan Araruama Lagünü'nde meydana gelen su kalitesi değişimlerini incelemişlerdir. Araruama Lagünü'nün tuzluluğu 45 ila 56 mg/L arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Nisan 1991 ve Mart 1992 yılları arasında lagünün akıntı sistemi ile beslenmesi süresince sürekli olarak su numunesi toplanmışlar ve bu numunelerde, besi maddeleri ve diğer su kalitesi parametrelerinin sürekli ve geçici değişimleri gözlemlenmişlerdir. Kütle dengesi hesapları önemli miktarda insan

kökenli besi maddesi girişi olduğunu bildirmişlerdir. Lagünden elde ettikleri verilerden gölün halen oligotrofik olduğunu belirtmiş, fakat bu şekilde besi maddesi girişi devam ederse mezotrofik hale gelebileceğini belirtmişlerdir. Molar çözülmüş organik azot: çözülmüş inorganik fosfor(DIN/DIP) 2,2:1 ve 659:1 arasında değişmektedir. Hacim genişlik oranı 22:1 dir. Lagün civarında bulunan yüksek DIN/DIP oranı Araruama Lagünü'nde fosfor tarafından sınırlanan birincil fitoplankton üretimi için ileri sürülen değerle zıtlık göstermektedir. DIP deki ana kayıp lagündeki sedimentte meydana gelen diajenik reaksiyonlar ve biyolojik asimilasyonlar nedeniyle olduğu ileri belirtmişlerdir.

Scheren ve ark., (2003), Batı Africa'nın Ivory Kıyısı'nda bulunan Ebrie' Lagünü'nün, su kirliliği değerlendirmesi çalışmasını gerçekleştirmişlerdir. Batı Africa'nın en geniş kıyı ekosistemi Ebrie' Lagünü'nün Çevre Kirliliği, Force-Pressure-State-Impacts-Response (DPSIR) taslağını uygulanarak modellenmişlerdir. Abidjan'daki evsel ve endüstriyel aktiviteler ve geniş tarımsal alanlardaki aktiviteler lagünü etkileyen ana faktörler olarak belirlemişlerdir. BOİ yüklemelerinin 2-3 ü ve toplam azotun %95 i, evsel atıksularla geldiğini belirtmiş ve Abidjan'a fosfor yüklemelerinin, lagündeki besin seviyelerini etkileyen anahtar faktör olduğunu gözlemlemişlerdir. 2000 yılı lagün toplam azot yüklemeleri 33 kt (kilotesla) de %45 i kentsel, %42 kıyı akarsuyu ve %13'ü atmosferik biriktirme olarak tahmin etmişlerdir. Fosfor için tahminler de ise: 2.5 kt, 39%, 48% and 13% dür. Comoe', Me' and Agne' senaryoları, kirlilik ölçümleri olmadan bağımsız büyüme olduğunu gösterdiğini ve 1980-2050 yılları arasında besin girişlerinde 5 defa artış tahminiyle sonuçlandığını belirtmişlerdir. Lagündeki besin konsantrasyonu, ötrofikasyonun yükselmesiyle oluşabilen 3,5 faktör artış göstermiş ve noktasal olmayan kaynaklarda kirlilik azalması kanunlarını amaçlayan, azalan besin konsantrasyonunu etkili olabildiğini gözlemlemişlerdir. Noktasal kaynaklı kirlilik azalması Abidjan çevresindeki koşulları geliştirebileceğini, fakat lagündeki şartları ciddi anlamda olmayacağını bildirmişlerdir.

Solidoro ve ark. (2004), çalışmasında İtalya'da bulunan Venice Lagünü'nde su kalitesinin yersel ve mevsimsel değişimini gözlemlemişlerdir. Lagünde; sıcaklık, tuzluluk, klorofil-a, askıda katı madde, çözülmüş organik karbon, amonyum azotu,

nitrat azotu, fosfor ve bekletme zamanı gibi su kalitesi parametrelerini incelemişlerdir. Ayrıca grid metodu ve değişkenli teknikler uygulanarak lagünün mevsimsel ve yersel değişimini gözlemlemişler ve lagün havzasının tropik seviyesini karakterize etmişlerdir. Sonuç olarak, lagündeki su sıcaklığının düzenli bir dağılım gösterdiğini fakat lagün yakında yer alan enerji tesisinden gelebilecek suların lagündeki bu düzenli dağılımı etkileyebileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca lagüne gelen tatlı su kaynakları sebebiyle lagünün iç kesimlerinde tuzluluk, azot, amonyum, fosfor gibi parametrelerin düşük konsantrasyonlarda olduğunu gözlemlemişlerdir. Buna karşın lagün çevresinde yer alan endüstriyel faaliyet nedeniyle lagüne tatlı su girişine rağmen çözülmüş azot konsantrasyonlarının yüksek seviyede olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca lagünde klorofil-a'nın lagündeki fitoplankton için önemli olduğunu, lagünde besin madde konsantrasyonunun yüksek olduğu bölgelerde ilk defa orta dereceli alg patlamasının meydana geldiği gözlemlemişlerdir.

Bendoricchio ve De Boni, (2004), çalışmalarında İtalya'da bulunan Venedik Lagünü'nde su kalitesi modellemesi yapmışlardır. Model lagünde daha önce yapılan çalışmalardan elde edilen datalardan yararlanarak kalibre etmişlerdir. Lagünde, bekleme zamanı ve tuzluluğun dağılımını sağlamak için önceki verilerden yararlanılmış ve modelin hidrolik, dispersive ve belirleyici özellikleri bu verilerden yararlanarak doğrulanmışlardır. Bu model; Venedik şehrini korumak için olan MOSE projesinin çevresel etkilerini değerlendirmek amacıyla, Magistrato alle Acque di Venezia ve Consorzio Venezia Nuova tarafından uygulanmıştır. Su kalitesi, 30 istasyondan aylık olarak toplanan su kalitesi verilerinin istatistik analizleri ile simüle etmişlerdir. Veri setleri 2 yıllık süreci kapsamaktadır ve enstitüsel su-kalite monitör programı olan MELa1'in taslağından elde etmişlerdir. Tuzluluk ve bekleme zamanına karşı su kalitesi değerleri (azot, fosfor, klorofil-a, ve trofik indeks-TRIX) ortalama olarak her yıl ve yılın ilkbahar ve yaz dönemlerinde çalışılmışlardır.

Model çalışmasında, nutrientlerin yıllık ortalamalarına göre baz alınan su kalitesi çeşitliliğinin uzaysal dağılımı çoğunlukla disperse(yayılan) proses tarafından teşvik edildiği ve tuzlulukla yakından ilişkili olduğunu gözlemlemişlerdir. Model, lagün çıkışlarında hidrolik dağılımın yükselişinin sonucu olarak lagünlerdeki trofik indeks dağılımı ve besin çeşitliliklerini simüle etmede kullanmışlardır. Bu model

çalışması Venedik Lagünü'nde su kalitesi, belirleyici dağılım parametrelerini, dinamik, hidrolik ve dispersif dağılımların bileşik şekilde değerlendirilmesinin zor ve karmaşık olduğunu belirtmiş, bu metodoloji uygulanabilir olmasının geniş bir veri seti ile uygun olduğunu bildirmişlerdir. Örneğin: bu model, su kalitesi değişkenlerinin değerlerini tam olarak tahmin edemez ancak sistemin hidrolojik özelliklerini değiştirdiğinde nasıl reaksiyon verdiğini gösterebilir. Üstelik çıktılar(ürünler) ekosistem durumuna ve karakteristiğine göre değişim göstermektedirler. Model, kısa zaman aralığından dolayı henüz geçerli kılınmamıştır; ancak bu çalışmanın amacı; kompleks, deterministik, dinamik su kalite modelleri tarafından elde edilenle aynı güvenilirlikte basit simülasyon aracı önermektedir. Bu modeller, pek çok proses için hesaplanmıştır ve bundan dolayı fazla parametre içerilmesi kalibrasyon için gereklidir. TRIX +0.4%, ve klorofil-a +3.0% iken lagünün ortalama besin konsantrasyonunun dağılımının artması %3.2 olarak değişmektedir.

Umgiesser ve ark., (2004), çalışmalarında Venedik Lagünü için Sınırlı Element Ekolojik Modeli (VELFEEM) fiziksel koşullardaki değişikliklere Venedik Lagün ekosisteminin verdiği cevapları test etmek için kullanmışlardır. Bu model, suyun hız sahasını hesaplayan sınırlı element hidrodinamik model, su sıcaklığını hesaplayan enerji model ve fitoplankton, zooplankton, nutrientler (amonyak, nitrat ve fosfat), organik çökeltiler ve çözünmüş oksijen dinamiğini simüle eden ekolojik model kullanarak elde etmişlerdir. Transport(taşıma) model, lagün morfolojisinin daha iyi çözünürlüğüne izin veren iki boyutlu barotropik sınırlı element modelidir. Ekolojik model, ekolojik modül EUTROofWASP'dan (Water Analysis Simulation System released by US EPA) başlayarak ve bunu Venedik Lagünün özelliklerine adapte ederek geliştirmişlerdir. Referans durum, iklimsel şartlar altında bir yıllık simülasyonun yürütülmesiyle tanımlanmışlardır. Sonrasında fiziksel zorlamalara(akıntı ve rüzgar) ve makronutrientlerin girişine karşı hassasiyet, önemli durum değişkenliklerin ve Water Quality Trophic Index(TRIX) birleştirilmiş indeks içinde uzamsal ve ısıl değişimlerinin tahmin modelleri karşılaştırılarak araştırılmışlardır.

Lopes ve ark., (2005), çalışmasında Portekiz için oldukça önemli olan Ria de Averio lagünün su kalitesinin (fiziksel, kimyasal, biyolojik parametreler) belirlenmesi ve buradan elde edilen verilerden yararlanarak lagünün modellenmesini gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada farklı etkiler altında lagünün su kalitesi değişiminin doğru bir sayısal model ile simüle etmektir. Veri analizleri tuzluluk gibi hemen hemen diğer tüm su kalitesi parametreleri arasında çok iyi bir korelasyon göstermektedir. Burada maksimum biyokimyasal oksijen ihtiyacı konsantrasyonu; ışık yoğunluğuna, sıcaklığa ve nehre olan su girişimlerine bağlıdır. Lagünün korumasız alanlarında su kalitesine bakış açısı lagüne gelen ana kanallarda düşük çözülmüş oksijen konsantrasyonu ve yüksek biyokimyasal oksijen ihtiyacı konsantrasyonu gözlenmiştir.

Ria de Averio ya uygulanan sayısal model hem kış-ilkbahar hemde ilkbahar-yaz durumları ile ilgili lagündeki su kalitesini ana hatlarıyla göstermektedir. Hem elde edilen veriler hem de model sonuçları kış ilkbahar periyodu ve ilkbahar yaz periyodundaki biyolojik aktivitelerin nehir tarafından etkilendiğini göstermektedir. Çözülmüş oksijen konsantrasyonları ilkbahar ve yaz dönemlerinde yüksek değerleri gösterir ve daha küçük konsantrasyonlar kış-ilkbahar dönemlerinde lagünün dip kısımlarında görülmektedir. Çalışma alanında çeşitli senaryolar için uygulanan model lagünde fitoplankton gelişiminde ışık ve besi maddelerinin rolünün önemli olduğunu göstermektedir. Ayrıca fitoplankton gelişimi çözülmüş oksijen ve fitoplankton konsantrasyonu ile de ilişkilidir.

Ferrarin ve Umgiesser, (2005), çalışmalarında İtalya'nın Sardinia Cabras Kıyı Lagünü'nün hidrodinamik modellemesi gerçekleştirmişlerdir. Sayısal modelleme örneği olarak Ulusal Araştırma Konseyi Deniz Bilimleri Enstitüsü tarafından geliştirilen iki boyutlu sonlu elemanlar modeli olan ve sığ sularda etkili sonuçlar veren SHYFEM hidrodinamik modelini kullanmışlardır. Bu model, 2-boyutlu hidrodinamik model, sıcaklık ve su yüzeyinin ışınsal transfer modeli ve difüzyon dağılım modelini içermektedir. Araştırmanın ilk bölümünde, lagünün hidrodinamik sirkülasyonu, rüzgâr, gelgit ve nehirler gibi dış etkilerin hesaplanmasıyla benzeşme işlemleri gerçekleştirmişler, daha sonra lagünde uygulanan sınırlı faktör hidrodinamik modelle, 6000 üçgensel faktör geometrisi olan

batimetriyi tanımlamışlardır. Termal ışınımsal modelin, lagün sıcaklığının geçici çeşitliliğini tanımlayabildiğini belirtmişlerdir. Kasım 2000- Ekim 2001 tarihleri arasında, bu modellerin sonuçlarının karşılaştırılmasıyla tuzluluk ve sıcaklık gibi parametreleri birlikte değerlendirmişlerdir. Denizden lagüne bağlantıları olan ve baraja yakın olan Scolmatore kanalına uygulanan özel senaryoda, su değişimini artıran sebebin lagüne direk etki eden gelgitin olduğunu belirtmişlerdir.

Pastres ve ark., (2005), bu çalışmada çözülmüş organik azot, fosfor, ayrıca drenaj projeleri sonucu lagüne gelen azot ve fosfor yüklerinin mevsimsel değişimlerinin incelenmesi gerçekleştirmiştir. Ayrıca araştırma için üç boyutlu reaksiyon-difüzyon modelini kullanmıştır. Model tuzluluk verileri ve sonra yersel ve mevsimsel dağılım gösteren DIN ve DIP parametreleri için kalibre etmişlerdir. Bu çalışmada kalibrasyon işlemleri sonucunda farklı yönetim politikalarının sonuçlarını tartışmış ve Venedik Lagünü'nde hem DIN hem de DIP için su kalitesi standartlarının kurulması konusunda İtalyan yönetmelikleri tartışmışlardır.

Lopes ve ark. (2005), çalışmalarında Portekiz'de yer alan Ria de Aveiro Lagünü'nün su kalitesinde meydana gelen değişimleri bir sayısal model olan Mike 21-WQ yardımı ile gözlemlemişlerdir. Son zamanlarda Portekiz için çok önemli bir bölge olan Ria de Aveiro Lagünü'nde, su kalitesinin düşmesine neden olan insan kaynaklı etkilerin arttığı belirtmişlerdir. Bu çalışmada Ria de Aveiro Lagünü'nün hem fiziksel hem biyolojik hem de kimyasal deney dataları kullanarak su karakteristiği, ayrıca lagün su kalitesi için sayısal modelinin uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada, farklı baskı koşullarının etkisinde lagünün başlıca su kalitesinin gözlemlenebilmesiyle sayısal modelinin uygulanmasını amaçlamışlardır. Data analizi hemen hemen tüm farklı değişken arasında su kalitesinin çeşitliliği ve bunun yanında tuzluluk ilişkisini gösterecek şekilde belirlemişlerdir. Maksimum biyolojik oksijen ihtiyacı, ışık yoğunluğuna nehir besin girişine ve sıcaklığa bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Lagünün saldırıya açık ana bölgeleri, ÇO nin düşük olduğu ve BOİ konsantrasyonunun yüksek olduğu yerler olduğu gözlemlemiştir. Ria de Aveiro Lagünü'nün sayısal modeli, ana modeli kadar iyi lagün su kalitesiyle ilgili olayları sonbahar-kış ve ilkbahar-yaz dönemleri için de değerlendirmişlerdir. BOİ konsantrasyonlarını gösteren veri ve modelleme sonuçları

her ikisi de, kış-ilkbahar periyodu sırasında nehir etkisiyle ve sonbahar yaz periyodunda biyolojik aktivitelerini gösterecek şekilde uygulamışlardır. Ayrıca ÇO konsantrasyonu, lagünün en sonunun uzağında ilkbahar-yaz periyodundaki yüksek değerler ve kış-sonbahar periyodundaki daha küçük konsantrasyonlarda olduğunu belirtmişlerdir. Model senaryo çalışmaları uygulamaları, fitoplankton büyümesinde besinlerin ve ışığın rolü, amonyak oluşmasında BOİ azalmasının etkisi yanında fitoplankton konsantrasyonu ve ÇO arasındaki ilişkinin önemli olduğunu ispat etmişlerdir.

Solidoro ve ark., (2005), yaptıkları çalışmada, makro alg populasyonunun hareketli modellemesinin ilk parametrizasyonu ve açıklamasını tanımlamaktadırlar. Özel literatüre bağlı olarak, modelin çeşitlilik durumu gibi gösterilen azotun konsantrasyonu düşünülmesi sebebiyle, azotun artışı ve büyümesi modellemesi için iki adımlı kinetik model seçmişlerdir. Bu nedenle, *Ulva r.* büyümesinin intratissual (iç) azot konsantrasyonu ve dışta fosforun konsantrasyonuna bağlı olduğunu bildirmişlerdir. *Ulva r.* üzerine fotosentetik aktivite ışık yoğunluğu ve sıcaklığın etkileri tartışmışlardır. Çözünmüş oksijenin hareketliliğini simüle etmişler ve ÇO bağlı spesifik ölüm oranı belirlemişlerdir. Modelleme sonucunda, kullanılan modelin mevcut literatürle uyumlu olarak çalıştığını kanıtlamışlar ve ilk parametreler Venice Lagünü'nden toplanan örneklerle alakalı kısa süreli laboratuvar deneyleriyle niceliksel uyumlarla sağlamlasını gerçekleştirmişlerdir. Modelde *Ulva r.* nin mevsimsel ana özellikleri çoğalabilir olduğunu ve Venice Lagünü'nden toplanan verilere başvurmuşlar ve elde ettikleri sonuçlar ile Venice Lagünü ekosistemine üç boyutlu (3D)- transfer modelini uygulamışlardır.

Tepe ve ark., (2006), yaptıkları çalışmada kaynağını Osmaniye ile sınırlarından alan ve daha sonra Hatay ili Dört Yol ilçesinden İskenderun Körfezi'ne dökülen ve Dört Yol ve Payas ilçelerinin içme suyu ihtiyacını karşılayan Hasan Çayı'nın su kalitesini 12 ay boyunca incelemişlerdir. Su kalitesi parametrelerinden pH, çözünmüş oksijen, sıcaklık, tuzluluk, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam alkalinite ve sertlik, amonyak, nitrit, nitrat, fosfat, sülfat, sülfat, klor, potasyum, sodyum, silisyum ve askıda katı madde (AKM) değerlerini gözlemlemişler ve sonuç olarak bu kaynağın suyunun temiz olduğunu, kalite olarak

alabalık gibi hassas türlerin bu sulara yetişebileceğini belirtmişlerdir.

Lopez ve Silva, (2006), yaptıkları çalışmada Portekiz’de yer alan Ria de Averio Lagünü’nde sıcaklık, tuzluluk, nitrat, amonyum, çözünmüş oksijen(ÇO), BOİ ve klorofil-a gibi su kalitesi parametrelerini incelemişler ve burada elde ettikleri dataları iki boyutlu su kalitesi modelleme programı olan MIKE 21-HD ye girerek lagünün durumunu değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak; lagünde çözünmüş oksijen değerinin kış aylarında yüksek, ana bağlantı kanalları ve lagünün son kısımlarında ise özellikle ilkbahar ve yaz aylarında düşük seviyelerde olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca lagünde amonyum ve nitrat konsantrasyonları da ÇO ile benzer özellik gösterdiğini gözlemlemişlerdir. Klorofil-a değerleri ise lagünün bazı bölgelerinde yoğun olduğunu ve bu sebepten dolayı da bu bölgelerde ÇO değerinin yüksek olduğunu, bazı istasyonlarda ise ortamda besi maddelerinin çok olmasına rağmen klorofil-a değerinin sınır değerlerde olduğunu gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak lagün içindeki ÇO dağılımı lagündeki diğer olayların gerçekleşmesi için önemli olduğunu, lagün yakınında ve içerisinde meydana antropojenik aktiviteler nedeniyle oluşan kirletici kaynakların lagün ekosistemine ve su kalitesine olumsuz etki yaptığını belirtmişlerdir.

Cafara ve ark. (2006), çalışmalarında Kuzey Adriyatik kıyısında bulunan yüzey alanı 26 km², ortalama derinliği yaklaşık 1,5 m olan sığ kıyı lagünü Sacca di Goro’nun kirlilik durumunu üç boyutlu olarak modellemişlerdir. Bu lagünün başlıca kirlilik kaynakları İtalya’nın en uzun nehri olan Po Nehri’nden ve kollarından gelen kirleticiler, insan kökenli (antropojenik) kirleticiler, ötrofikasyona sebep olan bazı drenaj kanallarından yazın sık görülen düşük oksijenli ve kimyasal kirliliği yüksek kaynaklar olarak belirtmişlerdir. Lagünde meydana gelen kirlenme sadece lagün ekosistemini etkilemekle kalmaz aynı zamanda ciddi ekonomik kayıplara da sebep olduğunu belirtmişlerdir(İtalya’da lagünler midye üretiminde 2. büyük kaynaktır). Bu nedenle Sacca di Goro Lagünü’nde COHERENS 3D hidrodinamik modelleme ile birleşik durum model kullanımını ile simüle etmeyi ve Sacca di Goro lagünündeki s-triazines herbisitlerinin uzaysal dağılım ve geçici değişkenliklerini açıklamayı amaçlamışlardır. Atrazinlerin, simazin ve terbuthylazinin uzaysal ve geçici dinamik davranışlarının simulasyon sonuçları bir yıllık monitör programı sırasında elde edilen

deneysel datalarla karşılaştırmışlardır.

Benet- Monico ve ark. (2006), çalışmalarında Papua Yeni Gine’de bulunan Madang Lagünü’nde su kalitesinde meydana gelen değişimleri gözlemlemişlerdir. Bunun için lagünde; sıcaklık, tuzluluk, Eİ, ÇO, BOİ, fosfat ve fekal koliform gibi parametrelerin konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Sonuç olarak; Eİ ve tuzluluk değerlerinin lagün çevresindeki sulara düşük ve değişken; lagün içinde ise deniz suyundan aşırı yüksek ve stabil olduğunu gözlemlemişlerdir. Lagün içerisindeki ÇO konsantrasyonları ise derinlerde yüzeğe göre daha yüksek olduğunu, fosforun ise lagüne gelen nehir suyunun sahip olduğu konsantrasyondan düşük olduğunu belirtmişlerdir. Lagünde ve lagüne gelen nehirde ölçülen BOİ değerleri ise, lagünün temiz fakat nehrin kirli olduğunu; lagündeki fekal koliform miktarında standartların üzerinde olduğunu belirtmişlerdir.

Giusti ve Marsili-Libelli, (2006), çalışmalarında Ortello Lagünü’nde zaman içerisinde meydana gelen gelişmeyi ve sualtı yaşamını modellemişlerdir. Model, Yerel Lagün Yönetim Ofisi için hem makroalg hem de makrofitlerin gelişimini ve hasat zamanlarını test etkilerini öngörmek için geliştirilmiştir. Nitrojen ve sualtı yaşamı arasındaki etkileşimi tanımlayan bir önceki model baz alınarak yapmışlardır(Giusti, 2005). Şu ana kadar üç modeli senkronize etmişlerdir ve hidrodinamik modelden vejetatif dinamiğe olan geri besleme bağlantısı olarak görev yapan Manning uyuşmazlığı etkileriyle birlikte aynı içerikte yürütülmekte olduğunu gözlemlemişlerdir. Çalışmada belirttikleri başka bir önemli özellik ise rüzgâr modülüdür; uzun dönem simülasyonları üretmek için hidrodinamik model giriş görevinde ihtiyaç duyulan zaman-serili yapay rüzgâr üretmektedirler. Birleşmiş model, karar destek sistemleri olarak kullanılabilen bağımsız çalıştırılabilir kod olarak uyarlamışlardır. Üç yıldır süregelen simülasyonlar, var olan Ruppia çalılıklarının genişlediklerini göstermektedir.

Montano ve ark. (2006), Meksika’da bulunan Topolobampo kıyı lagün sisteminin gelgit hidrodinamik modellemesi ve kirlilik dağılımına etkileri incelemişlerdir. Topolobampo kıyı lagün sisteminin gelgit hidrodinamiği(Meksika) doğrusal olmayan boyutlu sınırlı değiştirilmiş 2 modelle araştırmışlardır. Kıyı lagününe bırakıldığı varsayılan kirlilikte rol alan advektif ve yaygın prosesler için

benzetme yapmışlar ve maksimum akım gelgitleri (0.85m/s) ana kanalda direk ölçümlerle uygun görülüp tahminlerde bulunmuşlardır. Bu araştırmada tahmin edilen Gulf of California(Kaliforniya Körfezi) ya kıyı lagününe su deşarj edilmesi sırasında oluşan, en güçlü akım gelgitleriyle de uygun görülen en hızlı akımları gözlemişlerdir. Kalan akımları da modelle (0.01-0.05 m/s) olarak tahmin etmişlerdir. Topolobampo Limanı'na bırakıldığı varsayılan kirlilik, ortalama 12 günden sonra Ohuira and Topolobampo bölgelerinin her ikisine de yayıldığını gözlemişlerdir.

Coelho ve ark. (2006), çalışmalarında Güney Portekiz'de(Algarve) bulunan Foz de Almargem kıyı lagününün tropik durumu; fitoplankton kominitesi ve su kalitesine bağlı olarak incelemişlerdir. Bu amaçla Foz de Almargem kıyı lagününde su kalitesi ve fitoplankton kominitesinin sezonsal değişikliği su kalitesi sulak alanın tropik durumunu araştırmak için gerçekleştirmişlerdir. Bu küçük kıyı lagünü, kum bariyeri doğal veya insan eliyle açıldığı zamanlarda denize geçici bağlantılara sahip olmakta; fakat yılın çoğu zamanında tatlı su nehrinden su girişinin mevcut olduğunu da bildirmişlerdir. Çalışma alanından numuneler Haziran 2001 ve Temmuz 2002 arasında 3 farklı istasyonda almışlardır. Yaz ve sonbaharda lagündeki suda, su sıcaklığı, tuzluluk, askıda katı madde, ortafosfat, toplam fosfor ve pH dan az etkilendiğini; kışın ve ilkbaharda, lagündeki su seviyesinin yükselmesiyle nitrat, nitrit, çözülmüş inorganik azot ve N:P oranında artış olmadığını gözlemlemişlerdir. Kolorofil ve phaeo-pigmentleri konsantrasyonunun önceki parametrelere bağlı olduğunu belirtmişler ve fitoplankton yoğunluğu düşük ve değişken dominant taksonda(grup) Dinophyceae and Bacillariophyceae kominitelerinin olduğu gözlemlemişlerdir. Chlorophyceae and Euglenophyceae yüksek TSS(askıda toplam katı) ve düşük DIN(çözülmüş inorganik azot), tuzluluk ve TP(toplam fosfor) ile ilgili; Chlorophyceae'ler zıt koşullarda uyarılmış olduğunu belirtmişlerdir. Su seviyesindeki düşüş genellikle tuzluluk ve toplam fosforun yükselmesi pico-nano flagellate algae den pozitif şekilde etkilenmekte, Cryptophyceae de hemen hemen aynı faktörlerden ve de TSS den etkilendiğini gözlemlemişlerdir. Çalışma esnasında arıtılmamış evsel atıksu deşarjı ve tarımsal atıksu deşarjı gibi, bazı insan kaynaklı besin artışı durumları olmasına rağmen ciddi bir ötrofikasyon meydana gelmediğini belirtmişlerdir. Bu da Prorocentrum diye adlandırılan toksik fitoplankton türünün

gelişmesini tetiklediği anlamına gelmektedir.

Markou ve ark. (2006), bu çalışmada Yunanistan'ın kuzeyinde yer alan Vistonis Lagünü'nde su kalitesine; dip sedimentinin mevsime bağlı etkileri ve çeşitlerinin incelenmesidir. Burada, Akdeniz'de Kuzey Yunanistan'da bulunan hiperotrofik kıyı lagünü Vistonis Lagünü'nün dip sedimenti ve su kolonundaki besinlerin mevsime bağlı değişikliği ve dip sedimentinin lagündeki su kalitesi üzerinde etkilerinin tahmini gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 7 mevsimsel örnekleme Mayıs 2003'den- Ekim 2004'e kadar süre gelen su sütunu ve dip sedimentindeki nutrient konsantrasyonu tahmini gerçekleştirmişlerdir. Fizikokimyasal parametreler; sıcaklık tuzluluk, pH ve çözülmüş oksijen, bulanıklık uygun donanım kullanılarak oluşturduğu yerde su sütununda ölçmüşlerdir. Dipteki nutrient konsantrasyonu genellikle yüzey suyundan daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Azot, özellikle nitratlar ve fosforlar genellikle taban sedimentlerinden su sütununda özellikle yaz peryodunda açığa çıktığını gözlemişlerdir. Taban suyundaki anoksiklik, sedimentin tekrar askıya alınması gibi ana faktörler lagündeki iç besin yüklemesine etki etmektedir. Tahmini hesap toplam serbest fosforu Mart ve Ağustos 2004 peryodunda yaklaşık $80 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ göstermektedir. Vistonis Lagoon yenilenmesi sadece iç ve dış nutrient yüklemesi her ikisinde tasfiye edilmesi veya azaltılması sayesinde mümkün olabileceğini belirtmişlerdir.

Tuncel ve ark. (2007), çalışmalarında Ölüdeniz Lagünü'nü su kalitesi yönünden değerlendirmişlerdir. Bunun için deniz ve lagünden aldıkları numunelerde sıcaklık, tuzluluk, pH, ÇO, nitrat, fosfat, silikat gibi parametreleri; sedimentte ise önemli iz elementleri (Al, Fe, Mn, Cr, V, Zn, Pb, Cu) gözlemişlerdir. Sonuç olarak lagüne gelen tatlı su kaynaklarının tuzluluk konsantrasyonlarını azatlığını, nitrat ve silikat konsantrasyonlarını arttırdığını gözlemişlerdir. Fosforun ise sınırlı bir ekiye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Lagün içinde yaptıkları dip sediment incelemesinde ise iz elementlerin konsantrasyonlarının denize göre düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Tapia-Gonzalez ve ark. (2007), çalışmalarında Meksika'nın güneydoğusunda yer alan Yucatan Yarımadası'ndaki lagünlerin su kalitesi yönünden incelemişlerdir. Bu lagünler; Celestum ve Chelem'dir. Bu lagünlerde sıcaklık, tuzluluk, ÇO, nitrat,

nitrit, amonyum, fosfor, ve klorofil-a gibi parametreleri incelemişlerdir. Yucatan'ın kuzey kıyıları karbonatlı topraklar, kaynak suları ve çözünmüş inorganik besi maddeleri kaynağı olan güçlü yer altı suyu deşarjı(SGD- Strong Groundwater Discharges) olduğunu bildirmişlerdir. Fakat, farklı kara kullanımı ve insan etkilerinden dolayı bu kıyı lagünleri farklı su kalitesi karakteristiğinde olduğunu belirtmişler ve bu tropik kıyı lagünlerinin ötotrofik durumunu, hidrolojik rejim ve insan etkilerini ve su kalitesini etkileyen değişkenlikleri ve prosesleri belirlemek için ayda iki kez yıl boyunca Celestum ve Chelem lagünlerinden 11 farklı istasyondan örnek alınmıştır. Sonuçlar Celestum'un biyotürbasyondan oligo-mezotrofik duruma sebep olan yüksek konsantrasyonlardaki nitrat ve silikat içeren SGD'den etkilendiğini; Chelem Lagünü'nde ise yerel bölgeden kaynaklanan atıksu etkilerinden yüksek amonyum ve fosfat konsantrasyonuna sahip olduğunu ve bu lagünün mezo-ötotrofik olduğunu belirtmişlerdir. İklim modeli ile, su rezidans zamanı ve yerel akifer kirliliği gibi zorlayıcı fonksiyonlar incelenmiş modellerdeki(potter) ana çeşitliliği açıklamışlardır. Sonuç olarak, insan aktiviteleri ve farklı hidrolojik rejimlerin lagünün su kalitesine ve ötrofik seviyesine etki ettiğini gözlemlemişlerdir.

Yenilmez ve Aksoy, (2007), çalışmasında Uluabat Gölü'nün su kalitesini ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından geliştirilen su kalitesi benzeşim modeli WASP 7.2 ile modellemişlerdir. Gölde, Ocak- Haziran 2000 ayları içerisinde çözünmüş oksijen(ÇO), nitrat azotu(NO₃-N), ortofosfat(PO₄-P) ve klorofil-a (Chl-a) parametreleri için kalibre etmişlerdir ve kalibrasyon sonucunun model tahminleri ve gözlenen değerler arasında kabul edilebilir benzerlikler gözlemlemişlerdir. Bu verilerin doğrulamasını için Haziran-Aralık 1999 verilerini kullanmışlardır. Sonuç olarak seçilen modelin verifikasyon sonuçları gözlemlenen değerlerle uyum içinde olduğunu belirtmişlerdir. Modelin kalibrasyonu ve verifikasyonu tamamlandıktan sonra, göle gelen bir fosfor yükü azaltma senaryosunun göl suyu kalitesine etkisini incelemek amacıyla kullanmışlardır. Modelleme sonucunda fosfor yükündeki azalmaya bağlı olarak izlenen parametrelerde, NO₃-N hariç olmak üzere göl su kalitesi açısından iyileşme olduğunu belirtmişlerdir. Bu sebeple fosfor yükü kontrolünün göl için önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Scanes ve ark., (2007), çalışmasında çevresel indikatörlerin ekolojik değerlendirmelerde baskı unsurlarıyla tahmin edilebilir ilişkisini incelemişlerdir. Genel olarak Avustralya'nın Yeni Güney Galler (NSW- New South Wales)'deki kıyı lagünleri tarafından değerlendirilen ekolojik etki seviyelerinin değerleri olarak uygulanmış gözlem indikatörleri tarafından sağlanan bilgileri değerlendirmişlerdir. Kıyı lagünlerindeki çevresel değişken veriler havza düzensizliğinin bağımsız tahminleriyle ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Gözlem değişkenleri ve nutrient yüklemesi ile havza karası kullanımı arasında çok az bir bağlantı olduğunu belirtmiş ve NSW havzasından ve lagünlerden gelen veriler; yayınlanmış kuzey yarıküre çalışmalarından benzer verilerle karşılaştırmış ve sonuç olarak baskı unsurları çeşitliliği sonuç olarak baskı unsurları çeşitliliği NSW den bir iki ölçek daha küçüktür, ilişkilerin eksikliğinin potansiyel açıklaması ile tanımlanmış indikatörler olarak belirtmişlerdir. Scanes bu çalışmasında, özellikle baskı unsuru seviyelerinin yüksek olmadığı yerlerde; nehir ağzı ekosistemin ekolojik durumlardaki akımlar değerlendirmek için indikatörlerin hangi sırayla kullanılacağına önemine vurgu yapmışlardır. Yeni Güney Galler'deki lagünlerin durumunu ana hatlarıyla belirlemek için sadece su kalitesi parametrelerini kullanmak yetersiz olduğunu belirtmişlerdir. Bunun için çalışmalarında, su yosunu fazlalığı(makro ve mikro) ve bulanıklık gibi ekolojik çıktı indikatörler, azot yüklerini(<40 kg Ha⁻¹ yr⁻¹) öncülük etmede yorumlanabilir model olarak göstermeyi önermişler ve bunlar NSW lagünlerindeki nehir ağzı akımı gözleminin temeli formunda olması gerektiğini bildirmişlerdir. Nehir ağzındaki, deniz yosunu ve makro alg gözlemleri ile yüksek nutrient yüklemelerinin kanıtlanmış değerleri, bu indikatörlerin ayırt ederken, gözlem programları kullanırken gözden kaçırılmaması gerektiğini belirtmiş; bununla birlikte düşük havza yüklemelerinde güçlü ayırt etmeler mümkün olmadığını belirtmişlerdir.

Hakanson ve Bryhn, (2007), çalışmalarında model yaklaşımları ve kıyı yönetimi için işlemsel indikatörleri kullanımda yönetim amaçlarını ayarlamak için araçları ve onaylanmış tahmin edici modelleri tartışmak ve su kalitesi, balık ve su kuşu bolluğu ile geniş su bitkileri konusunda sürdürülebilir kıyı yönetimi için iyileştirici stratejileri tartışmışlardır. Bu yaklaşımlar son iki yüzyılda iki büyük rejim değişimine maruz kalan Ringkøbing Fjord, Danimarka verileri kullanılarak

örneklendirmişlerdir. Bu çalışmada, 1980'den 2004'e kadar olan süre zarfındaki değişiklikleri gözlemlemişlerdir. Ringkøbing Fjord sığ olan, iyi oksijenli bir lagündür. Burada tanımlanmış kıyı bölgesi için mevsimsel ortalama değerlerini yansıtan işlemsel indikatörlere kullanmışlardır. Secchi derinliği ve klorofil-a konsantrasyonu, işlemsel indikatörler, tuzluluk, askıdaki katı maddeler, nutrient konsantrasyonları, kıyı morfometrisi ve su değişimi gibi standart abiyotik indikatörler tarafından düzenlenmişlerdir. Bazı ilişkiler indikatörlerin birbirleriyle nasıl ilişkili olduklarını ve kıyı ekosistemlerinin esas görünüşlerine karşı nasıl tepki verdiğini örneklendiren genel ölçme modeli, kuyu testi (well-tested) kullanılarak ölçmüşlerdir. Lagünlerdeki rejim değişiminin modellenabilir ve nicel olarak açıklanabilir ve nutrient ve tuzluluk girişindeki değişimle ilişkili olduğunu ispatlamışlardır. Çok önemli bir eşik seviyesinde ise lagünlerdeki artan tuzlulukla bağlantılı olduğunu belirtmişlerdir. Bu duruma örnek olarak; ortalama bir yıllık tuzluluk oranı %9.5'den yüksek ise fazla miktarlardaki tuzlu su midyeleri hayatta kalır ve derin yollardaki ekosistemlerin yapılarını ve fonksiyonlarını etkileyebildiğini gözlemlemişlerdir. Lagünlerdeki kuş fazlalığını ve balık üretimi için esas olan yüksek sucul bitkilerin büyümelerini destekleyecek Secchi derinliğini 2 m de tutmayı amaçlayan pek çok yönetim stratejisi sunmuşlardır. Sonuç olarak; Secchi derinliği pek çok faktöre(sıcaklık, karadan TP girişi, tuzluluk) göre değiştiğini belirtmiş, bu sonuçların pratikte, bu sonuçlara ulaşmanın zor olacağını belirtmişlerdir. Ancak; tuzluluktaki değişkenlik minimize edilirse ve tuz oranı %10.2 civarında tutulursa Secchi derinliğini 1,5 m de sürdürmek gerçekçi olacağını belirtmişlerdir.

Zacharias ve Gianni, (2007), çalışmalarındaki amaç kuzeydoğu Yunanistan'da bulunan Drana Lagünü'nün doğal yapısını korumak ve sürdürülebilir bir şekilde yönetimini sağlamaktır. Drana Lagünü sığ bir lagün olup, çevresel, bilimsel ve ekonomik değeri olan büyük bir ekosistemdir. Zacharias ve Gianni çalışmalarında ilk olarak lagün içerisindeki su sirkülasyonunu modelleyebilmek için ilk olarak bir hidrodinamik model kullanmışlardır (MIKE 21 HD), bu modelle lagündeki su seviyeleri değişimleri çok az bir hata payı ile hesaplamışlardır. Buradan elde ettikleri verilerle modelin ikinci kısmı olan yatay dağılım (advection-dispersion) modülü ile hem tuzluluk hem de su sıcaklığı gibi parametrelerin alansal dağılımını

simüle etmişlerdir. Her iki modülün kalibrasyonu için oşinografik ve meteorolojik ölçümleri kullanmışlardır. Model ile hesaplanmış günlük su sıcaklık değişimleri saha gözlemleri boyunca elde edilmiş veriler ile bağdaştırmışlardır. Doğrulama boyunca ölçülmüş ve hesaplanmış zaman serileri sonuçları modelin verimli bir şekilde çalıştığını belirmişlerdir. Sıcaklık verileri için hataların kareleri ortalaması %10-14 arasında değişmektedir. Çalışma sonucunda Drana Lagünü'nün çok tuzlu bir su ekosistemi olduğunu belirtmişlerdir. Lagünün tuzluluk değerinin, lagüne bağlanan drenaj kanalları ile tatlı su ihtiyacının karşılanabileceğini ve bu yolla lagündeki tuzluluk değişimlerinin izlenebilecek seviyelere ulaşabileceğini belirtmişlerdir. Lagün içindeki tuzluluk değişimi için üç farklı senaryo ile simüle etmişlerdir:

1. Dalga etkisi altında,
2. Dalga ve rüzgar etkisi altında,
3. Dalga, rüzgar ve tatlı su girişi,

şeklinde hidrodinamik modelleme gerçekleştirmişlerdir.

Sonuç olarak Drana Lagünü'nü yüksek tuzlulukta bir lagün olduğunu, lagünün doğusunda tuzluluk konsantrasyonunun daha fazla olduğunu, buna sebep olarak dalga hareketinin lagünü sınırlı bir şekilde etki etmesi olarak belirtmişlerdir. Model ile lagüne iki drenaj kanalı yapılmış ve kanallardan gelen su miktarına göre tuzluluk simülasyonları gerçekleştirilmişlerdir:

1. Lagünün güneybatısında bulunan Sarantametros kanalından $2 \text{ m}^3/\text{s}$ tatlı su geldiğinde,
2. Lagünün kuzeybatısında bulunan Dekametros kanalından $2 \text{ m}^3/\text{s}$ tatlı su geldiğinde,
3. Her iki kanaldan da $2 \text{ m}^3/\text{s}$ tatlı su geldiğinde,

Lagünde meydana gelen değişimleri Mike 21 HD ve AD ile gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak, gölde hangi taraftan tatlı su girişi olursa o tarafın tuzluluğu düştüğü, her iki kanaldan da su girişi olduğunda ise lagündeki tuzluluğun istenen seviyelerde olduğunu gözlemlemişlerdir. Son olarak, lagündeki tuzluluğun lagüne gelen su miktarı ve yönetimine bağlı olduğunu, hidrodinamik yatay dağılım modellerinin lagünün durumunu değerlendirmede bir karar mekanizması olduğunu belirtmişlerdir.

Salman ve ark., (2007), yaptıkları çalışmada Samsun ilindeki Yeşilirmak'ın Karadeniz'e taşıdığı kirlilik yükünü modellemişlerdir. Çalışmalarında su kalitesi parametrelerinden fitoplankton, çözünmüş oksijen ve besi maddelerini değerlendirmişlerdir. Model parametreleri belirlemek için Yeşilirmak Nehri boyunca 8 farklı noktadan su örneği almış ve deneyleri 2004-2005 yılları arasında yürütmüşlerdir. Bölgesel çoklu duyarlılık analizi parametreleri bir yıl boyunca gözlenen koşullar altında model çıktılarını etkileyen kirlilik kaynaklarını belirlemek için kullanmışlar ve sonuç olarak gözlemlerin model koşullarını etkilediğini belirtmişlerdir.

Lopes ve ark. (2007), çalışmalarında Portekiz de bulunan Ria de Aveiro Lagünü'nün su kalitesi modeli (Mike 21-HD) doğrulamasını gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmanın temel amacı; lagündeki ana su kalitesi çalışmasında daha iyi tahminler kullanarak Ria de Aveiro için su kalitesi modelini doğrulamaktır. Ria de Aveiro gelgit akımlarına maruz derin bir lagün olup, asimetrik gelgitlere hakim, çok kompleks bir yapısı vardır. Çalışmada zayıf yerçekimi sürkülasyonu, sel ve med-cezir bölgelerine yol açtığını belirtmişlerdir. Gel-git akımlarının lagündeki ÇO konsantrasyonunu etkilediğini gözlemlemişler ve lagünün ana bölgesindeki ÇO konsantrasyonunun yılın büyük bir kısmında yüksek kaldığını ve 8,8 mg O₂/L civarında olduğunu belirtmişlerdir. Hassas analiz modeli, okyanus ve lagün arasındaki değişimlere bağlı lagün ana bölgesindeki ÇO dağılımının ana kontrol faktörü kadar oksijenin ana kaynağına da bağlı olduğunu ve bu değişimlerin, lagündeki ÇO nin yenilenmesi ve oksijenin gelgit transferiyle meydana gelen ve bunlar arasındaki iyi ilişkilerin değişiminden kaynaklanan sonucuna varmışlardır. Deniz suyu akışları gibi ana lagün kanalları, lagün iç kısımlarında ilerlemekte olan oksijen konsantrasyonunu okyanus seviyesi ile karşılaştırıldığında, ÇO seviyelerinde artma gözlemlemişlerdir. Bu özellik lagün ana bölgelerinde bulunan ÇO nin yüksek değerlerde olması ile ilgilidir. Çok uzak ve derin bölgelerde bazı Epizodik Hypoxia durumlarının oluşumu, yazları düşük gelgitlerle adlandırılan, prosesle ilgili oksijen tüketimi dominant olması mümkün olduğu ve aslında, gelgitler arasında oluşan bölgede ve zayıf gelgitlerin etkisindeki lagünün sonundaki uzak bölgelerde, çözünmüş oksijen konsantrasyonu eğer fitoplankton konsantrasyonu ve metabolizma düşük olursa çok

düşük olabileceğini gözlemlemişlerdir. Ayrıca derinliğin azaldığı bu bölgelerde, sıcaklık artarsa, atmosferde kaybolan CO arttığını belirtmişlerdir. Hassas analizler sonucunda; birincil üretim ve fitoplankton solunumu birincil üretimin değiştiği bölgelerde fitoplankton veya metabolizma bolluğunun değişiminden kaynaklanan, su kolonundaki oksijen miktarını etkileyen temel faktörlerin, su kolonundaki oksijen konsantrasyonunu da etkileyebildiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmalarındaki temel amaç, Ria de Aveiro ekosisteminin yönetimi ve çalışması için araç su lagünündeki su kalitesinin gerçekçi modelini yapmaktır.

Salveti ve ark., (2007), çalışmalarında, İtalya'nın kuzeydoğu bölümünde yer alan Venice Lagünü'nde (Venice Lagoon Watershed (VLW)), Dese-Zero nehri tabanının bölümlere ayrılmış kaynağı analizini gerçekleştirmişlerdir. Dese-Zero nehri havzası çok yoğun tarımsal ve landfarming sistemiyle karakterize etmişlerdir. Kaynak değerlendirmesinde, iki farklı model uygulamışlardır: bunlardan ilki kuru hava senaryolarının simülasyonu için QUAL2E modeli ve diğeri ise ıslak hava senaryolarının simülasyonu için BASINS-SWAT modelidir. 293 km^2 yüzey alanıyla 512 t N y^{-1} yüklemesi toplam azot dışında, kuru hava şartlarında: %20 nokta kaynak ve yağmur; yağmur süresince difüzyon yüklemesiz olarak %80 civarında bulmuşlardır. Yağmur olayları, 200 t N y^{-1} civarında; yüzeysel akış, yaklaşık 700 t N y^{-1} üzerinde toplam azot yüklemesiyle ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Bu nedenle yıllık kaynak, toplam kaynak bölünerek %30 yüzey akış yüklemeleri, toplam yıllık yüklemenin yaklaşık %15 nokta kaynakları ve yaklaşık %55 i yağmur süresince yayılma kaynağı olarak belirtmişlerdir.

Hull ve ark., (2007), çalışmalarında Akdeniz kıyı lagünlerinde çözülmüş oksijenin mevsimsel ve günlük değişiminin modellemesini gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada; sezonsal ve günlük C.O hareketliliklerini analiz etmiş ve yorumlamışlardır. Çalışmalarında sürekli simülasyon modeli, Fogliano(İtalya) tuzlu lagünü için gerçekleştirmişlerdir. Alan ve laboratuvar ölçümleri birincil üretimin ışıklı ve yüksek oksijenli yaz günlerinde düştüğünü gözlemlemişlerdir. Ayrıca lagünde rüzgârın aşırı oksijen konsantrasyonu doyumluğuna katkısı olduğunu belirtmişlerdir. Sarkık su sıcaklığı ve sediment tabakası arasında oksijen tüketimi arasında sıkı bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Su sıcaklığı, solar radyasyon ve rüzgâr rejimi modelin

baskın özellikleri olduğunu; ayrıca ana durum değişkenleri olarak; derin denizlerde(pelagic) ve bentik tabakalarda, vejetal biyokütle ve karbondioksit ile birlikte çözülmüş oksijen ve detritus (organik maddelerin ayrışması sonucu geriye kalan kalıntılar) olarak bildirmişlerdir.

Ekdal ve Tanık, (2008), Köyceğiz-Dalyan Lagünü'nün de su kalitesi modellenmesinde tuzluluk simülasyonu yapmışlardır. Çalışmada Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Teşkilatı tarafından geliştirilen ve 20 yılı aşkın bir süredir su kalitesi modelleme çalışmalarında kullanılan Water Quality Analysis Simulation Program (WASP) adlı programı kullanmışlardır. WASP modeline ile tuzluluk simülasyonu yapabilmek için akım analizleri ve kontrolü yapmışlardır. Simülasyon sonucu elde edilen veriler daha önce bölgede yapılan gözlem sonuçları ile karşılaştırarak modeli kalibre etmişlerdir. Model kalibrasyonu yatay ve düşey Eddy difüzyon katsayıları ile gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak lagünde iki tabakalı akımın olduğunu belirtmişlerdir. Köyceğiz gölüne Akdeniz sınır koşullarından gelen suyun, gölün sınır koşullarında olduğunu ve göle etkisinin az olduğunu gözlemlemişlerdir. Köyceğiz sınır koşulundan uzaklaştıkça Akdeniz suyunun etkisinin özellikle de alt tabaka akımlarında yıl boyunca etkili olduğu belirtmişlerdir. Sonuç olarak, Köyceğiz gölüne kış dönemlerinde giren suyun üst tabaka üzerinde etkili olduğunu ve tuzluluk simülasyonları modele tanımlanan akımların su kalitesi modelleme çalışmalarının gerçekleştirilmesi yeterli doğrulukta olduğunu belirtmişlerdir.

Hang ve ark., (2008), bu çalışmada Japonya'nın Kyushu şehrinin batı sahillerinde bulunan Ariake Denizi'nde marina çevresinde önemli fiziksel, kimyasal ve biyolojik ekosistem proseslerini tanımlamak için hidrodinamik ve ekolojik model çifti oluşturarak yeni bir ekosistem modeli uygulanmışlardır. Burada model olarak Danimarka Hidrolik Enstitüsü tarafından geliştirilen Mike-3 kullanılmıştır. Bu model iki kısımdan oluşmaktadır. Birincisi su ortamında meydana gelen hidrodinamik değişimleri gösteren HD modülü, ikincisi ise su ortamında yatay dağılımı gösteren AD modülüdür. Bu modelle denizde oluşturulan çeşitli gözlem istasyonlarında yerinde yaptıkları ölçümlerle kalibre etmiş ve doğrulamışlardır. Bu çalışmada gözlemleri Ocak 1991 ile Aralık 2000 yıllarını gerçekleştirmişlerdir. Buradan elde

ettikleri sonuçları; klorofil-a, besi maddeleri ve çözülmüş oksijen konsantrasyonlarının mevsimsel değişimini sınır ve hava koşulları değişimlerine cevap verecek şekilde düzenlemiştir. Bu çalışmayla, bu modelin denizin gelgit düzlüğünün nehir ağzı kısımlarında taşkın ve kuru dönemleri meydana gelen değişimleri gösterebilmişlerdir.

Ekdal, (2008), “Köyceğiz Dalyan Lagünü’nün Su Kalitesi Modelenmesi” adlı doktora çalışmasında Köyceğiz-Dalyan lagününün su kalitesini WASP modeli kullanarak modellemiştir. Modelleme işlemini basitten karmaşığa olarak beş aşamada gerçekleştirmiştir. Birinci aşamada modele tanıtılan akımların analizi için tuzluluk simülasyonları gerçekleştirmiştir. Bu aşamada modele tanıtılan akımların, akım yollarının ve difüzyon katsayılarının su kalitesi simülasyonlarının gerçekleştirilebilmesi için yeterli doğrulukta olduğunu belirtmiştir. İkinci adımda model içerisinde yer alan tüm azot türlerini ($\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3^- \text{-N}$, organik azot ve detrital azot) ve fitoplankton simüle etmiştir. Üçüncü adımda, fosfor türleri ($\text{PO}_4^{3-} \text{-P}$, organik fosfor ve detrital fosfor) simülasyonlara ilave etmiştir. Dördüncü adımda ise üçüncü adımda yer alan parametrelere; çözülmüş oksijen, KBOİ1, detrital karbon ve tuzluluk parametreleri ilave etmiş ve toplamda 12 durum değişkeni simüle etmiştir. Beşinci simülasyon adımında, noktasal ve yayılı yüklerin sistem üzerindeki etkilerinin analiz edilebilmesi için, yük senaryoları hazırlamıştır. Yük senaryolarının birincisinde; bütün amonyak azotu, nitrat azotu, organik azot, ortofosfat fosforu, organik fosfor, KBOİ1, detrital azot ve detrital fosfor yükleri %50 arttırılmıştır. İkincisinde ise, aynı durum değişkenlerine ait yükleri %100 oranında arttırarak iki katına çıkarılmıştır. Üçüncüde ise, bu kez sözü edilen yükleri %50 oranında azaltarak senaryolar geliştirmiştir. Modelleme sonucunda, fosfor sistemde kısıtlayıcı element olduğunu; fosfor türlerinin simülasyonlara eklendiklerinde toplam klorofil-a konsantrasyonlarında önemli değişiklikler meydana geldiğini belirtmiş ve bu azot türlerinde konsantrasyon değişimlerine neden olduğunu gözlemlemiştir.

Demir, (2008), bu çalışmasında, Adana’nın Karataş ilçesinde bulunan Akyatan Lagünü’nde su kalitesinin değişimini Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak alansal dağılımı göstermiştir. Su kalitesi parametrelerinden; çözülmüş oksijen (ÇO), pH, alkalinite, elektriksel iletkenlik (Eİ), tuzluluk, çözülmüş katı

madde (ÇKM), klorür (Cl-), askıda katı madde (AKM), sülfat, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam fosfor (TP), amonyum, nitrit, nitrat, toplam koliform (TC) ve fekal koliform (FC) gibi parametrelerdir ve parametreleri gölde belirlenen 15 farklı istasyonda aylık periyotlarda gözlemlemiştir. Sonuç olarak; Akyatan lagünü yüzey suyu pH değerlerinde nispeten küçük bir artış, ÇO değerinde ise fazla bir değişimin olmadığı belirtilmiştir. Lagünün batı bölgesinde Tuzluluk, Eİ, ÇKM ve Cl değerlerinin, denizin 1,5-2 katı kadar yüksek değerlere ulaştığı, AKM değerinin yağış, rüzgar ve dalganın etkisiyle yükseldiği belirtilmiştir. Lagünde gerçekleştirdiği Sülfat ölçümlerinde ise çok yüksek sonuçlara rastlamamış fakat, drenaj kanallarındaki sülfat sonuçlarının, lagüne göre daha düşük seviyelerde seyrettiği gözlemlemiştir. Amonyum değerleri ise drenaj kanallarında düşük, lagün suyunda ise kışın lagünün batı ve yazın da doğu bölgelerde yüksek değerlerde olduğu belirtilmiştir. Toplam Fosfor, nitrit, nitrat ve KOİ değerleri genelde lagünün batı ucunda ve drenaj kanallarının döküldüğü bölgelerde yüksek seviyelerde olduğu belirtilmiş ancak, yaza doğru lagün içinde bir düşüş gözlemlemiştir.

Yılmaz ve Büyükyıldız, (2009), “Batı Karadeniz Havzasındaki Yüzey Suyu Kalite Parametrelerindeki Değişimin İncelenmesi ve Cluster Analizi ile İstasyonların Sınıflandırılması” çalışmasında Elektrik İşleri Etüt idaresi tarafından işletilen 6 adet yüzey suyu kalite gözlem istasyonuna ait 14 tane parametreyi (debi, su sıcaklığı, pH, elektriksel iletkenlik(EC), Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, CO₃, HCO₃⁻, Cl⁻, SO₄⁻, bor, sertlik) incelemiştir. Bu parametreleri Cluster analizini kullanarak indirgeyerek, Öklit benzerlik ölçütü kullanılarak parametrelerin benzerlik matrislerini oluşturmuşlardır. Ayrıca bu 6 istasyona ait su kalitesi parametrelerinin değişimi parametrik olmayan yöntemlerle inceleyerek bölgedeki yüzey sularındaki kirlilik profilini belirlemeye çalışmışlardır. Bu çalışmada incelenen 14 yüzey suyu kalite parametrelerinden iki tanesi hariç (akım ve bor) diğerleri için 0,05 önem seviyesinde anlamlı sonuçlar elde etmişlerdir. K⁺ parametresindeki belirlenen trendler genellikle azaldığı, diğer parametrelerin ise arttığı yönündeki değişimleri bildirmişlerdir.

Lynam ve ark., (2009), çalışmalarında, gelişimi ve Bayesian Belief Network(BBN) modelinin kullanımı, Avustralya Queensland'deki Mackay Whitsunday bölgesindeki su kalitesi yönetimi için uyarlanabilir yönetim prosesini

lagün açısından değerlendirmişlerdir. Bu yönetimin amacı öncelikle Mackay Whitsunday doğal kaynak yönetim bölgesinden Great Barrier lagününe su kalitesi girişi için başarılabilir hedefler koymak ve sonrasında bu hedeflere ulaşmak için strateji tanımlama ve geliştirilmesini amaçlamışlardır. BBN; Manager ve bilim adamlarının, yönetilen sistemle ilgili tüm bildikleri açıkça belirtmelerinde kullanılan uyarlanabilir sistem gibi hizmet etmektedir. Önemle; BBN toplu öğrenim için platform sağladığını belirtmişlerdir. BBN; toplam askıda katı madde(TSS) yükünü tahmin eder ve EMC(event mean concentrations); şu an ki en iyi pratik modeli sonuçları ve gözlemlenmiş bilgi ile karşılaştırılır. BBN tahminleri ampirik gözlemlere dayalıdır. BBN'deki örnek sonuçları su kalitesi hedeflerinin olasılıklarının tahminindeki modelin kullanımını ile ifade edilmektedir. Örnek sonuçları aynı zamanda aşan su kalitesi hedeflerine uzamsal ya da karasal elementlerin katkıda bulunduğunu ifade etmekte ve sonuç olarak araç sınırlandırmaları tartışılmış ve prodesteki önemli öğrenimlere vurgu yapılmışlardır.

Yılmaz, (2009), çalışmasında; Türkiye genelinde 19 su toplama havzasından alınan, EİE idaresi Genel Müdürlüğü tarafından işletilen 67 adet akım gözlem istasyonuna ait 1992–2008 yılları arasında ölçülmüş akım ve 11 adet su kalitesi parametresi (Sıcaklık, pH, Elektriksel iletkenlik, Na^+ , K^+ , $(Ca+Mg)^{2+}$, CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} , SAR ve Bor konsantrasyonu) olmak üzere toplam 12 adet parametrenin uzun yıllık ortalama değerlerine çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemlerinden; Ana Bileşenler Analizi, Faktör Analizi ve Kümeleme Analizi uygulamıştır. Öncelikle verilerin uygunluğu Ana Bileşenler Analizi için Bartlett küresellik testi ile, Faktör Analizi için uygunluğu ise Kaiser-Meyer-Olkin ölçütü ile test etmiş ve verilerin uygun olduğu sonucunu bildirmiştir. Ana Bileşenler Analizi ile toplam varyansın yaklaşık %80' i 3 ana bileşenle açıklanmıştır. 1. ana bileşenin toplam varyansın %50,25'ini, 2. Ana bileşen %19,04'ünü ve 3. ana bileşen %10,52'sini açıkladığı görülmüştür. Faktör Analizi ile faktörlerin ifade ettikleri karakterler belirlenmeye çalışmış ve istasyonlara ait skor değerleri hesaplamıştır. En son Kümeleme Analizi uygulamasında Ortalama Bağlantı Tekniği ve Pearson Uzaklık Ölçütü kullanılarak 3 küme elde edilmiş ve elde edilen kümelerin her birinin ayrı bir faktörün hakim olduğu istasyonlardan oluştuğu bildirmiştir.

Roselli ve ark., (2009), İtalya'nın Lesine Lagünü'nde "Kirliliğe maruz durgun su ortamı(gelgitsiz) ekosisteminde; hidrolojik heterojenlik, besin hareketliliği ve su kalitesi" çalışmasını gerçekleştirmişlerdir. Lesina kıyı lagününün dinamikleri; besinler, fitoplankton ve kimyasal-fiziksel parametreler arasında temiz su girişleriyle fonksiyonel ilişkileriyle birlikte, Akdeniz gelgitsel kirliliğe maruz durgun su çevresi zorlukları değişimlerini göl ekosisteminde tanımlamışlardır. Kıyı sularının değişimiyle karakterize edilen, sığ kıyısal çevresi olan Lesina Lagünü, sistem bentik akışı ve organik madde ve besinler yönünden zengin olduğunu belirtmişlerdir. Lagün-deniz etkileşiminde insan yönetimi etkilidir. Lagünde doğudan batıya aşırı tuzluluk gözlemlenmiştir. Özellikle kış aylarında yüksek azot ve silika değerleri, temiz su girişine yakın bulunması tarımsal akarsu girişleri, atıksu deşarjı olduğunu belirtmişlerdir. Çözünmüş oksijen, yaz aylarında evsel atıksuya yakın ve lagünün batı kısmında doygunluğu çok altında bildirmişler ve %65 olarak bulmuşlardır. EEA (2001), kışın yağmurlu zamanlarda batı zonunda azot konsantrasyonu kalitesi zayıf ve kötü kalite sınıfında olduğunu belirtmişlerdir. Fosfat konsantrasyonu açısından sonbaharda istasyonlarının çoğunluğu iyi derecede, sadece 2 istasyonda kötü derecede şeklinde sınıflandırmışlardır. Her iki durumda da serbest azot seviyeleri özellikle batı kısımda lagünün P-limit sistemini oluşturduğunu bildirmişlerdir ayrıca klorofil konsantrasyonundaki çeşitlilik aralığı 0,25- 56 mg/L olduğunu belirtmişlerdir. Otrofikasyon prosesinde süregelen iç ve dış faktörlerin geniş sayısının otrofik biyokütleyle kontrol edilebilirliğiyle desteklenen, Klorofil ve besin arasında ilişki bulunamamışlardır. Bu tip çevredeki su kalitesi ağır şekilde insan aktiviteleri baskısıyla süregelen faktörlere bağlı olduğunu, fakat deniz ve lagünle bağlantılı kanallar ve tarımsal aktiviteler, atıksu arıtma tesislerinin yönetimine de bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Literatürde, yukarıdaki çalışmalara ek olarak lagünlerle ilgili farklı konulardaki çalışmalara da rastlamak mümkündür. Vega-Cendejas ve ark. (2003), Meksika'da aşırı tuzlu Rio Lagartos lagününde balık topluluklarının yapısı ve dinamiklerini; Medina-Gomez ve ark. (2006), Yucatan Peninsula'nın kıyı lagününe, saf bir yer altı suyundaki birincil üretim dinamiklerinin etkilerini; Tournoud ve ark. (2006), Thau lagünündeki uygulamayla kıyı lagünlerine giren azot

girdilerinin kökenini ve ölçümünü; Joyce ve ark. (2005), tuzlu bir lagündeki uygulamayla İngiltere'deki Sussex kıyı sularındaki biyotik değişimi incelemiştir. Muğlu (2005), Karataş Akyatan Lagünündeki balıklarda pestisit kalıntılarını; Küçükgülmez (2005), Akyatan Lagününden avlanan pastörize edilmiş mavi yengeç etinin ağır metal ve mineral madde içeriklerini; Gelibolu, (2006), Akyatan Lagününde bulunan ergin mavi yengeçlerde hemosit tür ve miktarlarının belirlenmesi; Çevik ve ark. (2008), Akyatan ve Tuzla Lagünlerinin fitoplanktonu ve mevsimsel değişimini incelemişlerdir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1 .Materyal

3.1.1 .Çalışma Alanı

Su kalitesi gözleme çalışması, Adana ilinin Karataş ilçesinde yer alan Akyatan Lagünü’de gerçekleştirilmiştir. Akyatan Lagünü Adana iline 48 km, Karataş ilçesine 3 km mesafede bulunmaktadır. Kordinatları 36⁰ 40’ 16’’ Güney enlemleri ile 35⁰ 08’ 08’’ Batı, 32⁰ 22’ 30’’ Doğu boylamları arasındadır. Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanları Koruma Sözleşmesi olan RAMSAR sözleşmesinde, Akyatan Lagünü’nün toplam alanı 14,700 ha, su ile kaplı alan olarak 4,900 ha belirtilmiştir. Akyatan Lagünü’nün toplam uzunluğu 17 km olup, en geniş yeri 4 km’dir. Lagünün güneydoğusundan çıkan 2 km’lik bir kanal ile Akdeniz’e bağlanmaktadır. Lagünün denize açılan kısmında bir dalyan bulunmaktadır. Lagünün doğu, batı, kuzey, ve güneybatı kısımlarında tarımsal arazilerle çevrilidir. Lagünün göl alanı 5050-7430 ha arasında değişmektedir(Dinçer, 2007). Çalışma alanı aşağıdaki Şekil 3.1 de gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Çalışma Alanı (Google Earth, 2010)

3.1.2 .Akyatan Lagünü'ne Gelen Noktasal Kirlilik Kaynakları

Akyatan Lagünü'ne boşalan noktasal kirletici kaynaklar P2D1(eski dere yatağı olan Acıkulak) drenaj kanalı, YD3 drenaj kanalıdır. Bu drenaj kanalları Akyatan Lagünü'ne yağıştan ve tarımsal sulamadan dönen suları taşımaktadır. Bu kanallardan P2D1 drenaj kanalı lagünün doğusunda, YD3 drenaj kanalı ise lagünün kuzeyinde yer almaktadır. Bu drenaj kanalları lagüne doğrudan boşalmaktadır. Burada YD3 drenaj kanalı ile lagüne gelen yağış ve tarımsal sulama sularını kontrol altında tutabilmek için bir çevirme yapısı yapılmıştır. Bu yapı sayesinde lagüne havzadan gelen drenaj suları lagüne alınmadan YD4 drenaj kanalına verilebilmektedir.

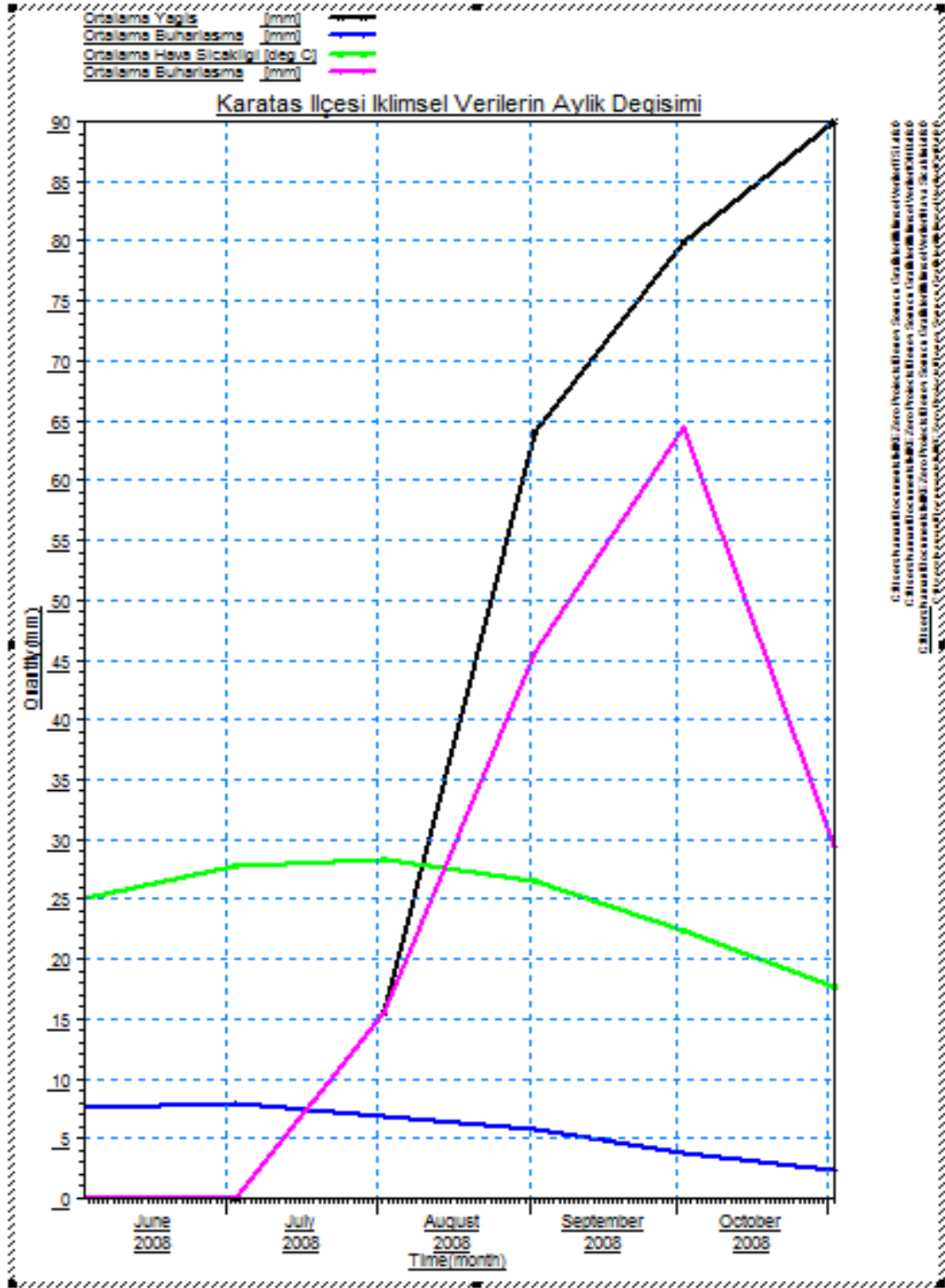
YD3 drenaj kanalı lagüne gelen organik kirleticilerin büyük bir kısmını taşımaktadır. Çünkü YD3 drenaj kanalı Adana-İncirlik- Karataş- Yakapınar ilçelerinden gelen sanayi atıksularını lagüne taşıdığı gibi tarımsal sulama ve yağış sularını da lagüne taşımaktadır. Lagüne gelen kirletici kaynakların diğer bir kısmını da lagün etrafında bulunan köylerden gelen atıklar oluşturmaktadır. Tüm bu atıklar çok hassas bir ekosisteme sahip olan Akyatan Lagünü'nü olumsuz yönde etkilemektedir.

Son dönemlerde YD3 drenaj kanalı ile lagüne çeşitli sanayi kollarından lagüne gelen atıklar DSİ VI. Bölge Müdürlüğü ve Adana ASKİ'nin ortak çalışması sonucunda inşa edilen bir kolektör ile Adana Doğu Atıksu Arıtma Tesisi'ne verilmeye başlanmış ve bu nedenle lagüne gelen kirletici yükü hafifletilmiştir.

3.1.3 .Çalışma Dönemine Ait İklimsel Veriler

Bu çalışma Haziran 2008 ile Kasım 2008 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Bu dönemlere ait ortalama sıcaklık ve ortalama yağış değerleri şekilde gösterilmiştir. Bu dönemde en düşük sıcaklık değeri 17.7 °C ile Kasım ayında; en yüksek sıcaklık değeri 28,4 °C ile Haziran ayında, en yüksek toplam yağış değeri 90 mm/ m² ile Kasım ayında gözlenmiştir. Haziran ve Temmuz aylarında yağış görülmemiştir. Çizelge 3.1 de görüldüğü gibidir.

Çizelge 3.1. Karataş İlçesi İklimsel Verilerin Aylık Değişimi(DMİ, 2008)



3.1.4 .Su Kalitesi Gözlem İstasyonları

Akyatan Lagünü'nde su kalitesini en iyi şekilde gözlemleyebilmek için, lagünü tam anlamıyla karakterize edecek istasyonlar seçilmiştir. Bu sebeple lagünde ve lagün çevresinde 14 gözlem istasyonu belirlenmiştir. Bu istasyonların kordinatları 1/25000 bir harita üzerinde belirlenmiştir. Çalışma alanı ve gözlem istasyonlarının konumları Şekil 3.2 deki gibidir.



Şekil 3.2. Çalışma Alanı ve Gözlem İstasyonlarının Konumu

Çizelge 3.2. Çalışma İstasyonlarının Yeri ve Koordinatları

İstasyonlar	Kordinatlar		İstasyonların Yerleri
	E	N	
1-Lagün	69 ⁰ 71.31	40 ⁰ 59.903	Gölün en batısında yer alan istasyon
4-Lagün	69 ⁰ 98.06	40 ⁰ 57.707	Gölün batı-ortasında yer alan istasyon
7-Lagün	70 ⁰ 25.77	40 ⁰ 55.650	Gölün ortasında yer alan istasyon
8-Lagün	70 ⁰ 43.06	40 ⁰ 55.347	Gölün orta-doğusunda yer alan istasyon
10-Lagün	70 ⁰ 42.24	40 ⁰ 52.947	Gölün orta-doğusunda yer alan istasyon
11-Lagün	70 ⁰ 58.29	40 ⁰ 54.936	Gölün orta-doğusunda yer alan istasyon
13-Lagün	70 ⁰ 59.11	40 ⁰ 52.124	Gölün orta-doğusunda yer alan istasyon
14-Lagün	70 ⁰ 78.18	40 ⁰ 53.715	Gölün doğusunda yer alan istasyon
15-Lagün	70 ⁰ 78.73	40 ⁰ 51.863	Gölün doğusunda yer alan istasyon
16-Lagün	70 ⁰ 77.91	40 ⁰ 50.340	Gölün doğusunda lagün-deniz bağlantısı ve kuzuluğun önünde yer alan istasyon
17-Lagün-Deniz	70 ⁰ 82.30	40 ⁰ 49.476	Lagün-deniz bağlantı kanalının orta noktasındaki istasyon
18-Deniz	70 ⁰ 60.07	40 ⁰ 48.666	Bağlantı kanalına yakın lagüne giren tuzlu suyu temsil eden Akdeniz'deki istasyon
19-Yüregir Drenaj-3	70 ⁰ 82.44	40 ⁰ 59.697	Lagün tatlı su kaynağını temsil eden YD3 drenaj kanalı mansabındaki istasyon
20-Pompa-2-Drenaj-1	71 ⁰ 36.91	40 ⁰ 53.166	Lagün tatlı su kaynağını temsil eden P2D1 drenaj kanalı mansabındaki istasyon

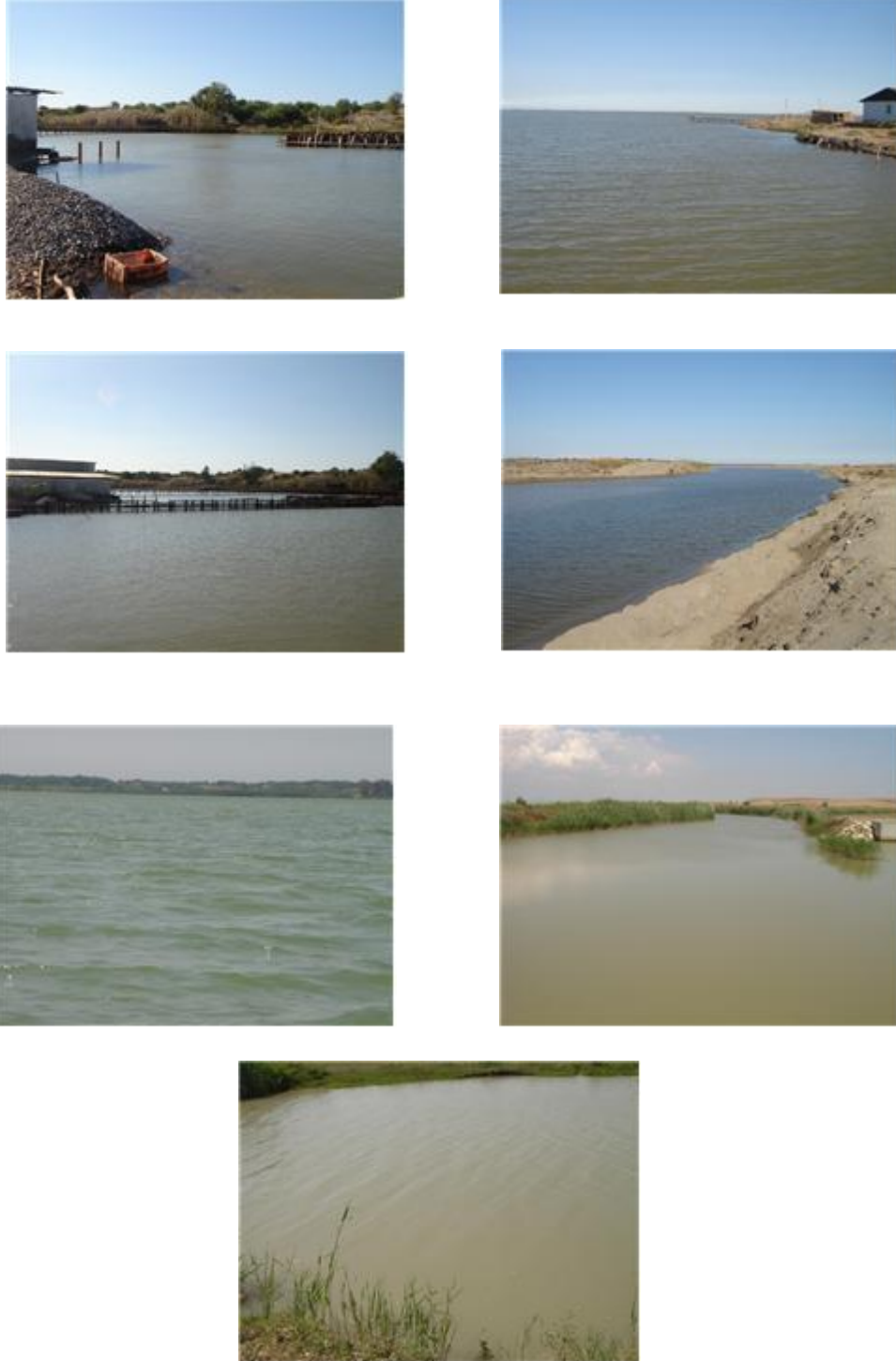
3.2 .Metod

3.2.1 .Fiziksel ve Kimyasal Su Kalitesi Gözlem Verileri

Akyatan Lagününde yağışın, sulamanın ve buharlaşmanın olduğu dönemlerdeki değişimlerin daha iyi gözlemlenebilmesi için çalışma Haziran 2007-Kasım 2008 ayları arasında olmak üzere, her ay sistematik olarak toplam 6 ay yürütülmüştür. İstasyonlardan su örneklerinin alınması, DSİ VI. Bölge Müdürlüğü'nün personel, araç ve kayık lojistik desteği ile gerçekleştirilmiştir. Adana Valiliği koordinasyonunda ise Güney Sulama Birliği kimyasal malzeme satın alma desteği sağlamıştır. Su numunelerini her çalışma periyodunda düzenli olarak aynı kordinatlardan almak için DSİ'ye ait Magellan marka GPS (Global Positioning System; Küresel Konumlandırma Sistemi ya da Küresel Yer Belirleme Sistemi) Cihazı kullanılmıştır.

Numuneler, lagünün çok sığ olmasından (yaklaşık derinlik 0.5-1.5 m arasında) dolayı su yüzeyinden alınmıştır. Kimyasal analizler için 1 L'lik plastik numune kapları kullanılmıştır. APHA (1998), 1060 C. '*Sample Storage and Preservation Method*'una göre alınan su numuneleri en kısa sürede laboratuara getirilerek laboratuvar analizleri için +4 °C'de buzdolabında muhafaza edilmiştir. Analizler Çevre Mühendisliği Çevre Kimyası Laboratuvarında yapılmıştır.

Alınan numunelerde Sıcaklık, ÇO, pH, Alkalinite, Eİ, Tuzluluk, ÇKM, Klorür, AKM, Sülfat, Toplam Fosfor, Nitrat, Nitrit, gibi fiziksel ve kimyasal su kalite parametrelerine bakılmıştır. Parametrelerin analizleri için kullanılan yöntem Çizelge 3.3.'de verilmiştir.



Şekil 3.3. Numune Alınan İstasyonları(Deniz, lagün ağzı, lagün içi ve drenaj kanalları)

Çizelge 3.3. Çalışma Alanında Analizi Yapılan Parametreler ve Analiz Yöntemleri

Yapılan Analizler	Kullanılan Yöntem	Kullanılan Cihaz	Referans
Sıcaklık	2550-B Laboratuvar ve Alan Metodu	YSI marka oksijen metre	(APHA, 1998)
ÇO	4500-O G. Membran Elektrot Metodu	YSI marka oksijen metre	(APHA, 1998)
Tuzluluk	2520 B. Elektriksel İletkenlik Metodu	Orion marka konduktivimetre	(APHA, 1998)
Eİ	2510-A İletkenlik Metodu	Orion marka konduktivimetre	(APHA, 1998)
pH	4500-H ⁺ -B. Elektrometrik Method	WTW marka pH metre	(APHA, 1998)
Klorür	4500-Cl ⁻ B Arjantometrik metodu	-	(APHA, 1998)
ÇKM	2540 C. 180 °C'de kurutma metodu	Etüvde	(APHA, 1998)
AKM	2540-D. 103-105 °C'de kurutma metodu	Etüvde	(APHA, 1998)
Sülfat	4500-E Türbidimetrik method	UV-spektrofotometre cihazı	(APHA, 1998)
Alkalinite	2520-B Titrasyon metodu	-	(APHA, 1998)
Nitrit	Kalorimetrik Metod	Spektrofotometre cihazı	
Nitrat	4500-NO ₃ B. UV Spektrofotometre İzleme metodu $\lambda=220$ nm ve $\lambda=275$ nm (organik maddelerden girişimini doğrulamak amacıyla),	UV-Spektrofotometrede	(APHA, 1998)
Toplam Fosfor	Kalorimetrik	Spektrofotometre cihazı	DIN 38405-D11-4

3.2.2 .Mike 21 HD- AD Modelinin Seçimi

Bu modelin Akyatan Lagün sistemine uygulanmasının nedenleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

1. Akyatan Lagünü sığ bir göldür. Mike 21 modeli bu sığ göllerdeki karmaşık su kalitesi değişimlerini gözlemlemede etkili sonuçlar verdiği görülmüştür.
2. Hidrolik özellikler açısından Mike 21 iki boyutlu bir modeldir. Akyatan Lagünü'nü karmaşık yapıda olması nedeniyle, bu model ile iki boyutlu olarak ele alınabilmektedir.
3. Mike 21, lagün göl sistemi içerisinde simüle ettiği parametrelerin çokluğu bakımından kapsamlı bir modeldir. 15 farklı parametrenin simülasyonu yapılabilmektedir. Bunlar sıcaklık, ÇO, BOI₅, N ve P bileşikleri ve alg parametresidir. Özellikle ÇO ve BOI₅ parametrelerin simülasyonunda hassas olan modelin, kurak mevsimlerde, sığlaşan Akyatan Lagünü'nde su kalitesinin belirlenmesinde oldukça etkili olacağı düşünülmüştür.
4. Mike 21, günlük, aylık simülasyon yapabilme özelliğine sahiptir. Özellikle sistemdeki alg gelişiminin, gece ve gündüz saatlerinin farklı zamanlarında değişen ÇO parametresini nasıl etkilediğini belirleyebilmektedir. Bu nedenle Mike 21, düşük akım ve yüksek sıcaklığın olduğu dönemlerde, alg gelişimi ve ÇO açısından Akyatan Lagünü'ndeki su kalitesi değişimlerinin belirlenmesinde etkili olabileceği düşünülmüştür.

Mike 21 modeli 13 sayısal modülü içermektedir. Bunlardan başlıcaları Mike 21 HD modülü; bu modüle ile göl ortamındaki akım yönleri ve göl derinlikleri kolaylıkla belirlenebilmektedir. Diğer önemli modül Mike 21 AD(advection-dispersiyon) dır. Bu modül ile sucul ortamdaki gözlenmek istenen su kalitesi parametreleri iki boyutlu olarak değişimleri izlenebilmektedir. Bu modüller çalışma alanının özelliğine göre seçilebilmektedir. Mike 21 modelin bu özelliği nedeniyle bir model olarak düşünülmüştür.

3.2.3 .Mike 21 Su Kalitesi Model Tanımı

Mike 21 çok geniş bir uygulama alanı olan ve uygulama alanını iki boyutlu olarak modelleyebilen kapsamlı bir modelleme sistemidir. Uygulama alanları; kıyı ve okyanus hidroliği, çevre hidroliği, liman ve sediment proseslerindeki hidrolik alanları için uygulanabilmektedir. Mike 21 modeli 13 sayısal model içermektedir. Bu modeller çalışma alanının özelliğine göre seçilmektedir.

Model ile Akyatan Lagünü'nde;

- Modelin uygulanabilirliğinin denetlenmesi
- Modelin en iyi performans ve doğrulukta çalışmasını sağlayacak parametrelerin belirlenmesi
- Sistem davranışlarının en iyi şekilde anlaşılması amaçlanmaktadır.

Akyatan Lagünü çok sığ bir göldür. Düşey karışım lagündeki yatay karışımdan daha baskın durumdadır. Bu nedenle yatay taşınım birincil ilgi alanını oluşturmaktadır. Düşey birleştirilmiş taşınım eşitlikleri birçok modelleme amacı için kullanılmıştır. Ayrıca, sığ sularla ilgili olarak, dalga hareketlerinin etkili olduğu zaman, ortalama derinlik yaklaşımı önem kazanmaktadır ve burada ortalama derinlik modelleri Akyatan Lagünü'ne model çalışması olabilecektir. Akyatan Lagünü'nde kullanılacak dikey birleştirilmiş model ile Akyatan Lagünü'nün su kalitesi değişimi gözlenmiştir. Mike 21-HD ve AD su kalitesi modeli Danimarka Hidrolik Enstitüsü tarafından geliştirilmiş iki boyutlu dikey birleştirilmiş taşınım eşitlikleri ile ifade edilmektedir. Bu eşitliler aşağıdaki gibidir.

$$\frac{\partial HC}{\partial t} + \frac{\partial(HUC)}{\partial x_1} + \frac{\partial(HVC)}{\partial x_2} - \frac{\partial(HD_{ij}(\frac{\partial C}{\partial x_i}))}{\partial x} = S \quad (3.1)$$

Burada U ve V ortalama derinlikteki bileşenlerin (x1 ve x2) yönündeki hızlardır. Bu hızlar,

$$U = \frac{1}{H} \int_{-h}^{\delta} u dz \quad \text{ve} \quad V = \frac{1}{H} \int_{-h}^{\delta} v dz \quad (3.2)$$

δ : yüzey suyu yüksekliği

h : su derinliği

$H=h+\delta$

C : Su kalitesi parametrelerinin konsantrasyonu

D_{ij} : Türbülasyon dispersiyon katsayısı

S : Kaynak terimi

Dispersiyon katsayıları sabittir ve yaklaşık $5 \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ dir. (x_1 ve x_2 yönleri için).

Bu model hidrodinamik model ve su kalitesi gözleme modeli olan AD (advection-dispersion) modülü ile birlikte çalışmaktadır. Model akış özelliklerini difüzyon ve yatay dağılım ile çözmektedir. Bu su sütununda meydana gelen temel işlemler ile dipte ve akıntılar arasında meydana gelen işlemler arasında etkileşim göstermektedir. Bir taşınım eşitliğini çözmek için C konsantrasyonun kaynağının tanımlanmış olması gerekmektedir(örneğin drenaj kanalı). Bu durum su sütununun biyolojik ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi ile yapılabilir.

Mike 21 HD ve AD su kalitesi modeli su sütunu içerisinde biyolojik kimyasal reaksiyonların etkileşimini diferansiyel eşitlikler sistem çifti ile çözmektedir. Model aşağıdaki su kalitesi parametrelerini modelleyebilmekte ve göl içerisindeki dağılımları gösterebilmektedir:

- BOD_d - Çözünmüş biyokimyasal oksijen ihtiyacı
- BOD_s - Askıda oksijen ihtiyacı
- BOD_b - Sediment oksijen ihtiyacı
- NH_4 - Amonyum
- NO_2 - Nitrit
- NO_3 - Nitrat
- PO_4 - Fosfat
- DO- Çözünmüş oksijen
- Chl-a- Klorofil-a

Çözünmüş oksijen su kalitesi belirlemede kullanılan en önemli parametredir ve çalışmalarda ana parametre olarak kullanılmaktadır. Çünkü çözünmüş oksijen sucul ortamlarda birçok fiziksel ve biyokimyasal olayları kontrol etmektedir. Fiziksel işlemler, su akımının yatay dağılımı ve türbülans karışımını içermektedir.

Mike 21 HD modeli, Mike 21 modelleme sistemi içerisinde yer alan hidrodinamik modüldür. Bu modül yardımıyla, haliçler, körfezler ve kıyı alanlarında su seviyeleri ve akışlarının modellenmesi için kullanılabilir. HD modülü ile değişken, iki boyutlu, düşey olarak homojen akışkanları simüle edebilmektedir. Mike 21 modeli, sayısal, sınırlı fark, lineer olmayan kütle ve momentumu koruma eşitliklerinin su seviyesi ve akış değişimlerini tanımlamak için düşeyde birleştirilmiş eşitliklere dayanmaktadır. Bu eşitlikler matrisleri sonucunda her yön ve her bir grid çizgisi için çift uygulama algoritması (DS-double sweep) tarafından çözülür.

Mike 21 modelinin diğer önemli modülü Mike 21 AD(advection-dispersion) modülüdür. AD çevresel modülü çevresel hidrolik için kullanılır. Adveksiyon yüzey sularda akım yönündeki kütle hareketine verilen isimdir. Su ortamına verilen kirleticiler advectif hareketle birlikte taşınır. Bu taşınım sırasında debiye bağlı olarak madde derişimlerinde değişim söz konusu olabilir. Adveksiyon, uzay koordinatlarının birinci türevlerinin bir fonksiyonudur. Difüzyon ise, çözünmüş veya süspansiyon halindeki bir maddenin, su ortamı içinde derişim gradyanına bağlı olarak yaptığı harekettir. Akışkan ortamlardaki difüzyon genelde rastgele molekül hareketlerinden (Brownian Hareketi) kaynaklanan moleküler difüzyon ve türbülanslı hız çalkantılarının neden olduğu türbülanslı difüzyon olmak üzere iki temel süreç şeklinde ele alınmaktadır. Ancak su kirliliği ve kontrolü uygulamalarında moleküler difüzyonun etkisi ihmal edilebilir seviyede olduğu için çoğu uygulamada dikkate alınmaz. Türbülanslı difüzyon ile advectif hareket arasındaki hız farklılıklarının, alıcı su ortamlarında ortaklaşa olarak etkili olduğu maddelerin taşınımı ve yayılımına dispersiyon adı verilir. Difüzyon (veya dispersiyon), uzay koordinatlarının ikinci türevlerinin bir fonksiyonudur.

Bu modül ile korumlu kirleticilerin normal bir adveksiyon-dispersiyon simülasyonunda kompleks kirleticilerin su kalitesi simülasyonlarına kadar birçok parametreyi kapsamaktadır. Bu modül ile adveksiyon dispersiyon olarak adlandırılan eşitlikler ile çözünmüş ve askıdaki maddelerin iki boyutlu olarak modelleyebilmektedir. Buradaki sistem kütlenin korunumu prensibine göre çalışmaktadır. Kaynak noktalarında(source and sink)deşarj miktarı ve bileşenlerin konsantrasyonları bir azalma oranını içermektedir. Mike 21 AD modülü basit su

kalitesi modelleme çalışmalarında kullanılabilir. Bunun anlamı sadece bir bileşen ele alınırken diğer bileşenlerin etkisi ihmal edilebilir anlamına gelmektedir. Fakat sonuç kısmında bu ihmal hesaba daha sonradan katılmakta ve hata payı en aza indirilmektedir. Tipik kirleticiler Mike 21 AD modülü ile modellenmektedir. Bu kirleticiler; koliform bakteriler, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, spesifik organik kirleticiler, klor bileşenleri, veya radyoaktif bileşenlerin yayılımlarıdır. Ayrıca su ortamında tuzluluk sıcaklık vb. gibi parametrelerle birlikte askıda ve çözünmüş maddelerin yatay(adveksiyon) ve dispersiyon dağılımlarını gösterebilmektedir. Bu eşitlikler:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial (U_i C)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(D_i \frac{\partial C}{\partial x_i} \right) + I_0 + E_0 \quad (3.3)$$

Burada;

C: Su kalitesi parametreleri konsantrasyonları

u_i : Su hızı bileşenleri

D_i : dispersiyon katsayısı

I_0 : Kaynaktan gelen(source and sink) su kalitesi bileşenleri

E_0 : Noktasal veya noktasal olmayan su kalitesi bileşenleri

Su hızı bileşenleri her zaman adımı için HD modülü tarafından sağlanmaktadır. Adveksiyon-dispersiyon eşitliklerinin integrasyonu her zaman boyunca sabit olduğu farzedilir. Adveksiyon ve dispersiyon eşitlikleri HD eşitliklerinin integrasyonu sonucu her zaman dilimi için uygulanır. Yani burada ilk olarak HD modülü ile su ortamındaki akış yönleri, su seviyesi ve yönleri gibi parametreler tanımlanır. Bu tanımlamadan sonra AD modülü ile su kalitesi parametrelerinin simülasyonu gerçekleştirilebilmektedir. AD modeli bir yatak kesme direnci ve Eddy viskozitesi terimleri içerisinde türbülans modellerinin bir seçimini sunmaktadır. Yani Eddy viskozitesi dinamik olarak özelleştirilebilmektedir. Burada özel durumlar için özel şartlar oluşturulabilmekte ve Eddy viskozitesi bu şartlara adapte edilebilmektedir. Ayrıca seviyesi ve akış değişkenleri için:

$$\frac{\partial \delta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0 \quad (3.4)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \delta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{q^2+p^2}}{c^2 h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(hE \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(hE \frac{\partial u}{\partial y} \right) \right] \\ - \Omega q - fVV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) = 0 \end{aligned} \quad (3.5)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \delta}{\partial y} + \frac{gp\sqrt{q^2+p^2}}{c^2 h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(hE \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(hE \frac{\partial u}{\partial x} \right) \right] \\ - \Omega q - fVV_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y} (p_a) = 0 \end{aligned} \quad (3.6)$$

Burada:

- $h(x,y,t)$: Su derinliği(m)
 x,y,t : Yüzey yüksekliği(m)
 $p,q(x,y,t)$: x ve y yönündeki akış yoğunluğu(m³/s/m)
 u,v : x ve yönündeki ortalama hız(m/s)
 $C(x,y)$: Chezy direnç katsayısı(m^{0.5}/s)
 G : yerçekimi ivmesi(m/s²)
 $f(v)$: rüzgâr sürtünme faktörü
 $V,V_x,V_y(x,y,t)$: rüzgar hızı ve bileşenleri(m/s)
 $\Omega(x,y)$: Coriolis parametresi(1/s)
 p_a : atmosferik basınç(kg/m/s²)
 ρ_w : su yoğunluğu(kg/m³)
 x,y : uzay koordinatları
 t : zaman(s)
 E : Eddy viskozite katsayısı(m²/s)

Advection- Dispersion modülü için eşitlikler aşağıdaki gibidir:

$$\frac{\partial}{\partial t}(hc) + \frac{\partial}{\partial x}(uhC) + \frac{\partial}{\partial y}(vhC) = \frac{\partial}{\partial x}\left(hD_x \frac{\partial c}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(hD_y \frac{\partial c}{\partial y}\right) - FhC$$

$$= S$$
(3.7)

Burada:

C : Su kalitesi için gözlem verilerinin konsantrasyonları

u,v : Yatay hız bileşenleri(m/s)

h : Su derinliği(m)

D_x,D_y : Dispersiyon katsayısı(m²/s)

F : Lineer azalma katsayısı(1/s)

$S=Q_s(C_s-C)$

Q_s : Kaynak deşarjı(m³/s/m²)

C_s : Kaynaktan gelen bileşenlerin konsantrasyonu

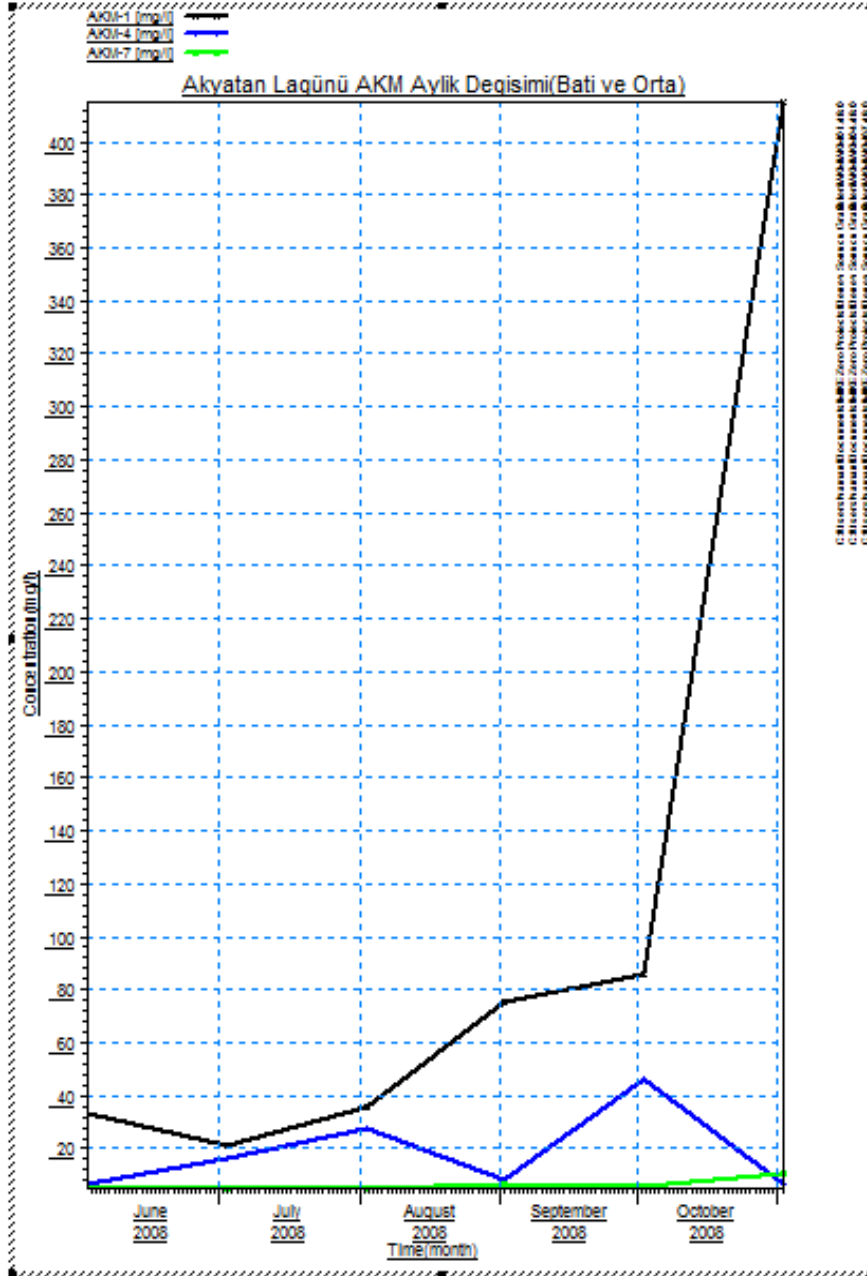
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 .Askıda Katı Madde İstasyon Bazında Aylık Değişim Grafikleri

4.1.1 .Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nde AKM parametresinin lagünün batı ve orta kısmında bulunan istasyonlarda değişimi Çizelge 4.1 de gösterilmektedir. Elde edilen verilere göre en yüksek AKM değeri 414 mg/L ile 1 nolu istasyonda Kasım ayında, en düşük değer ise 6 mg/L ile 7 nolu istasyondadır. İstasyonlarda AKM değerleri dalgalanmalar göstermektedir. AKM değerinin bazı istasyonlarda yüksek olmasının temel sebepleri olarak; numunelerin alınması sırasında aşırı rüzgar ve bu rüzgarın sebep olduğu dalgalanma sonucu dipte meydana gelen resüspanse(tekerrür asılı hale gelme) hareketi olarak gözlenmiştir. Ayrıca numune alma sırasında lagünün çok sık olmasından dolayı kayık ile lagüne girilemeyen istasyonlarda; numuneler lagün kıyısında alınmıştır. Kıyı kesimlerde alınan bu numulere de yine AKM değeri yüksek çıkmıştır. AKM değerinin düşük olmasının sebebi ise bu istasyonların derin olması ve herhangi bir akıntı hareketine maruz kalmaması olarak gözlenmiştir.

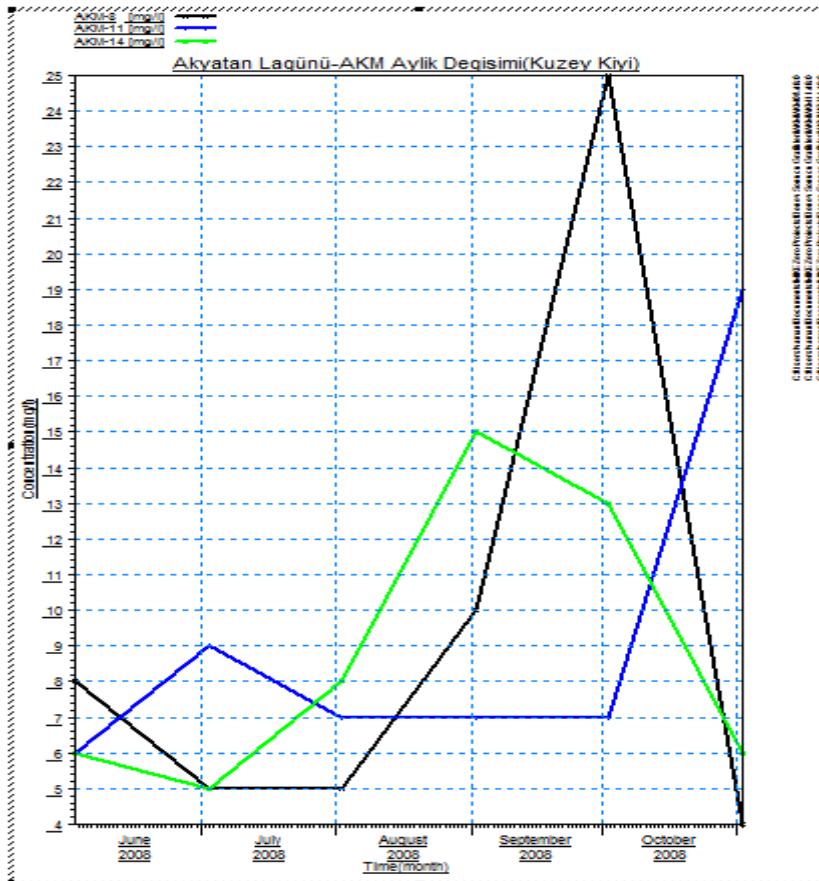
Çizelge 4.1. Akyatan Lagünü AKM Parametresinin Aylık Değişimi(Batı ve Orta)



4.1.2 .Lagünün Kuzey Kıyı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün kuzey kıyılarında AKM parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.2 deki gibidir. Burada en yüksek AKM değeri Ekim ayında 25 mg/L ile 8 nolu istasyonda, en düşük değer ise Kasım ayında 4 mg/L ile 8 nolu istasyonda gözlenmiştir. AKM parametrelerinin değişim sebepleri yine rüzgar ve dalgalanma olmak üzere 1, 4 ve 7 nolu istasyonlardaki sebeplerle aynıdır. Burada 8 nolu istasyonda AKM değeri, diğer istasyonlara göre yüksek değerler seyretmektedir. Bunun sebebi; bu istasyonun sığ olması ve dalga, rüzgar gibi dış etkenlerle diğer istasyonlardan daha fazla etkileniyor olması olarak belirlenmiştir. Ayrıca drenaj kanallarının lagüne boşaldığı alan içersinde yer alan bu istasyonlarda (14 nolu istasyon) akışın etkisi ile lagüne gelen malzemeler ve boşaldığı noktada dip sedimentinin resüspanse hale gelmesi sonucu AKM değerleri yüksek değerler seyretmektedir.

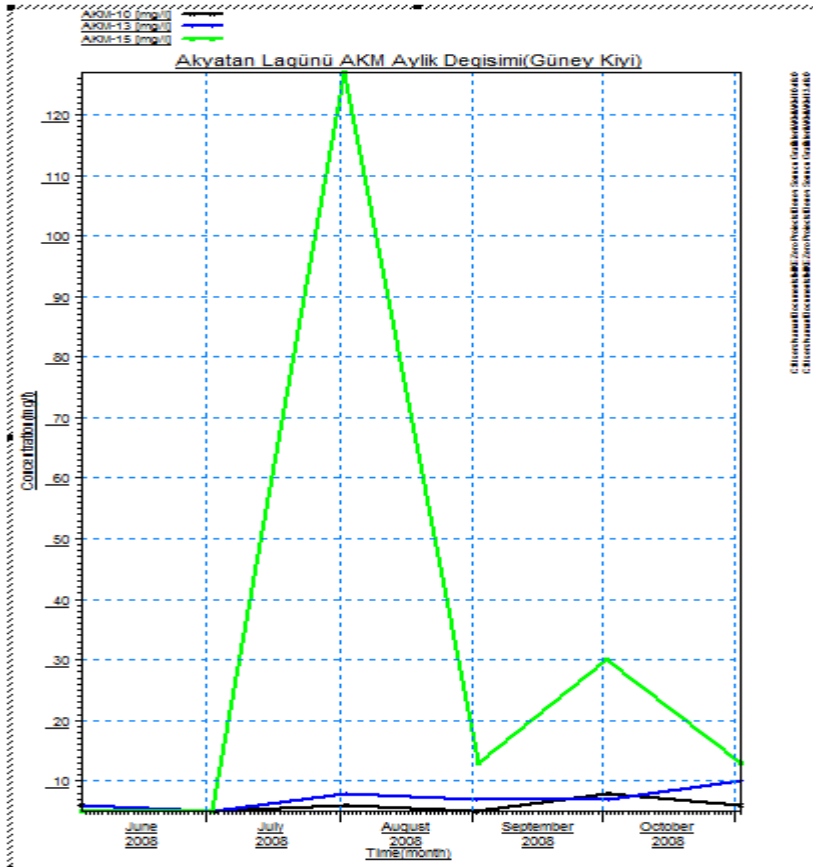
Çizelge 4.2. Akyatan Lagünü AKM Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı)



4.1.3 .Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün güney kıyılarında AKM parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.3 deki gibidir. Burada en yüksek AKM değeri Ağustos ayında 127 mg/L ile 15 nolu istasyonda, en düşük değer ise Haziran, Temmuz ve Eylül aylarında 5 mg/L ile 10, 13 ve 15 nolu istasyonlarda gözlenmiştir. 15 nolu istasyonda AKM değerinin yüksek olma nedenleri şu şekildedir: numunelerin alınması sırasında lagünün çok sığ olmasından dolayı lagüne girilememiş bu nedenle lagün kıyısından numunelerin alınması, alınma sırasında rüzgar etkisi ile meydana gelen dalgalanma son olarak; 15 nolu istasyonun drenaj kanalına yakın olmasından dolayı meydana gelen akıntı hareketlerinden dolayı AKM parametresi yüksek değerler seyretmektedir. AKM değerinin düşük çıkmasının sebebi ise bu istasyonların derin olması ve herhangi bir akıntı hareketine maruz kalmaması olarak gözlenmiştir.

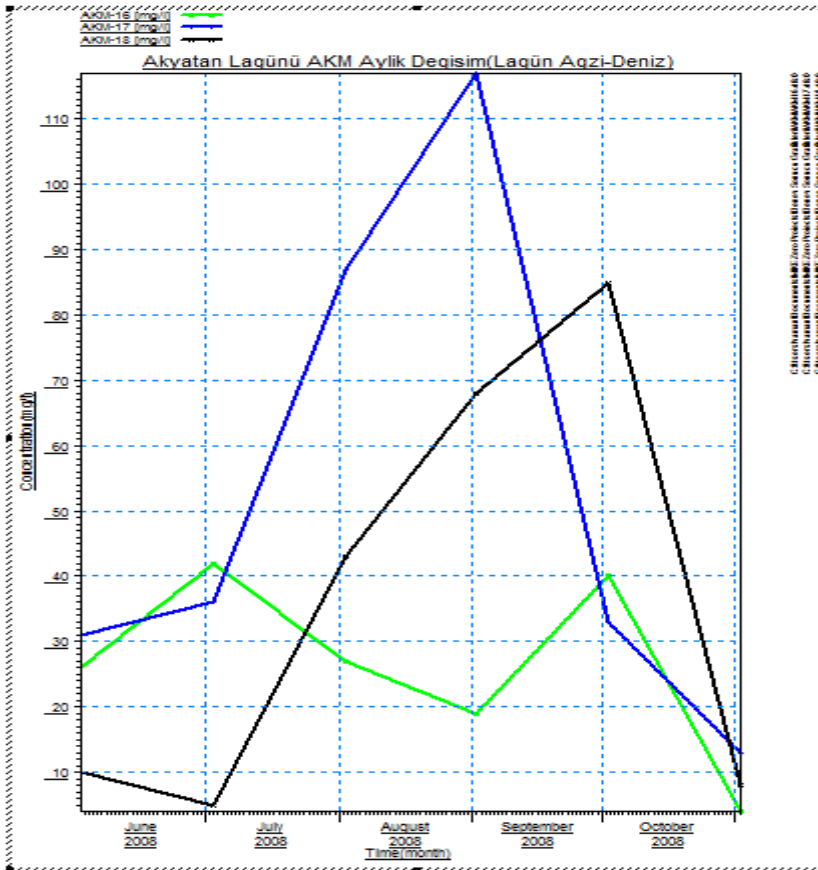
Çizelge 4.3. Akyatan Lagünü AKM Aylık Değişimi(Güney Kıyı)



4.1.4 .Lagünün Lagün Ağzı- Deniz Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün lagün ağzı ve denizde AKM parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.4 deki gibidir. Burada en yüksek AKM değeri Eylül ayında 117 mg/L ile 17 nolu istasyonda, en düşük değer ise Kasım ayında 4 mg/L ile 16 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada 17 nolu istasyonda AKM değerinin yüksek değerler seyretmesinin nedeni; bu istasyonun lagün-deniz bağlantı kanalı içerisinde yer alması ve lagünden denize veya denizden lagüne olan akıntı hareketlerinden etkilenmesi olarak gözlenmiştir. Ayrıca 16 nolu istasyonda AKM parametresinin diğer istasyonlara göre düşük seyretmesinin sebebi olarak; bu istasyonun dalyana yakın olması sebebi ile dalga ve rüzgâr gibi dış etkenlere maruz kalmaması ve denizden ve drenaj kanallarından gelen akıntıların birbiri ile karşılaşarak birbirini dengelemesi sonucu oluşan durgun ortam sebebiyledir. Akdeniz'i temsil eden 18 nolu istasyonda ise AKM değişimi rüzgâr ve dalga gibi etkilerden dolayıdır.

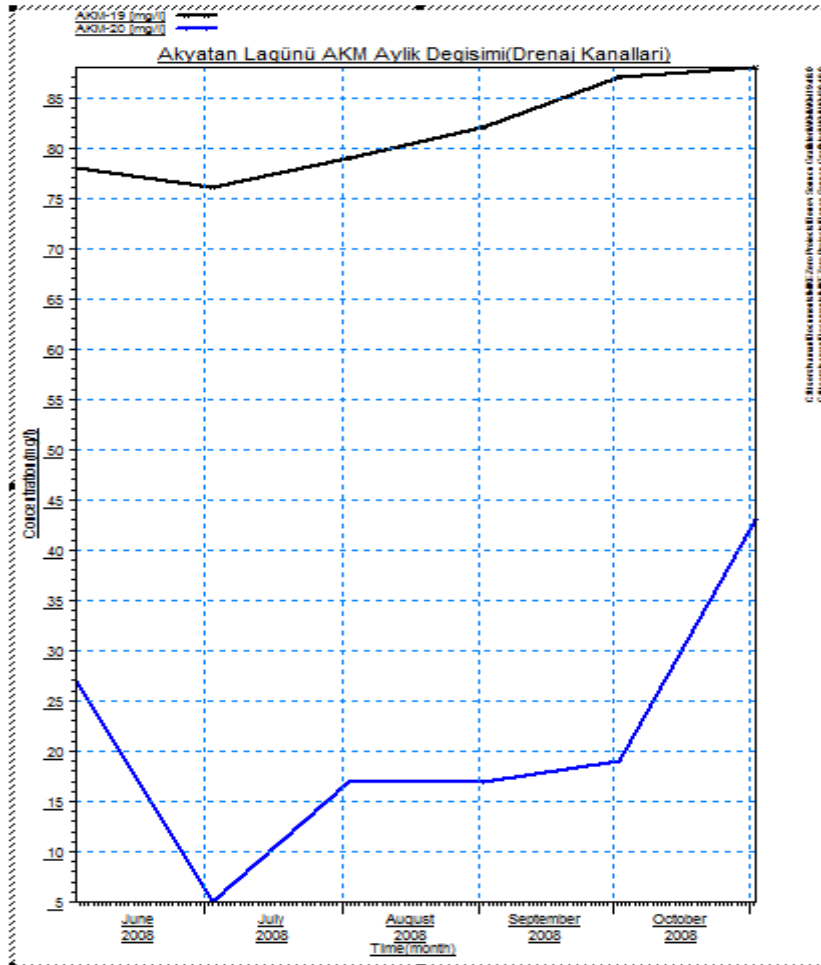
Çizelge 4.4. Akyatan Lagünü AKM Aylık Değişimi(Lagün ağzı-Deniz)



4.1.5 .Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'ne gelen drenaj kanallarında AKM parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.5 deki gibidir. Burada en yüksek AKM değeri Kasım ayında 143 mg/L ile 20 nolu istasyonda, en düşük değer ise Temmuz ayında 5 mg/L ile 20 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada 19 nolu istasyon Yüreğir drenaj kanalı içerisinde yer almaktadır. Burada AKM değişimindeki sebep; tarımdan dönen sulama sularının drenaj kanalın dökülerek kanaldaki dip sedimentini hareketlendirmesi sonucu meydana gelmektedir. Pompa2-Drenaj1 kanalı içerisinde kalan 20 nolu istasyonda ise AKM değişimi, pompanın açık olduğu durumlarda kanalda bulunan sedimenti tarımsal sulamadan dönen suların hareketlendirmesi sebebiyle olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.5. Akyatan Lagünü AKM Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları)

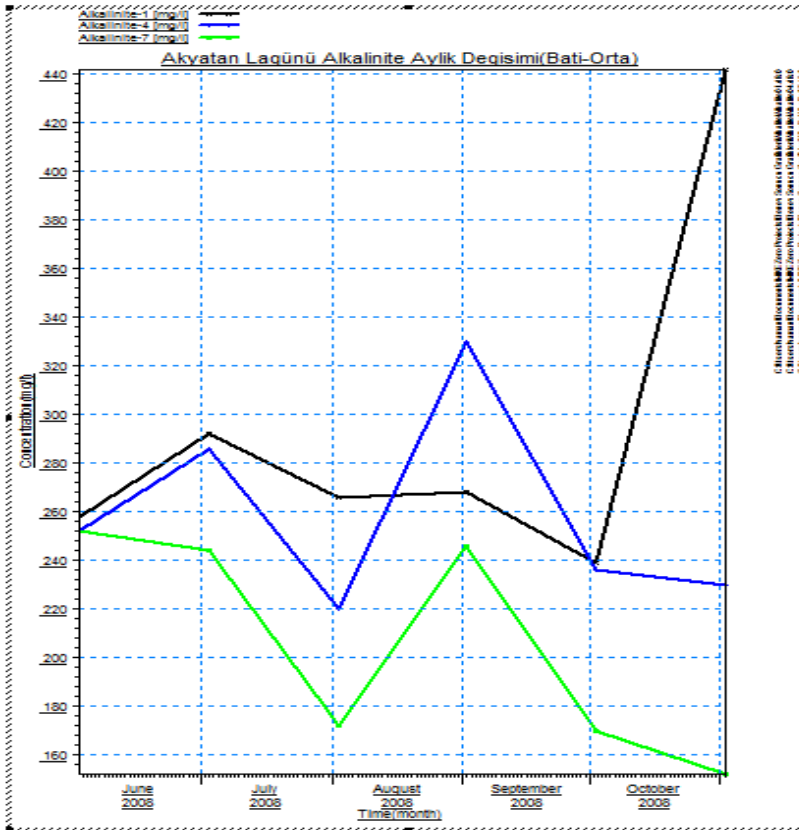


4.2 .Alkalinite'nin İstasyon Bazında Aylık Değişim Grafikleri

4.2.1 .Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nde Alkalinite parametresinin lagünün batı ve orta kısmında bulunan istasyonlarda değişimi Çizelge 4.6 da gösterilmektedir. Elde edilen verilere göre en yüksek Alkalinite değeri 442 mgCaCO₃/L ile 1 nolu istasyonda Kasım ayında, en düşük değer ise 152 mg CaCO₃/L ile 7 nolu istasyondadır. Alkaline değeri istasyonlara göre dalgalanmalar göstermektedir. Burada alkaline değerlerinin yüksek çıkmasındaki sebepler şu şekilde sıralanabilir: numunelerin alınması sırasında lagün yüzeyinde meydana gelen alg büyümesi, diğer bir sebep olarak da havanın rüzgarlı ve bu sebeple lagünün dalgalı olması olarak gözlenmiştir. Burada alg büyümesi sonucu ortamda bulunan CO₂ kullanılır, bu sebeple pH yükselir buda alkalitenin artması anlamına gelmektedir. Aynı şekilde dalgalanma ile su ortamında bulunan CO₂ ortamdaki uzaklaşır, yine bu durumda alkaliniteyi artıran bir etmendir.

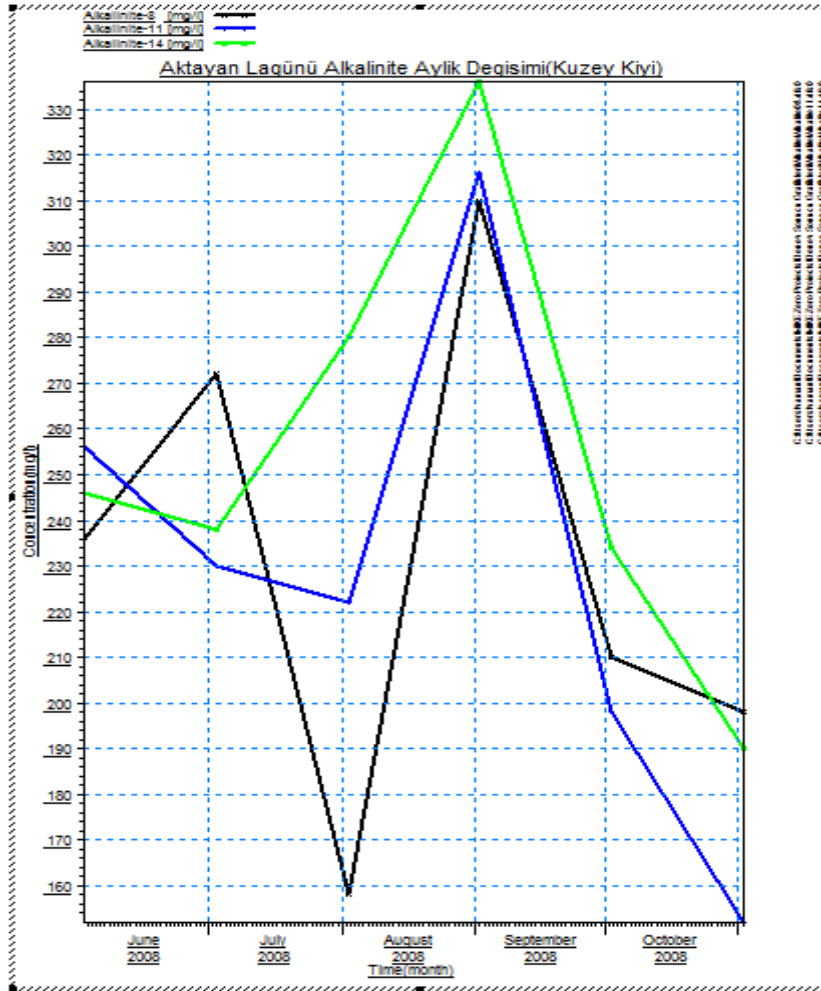
Çizelge 4.6. Akyatan Lagünü Alkalinite Aylık Değişimi(Batı ve Orta)



4.2.2 .Lagünün Kuzey Kıyı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün kuzey kıyılarında Alkalinite parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.7 deki gibidir. Burada en yüksek Alkalinite değeri Eylül ayında 336 mgCaCO₃/L ile 14 nolu istasyonda, en düşük değer ise Kasım ayında 152 mgCaCO₃/L ile 11 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada Alkaline parametresinin dalgalanma göstermesindeki sebepler 1, 4 ve 7 nolu istasyonlardaki sebeplerle aynıdır. Fakat burada 14 nolu istasyonun YD3 drenaj kanalına yakın olmasından dolayı bu kanal alkalite değerini etkilemiştir. Burada YD3 drenaj kanalından gelen organik maddelerin su ortamında bulunan organizmalar tarafından hidrolizi edilmesi sonucu alkalinite değeri değişim göstermektedir.

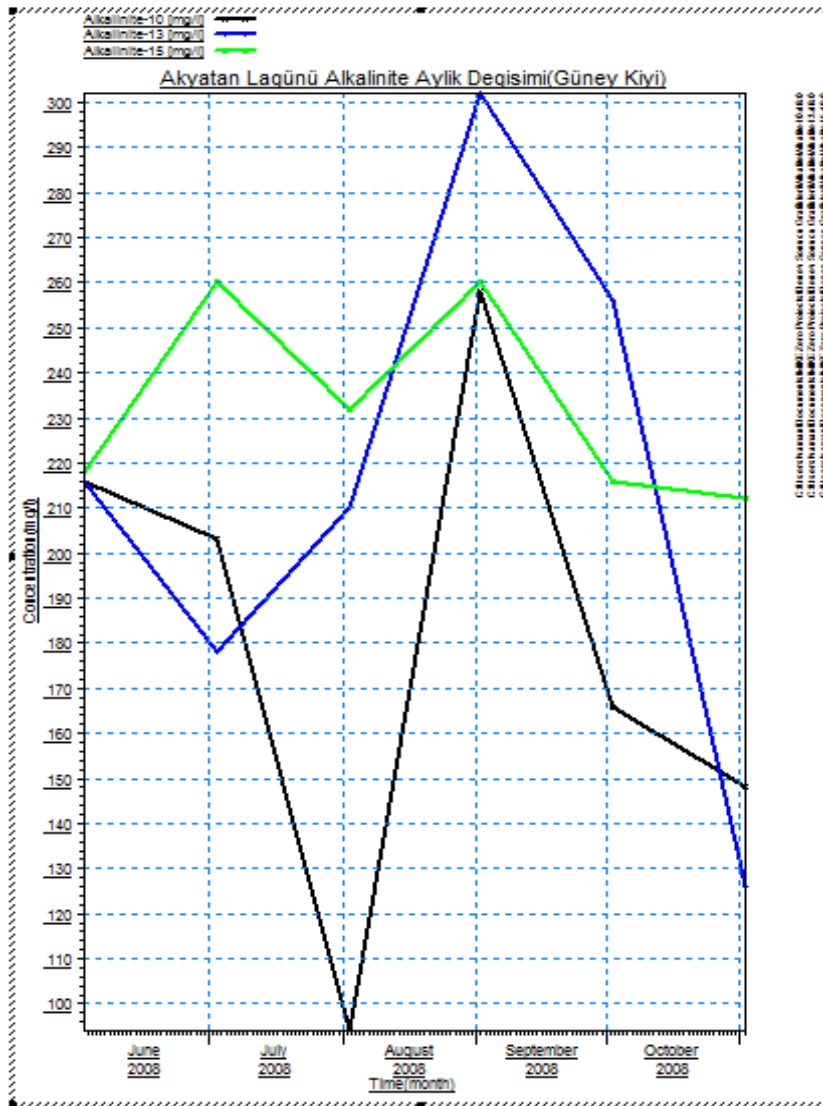
Çizelge 4.7. Akyatan Lagünü Alkalinite Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı)



4.2.3 .Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün güney kıyılarında Alkalinite parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.8 deki gibidir. Burada en yüksek Alkalinite değeri Eylül ayında 302 mgCaCO₃/L ile 13 nolu istasyonda, en düşük değer ise Ağustos ayında 94 mgCaCO₃/L ile 10 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada Alkalinite parametresinin dalgalanma gösterme sebepleri diğer istasyonlarla benzerlik göstermektedir. Ek olarak burada Alkalinite'ye YD3 ve P2D1 drenaj kanalından gelen suların etki ettiği düşünülmektedir.

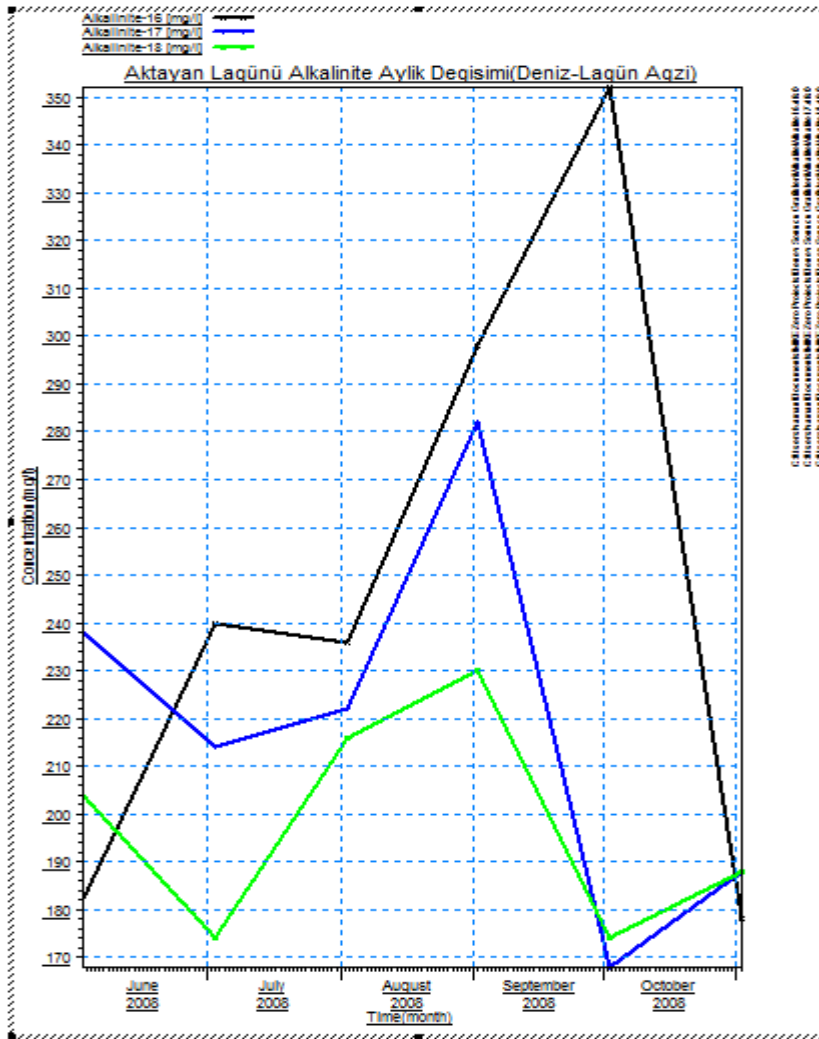
Çizelge 4.8. Akyatan Lagünü Alkalinite Aylık Değişimi(Güney Kıyı)



4.2.4 .Lagünün Lagün Ağız- Deniz Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün lagün ağız ve denizde Alkalinite parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.9 daki gibidir. Burada en yüksek Alkalinite değeri Ekim ayında 352 mgCaCO₃/L ile 16 nolu istasyonda, en düşük değer ise Ekim ayında 168 mg CaCO₃/L ile 17 nolu istasyonda gözlenmiştir. Buradaki doğrusal olmayan değişimin sebepleri diğer istasyonlarla benzerlik göstermektedir. Burada ayrıca YD3, P2D1 ve denizden gelen sularında etki ettiği gözlenmiştir.

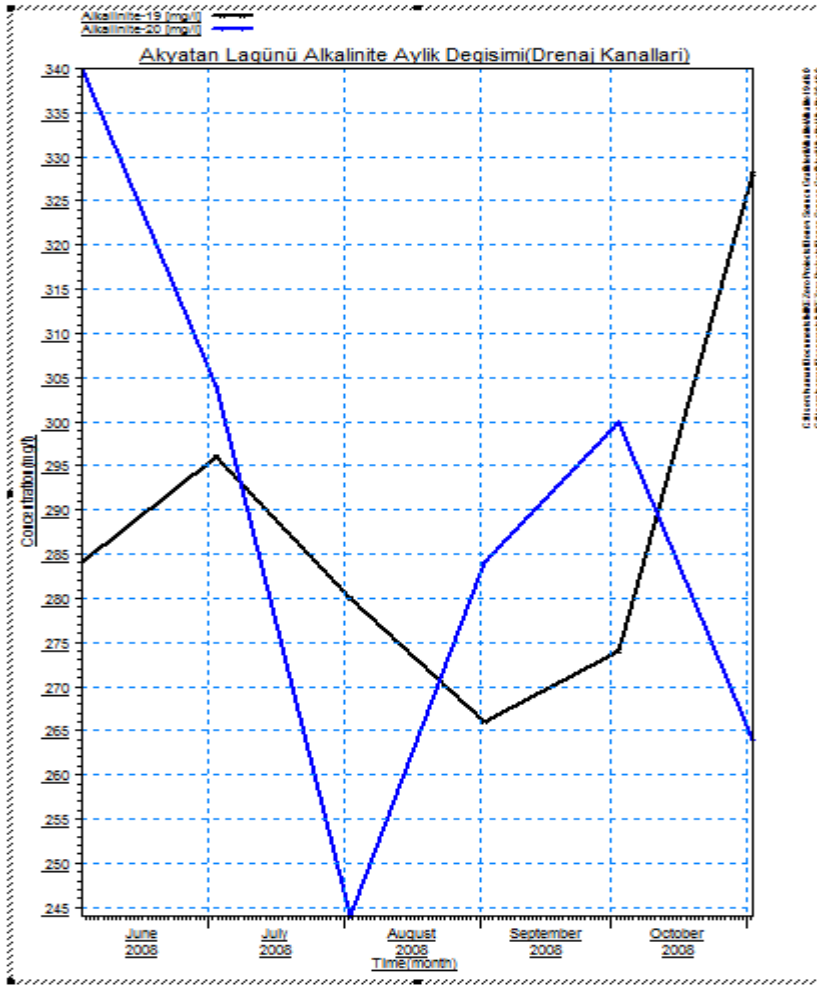
Çizelge 4.9. Akyatan Lagünü Alkalinite Aylık Değişimi(Lagün ağız- Deniz)



4.2.5 .Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'ne gelen drenaj kanallarında Alkalinite parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.10 daki gibidir. Burada en yüksek Alkalinite değeri Haziran ayında 344 mgCaCO₃/L ile 20 nolu istasyonda, en düşük değer ise yine Haziran ayında 244 mgCaCO₃/L ile 20 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada Alkalinite değişimi YD3 ve P2D1 drenaj kanallarından gelen sulardaki organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından parçalanması sırasında meydana gelen CO₂ ten etkilenmesi olarak gözlenmiştir.

Çizelge 4.10. Akyatan Lagünü Alkalinite Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları)

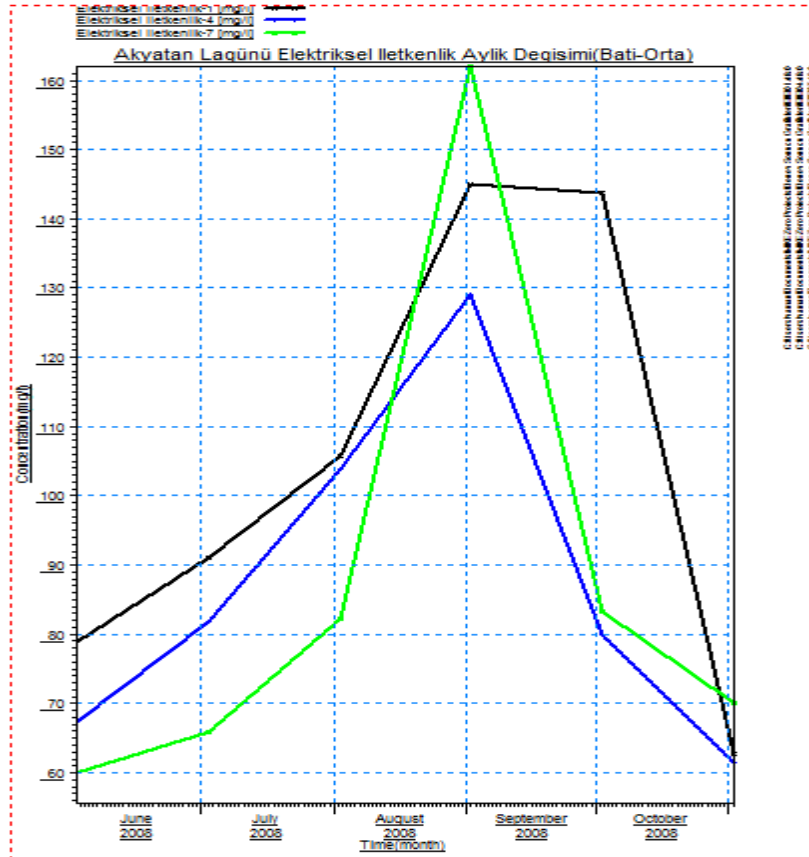


4.3 .Elektriksel İletkenlik İstasyon Bazında Aylık Değişim Grafikleri

4.3.1 .Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün batı ve ortasında Elektriksel İletkenlik-Eİ parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.11 deki gibidir. Burada en yüksek Eİ değeri Eylül ayında 162 mS/cm ile 7 nolu istasyonda, en düşük değer ise Haziran ayında 60 mS/cm ile yine 7 nolu istasyonda gözlenmiştir. Elektriksel İletkenlik değeri değişimi yaz aylarında sıcaklık ve buharlaşmanın artmasına paralel olarak yüksek değerler seyretmektedir. Yağışın bol, buharlaşmanın az olduğu dönemlerde Eİ değerlerinde düşüş gözlenmektedir. Ayrıca lagünde Eylül ayında Eİ değerinin yüksek çıkmasında diğer bir etkide, yazın suların çekilmesi sonucu kıyı kesimlerde birikmiş tuzların yağışlarla yıkanarak lagüne gelmesi sonucunda lagünde tuzluluk ve tuzluluğun paralelinde de Eİ değerinin yükseldiği gözlenmiştir.

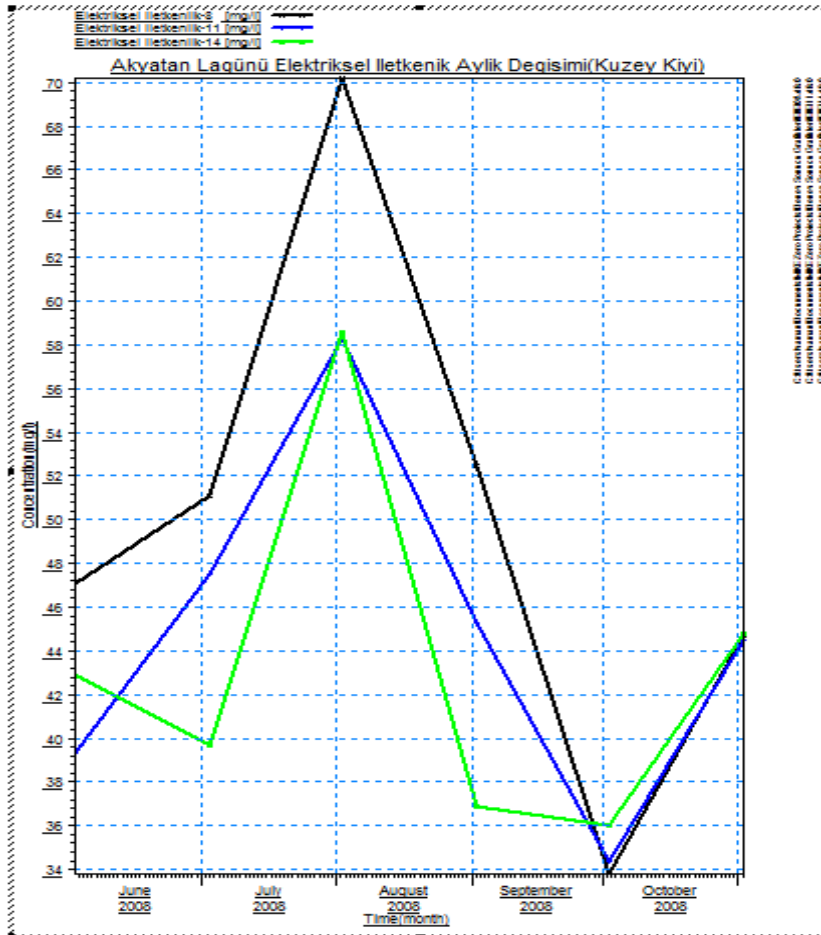
Çizelge 4.11. Akyatan Lagünü Elektriksel İletkenlik Aylık Değişimi(Batı- Orta)



4.3.2 .Lagünün Kuzey Kıyı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün kuzey kıyılarında Elektriksel İletkenlik-Eİ parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.12 deki gibidir. Burada en yüksek Eİ değeri Ağustos ayında 70,7 mS/cm ile 8 nolu istasyonda, en düşük değer ise Ekim ayında 36 mS/cm ile 14 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada Eİ değerinin yüksek olmasının sebepleri diğer istasyonlarla benzerlik göstermektedir. Yine yaz aylarında sıcaklık ve buharlaşmanın fazla olmasından dolayı Eİ değeri yüksek, yağışların başladığı aylarda ise düşük değerler seyretmektedir. Burada 11 ve 14 nolu istasyonlarda diğer istasyonlara göre Eİ değerleri; bu istasyonlara YD3 ve P2D1 drenaj kanallarından gelen tarımsal sulamadan dönen suların gelmesi sonucu azalma göstermektedir.

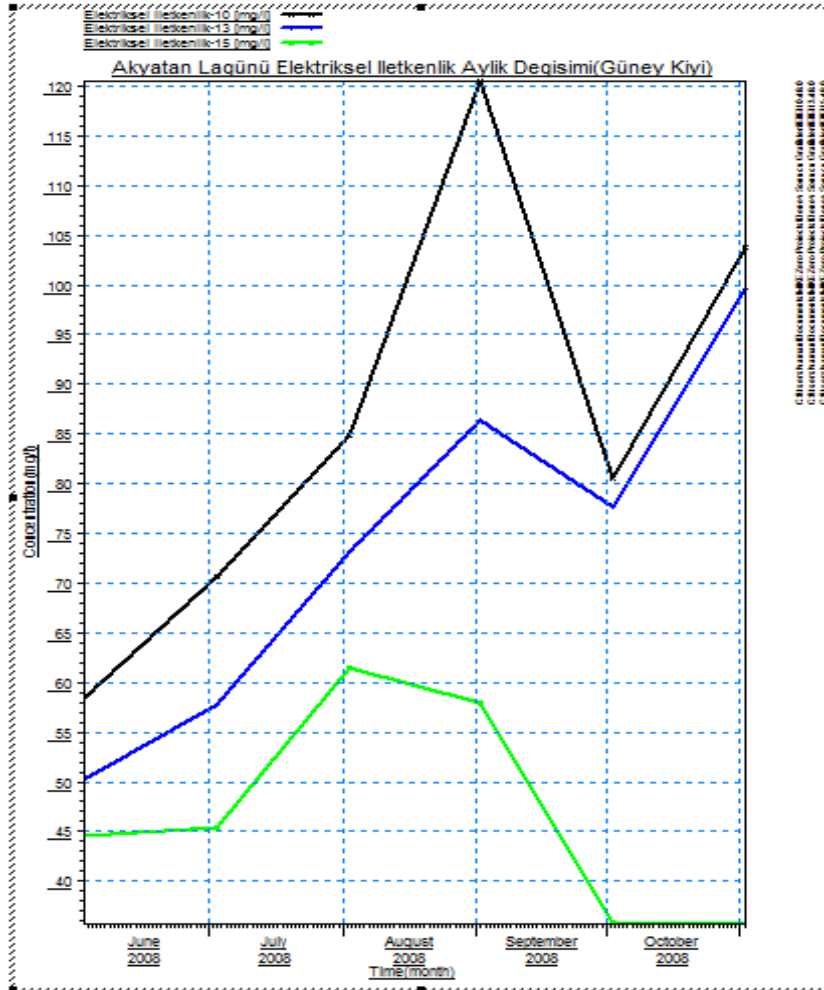
Çizelge 4.12. Akyatan Lagünü Elektriksel İletkenlik Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı)



4.3.3 .Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün güney kıyılarında Elektriksel İletkenlik-Eİ parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.13 deki gibidir. Burada en yüksek Eİ değeri Eylül ayında 120,5 mS/cm ile 10 nolu istasyonda, en düşük değer ise Kasım ayında 36 mS/cm ile 15 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada gözlemlenen Eİ değerlerinin değişimlerin nedeni diğer istasyonlarda gözlemlenen nedenlerle benzerdir. Bu istasyonlardan 13 ve 15 nolu istasyonlar denizden lagüne ve drenaj kanallarından lagüne gelen su girişi sebebiyle Eİ değerleri değişimler göstermektedir. Drenaj kanallarından gelen tatlı sular Eİ değerlerini düşürürken, denizden lagüne gelen tuzlu sular artırıcı etkiler yapmaktadır.

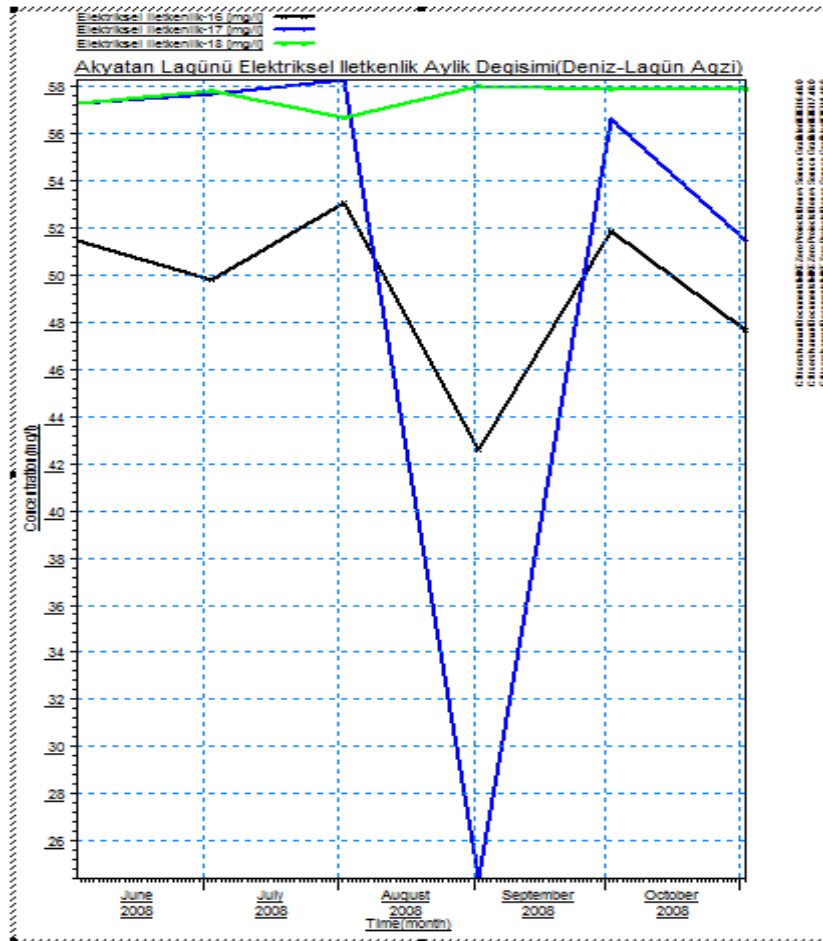
Çizelge 4.13. Akyatan Lagünü Elektriksel İletkenlik Aylık Değişimi(Güney Kıyı)



4.3.4 .Lagünün Lagün Ağız- Deniz Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün lagün ağız ve denizde Elektriksel İletkenlik-Eİ parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.14 deki gibidir. Burada en yüksek Eİ değeri Ağustos ayında 58,3 mS/cm ile 17 nolu istasyonda, en düşük değer ise Eylül ayında 24,4 mS/cm ile 17 nolu istasyonda gözlenmiştir. Buradaki istasyonlarda da Eİ değerleri değişimleri diğer istasyonlarla benzer nedenlere sahiptirler. Sıcaklığın ve buharlaşmanın olduğu yaz dönemlerinde yüksek, yağışın bol olduğu dönemlerde düşük değerler seyretmektedir. Burada 17 nolu istasyonda tuzluluk değişimi lagün-deniz su girişiminden etkilenmektedir. Ayrıca 16 nolu istasyon da yine deniz ve drenaj kanallarından gelen sulardan etkilendiği gözlenmektedir.

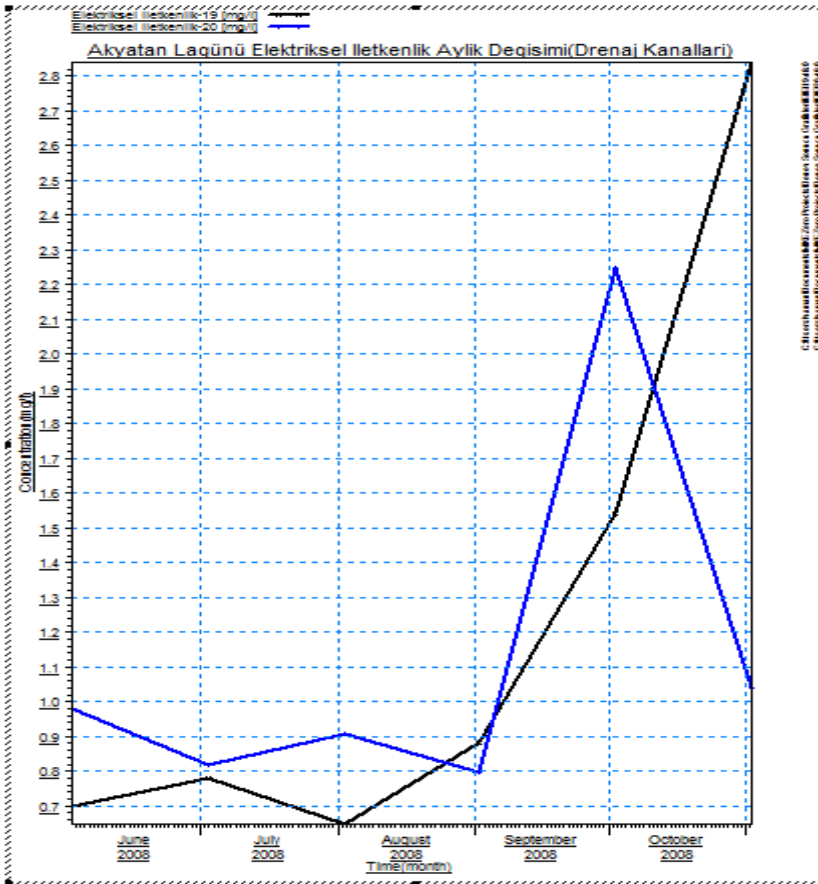
Çizelge 4.14. Akyatan Lagünü Elektriksel İletkenlik Aylık Değişimi(Lagün Ağız-Deniz)



4.3.5 .Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'ne gelen drenaj kanallarında Elektriksel İletkenlik-Eİ parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.15 deki gibidir. Burada en yüksek Eİ değeri Kasım ayında 2,84 mS/cm ile 19 nolu istasyonda, en düşük değer ise Ağustos ayında 0,65 mS/cm ile yine 19 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada bulunan istasyonlar YD3 ve P2D1 drenaj kanalları içerisinde yer almaktadır. Bu kanallar tarımsal alanlardan dönen sulama sularını taşımakta bu sebeple diğer istasyonlara göre daha az Eİ sahiptir. Bu istasyonlarda yazın düşük Eİ değeri, kışın ise yüksek Eİ değerine sahip olmasının nedeni; sulama öncesinde toprakta biriken tuzların yağışlar ve tarımsal sulama ile bu kanallara gelmesi nedeniyle olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.15. Akyatan Lagünü Elektriksel İletkenlik Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları)

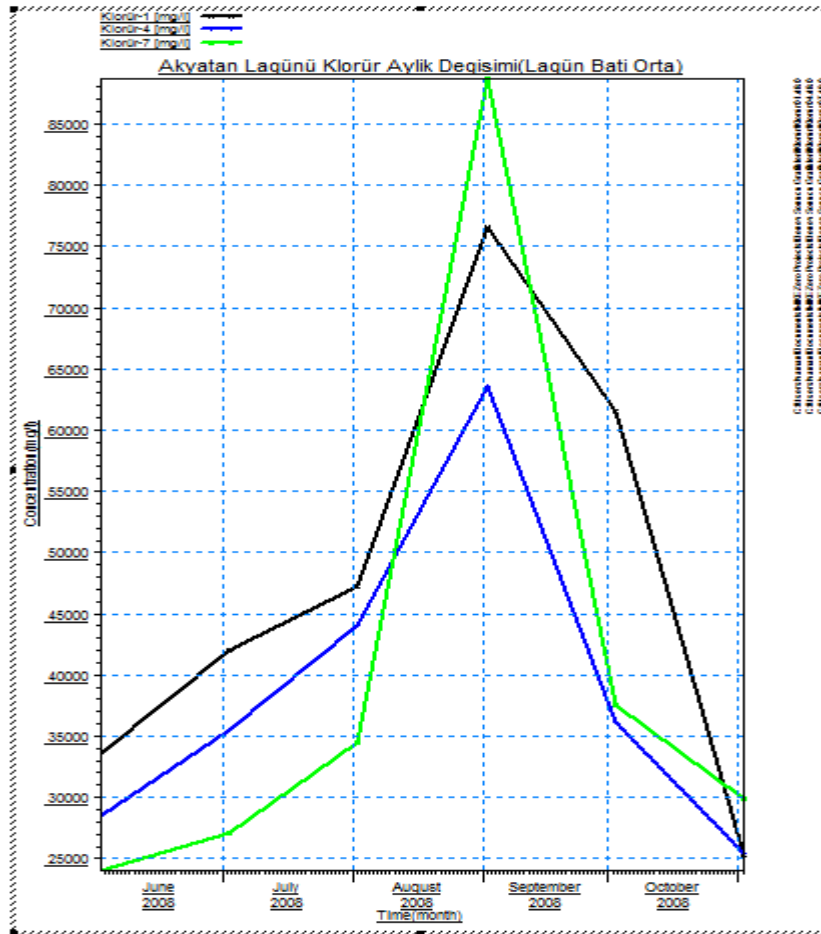


4.4 .Klorür'ün İstasyon Bazında Aylık Değişim Grafikleri

4.4.1 .Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün batı ve ortasında Klorür parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.16 daki gibidir. Burada en yüksek Klorür değeri Eylül ayında 88697 mg/L ile 7 nolu istasyonda, en düşük değer ise Haziran ayında 24026 mg/L ile yine 7 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada meydana gelen klorür değişiminin nedenleri sıcaklı ve buharlaşmadır. Eylül ayında gözlemlenen yüksek değerlerin sebebi; bu aydaki yüksek sıcaklıktan dolayı artan buharlaşma olarak gözlenmiştir. Klorür parametresinin düşük çıkmasının sebebi o ayda meydana gelen yağışlar olarak düşünülmektedir.

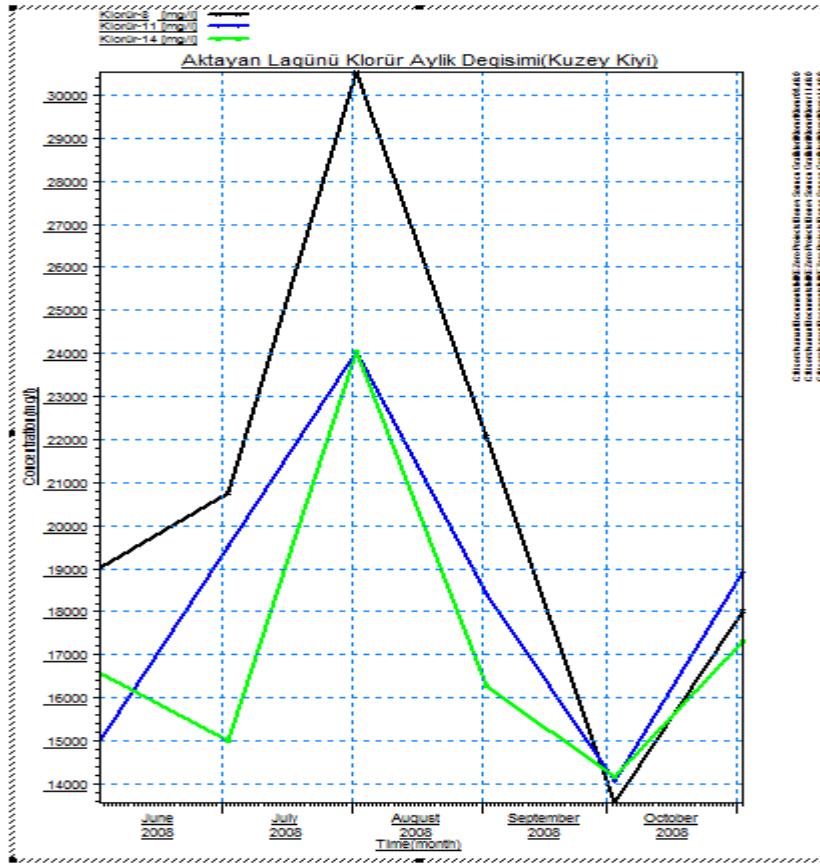
Çizelge 4.16. Akyatan Lagünü Klorür Aylık Değişimi(Batı ve Orta)



4.4.2 .Lagünün Kuzey Kıyı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün kuzey kıyılarında Klorür parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.17 deki gibidir. Burada en yüksek Klorür değeri Ağustos ayında 30534 mg/L ile 8 nolu istasyonda, en düşük değer ise Ekim ayında 13568 mg/L ile yine 8 nolu istasyonda gözlenmiştir. Buradaki istasyonlarda Klorür parametresinin değişimini etkileyen nedenler daha önceki istasyonlarla benzerlik göstermektedir. Yine yaz ayında sıcaklık ve buharlaşma nedeniyle Klorür değerleri yüksek, yağışların bol olduğu dönemlerde ise düşük değerler gözlenmektedir. Ayrıca 11 ve 14 nolu istasyonlardan elde edilen değerler, diğer istasyonlara göre düşüktür. Bunun sebebi, bu istasyonların tatlı su taşıyan YD3 ve P2D1 drenaj kanallarının etkisinde olmasından kaynaklandığı gözlenmiştir.

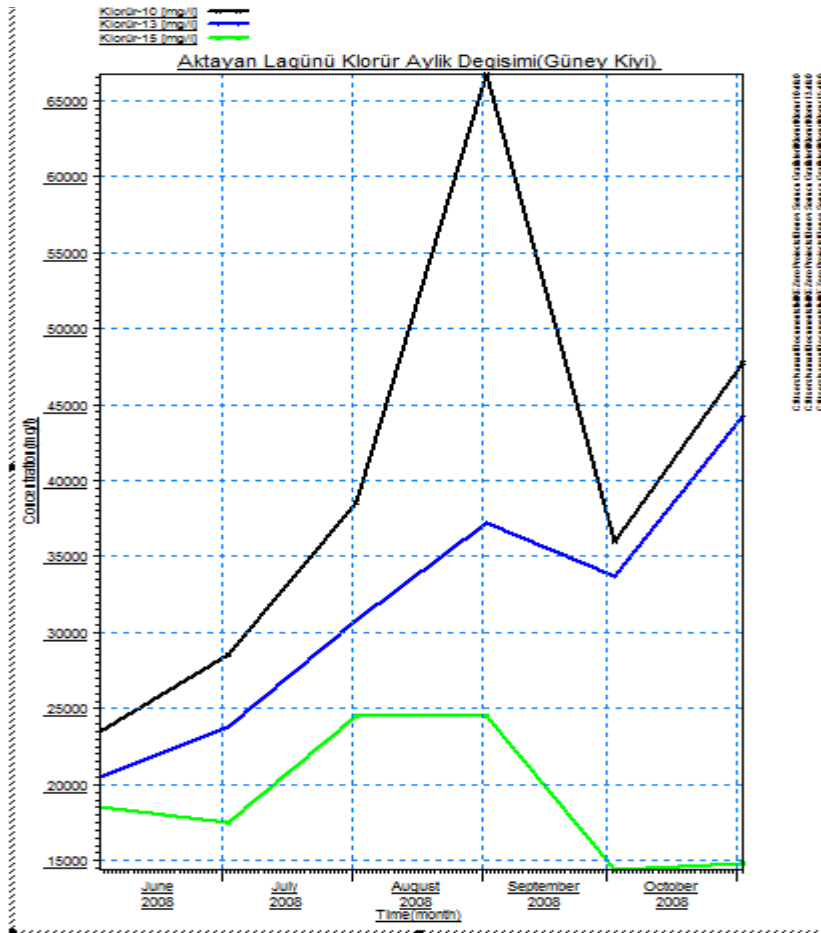
Çizelge 4.17. Akyatan Lagünü Kloür Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı)



4.4.3 .Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün güney kıyılarında Klorür parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.18 deki gibidir. Burada en yüksek Klorür değeri Eylül ayında 60753 mg/L ile 10 nolu istasyonda, en düşük değer ise Ekim ayında 14416 mg/L ile 15 nolu istasyonda gözlenmiştir. Buradaki istasyonlarda da klorür değerinin artış ve azalışı diğer istasyonlarla benzer özelliklere sahiptir. Ayrıca burada 13 ve 15 nolu istasyonlar YD3 ve P2D1 drenaj kanalından gelen tatlı sular sebebi ile değişim göstermektedir.

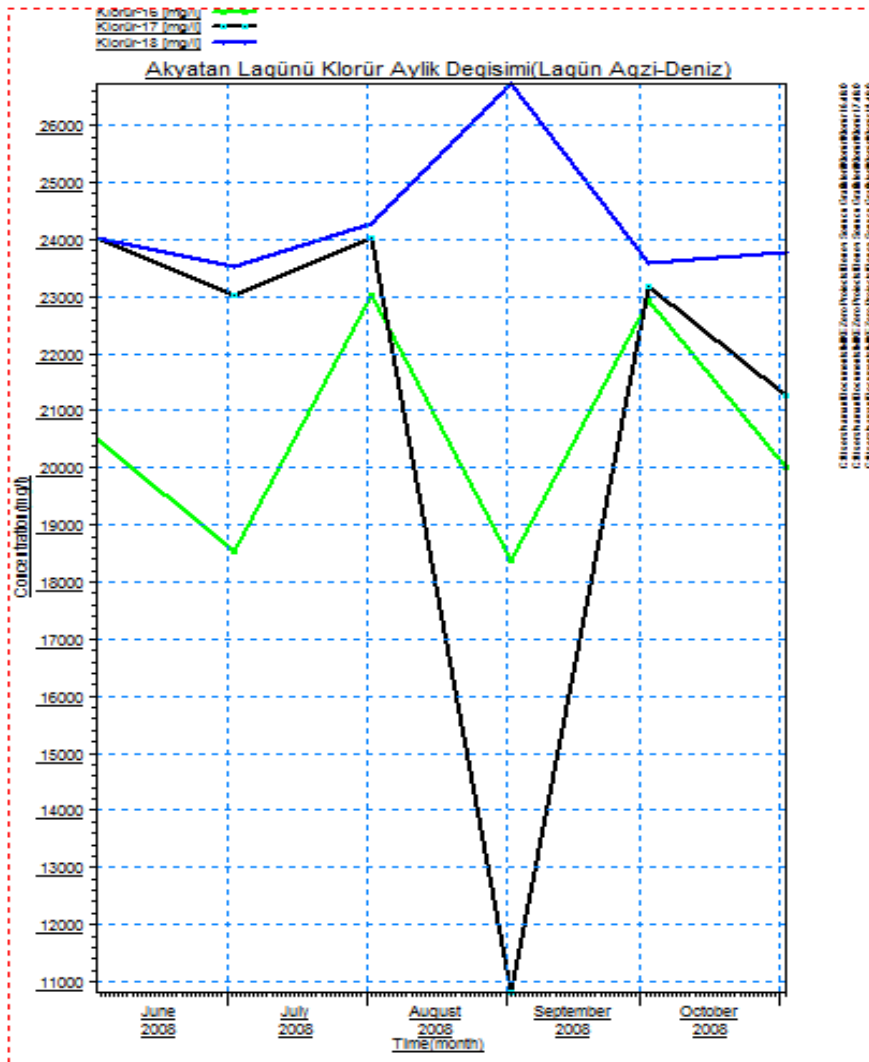
Çizelge 4.18. Akyatan Lagünü Klorür Aylık Değişimi(Güney Kıyı)



4.4.4 .Lagünün Lagün Ağız- Deniz Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün lagün ağızı ve denizde Klorür parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.19 daki gibidir. Burada en yüksek Klorür değeri Eylül ayında 26729 mg/L ile 18 nolu istasyonda, en düşük değer ise Eylül ayında 10812 mg/L ile 17 nolu istasyonda gözlenmiştir. Buradaki değişimler diğer istasyonlarla benzerlik göstermektedir. Ayrıca 16 nolu istasyon denizden lagüne ve lagünden denize gelen gelen suların etkisiyle değişim göstermektedir.

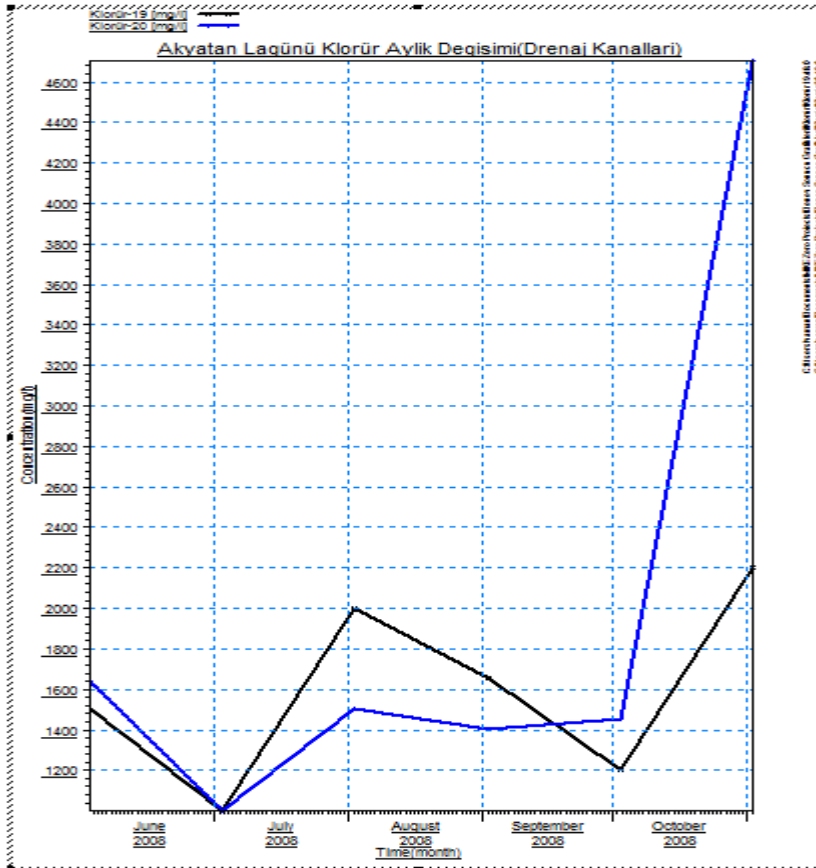
Çizelge 4.19. Akyatan Lagünü Klorür Aylık Değişimi(Lagün Ağız- Deniz)



4.4.5 .Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'ne gelen drenaj kanallarında Klorür parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.20 deki gibidir. Burada en yüksek Klorür değeri Kasım ayında 2,84 mg/L ile 19 nolu istasyonda, en düşük değer ise yine Ağustos ayında 0,65 mg/L ile yine 19 nolu istasyonda gözlenmiştir. Klorür değeri çeşitli şekillerde oluşabilmektedir. Suyun çözücü gücü toprağın üst tabakalarındaki ve daha dip toprak oluşumlarındaki klorürleri çözer ve bünyesine alır. Ayrıca tuzlu deniz suyunun sprey halinde havaya karışması ve daha sonra bu suyun taşınarak küçük tuz kristallerinin hava yoluyla taşınmasıyla tarımsal alanlara geçer. Burada biriken klorürler yağışın bol olduğu mevsimlerde veya tarımsal sulanın yapıldığı dönemlerde drenaj kanalları ile taşınarak azda olsa klorür parametresinin artışına neden olmaktadır.

Çizelge 4.20. Akyatan Lagünü Klorür Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları)

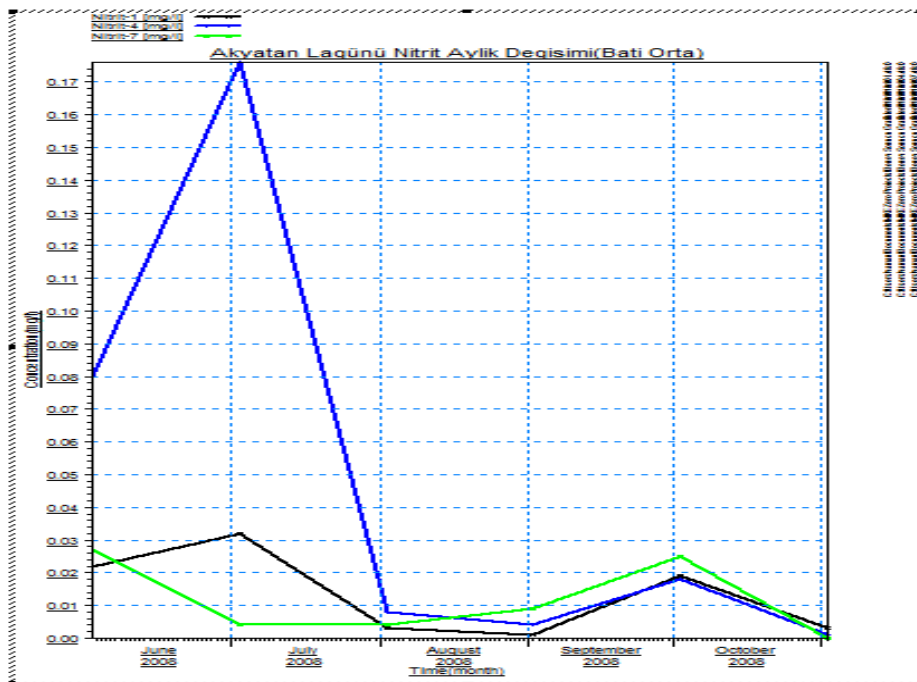


4.5 .Nitrit'in İstasyon Bazında Aylık Değişim Grafikleri

4.5.1 .Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün batı ve ortasında Nitrit parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.21 deki gibidir. Burada en yüksek Nitrit değeri Temmuz ayında 0,176 mgNO₂-N/L ile 4 nolu istasyonda, en düşük değer ise Kasım ve Eylül aylarında 0-0,001 mgNO₂-N/L ile 1, 4 ve 7 nolu istasyonlarda gözlenmiştir. Nitrit yüzeysel sularda ortamda bulunan oksijenle hızlı bir şekilde reaksiyona girerek Nitratlara dönüştüğünden su ortamında çok az bulunan bir iyondur. Nitritin bu istasyonlarda yüksek olmasının nedeni olarak; tarımsal arazilerde kullanılan azotlu gübre ve azotlu organik maddelerin sulama sonucu taşınarak lagüne geldiği, ayrıca lagün yakınında bulunan köylerden gelen atıksuların lagüne taşınması olarak düşünülmektedir. Düşük seviyelerde seyretmesinin nedeni olarak Nitritin, ortam sıcaklığının artmasına bağlı olarak bakteriyolojik faaliyetler sonucu azaldığı ve yağışların bol olduğu mevsimlerde meydana gelen seyrelmeler olarak söylenebilir. Ayrıca literatürde yüzeysel sularda ve yer altı sularında Nitrit değerinin 0,1 mg/L yi geçmemesi önerilmektedir (Samsunlu, 1999).

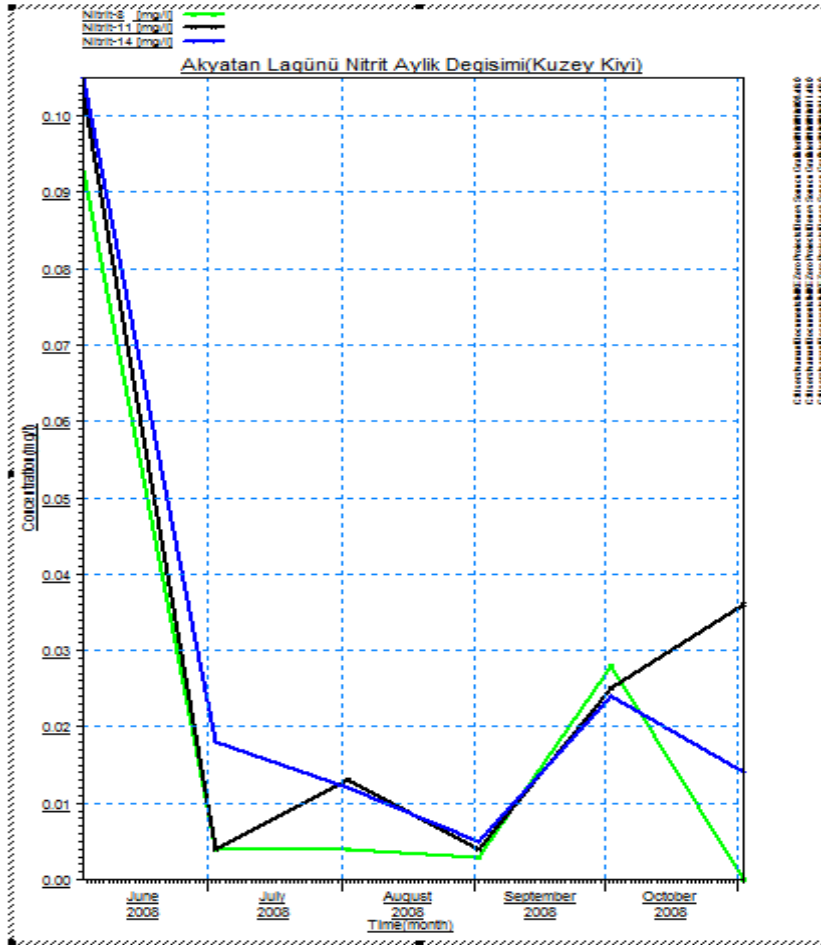
Çizelge 4.21. Aktayan Lagünü Nitrit Aylık Değişimi(Batı ve Orta)



4.5.2 .Lagünün Kuzey Kıyı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün kuzey kıyılarında Nitrit parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.22 deki gibidir. Burada en yüksek Nitrit değeri Haziran ayında 0,105 mgNO₂-N/L ile 14 nolu istasyonda, en düşük değer ise Kasım ayında 0 mgNO₂-N/L ile 8 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada yaz aylarında sıcaklığın artmasıyla meydana gelen bakteriyolojik faaliyet sonucu Nitrit değeri düşüş gösterirken; yağışların bol olduğu mevsimlerde tarımsal alanlarda kullanılan azotlu gübrelerin yıkanması ve taşınması(YD3 ve P2D1) ile lagünde Nitrit değeri artış göstermektedir. Ayrıca lagün çevresinde bulunan köylerden gelen atıksuların lagüne sızması sonucu nitrit değerinin değişimini etkilediği düşünülmektedir.

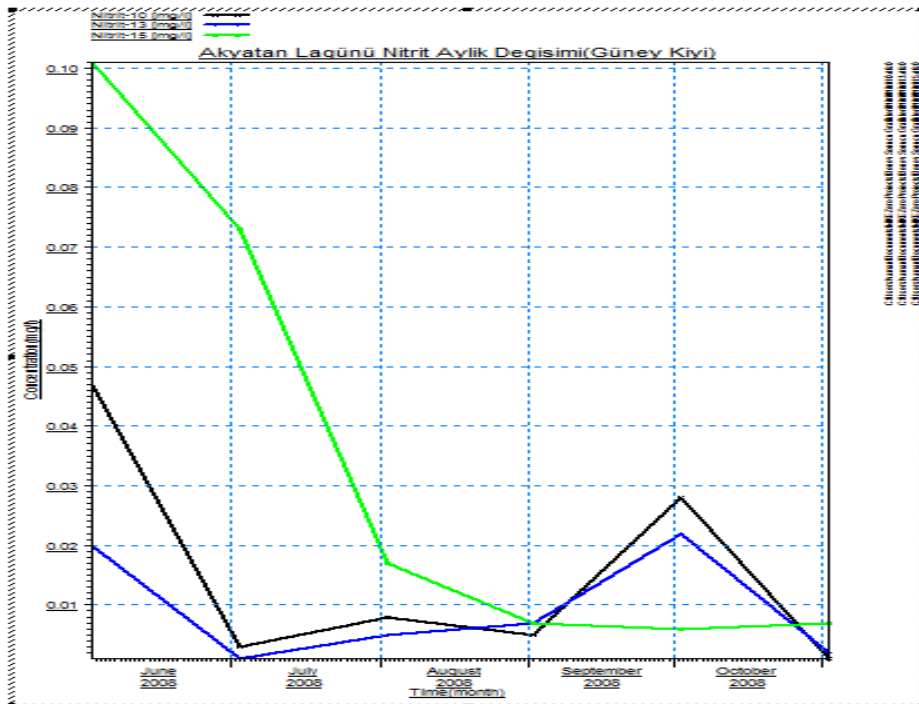
Çizelge 4.22. Akyatan Lagünü Nitrit Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı)



4.5.3 .Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün güney kıyılarında Nitrit parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.23 deki gibidir. Burada en yüksek Nitrit değeri Temmuz ayında 0,101 mgNO₂-N/L ile 10 nolu istasyonda, en düşük değer ise Temmuz ve Kasım aylarında 0,001 mgNO₂-N/L ile 10 ve 13 nolu istasyonlarda gözlenmiştir. Bu istasyonlarda da Nitrit parametresinin değişimi diğer istasyonlarla benzer özellikler göstermektedir. Ayrıca burada 15 nolu istasyonda Nitrit değerindeki dalgalanmaların nedeni; bu istasyonun hem drenaj kanallarından gelen sularla hem de denizden gelen sularla etkileniyor olmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle lagün ağzının kapalı olduğu(yani deniz suyu girişinin olmadığı durumlarda) sadece drenaj kanallarının etkisinde kalmakta ve bu nedenle tarımsal arazilerde kullanılan azotlu gübre ve organik maddeler lagüne gelerek nitrit değerini yükseltmektedirler. Bunun yanında iki kaynaktan suların birlikte gelmesi neticesinde iyi bir seyrelme meydana gelmekte ve Nitrit değeri düşük değerler seyretmektedir. Yine bu istasyonlarda da köylerden gelen atıksu sızmalarının Nitrit parametresinin değişimine sebep olduğu düşünülmektedir.

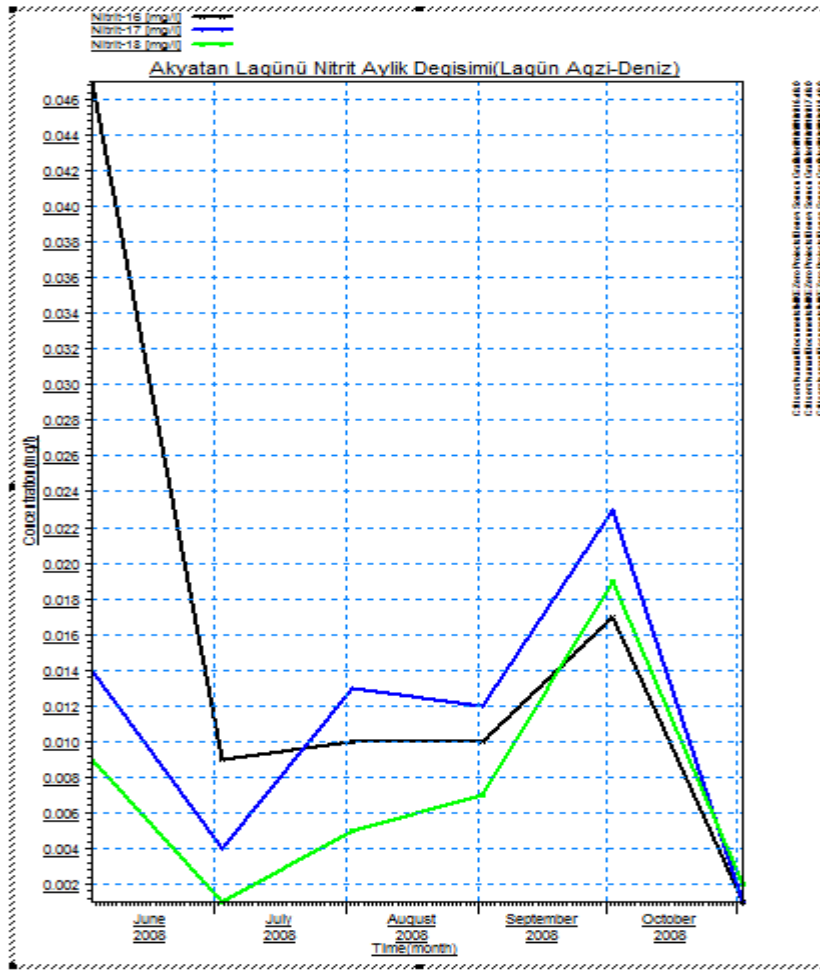
Çizelge 4.23. Akyatan Lagünü Nitrit Aylık Değişimi(Güney Kıyı)



4.5.4 .Lagünün Lagün Ağız- Deniz Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün lagün ağızı ve denizde Nitrit parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.24 deki gibidir. Burada en yüksek Nitrit değeri Haziran ayında 0,047 mgNO₂-N/L ile 16 nolu istasyonda, en düşük değer ise Temmuz ve Kasım aylarında 0,001 mgNO₂-N/L ile 16, 17, 18 nolu istasyonlarda gözlenmiştir. Burada yaz aylarında Nitrit değişiminin sebepleri diğer istasyonlarla benzerlik göstermektedir. Ayrıca burada 16 ve 17 nolu istasyonlarda, denizden lagüne, lagünden denize ve drenaj kanallarından lagüne olmak üzere üç şekilde bir su girişi olmaktadır. Bu sebeple bu istasyonlarda meydana gelen seyrelmelerden dolayı Nitrit değeri değişim göstermektedir.

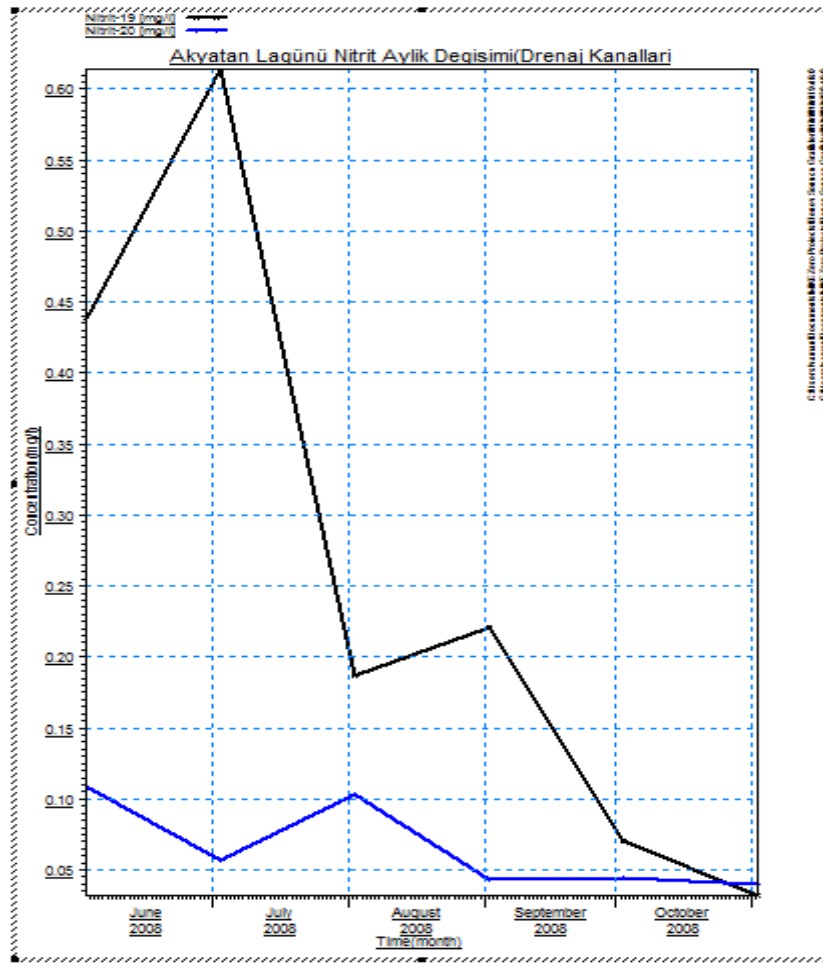
Çizelge 4.24. Akyatan Lagünü Nitrit Aylık Değişimi(Lagün ağız-Deniz)



4.5.5 .Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'ne gelen drenaj kanallarında Nitrit parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.25 deki gibidir. Burada en yüksek Nitrit değeri Temmuz ayında 0,614 mgNO₂-N/L ile 19 nolu istasyonda, en düşük değer ise Kasım ayında 0,032 mgNO₂-N/L ile yine 19 nolu istasyonda gözlenmiştir. Bu istasyonlar YD3 ve P2D1 drenaj kanalları içerisinde bulunmaktadır. Bu kanallar tarımsal alanlardan yağışla dönen azotlu gübre ve organik madde kalıntıları bulunan suları lagüne taşımaktadır. Ayrıca bu kanallara köylerden sızan atıksuların sızması sonucu da Nitrit değeri artış göstermektedir.

Çizelge 4.25. Akyatan Lagünü Nitrit Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları)

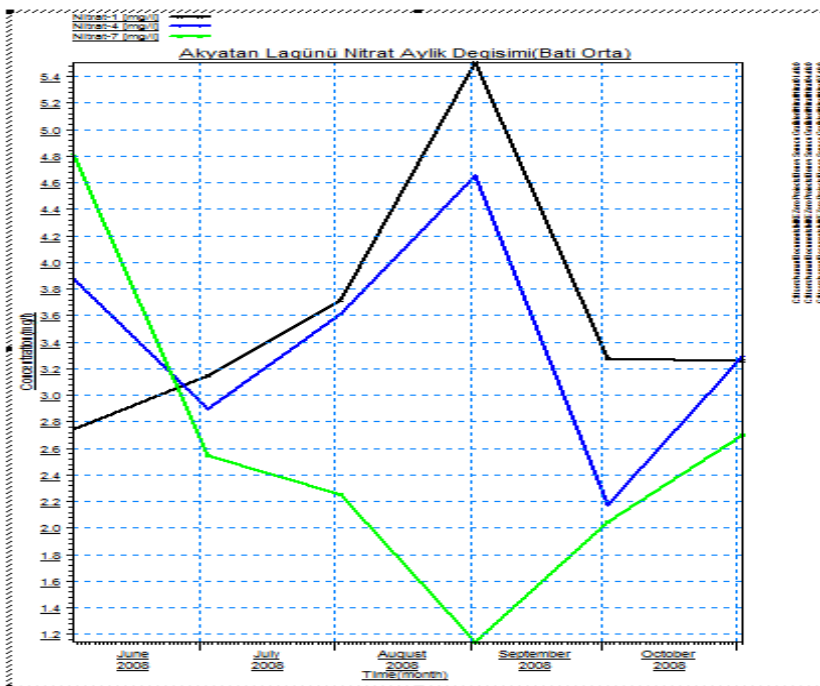


4.6 .Nitrat'ın İstasyon Bazında Aylık Değişim Grafikleri

4.6.1 .Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün batı ve ortasında Nitrat parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.26 deki gibidir. Burada en yüksek Nitrat değeri Eylül ayında 5,504 mgNO₃-N/L ile 1 nolu istasyonda, en düşük değer ise yine Eylül ayında 1,144 mgNO₃-N/L ile 7 nolu istasyonda gözlenmiştir. Nitrat yüzey sularında çeşitli yollarla gelmektedir. Tarımsal alanlarda kullanılan azotlu gübreler ve organik maddeler değişime uğrayarak Nitrat değerinin artışına neden olmaktadır. Ayrıca lagün çevresinde bulunan köylerden gelen atıksular da yine Nitrat değişimini artırmaktadır. Nitrat parametresinin düşük çıkma sebebi ise sıcaklığın yüksek olduğu aylarda meydana gelen bakteriyolojik aktivitelerdir. Azotlu bileşiklerden NH₃, O₂ ile reaksiyona girerek önce NO₂ ye daha sonra da NO₃ yani nitrata dönüşmektedir. Burada ortamda Amonyakın(NH₃) bulunması taze bir kirlenmenin yani sakıncalı bir durumun olduğunu, Nitrat(NO₃)'ın bulunması ise daha eski bir kirlenmeyi yani daha az sakıncalı bir durumun olduğunu göstermektedir. Buradaki istasyonlardaki Nitrat değerinde artış ve azalış yukarıdaki sebeplere bağlanabilmektedir.

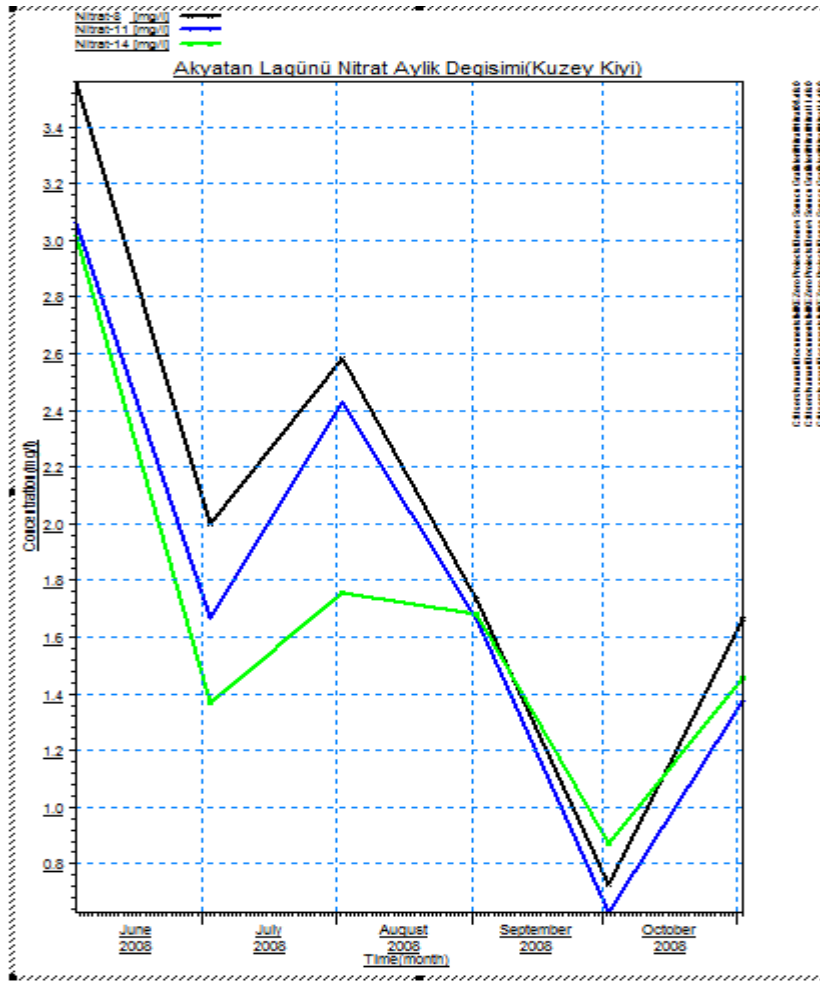
Çizelge 4.26. Akyatan Lagünü Nitrat Aylık Değişimi(Batı ve Orta)



4.6.2 .Lagünün Kuzey Kıyı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün kuzey kıyılarında Nitrat parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.27 deki gibidir. Burada en yüksek Nitrat değeri Haziran ayında 3,559 mgNO₃-N/L ile 8 nolu istasyonda, en düşük değer ise Ekim ayında 0,629 mgNO₃-N/L ile 11 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada Nitrat değişimine neden olan etkenler diğer istasyonlarla benzerlik göstermektedir. Ayrıca burada 11 ve 14 nolu istasyonlar, tarımsal alanlardan gelen azotlu gübre ve organik maddeler içeren tarımdan dönen suları taşıyan drenaj kanalları YD3 ve P2D1 in etkisinde değişim göstermektedir.

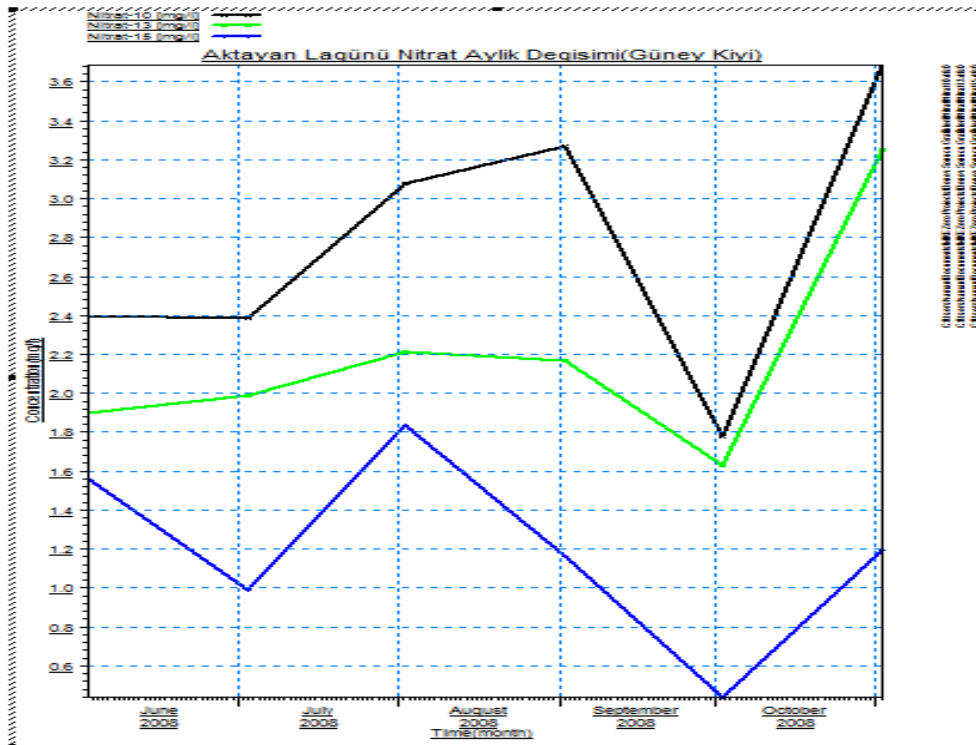
Çizelge 4.27. Akyatan Lagünü Nitrat Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı)



4.6.3 .Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün güney kıyılarında Nitrat parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.28 deki gibidir. Burada en yüksek Nitrat değeri Kasım ayında 3,686 mgNO₃-N/L ile 10 nolu istasyonda, en düşük değer ise Ekim ayında 0,439 mgNO₃-N/L ile 15 nolu istasyonda gözlenmiştir. Bu istasyonlarda da Nitrat parametresinin değişimi diğer istasyonlarla benzer özellikler göstermektedir. Ayrıca burada 15 nolu istasyonda Nitrat değerindeki dalgalanmaların nedeni; bu istasyonun hem drenaj kanallarından gelen sularla hem de denizden gelen sularla etkileniyor olmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle lagün ağzının kapalı olduğu(yani deniz suyu girişinin olmadığı durumlarda) sadece drenaj kanallarının etkisinde kalmakta ve bu nedenle tarımsal arazilerde kullanılan azotlu gübre ve organik maddeler lagüne gelerek Nitrat değerini yükseltmektedirler. Bunun yanında iki kaynaktan suların birlikte gelmesi neticesinde iyi bir seyrelme meydana gelmekte ve Nitrat değeri düşük değerler seyretmektedir. Yine bu istasyonlarda da köylerden gelen atıksu sızmalarının Nitrat parametresinin değişimine sebep olduğu düşünülmektedir.

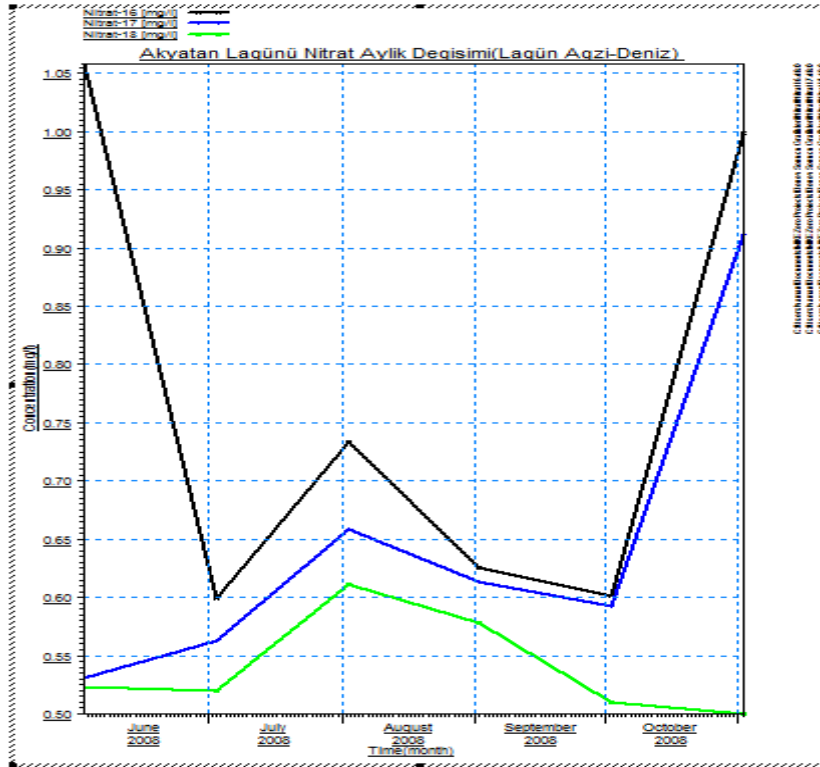
Çizelge 4.28. Akyatan Lagünü Nitrat Aylık Değişimi(Güney Kıyı)



4.6.4 .Lagünün Lagün Ağız- Deniz Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün lagün ağız ve denizde Nitrat parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.29 daki gibidir. Burada en yüksek Nitrat değeri Haziran ayında 1,058 mgNO₃-N/L ile 16 nolu istasyonda, en düşük değer ise Kasım ayında 0,500 mgNO₃-N/L ile 18 istasyonda gözlenmiştir. Burada yaz aylarında Nitrat değişiminin sebepleri diğer istasyonlarla benzerlik göstermektedir. Ayrıca burada 16 ve 17 nolu istasyonlarda, denizden lagüne, lagünden denize ve drenaj kanallarından lagüne olmak üzere üç şekilde bir su girişi olmaktadır. Bu sebeple bu istasyonlarda meydana gelen seyrelmelerden dolayı Nitrat değeri değişim göstermektedir. Ayrıca lagün etrafında bulunan balıkçı kulübeleri ve dalyanlarda çalışan işçilerin neden olduğu organik kirliliğinde bu istasyonlarda Nitrat değerine etki ettiği düşünülmektedir. Deniz suyunu temsil eden 18 nolu istasyonda Nitrat değişimine lagünden gelen azotlu bileşiklerin yüzeysel akışlarla bu alana gelmesi olarak düşünülmektedir.

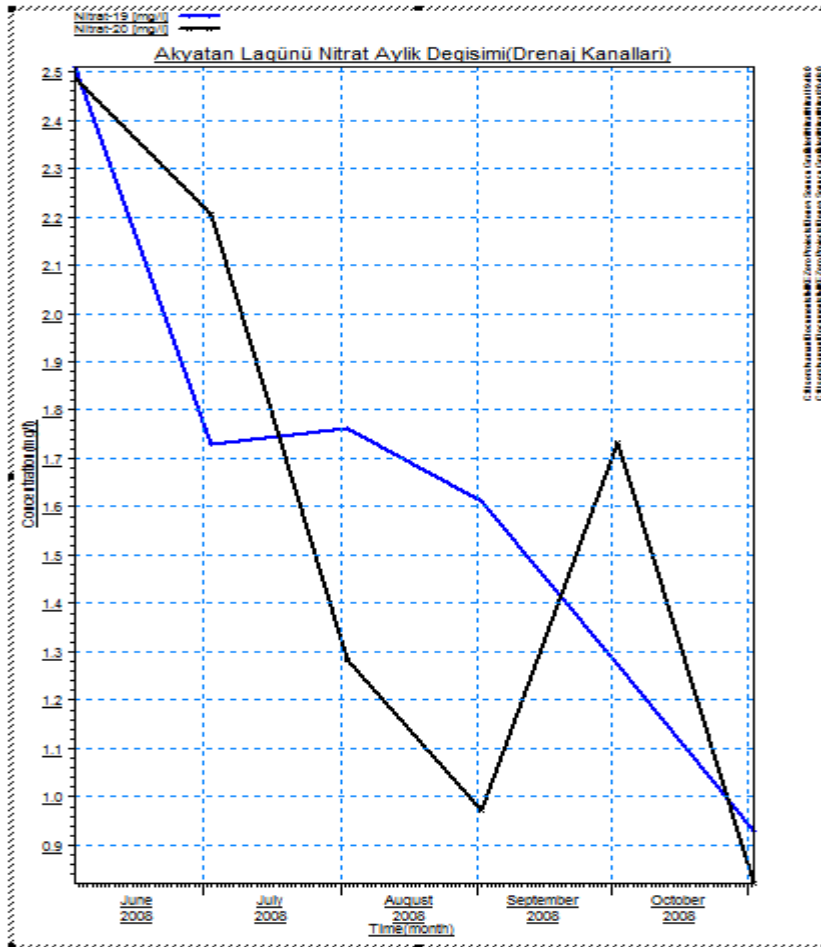
Çizelge 4.29. Akyatan Lagünü Nitrat Aylık Değişimi(Lagün Ağız- Deniz)



4.6.5 .Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'ne gelen drenaj kanallarında Nitrat parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.30 daki gibidir. Burada en yüksek Nitrat değeri Haziran ayında 2,51 mgNO₂-N/L ile 19 nolu istasyonda, en düşük değer ise Kasım ayında 0,821 mgNO₂-N/L ile 20 nolu istasyonda gözlenmiştir. Bu istasyonlar YD3 ve P2D1 drenaj kanalları içerisinde bulunmaktadır. Bu kanallar tarımsal alanlardan yağışla dönen azotlu gübre ve organik madde kalıntıları bulunan suları lagüne taşımaktadır. Ayrıca bu kanallara köylerden sızan atıksuların sızması ve amonyağın O₂ ile reaksiyonu sonucu da Nitrat değeri artış göstermektedir.

Çizelge 4.30. Akyatan Lagünü Nitrat Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları)

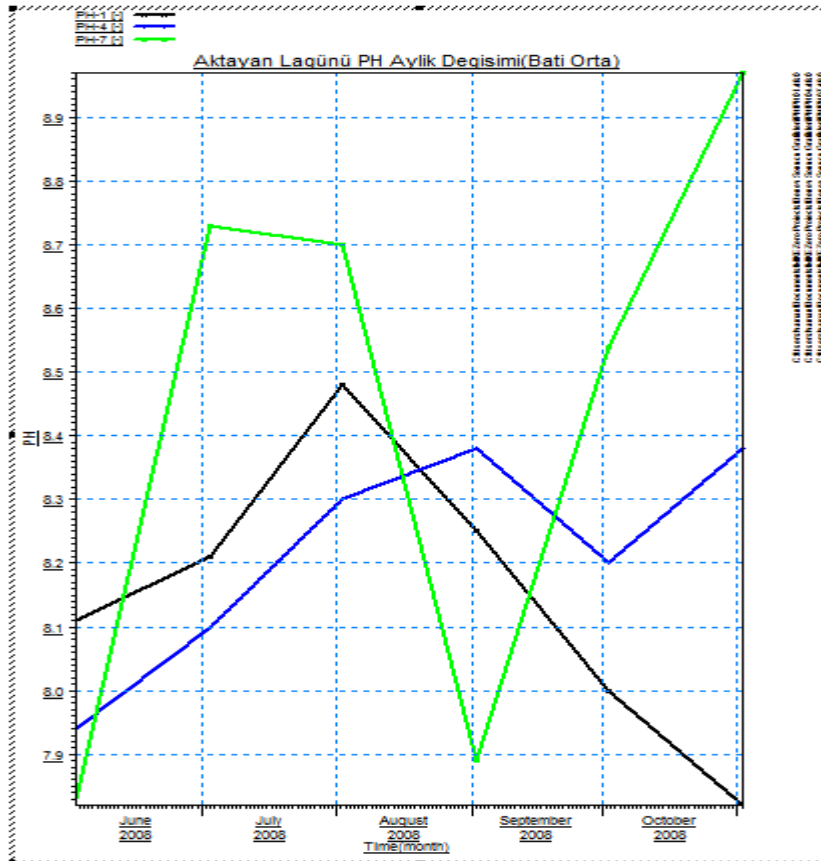


4.7 .PH'nın İstasyon Bazında Aylık Değişim Grafikleri

4.7.1 .Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün batı ve ortasında pH parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.31 deki gibidir. Burada en yüksek pH değeri Kasım ayında 8,97 ile 7 nolu istasyonda, en düşük değer ise Kasım ayında 7,82 ile 1 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada pH parametresi dalgalanmalar göstermektedir. pH'ın dalgalanmasının sebebi sıcaklık artışı ile su ortamında meydana gelen fotosentetik faaliyetlerin hızlanması, lagüne düşen yağışlar ve bu yağışların sonucu lagüne noktasal olmayan sızıntı sularının taşıdığı organik maddelerin biyolojik oksidasyonunun gerçekleşmesinin etkilediği düşünülmektedir. Su ortamındaki fotosentetik faaliyetler pH değerini artırırken, yağışlar ve organik madde oksidasyonu pH değerini azaltıcı etkiler yapmaktadır.

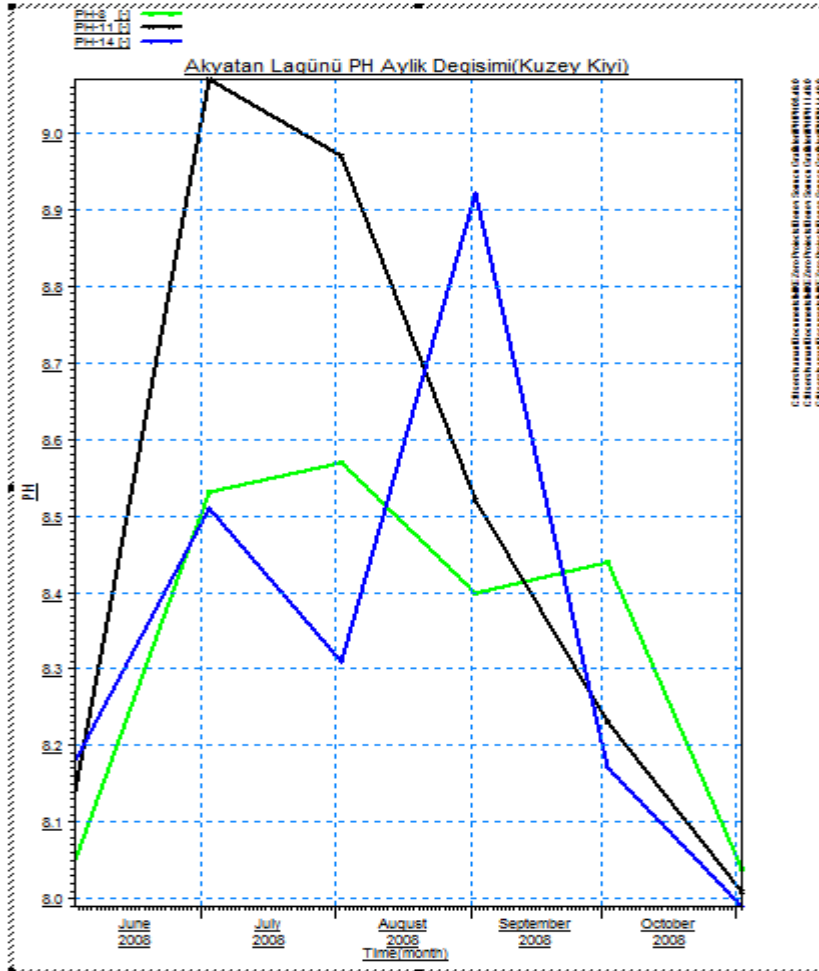
Çizelge 4.31. Akyatan Lagünü pH Aylık Değişimi(Batı ve Orta)



4.7.2 .Lagünün Kuzey Kıyı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün kuzey kıyılarında pH parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.32 deki gibidir. Burada en yüksek pH değeri Temmuz ayında 9,07 ile 8 nolu istasyonda, en düşük değer ise Kasım ayında 7,99 ile 14 nolu istasyonda gözlenmiştir. Buradaki istasyonlarda meydana gelen değişimler diğer istasyonlarla benzerlik göstermektedir. Ayrıca burada 11 ve 14 nolu istasyonlar YD3 ve P2D1 drenaj kanallarının etkisinde değişim gösterdiği düşünülmektedir.

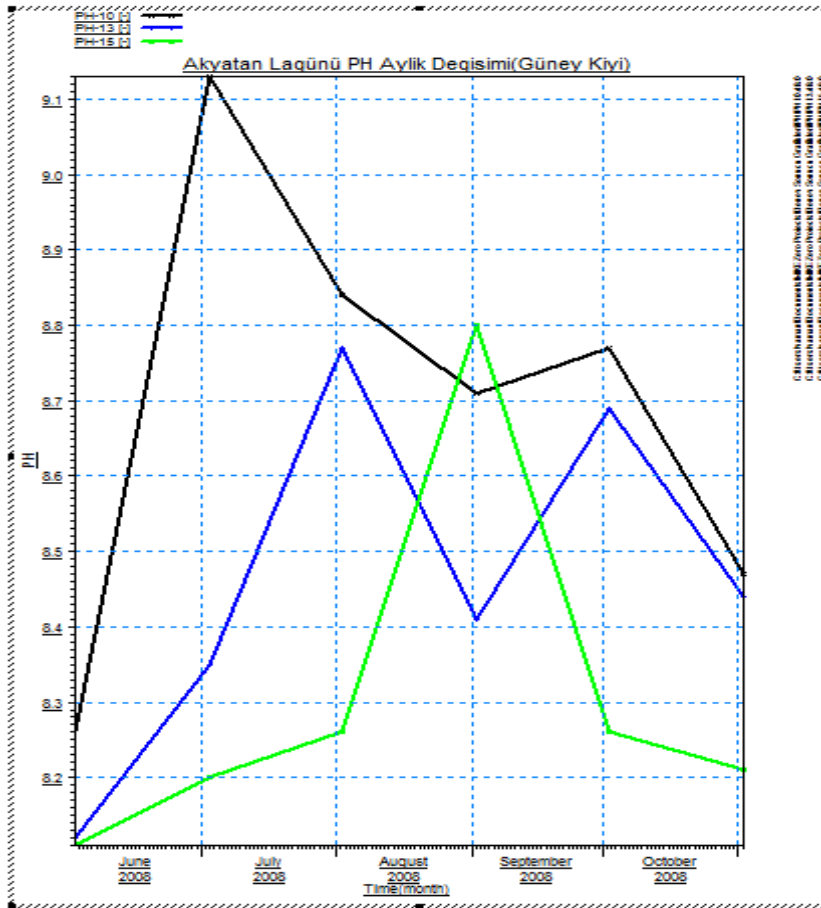
Çizelge 4.32. Akyatan Lagünü pH Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı)



4.7.3 .Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün güney kıyılarında pH parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.33 deki gibidir. Burada en yüksek pH değeri Temmuz ayında 9,13 ile 10 nolu istasyonda, en düşük değer ise Kasım ayında 8,11 ile 15 nolu istasyonda gözlenmiştir. Buradaki istasyonlarda gözlemlenen değişimler diğer istasyonlarla benzerlik göstermektedir. Ayrıca burada 13 ve 15 nolu istasyonlar YD3 ve P2D1 drenaj kanalları etkisinde değişim göstermektedirler.

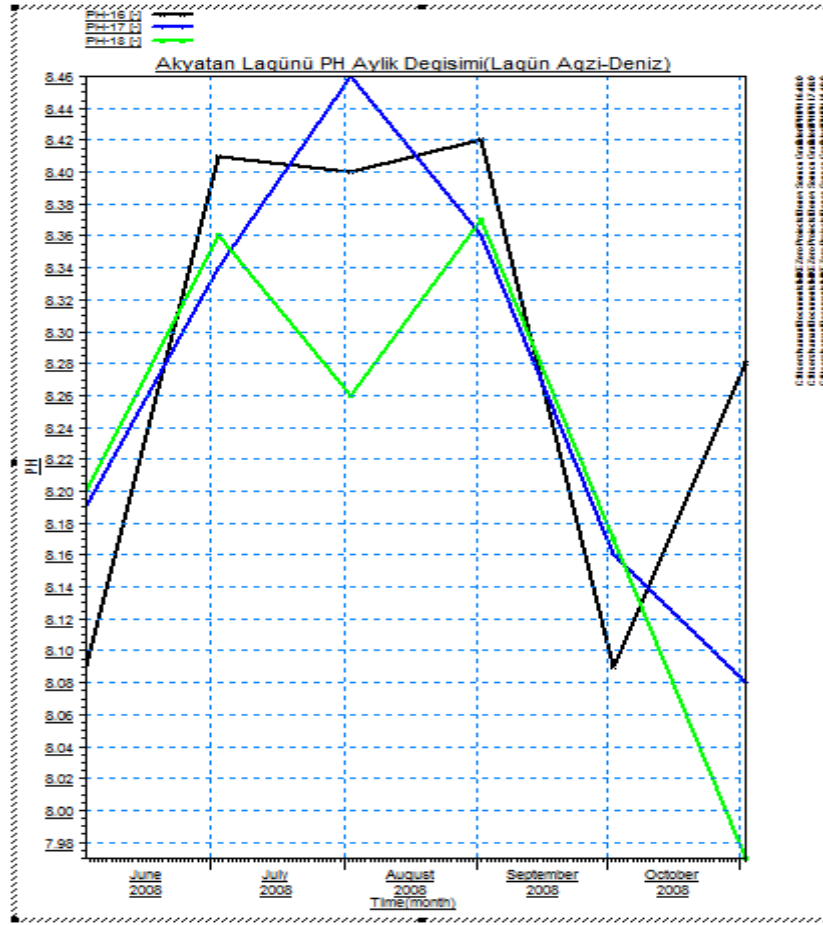
Çizelge 4.33. Akyatan Lagünü pH Aylık Değişimi(Güney Kıyı)



4.7.4 .Lagünün Lagün Ağız- Deniz Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün lagün ağız ve denizde pH parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.34 deki gibidir. Burada en yüksek pH değeri Ağustos ayında 8,46 ile 17 nolu istasyonda, en düşük değer ise Kasım ayında 8,08 ile yine 17 nolu istasyonda gözlenmiştir. Bu istasyonlarda meydana gelen değişimler diğer istasyonlarda olduğu gibi benzerlik göstermektedir. Ayrıca 16 ve 17 nolu istasyonlarda lagünden denize veya denizden lagüne doğru bir akışın olduğu durumlarda pH parametresini etkilediği gözlenmiştir.

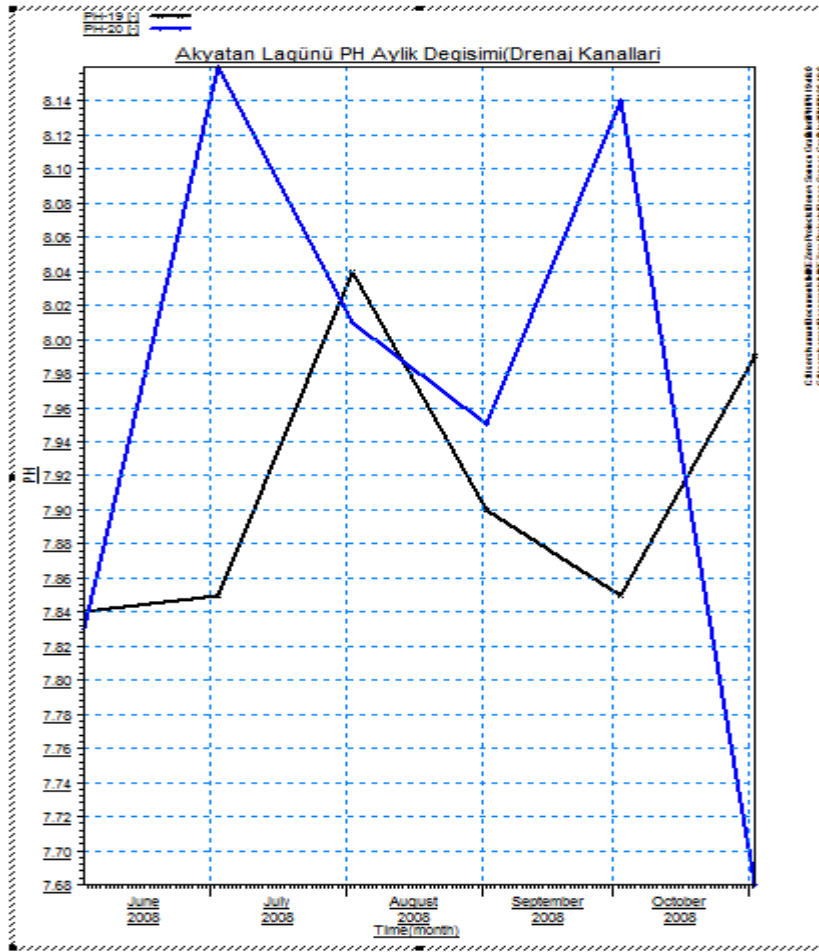
Çizelge 4.34. Akyatan Lagünü pH Aylık Değişimi(Lagün Ağız-Deniz)



4.7.5 .Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'ne gelen drenaj kanallarında pH parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.35 deki gibidir. Burada en yüksek pH değeri Temmuz ayında 8,16 ile 19 nolu istasyonda, en düşük değer ise Kasım ayında 7,68 ile 20 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada bulunan istasyonlar YD3 ve P2D1 drenaj kanalları içerisinde yer almaktadır. Bu kanallar tarımdan dönen suları taşıdığından içeriğinde azotlu bileşikler, organik maddeler vb. içermektedir. Bu nedenle bu maddeler drenaj kanallarında bakteriler tarafından okside edilmesi sonucunda pH değerine etki etmektedirler.

Çizelge 4.35. Akyatan Lagünü pH Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları)

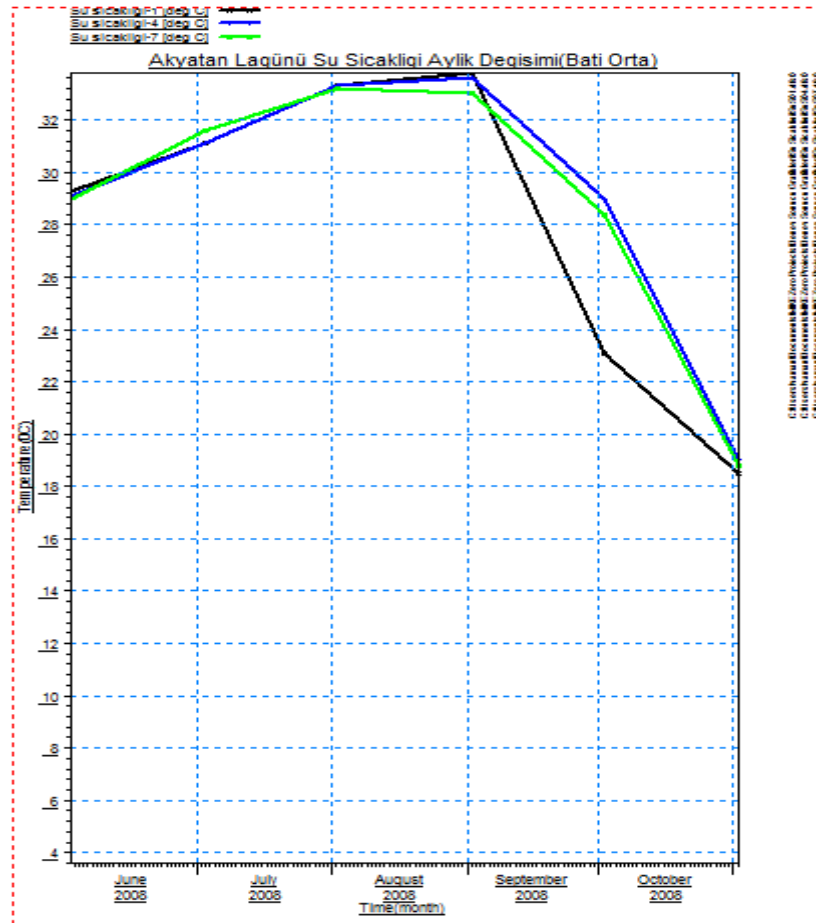


4.8 .Su Sıcaklığı'nın İstasyon Bazında Aylık Değişim Grafikleri

4.8.1 .Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün batı ve ortasında Su Sıcaklığı parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.36 daki gibidir. Burada en yüksek Su Sıcaklığı değeri Eylül ayında $33,8^{\circ}\text{C}$ ile 1 nolu istasyonda, en düşük değer ise Kasım ayında $18,5^{\circ}\text{C}$ ile yine 1 nolu istasyonda gözlenmiştir. Bu istasyonlardaki su sıcaklığının değişimi, hava sıcaklığı ile paralellik göstermektedir. Bu durumun sebebi lagünün sığ olması ve geniş bir yüzey alanının olmasına bağlanabilmektedir. Kış mevsimindeki düşük sıcaklıklar, bahar ve yaz aylarında yükselmektedir. Sıcaklığın yükselmesine bağlı olarak göl içerisindeki canlı aktivitesi de değişmekte ve diğer parametrelerin değişiminde temel bir rol oynamaktadır.

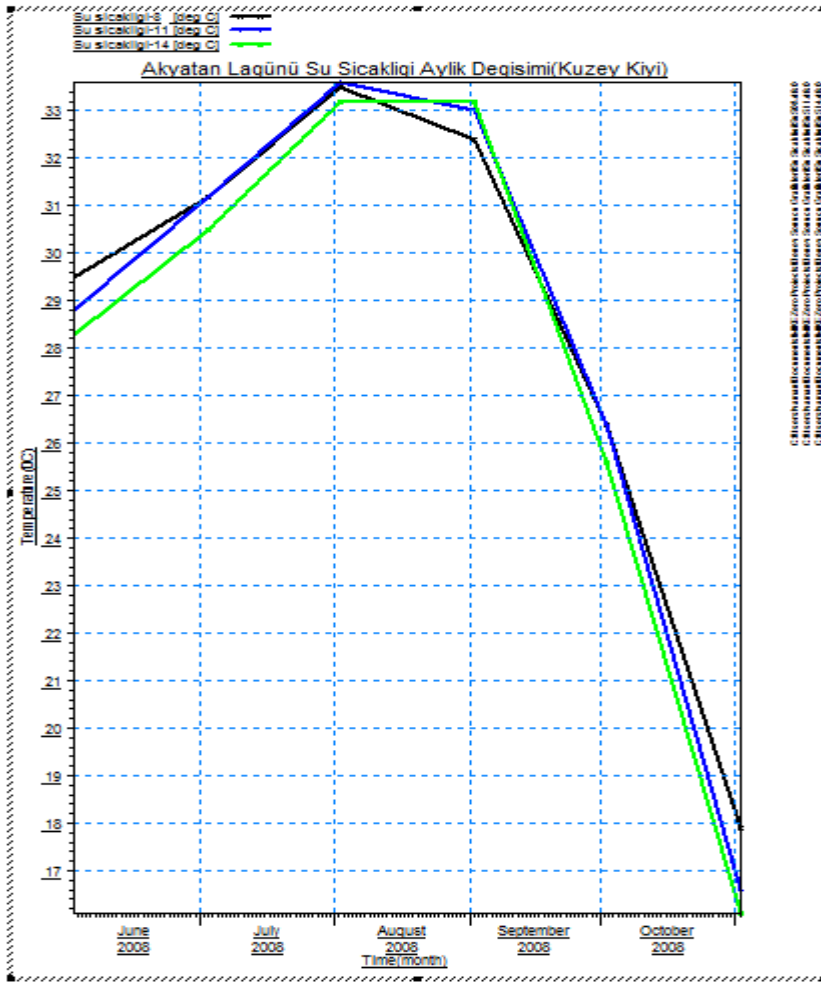
Çizelge 4.36. Akyatan Lagünü Su Sıcaklığı Aylık Değişimi(Batı ve Orta)



4.8.2 .Lagünün Kuzey Kıyı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün kuzey kıyılarında Su Sıcaklığı parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.37 deki gibidir. Burada en yüksek Su Sıcaklığı değeri Ağustos ayında $33,6^{\circ}\text{C}$ ile 11 nolu istasyonda, en düşük değer ise Kasım ayında $16,1^{\circ}\text{C}$ ile 14 nolu istasyonda gözlenmiştir. Bu istasyonlarda meydana gelen değişimlerin sebebi diğer istasyonlarla benzerlik göstermektedir.

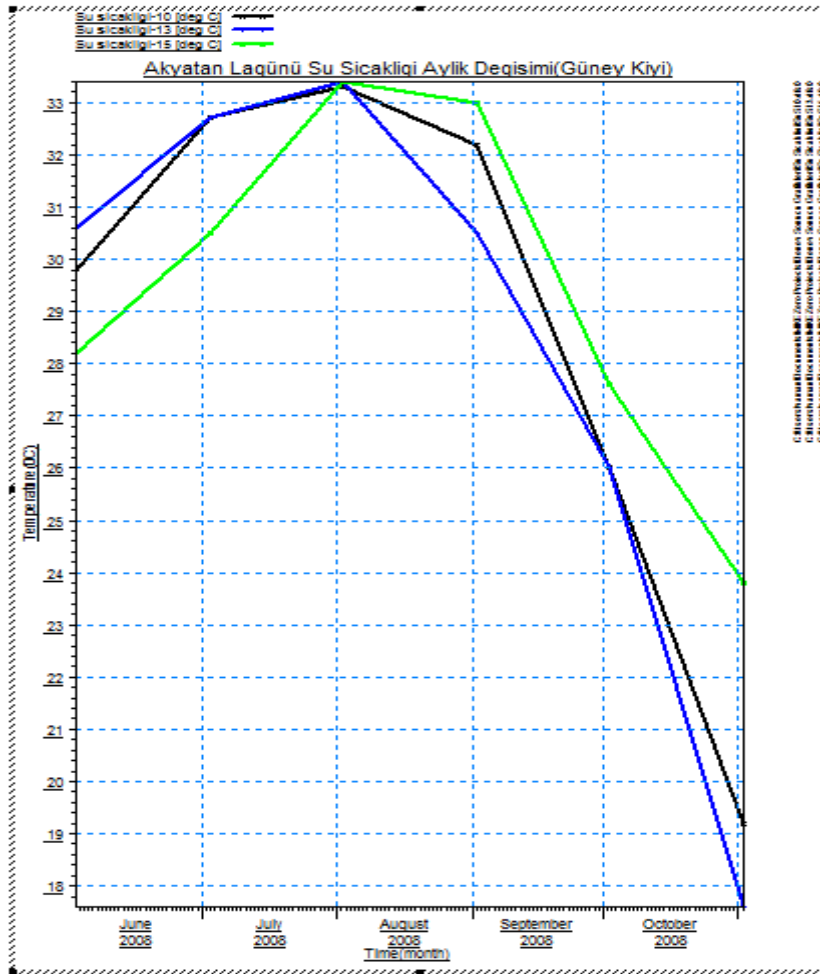
Çizelge 4.37. Akyatan Lagünü Su Sıcaklığı Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı)



4.8.3 .Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün güney kıyılarında Su Sıcaklığı parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.38 deki gibidir. Burada en yüksek Su Sıcaklığı değeri Ağustos ayında $33,4^{\circ}\text{C}$ ile 13 ve 15 nolu istasyonlarda, en düşük değer ise Kasım ayında $17,6^{\circ}\text{C}$ ile 13 nolu istasyonda gözlenmiştir. Bu istasyonlarda meydana gelen değişimlerin sebebi diğer istasyonlarla benzer şekildedir. Ayrıca 15 nolu istasyona YD3 ve P2D1 drenaj kanallarından gelen sularında su sıcaklığına etki ettiği düşünülmektedir.

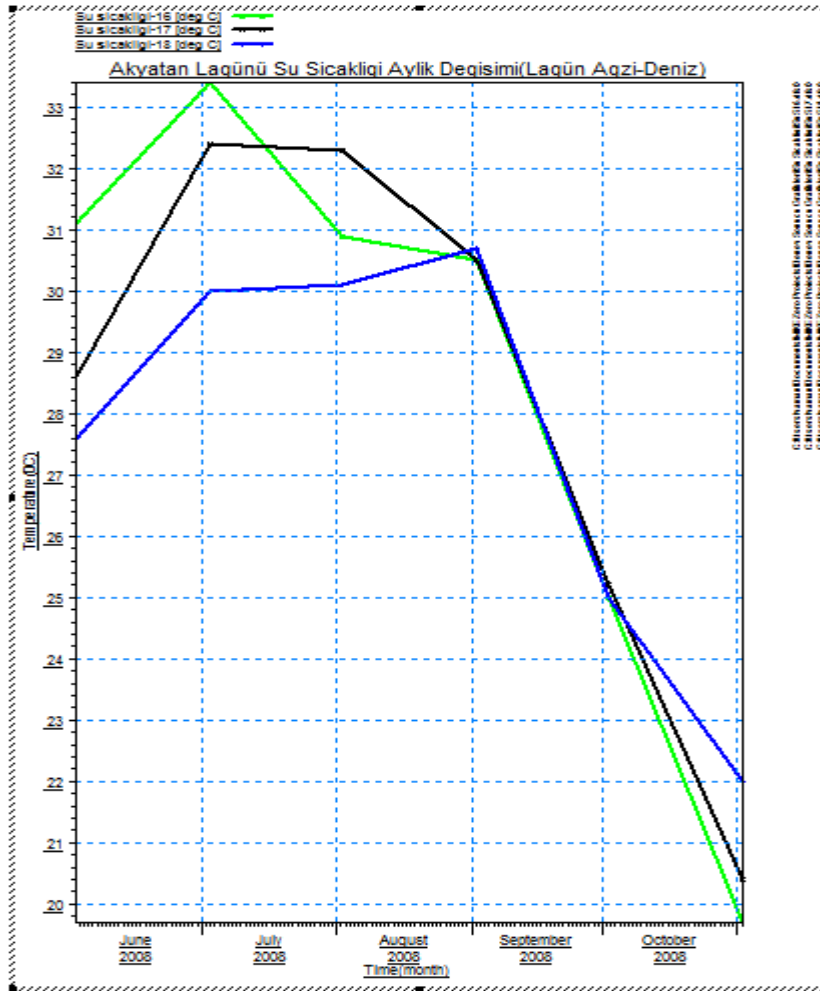
Çizelge 4.38. Akyatan Lagünü Su Sıcaklığı Aylık Değişimi(Güney Kıyı)



4.8.4 .Lagünün Lagün Ağız- Deniz Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün, lagün ağız ve denizde Su Sıcaklığı parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.39 daki gibidir. Burada en yüksek Su Sıcaklığı değeri Temmuz ayında 33,4 °C ile 16 nolu istasyonda, en düşük değer ise Kasım ayında 19,7 °C ile yine 16 nolu istasyonda gözlenmiştir. Bu istasyonlarda meydana gelen değişimlerin sebebi diğer istasyonlarla benzerlik göstermektedir.

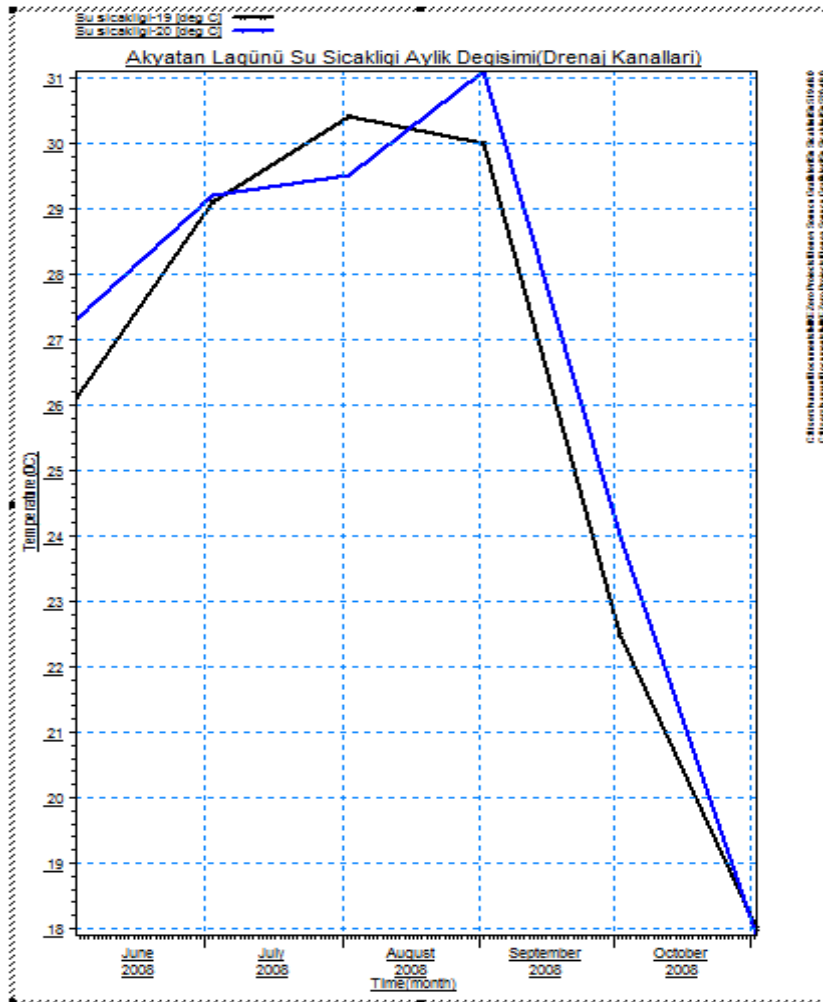
Çizelge 4.39. Akyatan Lagünü Su Sıcaklığı Aylık Değişimi(Lagün Ağız-Deniz)



4.8.5 .Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'ne gelen drenaj kanallarında Su Sıcaklığı parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.40 daki gibidir. Burada en yüksek Su Sıcaklığı değeri Ağustos ayında $30,4^{\circ}\text{C}$ ile 19 nolu istasyonda, en düşük değer ise Kasım ayında $17,9^{\circ}\text{C}$ ile 20 nolu istasyonda gözlenmiştir. Bu istasyonlarda meydana gelen değişimlerin sebebi diğer istasyonlarla benzer şekildedir.

Çizelge 4.40. Akyatan Lagünü Su Sıcaklığı Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları)

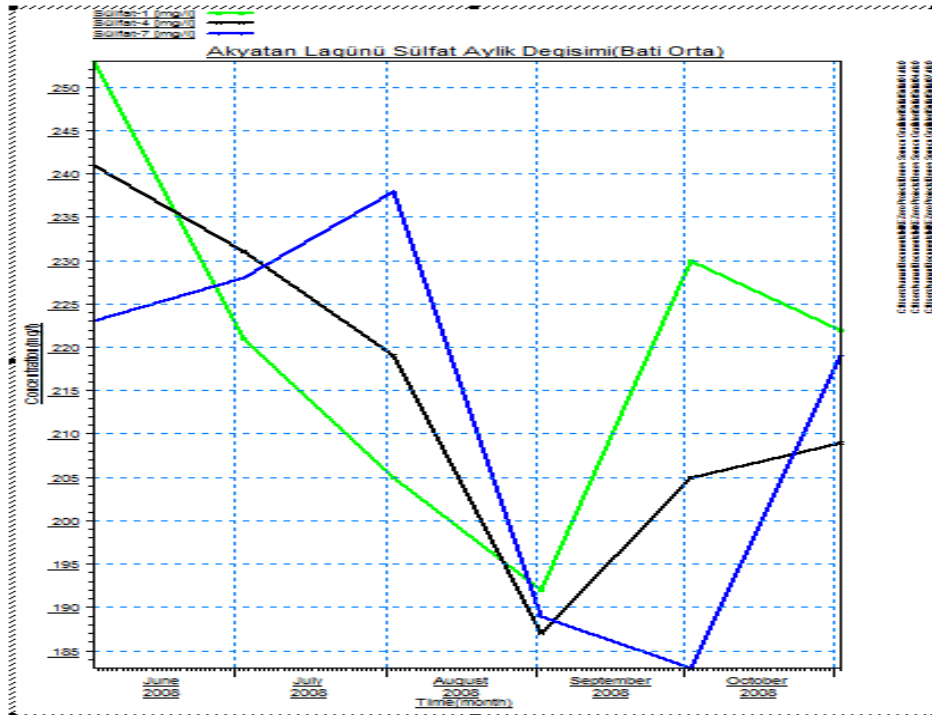


4.9 .Sülfat'ın İstasyon Bazında Aylık Değişim Grafikleri

4.9.1 .Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün batı ve orta kısmında Sülfat parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.41 deki gibidir. Burada en yüksek Sülfat değeri Haziran ayında 253 mg/L ile 1 nolu istasyonda, en düşük değer ise Ekim ayında 183 mg/L ile 7 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada, suya Sülfat topraktan geçer. Toprakta sülfat minerallerinin oksidasyonu ile kükürtlü bileşikler kalsiyum sülfat haline dönüşür. Kalsiyum sülfat doğada iki molekül halde kristal suyu içeren jips ve susuz kalsiyum sülfat olan anhidrit mineralleri halinde bulunur. Doğal sularda yaklaşık 5- 200 mg/L sülfat bulunur(Samsunlu, 1999). Sülfat parametresinin bu istasyonlarda değişim göstermesinin sebebi sıcaklıkla birlikte artan bakteriyel faaliyetler sonucu oluşan kükürt bileşiklerinin sülfat iyonu haline dönüşmesi olarak düşünülmektedir. Sülfat parametresinin Ekim ayında yağışların etkisi ile tarımsal alanlarda kullanılan sülfatlı gübrelerin lagüne taşınması sonucu olarak da sülfat parametresi değişim göstermektedir.

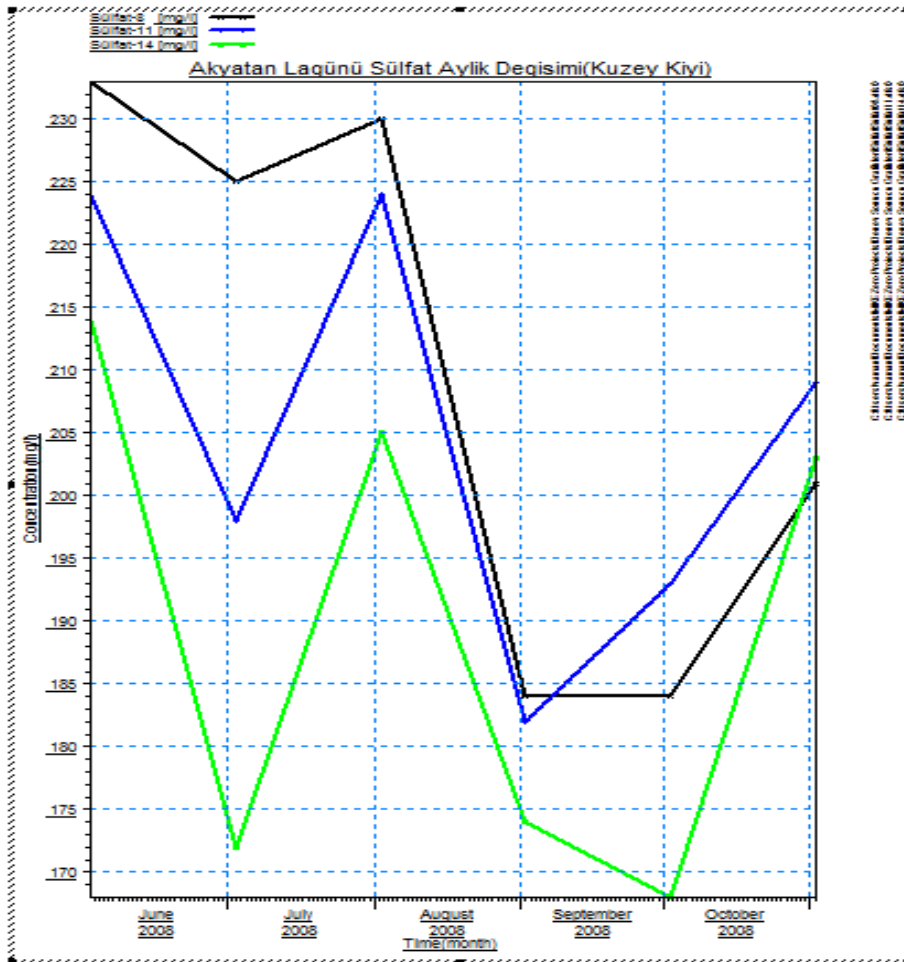
Çizelge 4.41. Akyatan Lagünü Sülfat Aylık Değişimi(Batı ve Orta)



4.9.2 .Lagünün Kuzey Kıyı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün kuzey kıyılarında Sülfat parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.42 deki gibidir. Burada en yüksek Sülfat değeri Haziran ayında 233 mg/L ile 8 nolu istasyonda, en düşük değer ise Ekim ayında 168 mg/L ile 14 nolu istasyonda gözlenmiştir. Bu istasyonlarda gözlemlenen değişimlerin sebebi diğer istasyonlarla benzerlik göstermektedir. Burada 11 ve 14 nolu istasyonlarda gözlenen değişimlere YD3 ve P2D1 drenaj kanallarından gelen tarımsal kaynaklı sular sebebi ile değişim gösterdiği gözlenmiştir.

Çizelge 4.42. Akyatan Lagünü Sülfat Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı)



4.9.3 .Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün güney kıyılarında Sülfat parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.43 deki gibidir. Burada en yüksek Sülfat değeri Ağustos ayında 215 mg/L ile 13 ve 15 nolu istasyonlarda, en düşük değer ise Eylül ve Ekim aylarında 173 mg/L ile yine 13 ve 15 nolu istasyonlarda gözlenmiştir. Sülfat parametresinde değişimlerin sebebi yine diğer istasyonlardakine benzerdir. Burada 15 nolu istasyonda meydana gelen değişimin sebebi, bu istasyonun hem drenaj kanallarından gelen sularla hem de denizden gelen sulardan etkileniyor olmasından kaynaklanmaktadır.

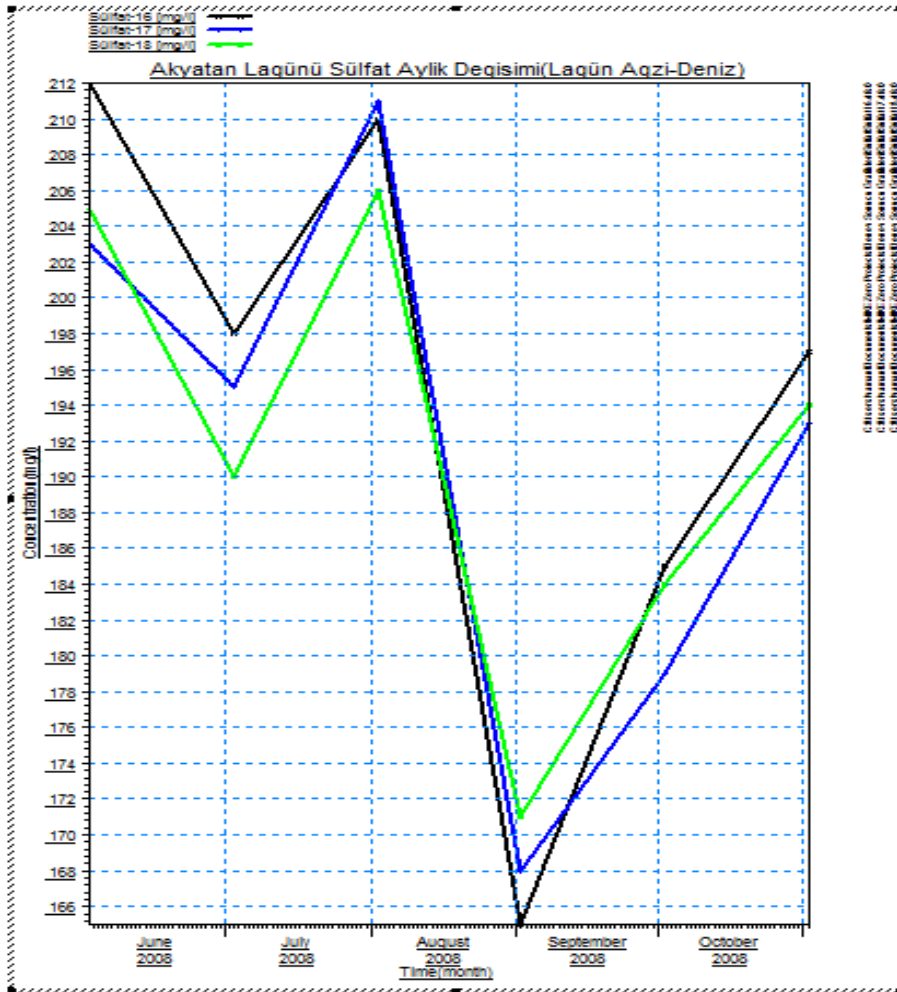
Çizelge 4.43. Akyatan Lagünü Sülfat Aylık Değişimi(Güney Kıyı)



4.9.4 .Lagünün Lagün Ağız- Deniz Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün lagün ağız ve denizde Sülfat parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.44 deki gibidir. Burada en yüksek Sülfat değeri Haziran ayında 212 mg/L ile 16 nolu istasyonda, en düşük değer ise Eylül ayında 165 mg/L ile yine 16 istasyonda gözlenmiştir. Burada Sülfat değişiminin sebepleri diğer istasyonlarla benzerlik göstermektedir. Ayrıca burada 16 ve 17 nolu istasyonlarda, denizden lagüne, lagünden denize ve drenaj kanallarından lagüne olmak üzere üç şekilde bir su girişi olmakta bu nedenle sülfat parametresi değişim göstermektedir.

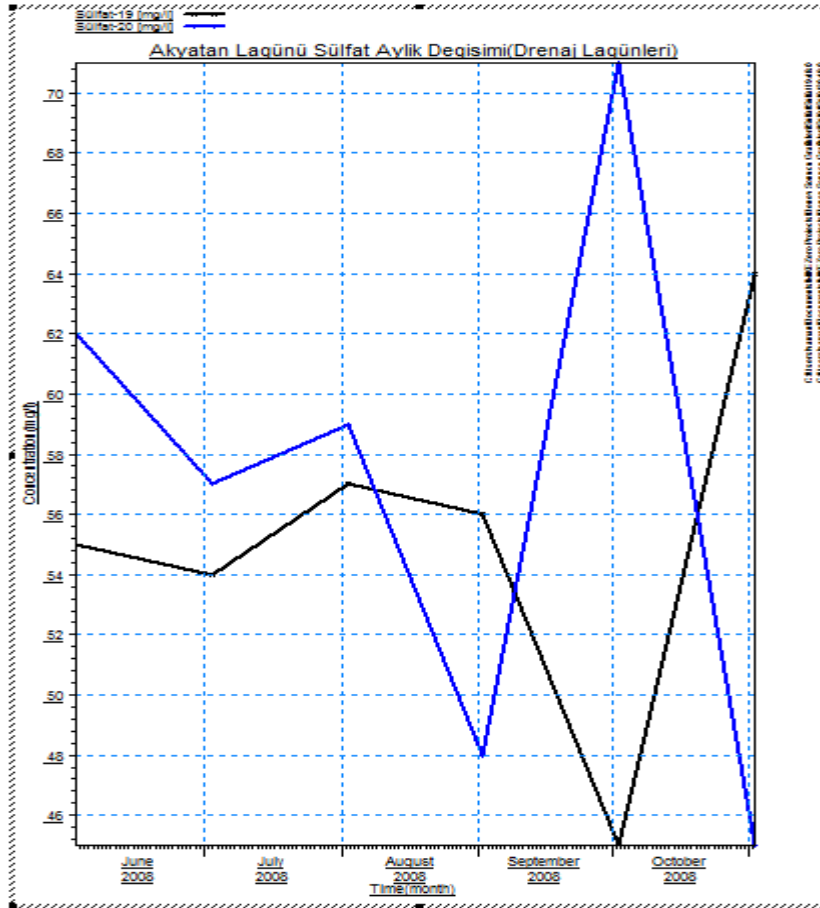
Çizelge 4.44. Akyatan Lagünü Sülfat Aylık Değişimi(Lagün Ağız-Deniz)



4.9.5 .Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'ne gelen drenaj kanallarında Sülfat parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.45 deki gibidir. Burada en yüksek Sülfat değeri Ekim ayında 71 mg/L ile 20 nolu istasyonda, en düşük değer ise yine Ekim ayında 45 mg/L ile 19 nolu istasyonda gözlenmiştir. Bu istasyonlar YD3 ve P2D1 drenaj kanalları içerisinde bulunmaktadır. Bu kanallar tarımsal alanlardan yağışla dönen sülfatlı gübre ve organik madde kalıntıları bulunan suları lagüne taşımaktadır.

Çizelge 4.45. Akyatan Lagünü Sülfat Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları)

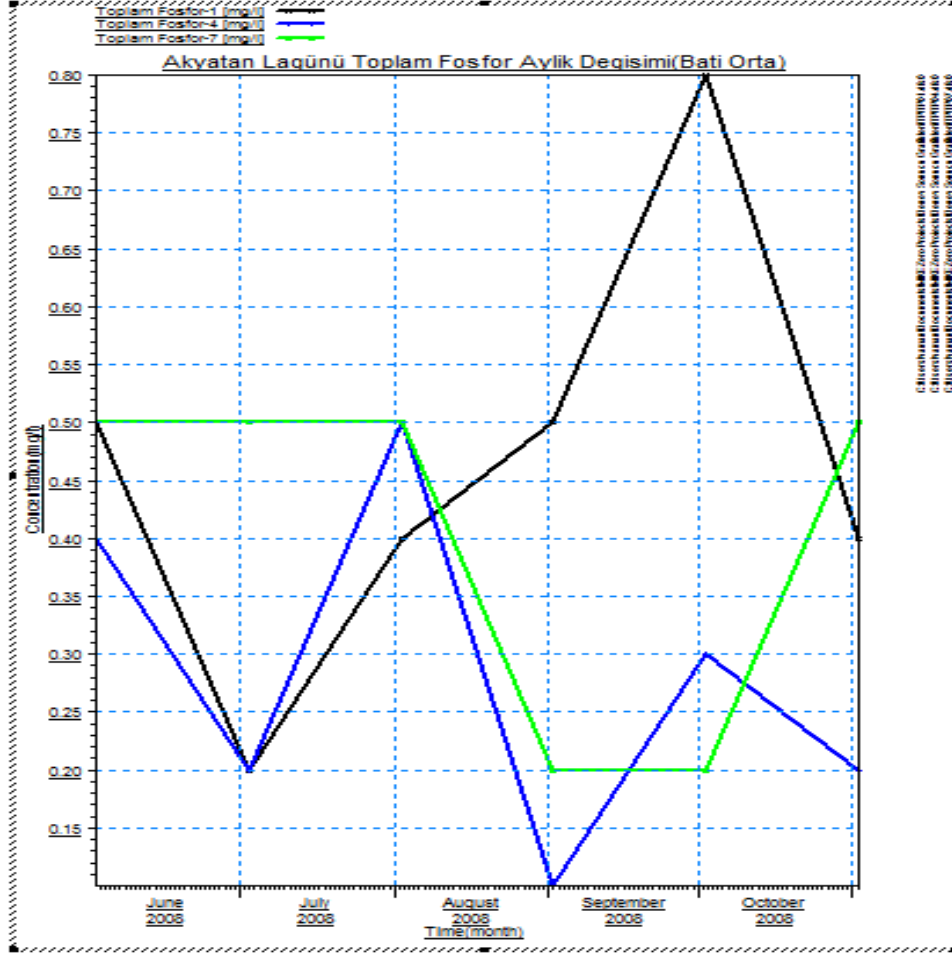


4.10. Toplam Fosfor'un İstasyon Bazında Aylık Değişim Grafikleri

4.10.1 .Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün batı ve ortasında Toplam Fosfor parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.46 daki gibidir. Burada en yüksek Toplam Fosfor değeri Ekim ayında 0,8 mg/L ile 1 nolu istasyonda, en düşük değer ise Eylül ayında 0,1 mg/L ile 4 nolu istasyonda gözlenmiştir. Toplam Fosfor bu istasyonlarda yüksek olmasının nedeni olarak; tarımsal arazilerde kullanılan fosforlu gübre ve organik maddelerin sulama sonucu taşınarak lagüne geldiği, ayrıca lagün yakınında bulunan köylerden gelen atıksuların lagüne taşınması olarak düşünülmektedir. Düşük seviyelerde seyretmesinin nedeni olarak Toplam Fosfor, ortam sıcaklığının artmasına bağlı olarak bakteriyolojik faaliyetler sonucu azaldığı ve yağışların bol olduğu mevsimlerde meydana gelen seyremler ve gübre içeren drenaj sularının lagüne girmemesi olarak söylenebilir. Fosfor, yüzeysel sularda ötrofikasyon olayının başlıca sorumlusudur. Fosfor su ortamında azotla birlikte bitkilerin aşırı büyümesine sebep olur ve bu nedenle de ortamda bulunan çözülmüş oksijenin azalmasına sebep olmakta ve bunun sonucunda su ortamındaki ekosistem dengesi etkilenmektedir (Yalçın, 2002). Bu nedenle fosfor parametresinin 0,005-5 mg/L aralığında olması istenmektedir.

Çizelge 4.46. Akyatan Lagünü Toplam Fosfor Aylık Değişimi(Batı ve Orta)

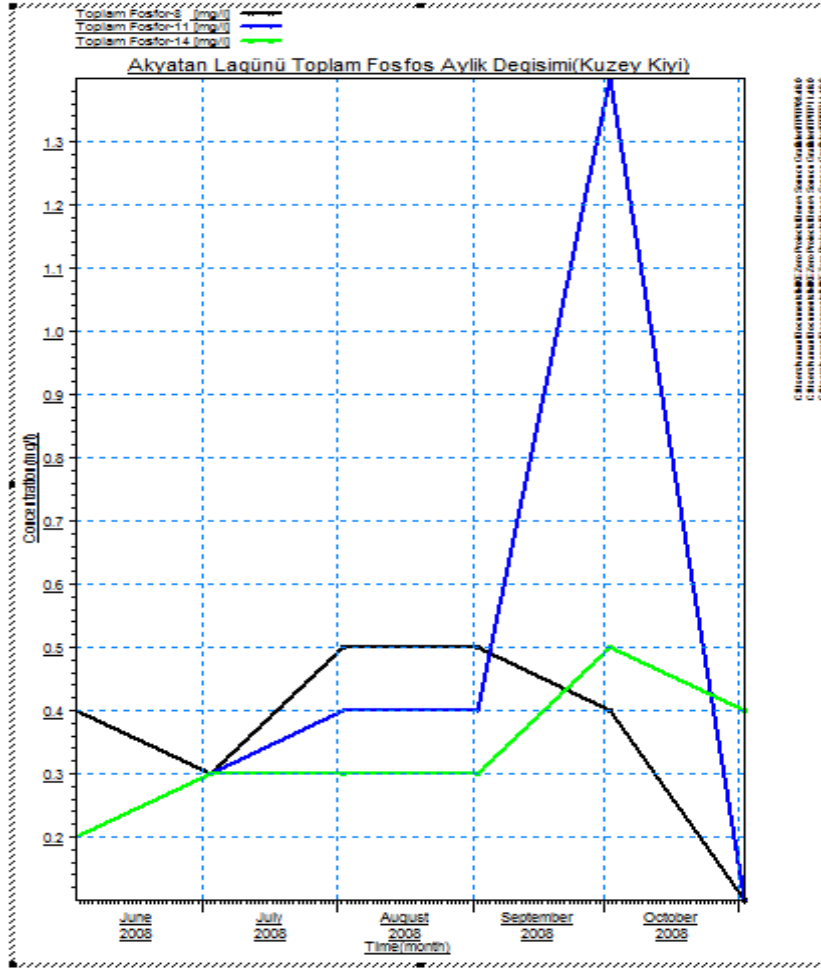


4.10.2 .Lagünün Kuzey Kıyısı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün kuzey kıyılarında Toplam Fosfor parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.47 deki gibidir. Burada en yüksek Toplam Fosfor değeri Ekim ayında 1,4 mg/L ile 11 nolu istasyonda, en düşük değer ise Kasım ayında 0,1 mg/L ile 8 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada yağışların bol olduğu mevsimlerde tarımsal alanlarda kullanılan fosforlu gübrelerin yıkanması ve taşınması(YD3 ve P2D1) ile lagünde Toplam Fosfor değeri artış gösterirken, tarımsal gübrelemenin olmadığı dönemlerde ise yağışlarla birlikte seyrelmenin olması nedeniyle düşüş gözlenmektedir. Ayrıca lagün çevresinde bulunan köylerden gelen atıksuların lagüne sızması sonucu Toplam Fosfor değerinin değişimini etkilediği

düşünülmektedir.

Çizelge 4.47. Akyatan Lagünü Fosfor Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı)

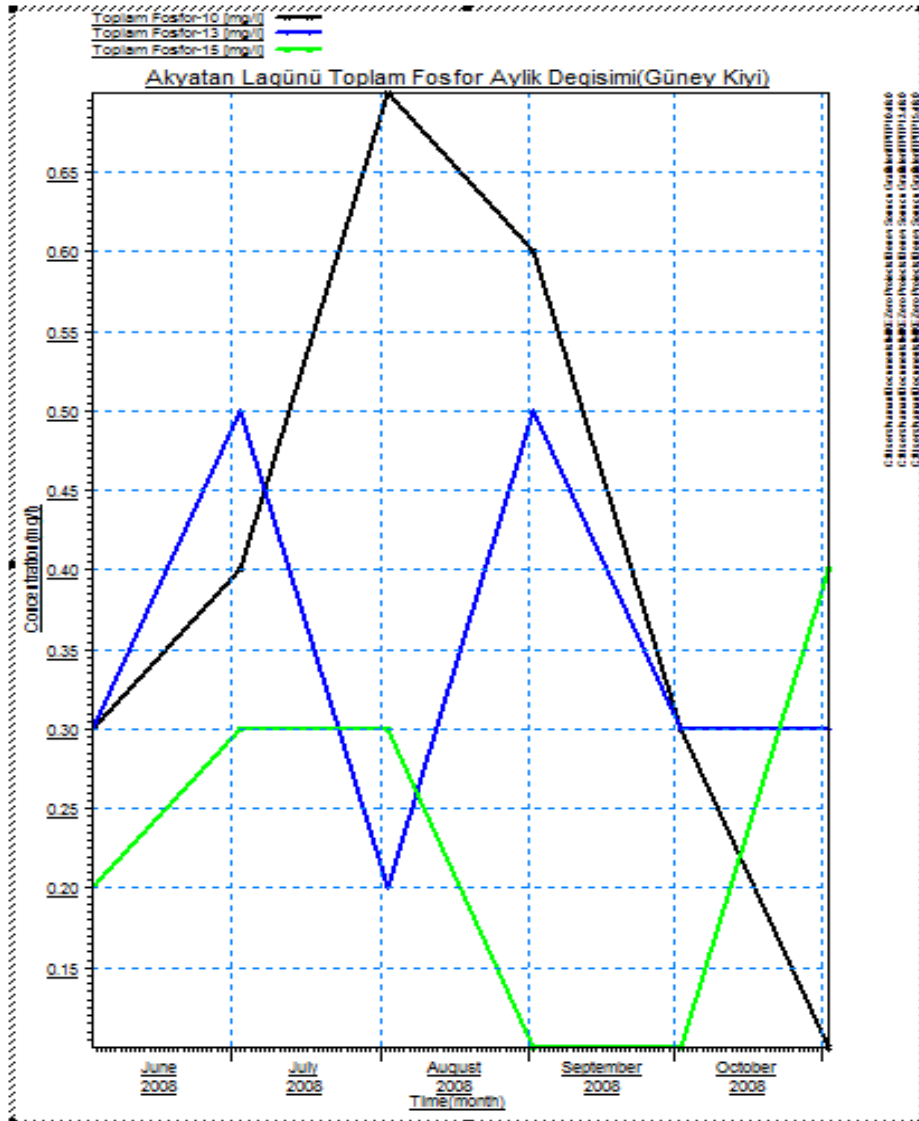


4.10.3 .Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün güney kıyılarında Toplam Fosfor parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.48 deki gibidir. Burada en yüksek Toplam Fosfor değeri Temmuz ve Eylül aylarında 0,5 mg/L ile 16 nolu istasyonda, en düşük değer ise Kasım, Eylül ve Ekim aylarında 0,1 mg/L ile 10 ve 15 nolu istasyonlarda gözlenmiştir. Bu istasyonlarda da Toplam Fosfor parametresinin değişimi diğer istasyonlarla benzer özellikler göstermektedir. Ayrıca burada 15 nolu istasyonda Toplam Fosfor değerindeki dalgalanmaların nedeni; bu istasyonun hem drenaj

kanallarından gelen sularla hem de denizden gelen sularla etkileniyor olmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle lagün ağzının kapalı olduğu(yani deniz suyu girişinin olmadığı durumlarda) sadece drenaj kanallarının etkisinde kalmakta ve bu nedenle tarımsal arazilerde kullanılan fosforlu gübre ve fosforlu organik maddelerin lagüne gelerek Toplam Fosfor değerini yükseltmektedirler. Bunun yanında iki kaynaktan suların birlikte gelmesi neticesinde iyi bir seyrelme meydana gelmekte ve Toplam Fosfor değeri düşük değerler seyretmektedir. Yine bu istasyonlarda da köylerden gelen atıksu sızmalarının Toplam Fosfor parametresinin değişimine sebep olduğu düşünülmektedir.

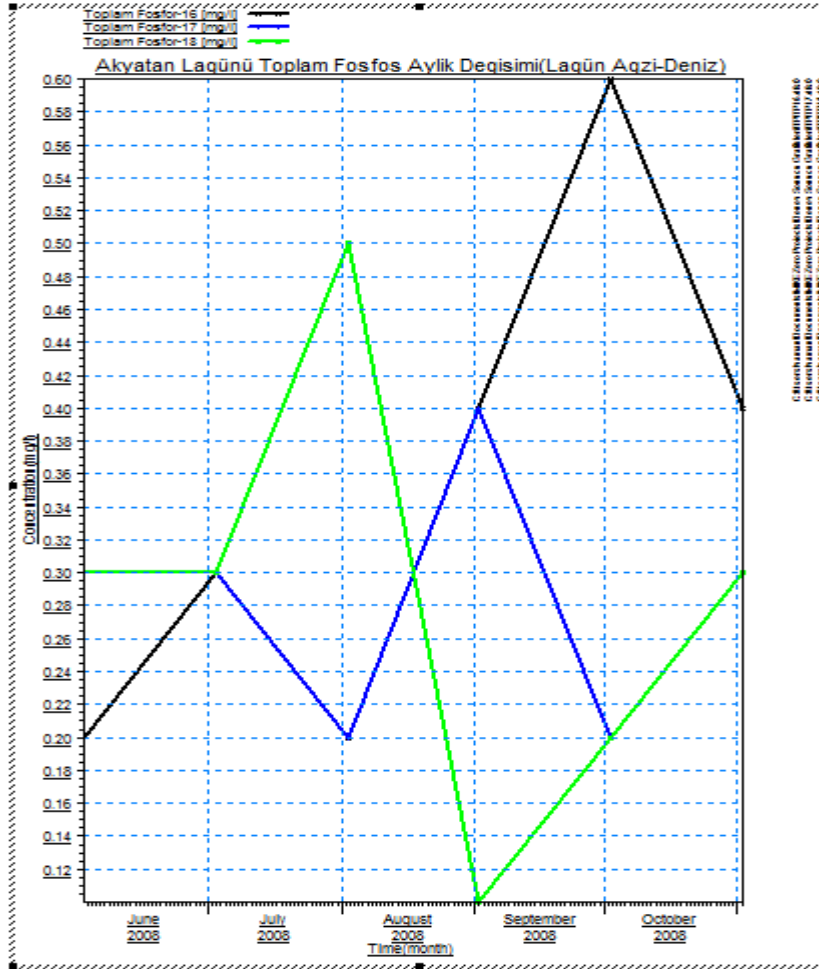
Çizelge 4.48. Akyatan Lagünü Toplam Fosfor Aylık Değişimi(Güney Kıyı)



4.10.4 .Lagünün Lagün Ağız- Deniz Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün lagün ağız ve denizde Toplam Fosfor parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.49 daki gibidir. Burada en yüksek Toplam Fosfor değeri Ekim ayında 0,6 mg/L ile 16 nolu istasyonda, en düşük değer ise Eylül ayında 0,1 mg/L ile 18 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada yaz aylarında Toplam Fosfor değişiminin sebepleri diğer istasyonlarla benzerlik göstermektedir. Ayrıca burada 16 ve 17 nolu istasyonlarda, denizden lagüne, lagünden denize ve drenaj kanallarından lagüne olmak üzere üç şekilde bir su girişi olmaktadır. Bu sebeple bu istasyonlarda meydana gelen seyrelmelerden dolayı Toplam Fosfor değeri değişim göstermektedir.

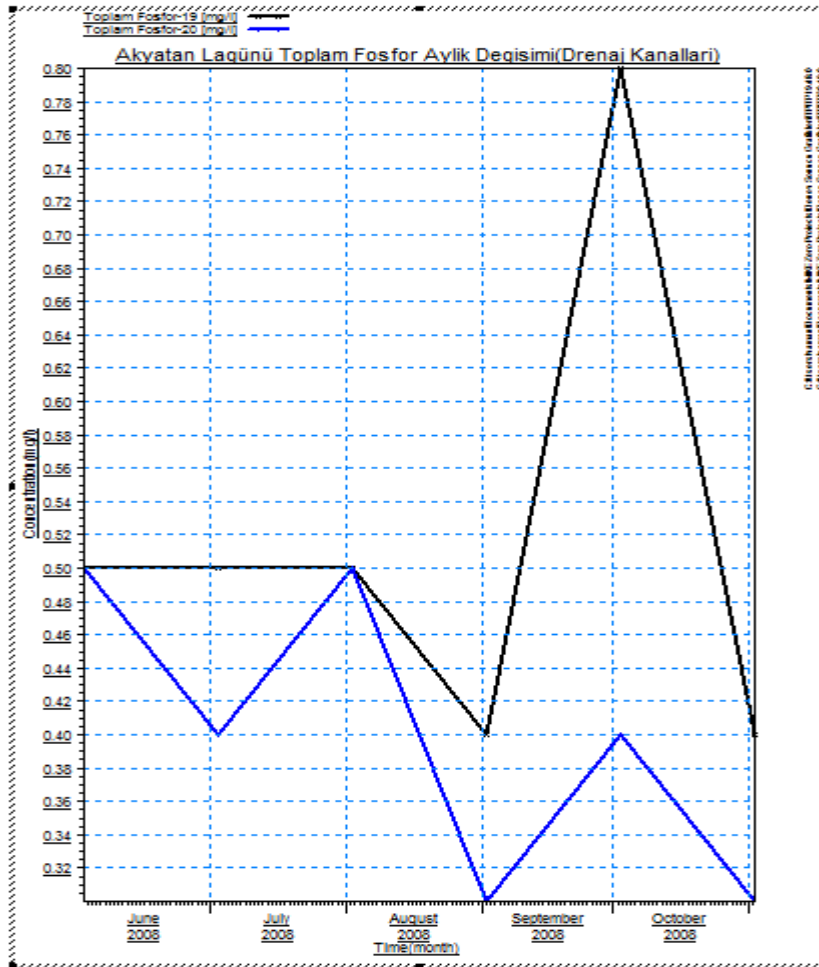
Çizelge 4.49. Akyatan Lagünü Toplam Fosfor Aylık Değişimi(Lagün Ağız-Deniz)



4.10.5 .Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'ne gelen drenaj kanallarında Toplam Fosfor parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.50 deki gibidir. Burada en yüksek Toplam Fosfor değeri Ekim ayında 0,8 mg/L ile 19 nolu istasyonda, en düşük değer ise Eylül ve Kasım aylarında 0,3 mg/L ile 20 nolu istasyonda gözlenmiştir. Bu istasyonlar YD3 ve P2D1 drenaj kanalları içerisinde bulunmaktadır. Bu kanallar tarımsal alanlardan yağışla dönen fosforlu gübre ve fosforlu organik madde kalıntıları bulunan suları lagüne taşımaktadır. Ayrıca bu kanallara köylerden sızan atıksuların sızması sonucu da Toplam Fosfor değeri artış göstermektedir.

Çizelge 4.50. Akyatan Lagünü Toplam Fosfor Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları)

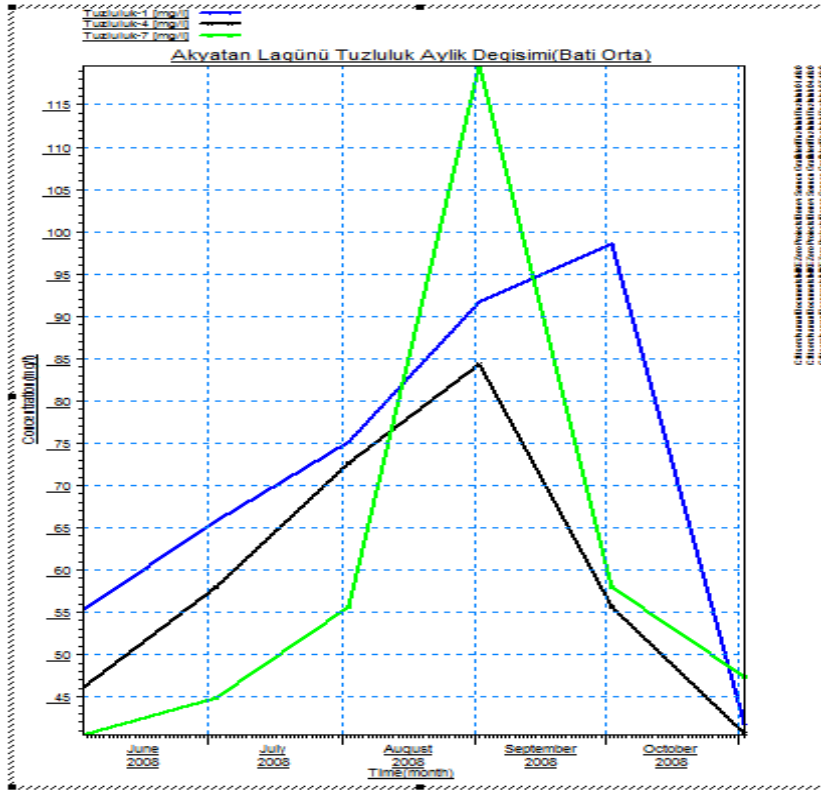


4.11. Tuzluluk İstasyon Bazında Aylık Değişim Grafikleri

4.11.1 .Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün batı ve ortasında Tuzluluk parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.51 deki gibidir. Burada en yüksek Tuzluluk değeri Eylül ayında 119,2 ppt ile 7 nolu istasyonda, en düşük değer ise Haziran ayında 40,5 ppt ile yine 7 nolu istasyonda gözlenmiştir. Tuzluluk değeri değişimi yaz aylarında sıcaklık ve buharlaşmanın artmasına paralel olarak yüksek değerler seyretmektedir. Yağışın bol, buharlaşmanın az olduğu dönemlerde ise Tuzluluk değerlerinde düşüş gözlenmektedir. Ayrıca lagünde Eylül ayında Tuzluluk değerinin yüksek çıkmasında diğer bir etkide, yazın suların çekilmesi sonucu kıyı kesimlerde birikmiş tuzların yağışlarla yıkanarak lagüne gelmesi sonucunda lagünde tuzluluk değeri yüksek gözlenmiştir.

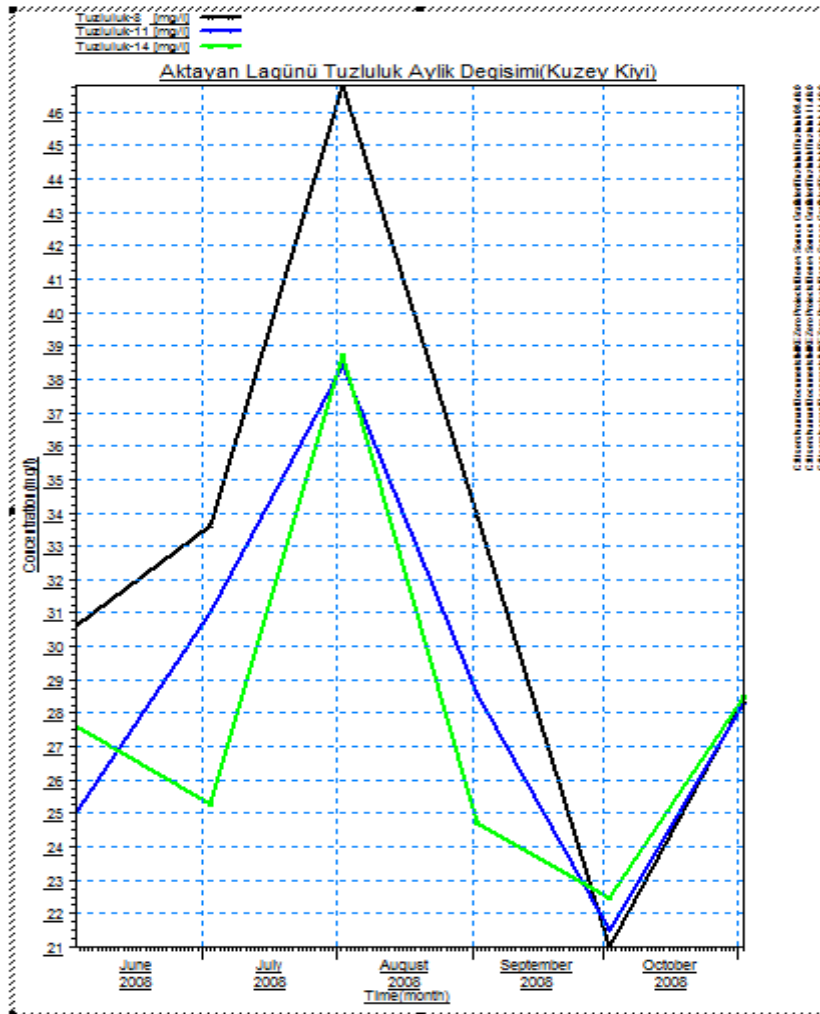
Çizelge 4.51. Akyatan Lagünü Tuzluluk Aylık Değişimi(Batı ve Orta)



4.11.2 .Lagünün Kuzey Kıyı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün kuzey kıyılarında Tuzluluk parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.52 deki gibidir. Burada en yüksek Tuzluluk değeri Ağustos ayında 46,8 ppt ile 8 nolu istasyonda, en düşük değer ise Ekim ayında 21 ppt ile yine 8 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada Tuzluluk değerinin yüksek olmasının sebepleri diğer istasyonlarla benzerlik göstermektedir. Yine yaz aylarında sıcaklık ve buharlaşmanın fazla olmasından dolayı Tuzluluk değeri yüksek, yağışların başladığı aylarda ise düşük değerler seyretmektedir. Burada 11 ve 14 nolu istasyonlarda diğer istasyonlara göre Tuzluluk değerleri; bu istasyonlara YD3 ve P2D1 drenaj kanallarından gelen tarımsal sulamadan dönen suların gelmesi sonucu azalma göstermektedir.

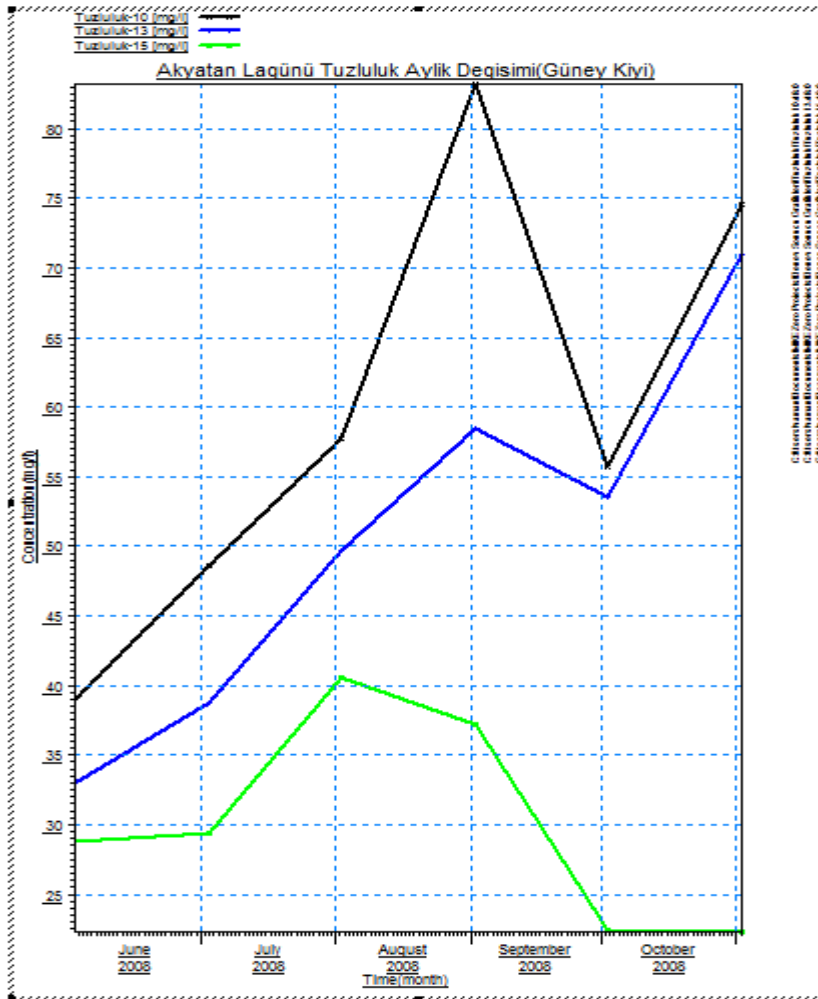
Çizelge 4.52. Akyatan Lagünü Tuzluluk Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı)



4.11.3 .Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün güney kıyılarında Tuzluluk parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.53 deki gibidir. Burada en yüksek Tuzluluk değeri Eylül ayında 83,2 ppt ile 10 nolu istasyonda, en düşük değer ise Kasım ayında 22,3 ile 15 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada gözlemlenen Tuzluluk değerlerinin değişimlerin nedeni diğer istasyonlarda gözlemlenen nedenlere benzerdir. Bu istasyonlardan 13 ve 15 nolu istasyonlar denizden lagüne ve drenaj kanallarından lagüne gelen su girişimi sebepleriyle Tuzluluk değerleri değişimler göstermektedir. Drenaj kanallarından gelen tatlı sular Tuzluluk değerlerini düşürürken, denizden lagüne gelen tuzlu sular artırıcı etkiler yapmaktadır.

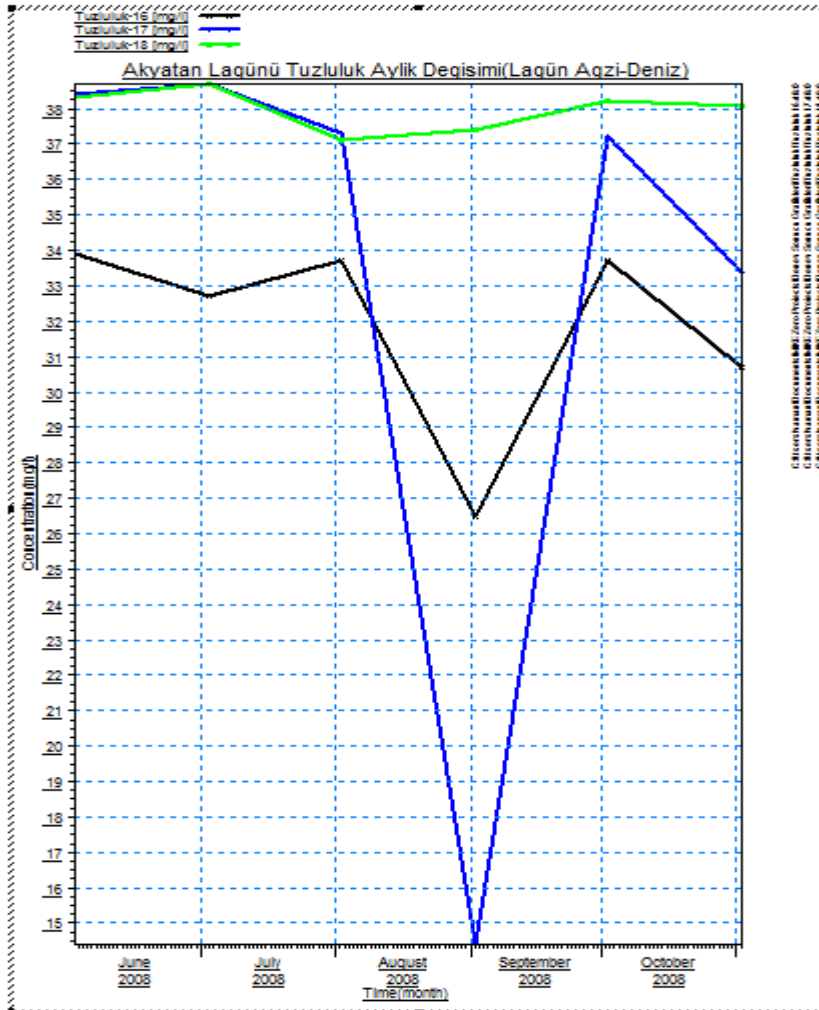
Çizelge 4.53. Akyatan Lagünü Tuzluluk Aylık Değişimi(Güney Kıyı)



4.11.4 .Lagünün Lagün Ağız- Deniz Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün lagün ağız ve denizde Tuzluluk parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.54 deki gibidir. Burada en yüksek Tuzluluk değeri Temmuz ayında 38,7 ppt ile 17 ve 18 nolu istasyonlarda, en düşük değer ise Eylül ayında 14,4 ppt ile 17 nolu istasyonda gözlenmiştir. Buradaki istasyonlarda da Tuzluluk değerleri değişimleri diğer istasyonlarla benzer nedenlere sahiptirler. Sıcaklığın ve buharlaşmanın olduğu yaz dönemlerinde yüksek, yağışın bol olduğu dönemlerde düşük değerler seyretmektedir. Burada 17 nolu istasyonda tuzluluk değişimi lagün-deniz su girişiminden etkilenmektedir. Ayrıca 16 nolu istasyon da yine deniz ve drenaj kanallarından gelen sulardan etkilendiği gözlenmektedir.

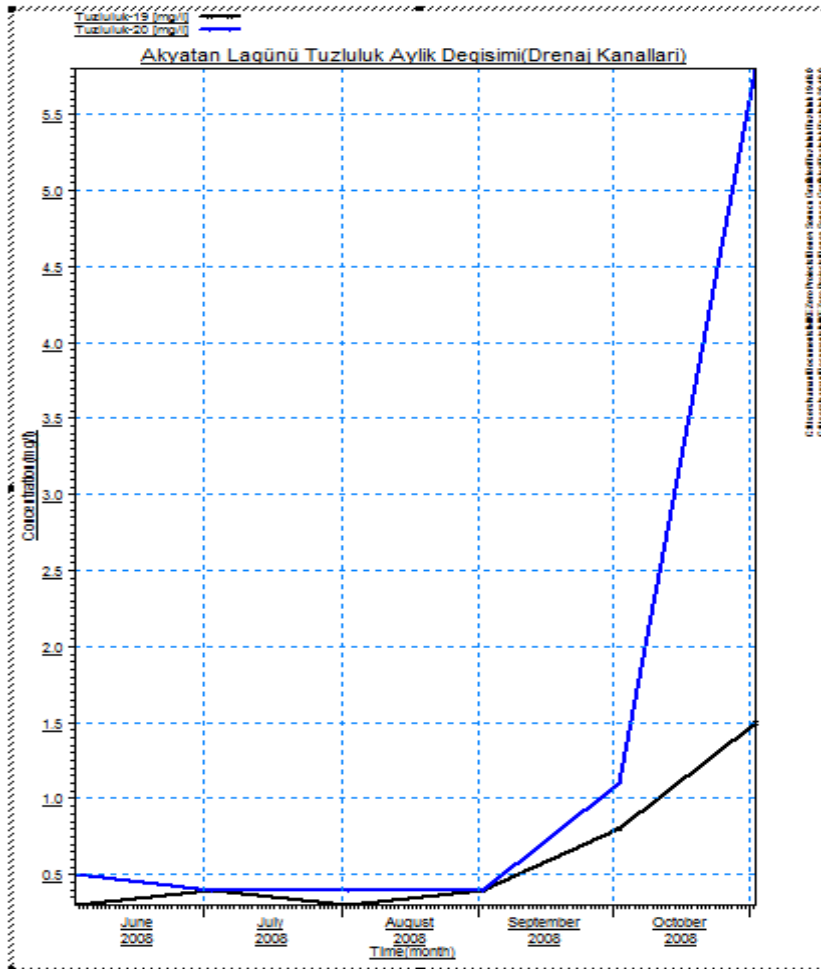
Çizelge 4.54. Akyatan Lagünü Tuzluluk Aylık Değişimi(Lagün Ağız-Deniz)



4.11.5 Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'ne gelen drenaj kanallarında Tuzluluk parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.55 deki gibidir. Burada en yüksek Tuzluluk değeri Kasım ayında 5,8 ppt ile 20 nolu istasyonda, en düşük değer ise Haziran ve Ağustos aylarında 0,3 ppt ile 19 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada bulunan istasyonlar YD3 ve P2D1 drenaj kanalları içerisinde yer almaktadır. Bu kanallar tarımsal alanlardan dönen sulama sularını taşımakta bu sebeple diğer istasyonlara göre daha az Tuzluluk değerine sahiptir. Bu istasyonlarda yazın düşük Tuzluluk değeri, kışın ise yüksek Tuzluluk değerine sahip olmasının nedeni; sulama öncesinde toprakta biriken tuzların yağışlar ve tarımsal sulama ile bu kanallara gelmesi nedeniyle olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.55. Akyatan Lagünü Tuzluluk Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları)

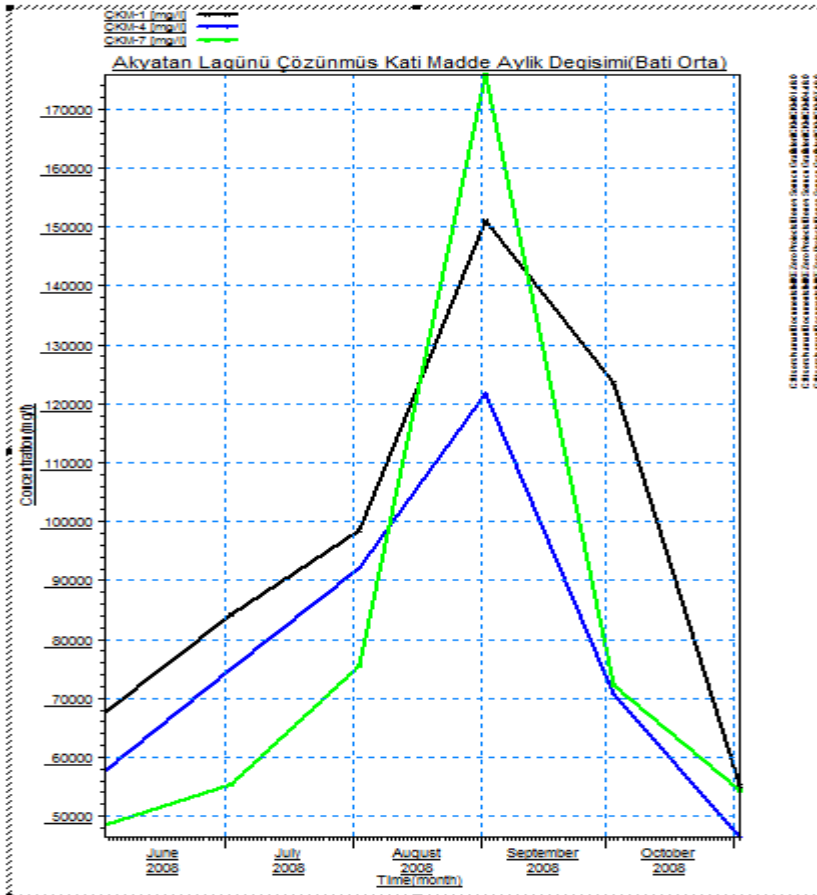


4.12.Çözünmüş Katı Madde İstasyon Bazında Aylık Değişim Grafikleri

4.12.1 .Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün batı ve ortasında Çözünmüş Katı Madde-ÇKM parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.56 daki gibidir. Burada en yüksek ÇKM değeri Eylül ayında 175824 mg/L ile 7 nolu istasyonda, en düşük değer ise Kasım ayında 46454 mg/L ile 4 nolu istasyonda gözlenmiştir. ÇKM değeri değişimi yaz aylarında sıcaklık ve buharlaşmanın artmasına paralel olarak yüksek değerler seyretmektedir. Yağışın bol, buharlaşmanın az olduğu dönemlerde ÇKM değerlerinde düşüş gözlenmektedir. Ayrıca lagünde Eylül ayında ÇKM değerinin yüksek çıkmasında diğer bir etkide, yazın suların çekilmesi sonucu kıyı kesimlerde birikmiş tuzların yağışlarla yıkanarak lagüne gelmesi sonucunda lagünde tuzluluk ve tuzluluğun paralelinde de ÇKM değeri yüksek değerler gözlenmiştir.

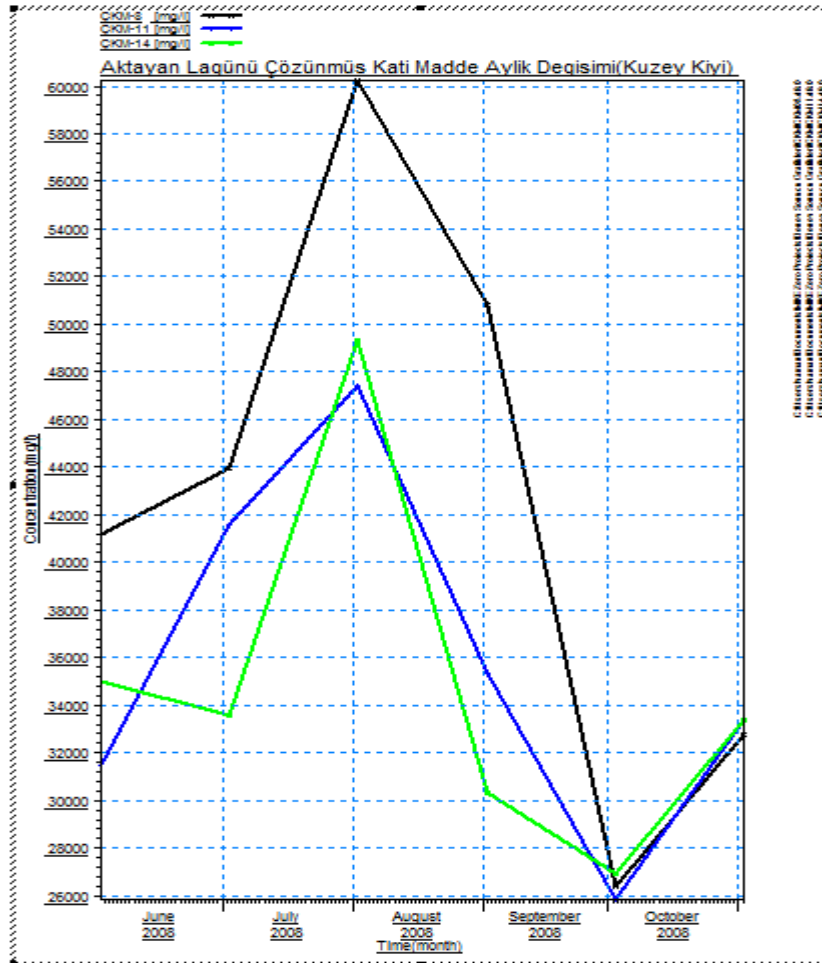
Çizelge 4.56. Akyatan Lagünü ÇKM Aylık Değişimi(Batı ve Orta)



4.12.2 .Lagünün Kuzey Kıyı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün kuzey kıyılarında Çözünmüş Katı Madde-ÇKM parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.57 deki gibidir. Burada en yüksek ÇKM değeri Ağustos ayında 60238 mg/L ile 8 nolu istasyonda, en düşük değer ise Ekim ayında 25846 mg/L ile 11 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada ÇKM değerinin yüksek olmasının sebepleri diğer istasyonlarla benzerlik göstermektedir. Yine yaz aylarında sıcaklık ve buharlaşmanın fazla olmasından dolayı ÇKM değeri yüksek, yağışların başladığı aylarda ise düşük değerler seyretmektedir. Burada 11 ve 14 nolu istasyonlarda diğer istasyonlara göre ÇKM değerleri; bu istasyonlara YD3 ve P2D1 drenaj kanallarından gelen tarımsal sulamadan dönen suların gelmesi sonucu azalma göstermektedir.

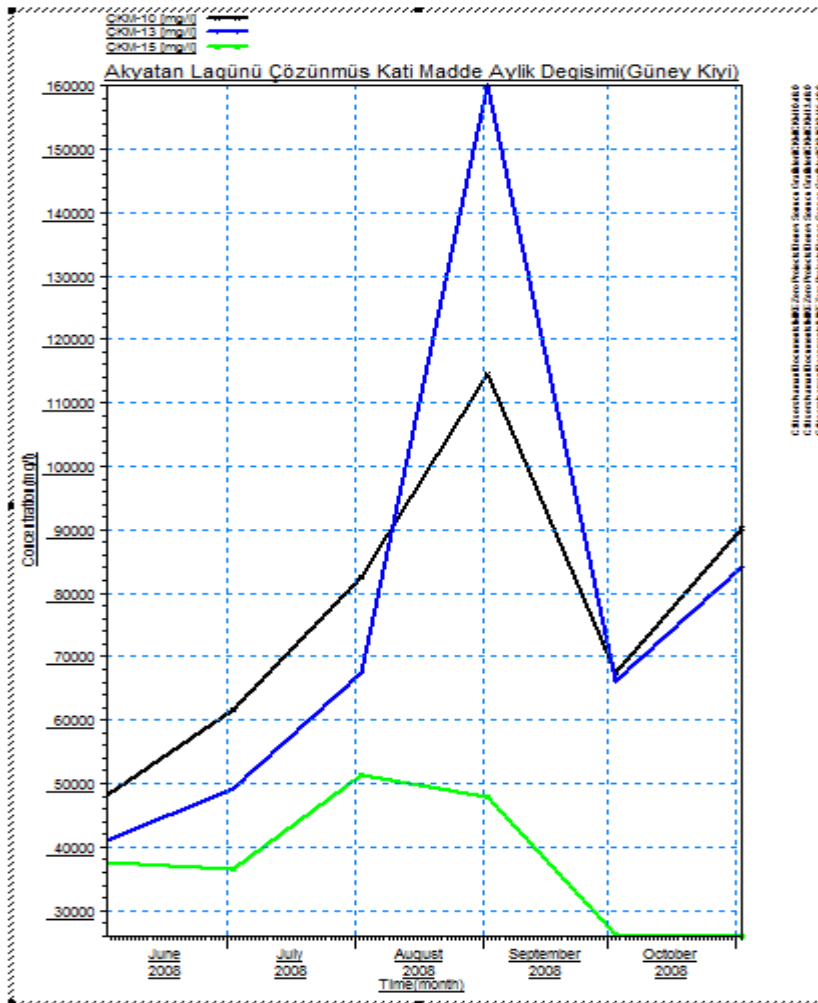
Çizelge 4.57. Akyatan Lagünü ÇKM Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı)



4.12.3 .Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün güney kıyılarında Çözünmüş Katı Madde-ÇKM parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.58 deki gibidir. Burada en yüksek ÇKM değeri Eylül ayında 160028 mg/L ile 13 nolu istasyonda, en düşük değer ise Kasım ayında 25936 mg/L ile 15 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada gözlemlenen ÇKM değerlerinin değişimlerin nedeni diğer istasyonlarda gözlemlenen nedenlere sahiptir. Bu istasyonlardan 13 ve 15 nolu istasyonlar denizden lagüne ve drenaj kanallarından lagüne gelen su girişimi sebepleriyle ÇKM değerleri değişim göstermektedir. Drenaj kanallarından gelen tatlı sular ÇKM değerlerini düşürürken, denizden lagüne gelen tuzlu sular arttırıcı etkiler yapmaktadır.

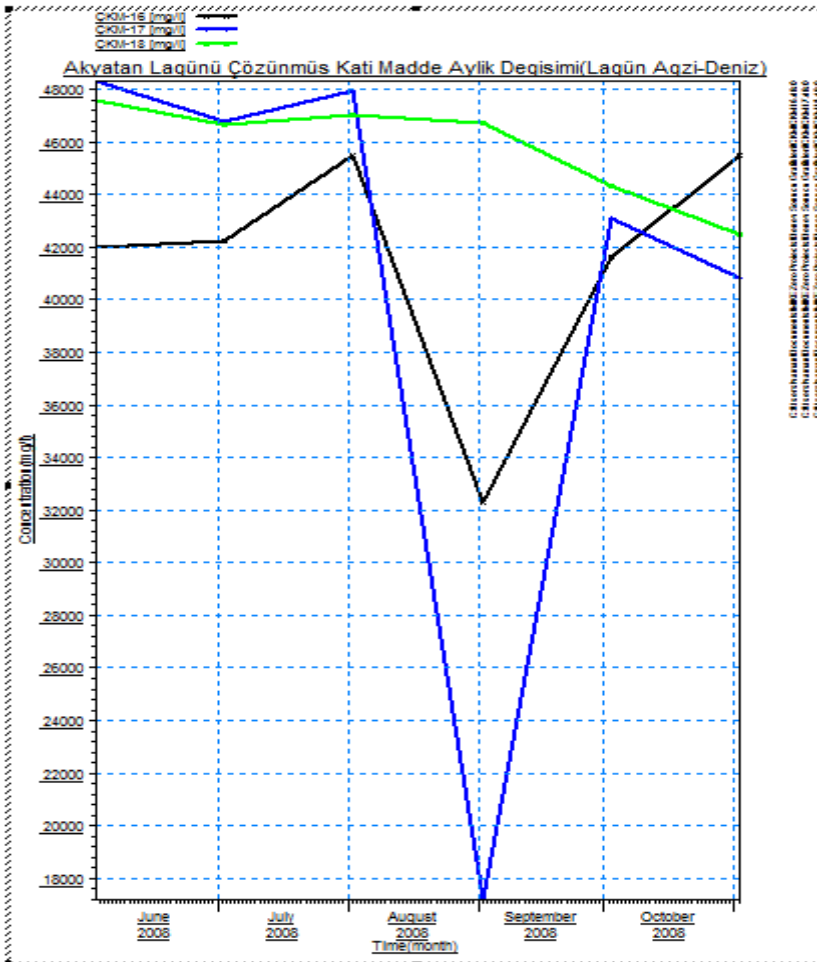
Çizelge 4.58. Akyatan Lagünü ÇKM Aylık Değişimi(Güney Kıyı)



4.12.4 .Lagünün Lagün Ağzı- Deniz Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün lagün ağzı ve denizde Çözünmüş Katı Madde-ÇKM parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.59'daki gibidir. Burada en yüksek ÇKM değeri Haziran ayında 48320 mg/L ile 17 nolu istasyonda, en düşük değer ise Eylül ayında 17187 mg/L ile yine 17 nolu istasyonda gözlenmiştir. Buradaki istasyonlarda da ÇKM değerleri değişimleri diğer istasyonlarla benzer nedenlere sahiptirler. Sıcaklığın ve buharlaşmanın olduğu yaz dönemlerinde yüksek, yağışın bol olduğu dönemlerde düşük değerler seyretmektedir. Burada 17 nolu istasyonda ÇKM değişimi lagün-deniz su girişiminden etkilenmektedir. Ayrıca 16 nolu istasyon da yine deniz ve drenaj kanallarından gelen sulardan etkilendiği gözlenmektedir.

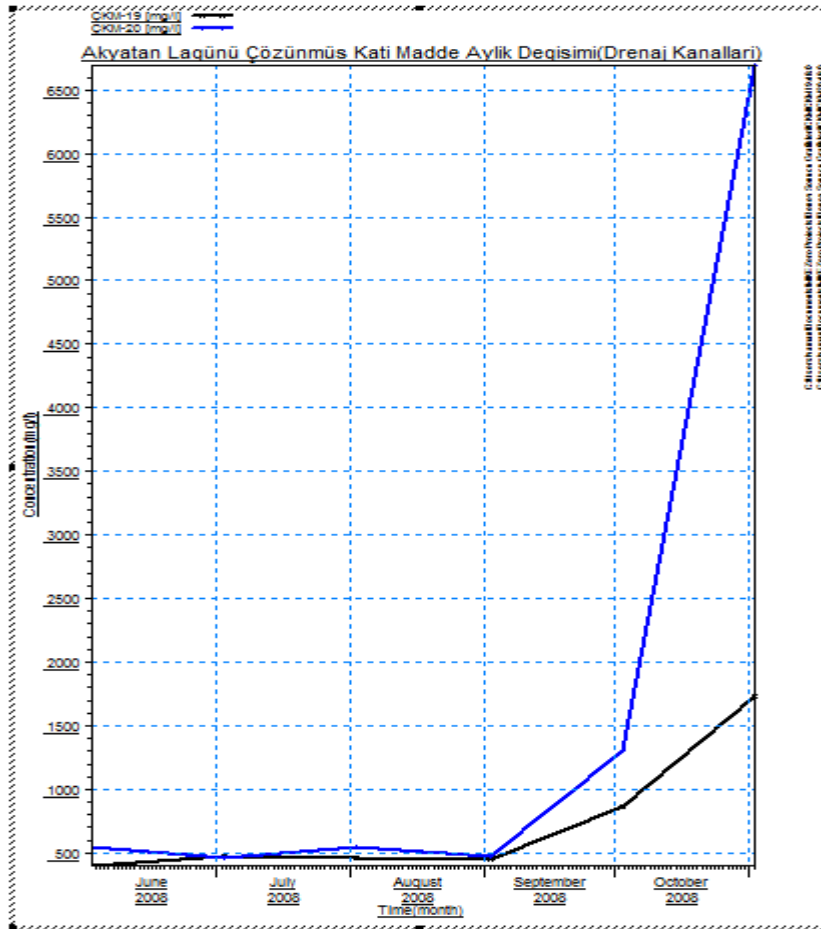
Çizelge 4.59. Akyatan Lagünü ÇKM Aylık Değişimi(Lagün Ağzı- Deniz)



4.12.5 .Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'ne gelen drenaj kanallarında Çözünmüş Katı Madde-ÇKM parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.60 daki gibidir. Burada en yüksek ÇKM değeri Kasım ayında 6692 mg/L ile 20 nolu istasyonda, en düşük değer ise Eylül ayında 400 mg/L ile 19 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada bulunan istasyonlar YD3 ve P2D1 drenaj kanalları içerisinde yer almaktadır. Bu kanallar tarımsal alanlardan dönen sulama sularını taşımakta bu sebeple diğer istasyonlara göre daha az ÇKM değerine sahiptir. Bu istasyonlarda yazın düşük ÇKM değeri, kışın ise yüksek ÇKM değerine sahip olmasının nedeni; sulama öncesinde toprakta biriken tuzların yağışlar ve tarımsal sulama ile bu kanallara gelmesi nedeniyle olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.60. Akyatan Lagünü ÇKM Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları)



4.13.Çözünmüş Oksijen İstasyon Bazında Aylık Değişim Grafikleri

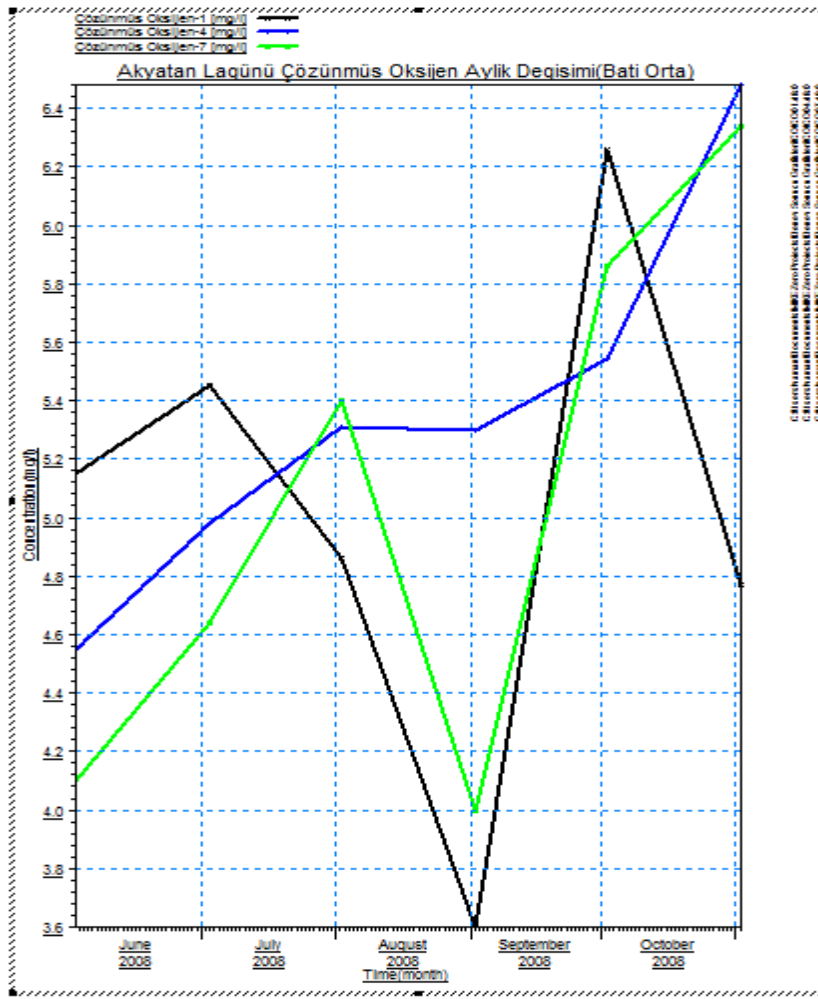
4.13.1 .Lagünün Batı Orta Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nde Çözünmüş Oksijen-ÇO parametresinin lagünün batı ve orta kısmında bulunan istasyonlarda değişimi Çizelge 4.61 deki gibi gösterilmektedir. Elde edilen verilere göre en yüksek ÇO değeri 6,26 mg/L ile 1 nolu istasyonda Ekim ayında, en düşük değer ise 3,60 mg/L ile 1 nolu istasyonda Eylül ayında gözlenmiştir. Çözünmüş oksijen parametresi yüzeysel sularda yaşamın olabilmesi için oldukça önemlidir. Su ortamında balıkların ve diğer canlıların yaşaması için gerekli olan minimum ÇO değeri 5 mg/L dir. Akyatan Lagünü'nde ÇO nin 6,29 mg/L çıkmasının sebepleri şu şekilde sıralanabilir:

1. Su yüzeyinde bulunan algler fotosentez yaparak bu bölgede ÇO nin artmasına neden olmaktadır.
2. Su yüzeyinde dalga etkisi ile oluşan köpüklenme su içinde ÇO değerinin artmasına sebep olmaktadır.
3. Su içerisinde gazların çözünürlüğü, sıcaklık düştükçe artmaktadır. Burada ÇO parametresi sıcaklığın düşmesi ile artarken(doygun hale gelme), sıcaklık arttığında ÇO değeri düşmektedir.

Ç.O değerinin düşük çıkmasındaki sebepler ise sıcaklığın yüksek olması, tuzluluk ve klorür değerlerinin yüksek olması, dalgalanmanın olmaması ve lagüne gelen organik kirleticiler lagün ortamında ÇO nin düşmesine sebep olmaktadır.

Çizelge 4.61. Akyatan Lagünü ÇO Aylık Değişimi(Batı ve Orta)

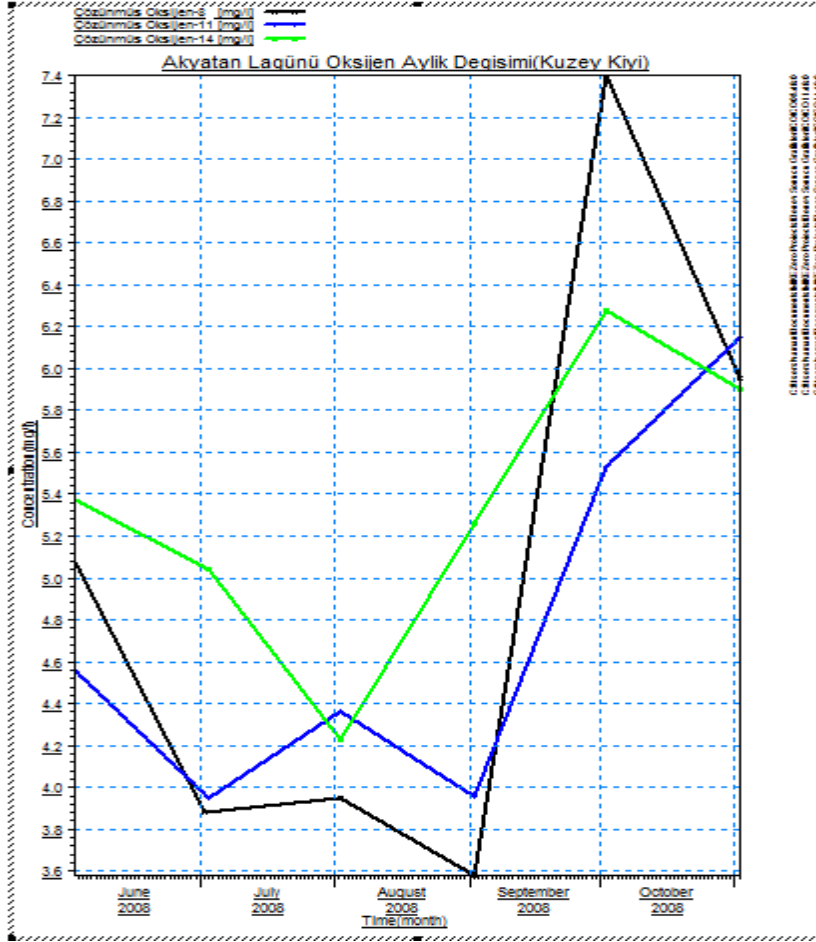


4.13.2 .Lagünün Kuzey Kıyısı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün kuzey kıyılarında Çözünmüş Oksijen-ÇO parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.62 deki gibidir. Burada en yüksek ÇO değeri Ekim ayında 7,4 mg/L ile 8 nolu istasyonda, en düşük değer ise Ağustos ayında 4,23 mg/L ile 14 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada ÇO parametresinin dalgalanma göstermesindeki sebepler 1, 4 ve 7 nolu istasyonlardaki sebeplerle benzerlik göstermektedir. Fakat burada 14 nolu istasyonun YD3 drenaj kanalına yakın olmasından dolayı bu kanal ÇO değerini etkilemiştir. Burada YD3 drenaj kanalından gelen organik maddelerin su ortamında bulunan organizmalar

tarafından parçalanması sonucu ÇO değeri değişim göstermektedir.

Çizelge 4.62. Akyatan Lagünü ÇO Aylık Değişimi(Kuzey Kıyı)

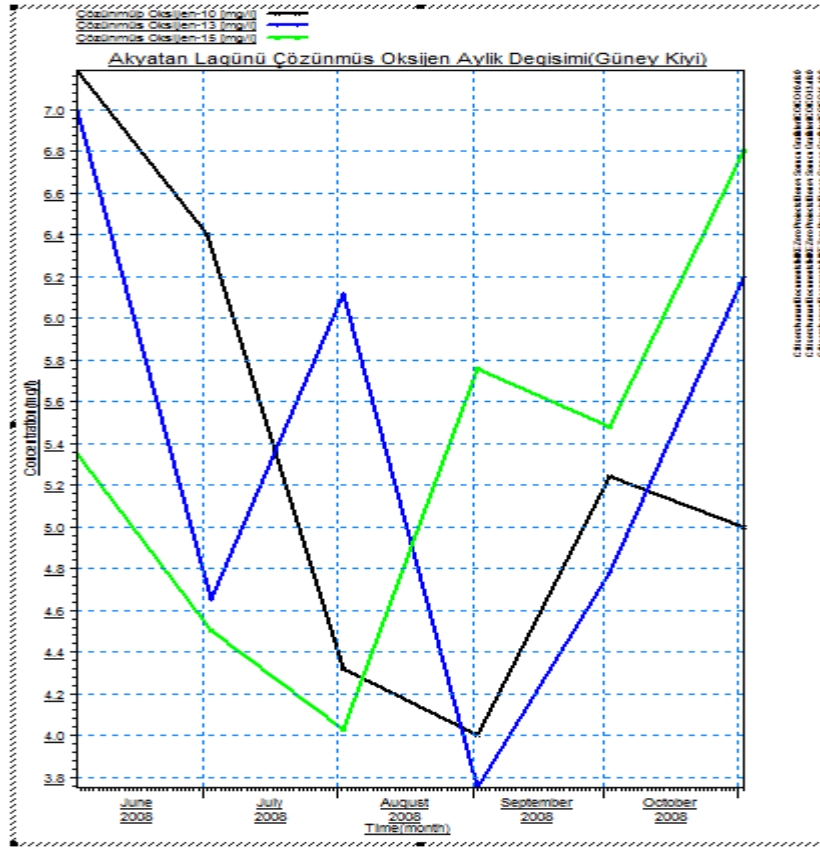


4.13.3 .Lagünün Güney Kıyı Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün güney kıyılarında Çözünmüş Oksijen-ÇO parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.63 deki gibidir. Burada en yüksek ÇO değeri Haziran ayında 7,19 mg/L ile 10 nolu istasyonda, en düşük değer ise Ağustos ayında 4,03 mg/L ile yine 10 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada ÇO parametresinin dalgalanma gösterme sebepleri diğer istasyonlarla benzerlik göstermektedir. Burada Haziran ayında ÇO'nin yüksek çıkmasının sebebi, yüzeyde yosun ve alglerin yoğun bir şekilde bulunmasından kaynaklanmaktadır. Ek olarak burada ÇO'ne YD3 ve P2D1 drenaj kanalından gelen organik maddelerin etki ettiği

düşünülmektedir. Ayrıca 15 nolu istasyonda meydana gelen değişimlere drenaj kanallarının yanı sıra denizden lagüne veya lagünden denize gelen akımlar da etki etmektedir.

Çizelge 4.63. Akyatan Lagünü ÇO Aylık Değişimi(Güney Kıyı)

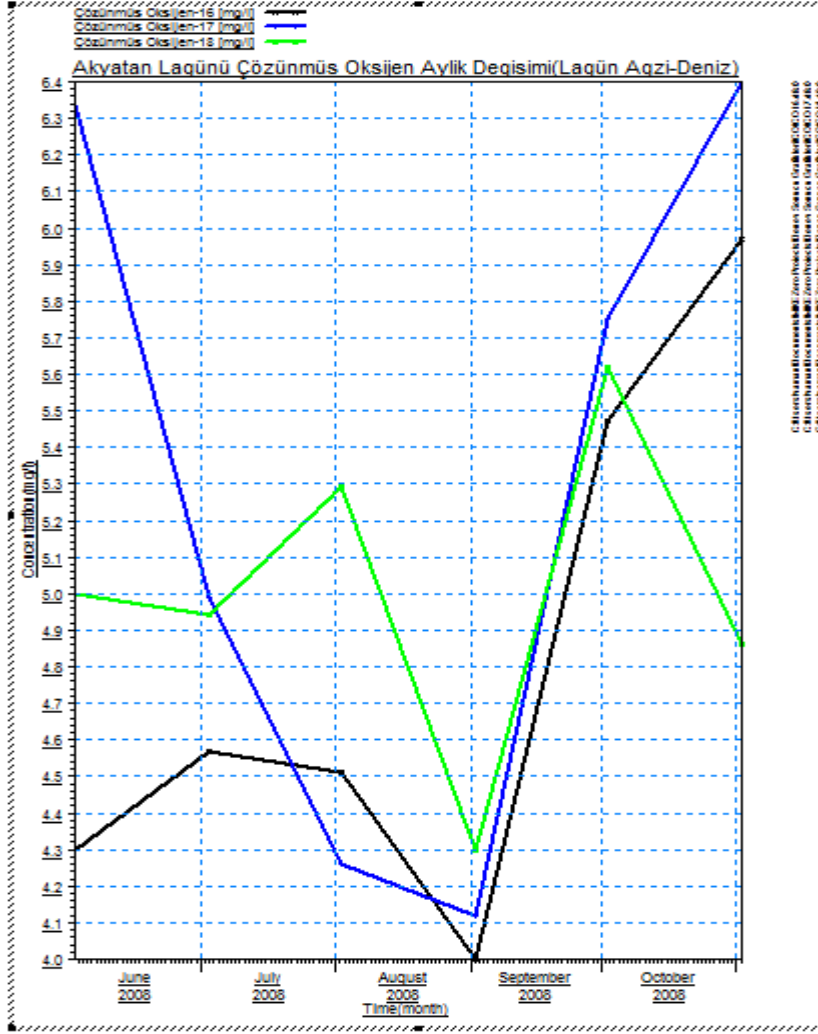


4.13.4 .Lagünün Lagün Ağızı- Deniz Bölümündeki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'nün lagün ağızı ve denizde Çözünmüş Oksijen-ÇO parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.64 deki gibidir. Burada en yüksek ÇO değeri Haziran ayında 6,34 mg/L ile 17 nolu istasyonda, en düşük değer ise Eylül ayında 4,0 mg/L ile 16 nolu istasyonda gözlenmiştir. Buradaki doğrusal olmayan değişimin sebepleri diğer istasyonlarla benzerlik göstermektedir. Burada ayrıca YD3, P2D1 ve denizden gelen sularında etki ettiği gözlenmiştir. Burada 18 nolu istasyonda ÇO nin yüksek olmasının sebebi deniz suyunun diğer istasyonlara göre daha düşük sıcaklığa sahip olması ve dalgalanmanın fazla olmasından

kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4.64. Akyatan Lagünü ÇO Aylık Değişimi(Lagün ağız-Deniz)

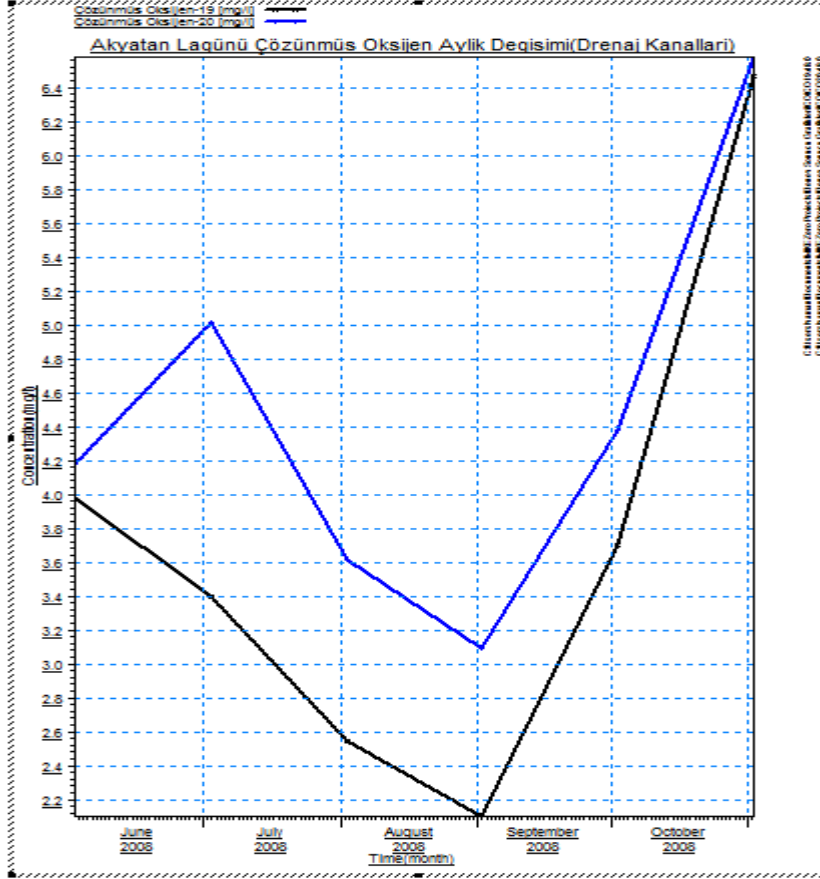


4.13.5 .Lagüne Gelen Drenaj Kanallarındaki İstasyonlar

Akyatan Lagünü'ne gelen drenaj kanallarında Çözünmüş Oksijen-ÇO parametresinin istasyonlara göre aylık değişimi Çizelge 4.65 deki gibidir. Burada en yüksek ÇO değeri Kasım ayında 6,58 mg/L ile 20 nolu istasyonda, en düşük değer ise Eylül ayında 2,1 mg/L ile 19 nolu istasyonda gözlenmiştir. Burada ÇO değerinin düşük olmasındaki sebep, tarımsal arazilerde kullanılan ilaç ve gübrelerin, mikroorganizmalar tarafından parçalanması sırasında ortamda bulunan oksijeni

kullanmaları olarak düşünülmektedir.

Çizelge 4.65. Akyatan Lagünü ÇO Aylık Değişimi(Drenaj Kanalları)



Ayrıca lagüne gelen evsel ve endüstriyel atıksularda ÇO değerinin düşmesine sebep olmaktadır. Yapılan araştırmada Akyatan Lagünününde 14 farklı istasyonda sıcaklık, ÇO, pH, alkalinite, Eİ, tuzluluk, ÇKM, klorür, AKM, sülfat, TP, nitrit, nitrat, gibi 12 farklı parametreden elde edilen verilerin aylara göre hem istasyonlardaki değişimleri hem de çalışma alanı içerisindeki dağılımları incelenmiştir.

4.14. Akyatan Lagünü Batimetrisi

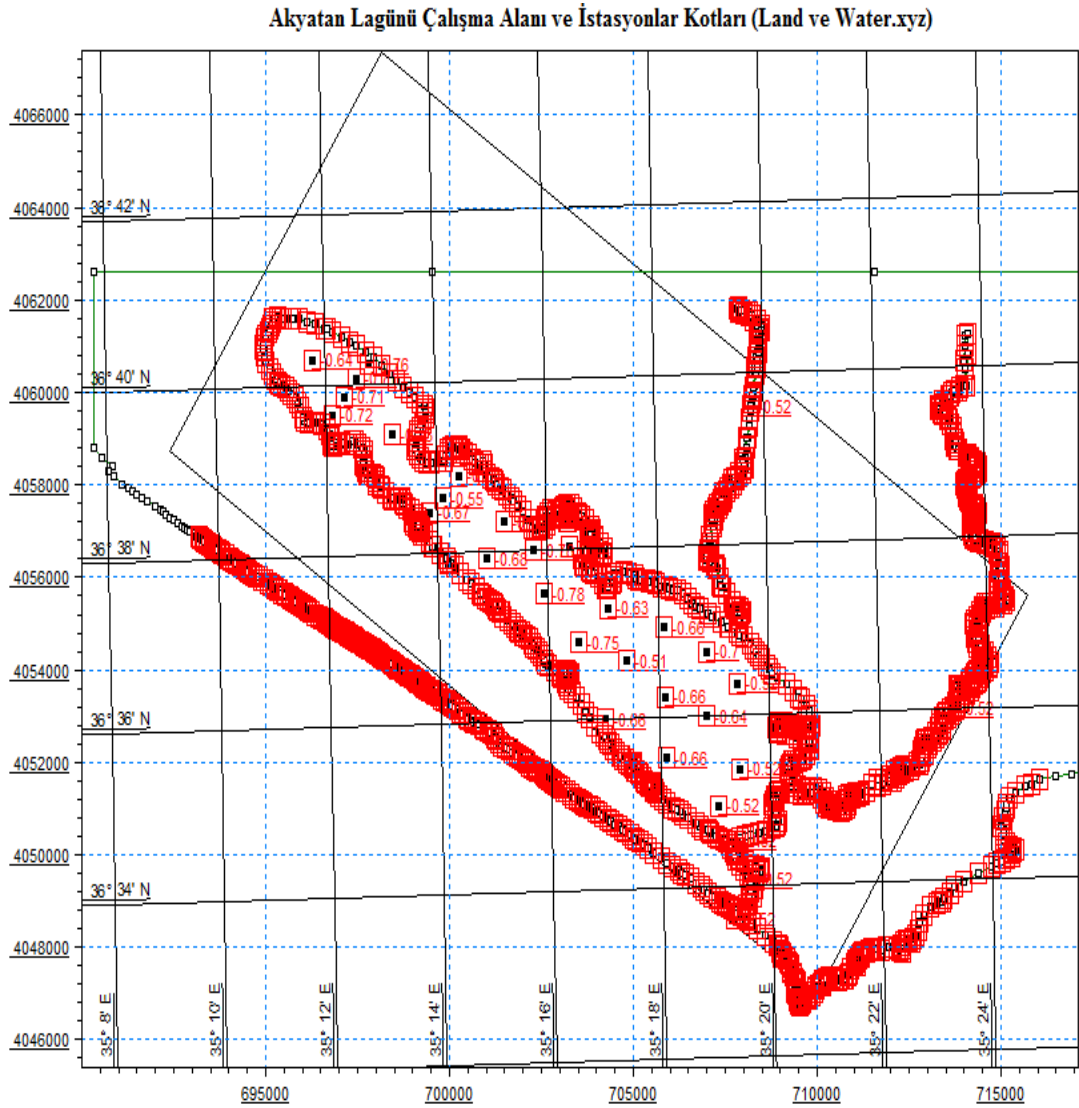
Modelleme için hem lagünün iç topografyası, hem de denizel ortamdan gelecek olan osinografik sinyallerin belirlenmesi için lagün ağzına yakın alanlardaki deniz dibi topografyasına gereksinim duyulmaktadır. Akyatan Lagününün batimetri haritası Şekil 4.3 deki gibidir. Bu harita Mike 21 HD modeli kullanılarak hazırlanmıştır. Hazırlık aşamasında iki tip dosya kullanılmıştır. Birincisi çalışma alanının sınırlarını ve yükseltilerini gösteren Land.xyz dosyası, ikincisi ise lagünde alınan numunelerin yerini ve derinliklerini gösteren istasyonların dosyası Water.xyz dir. Bu batimetrik harita bu bilgilerin dijital ortama geçirilmesi ile elde edilmiştir. Buradaki dosyalarda ilk sütun X eksenini, ikinci sütun Y eksenin, üçüncü sütun derinlik veya yüksekliği, son sütun da bu dosyanın arazimi yoksa suyunu temsil eden kodlama sayısıdır. Çalışma alanı Mike 21 HD programında UTM zonu olarak UTM-36 kullanılmıştır. Kuzeyde 4066000 m Y koordinatlarında, doğuda 715000 m ,X koordinatları arasında yer almaktadır. Alanın genişliği 27100 m ve yüksekliği 17500 m arasında ölçülmüştür.

Water.xyz	Land.xyz		
707327	4051059	-0.52	3
697143	4059900	-0.71	3
698430	4059100	-0.73	3
700250	4058200	-0.62	3
699450	4057400	-0.67	3
702300	4057200	-0.72	3
702000	4056400	-0.68	3
702300	4056600	-0.78	3
703250	4056650	-0.72	3
703300	4054400	-0.75	3
707000	4033000	-0.64	3
707000	4054400	-0.7	3
708341.61	4060412.28	1	10
708300.18	4060152.42	1	10
708300.18	4060159.96	1	10
708262.52	4059885.03	1	10
708229.63	4059779.58	1	10
708202.26	4059598.81	1	10
708164.60	4059293.75	1	10
708133.18	4059030.13	1	10
708061.75	4058800.39	1	10
708036.56	4058578.20	1	10
708036.56	4058491.57	1	10
708047.88	4058377.08	1	10

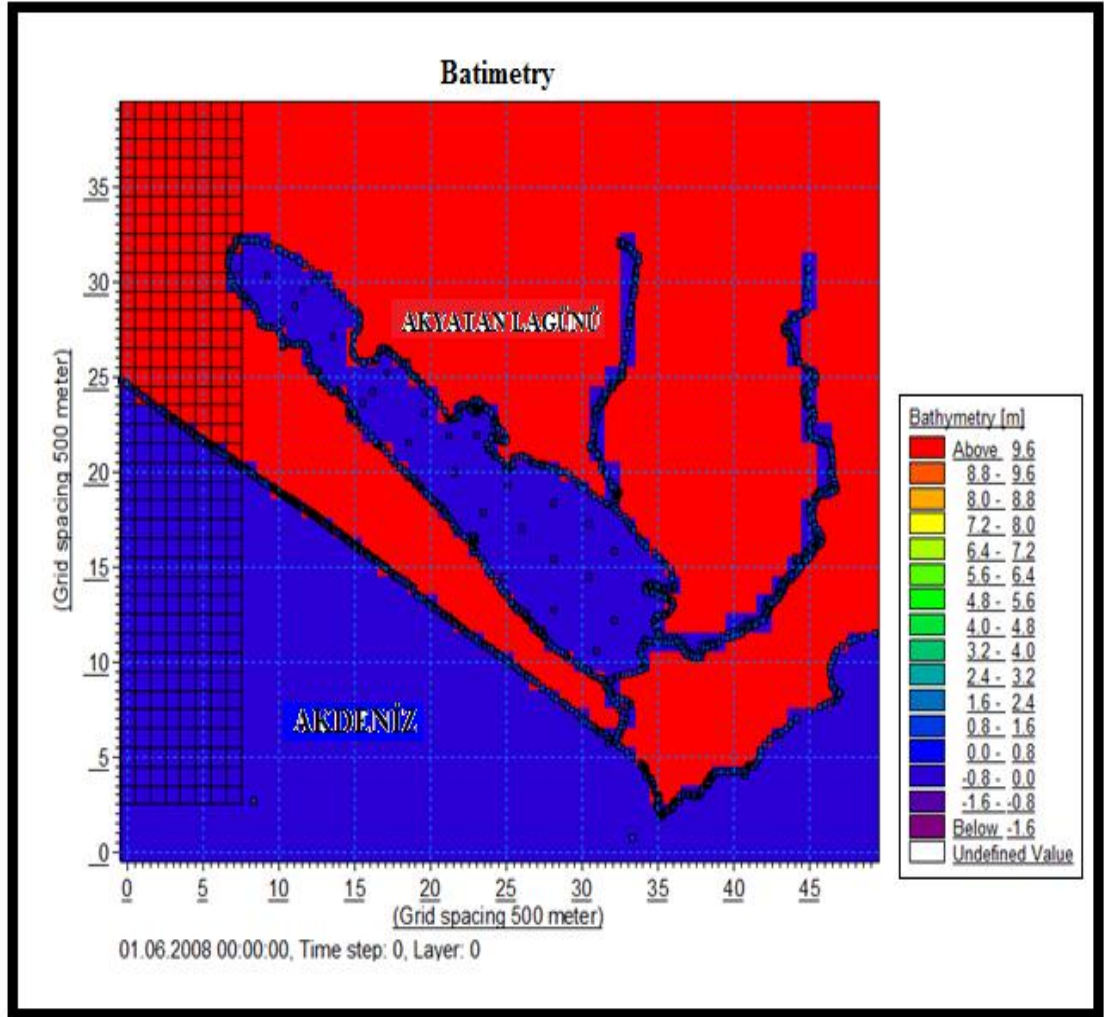
Şekil 4.1. Mike 21 HD Veri Girişi Dosyaları

Bu verilere Mike 21 programına girilerek Şekil 4.2 deki gibi land ve water dosyaları görsel hale getirilmiştir. Bu aşamadan sonra çalışma alanının sınırları ve grid boşluklarının boyutları belirlendi. Akyatan Lagünü'nde grid boyutu olarak 450m seçildi, çalışma alanının eğimi 35° olarak ayarlandı. Grid sayısı X yönünde 48, Y yönünde 24 adet olarak belirlenmiştir. Bu haritalar hazırlanırken sınırlı sayıdaki belirli noktalarda tanımlanan derinlikler ağ noktalarına doğrusal interpolasyon

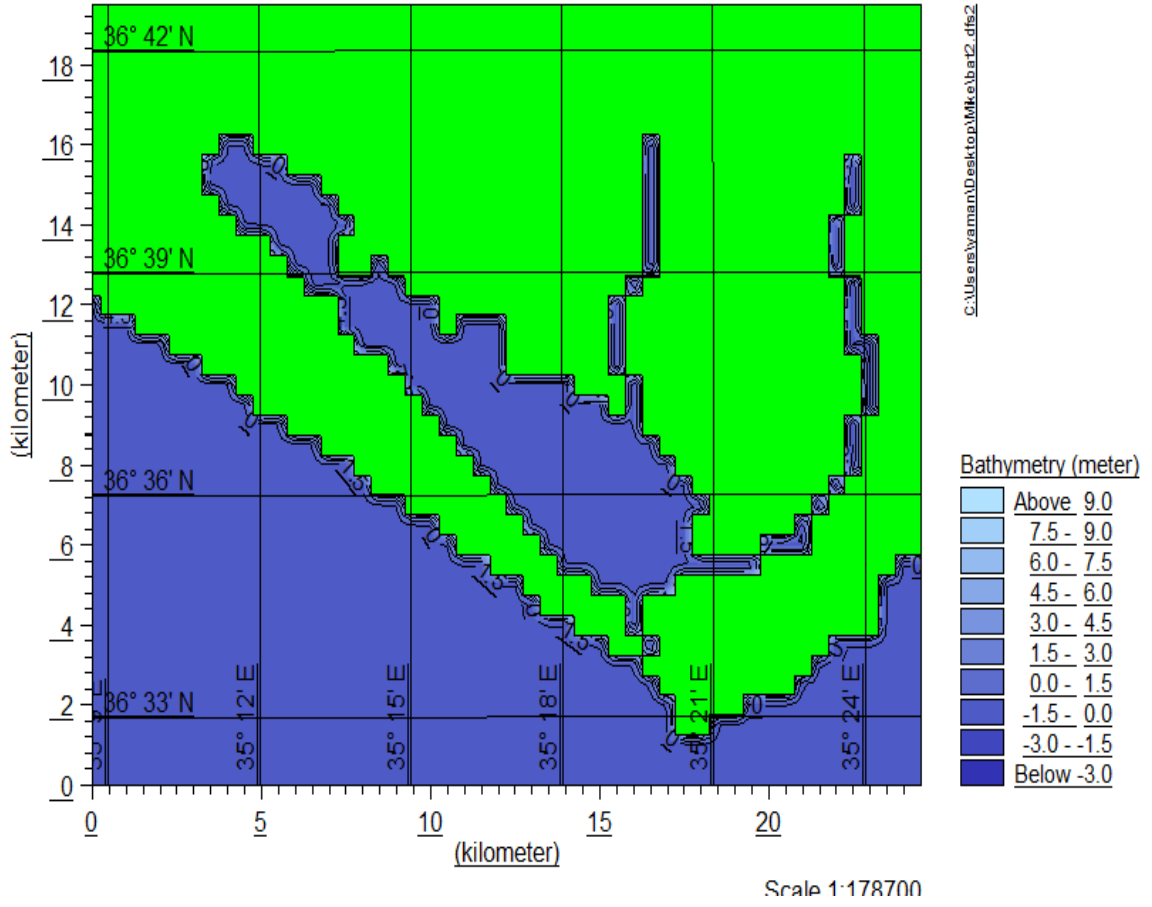
yöntemi kullanılarak aktarılmıştır. Bir arazide değişik bölgelerden alınan örnekleme değerlerini kullanarak herhangi bir noktanın değerini tahmin etme işlemine “interpolasyon” adı verilmektedir. Genellikle interpolasyon, verilerin toplandığı alanın dışından ziyade içersindeki bir alana ait verilerin tahmin edilmesinde kullanılır. İki farklı enterpolasyon tekniği vardır. Bunlar; Deterministik ve Stokastik (geostatistical) yöntemlerdir. Her iki teknikte başka bir konuma ait değerlerin hesaplanmasında çevredeki örnekleme noktalarına ait ölçülen değerleri kullanılmaktadır. Deterministik teknikler enterpolasyon işleminde matematiksel fonksiyonları kullanırken, Stokastik (geostatistical) yöntemler tahmin işlemindeki belirsizlik ve hataları da ortaya koyabilecek şekilde hem matematiksel hem de istatistiksel fonksiyonları dikkate alarak işlem yapmaktadır. Geoistatistik yöntemler olarak da adlandırılan Stokastik yöntemler temelde Kriging olarak da bilinmektedir. Kriging yöntemleri; Simple Kriging, Ordinary Kriging, Universal Kriging, Indicator Kriging, Probablity Kriging, Disjunctive Kriging ve Cokriging olmak üzere alt başlıklara ayrılmaktadır. (Güler ve Kara., 2007). Lagün içi kanallar ile sığıklar arasındaki geçiş bölgesi yaklaşık 10 m olarak tanımlanmış ve bu bölgede derinlikler kanallar ve sığık bölgelerin sınırlarını birleştiren ve eğimi 0.08 olan bir doğru etrafında ortalama değer olan 1.85 m’den 0.4925 m’lik bir standart sapmayı sağlayacak serkilde rasgele olarak belirlenmiştir. Bu sınır bölge ve lagün girişlerinin batimetrisi daha detaylı olarak Şekil 4.3 deki gibi görülebilir.



Şekil 4.2. Akyatan Lagünü Batimetri Veri Dosyalarının Digital Ortama Dönüştürülmesi



Şekil 4.3. Akyatan Lagünü Batimetri Haritası



Şekil 4.4. Akyatan Lagünü Batimetri Haritası Plot Görünümü

Akyatan Lagününün batimetri haritasına göre lagünün batı ve orta bölümlerinde su derinliği 1 ila 4 m arasında; lagünün güneyi 1 m ila 4 m arasında; lagünün kuzeyi 1 m ila 2 m arasında; yine lagünün ağız ve deniz kısımlarında su derinliği 1 m ila 4 m arasında değişim göstermektedir. Lagün kıyılarında iklim koşullarına bağlı olarak su derinliği 0,30 m ila 0,80 m arasında değişim göstermektedir. Buradan lagünün batısı doğusuna göre; kuzeyi güneyine göre daha sığ bir durum göstermektedir. Bu durumun ana sebebi olarak lagüne giren suyun yetersiz olması ve son yıllarda kurak geçen ayların fazla olması olarak düşünülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Akyatan Lagünü'nde su kalitesini belirlemek için tespit edilen istasyonlardan alınan numunelerde AKM, alkalinite, ÇKM, ÇO, Eİ, klorür, nitrit, nitrat, pH, su sıcaklığı, sülfat, toplam fosfor, tuzluluk gibi fiziksel ve kimyasal parametrelerin analizi yapılmıştır. Buradan elde edilen verilerden yararlanılarak Mike 21 HD ve AD programı kullanılarak Akyatan Lagünü'nün batimetrisi oluşturulmuş ve bu kalite parametrelerinin mevcut durumu hakkında bilgiler elde edilmiştir.

5.1 .Su Kalitesi Parametreleri ile ilgili Sonuçlar

AKM nin istasyon bazında incelendiğinde en düşük ve en yüksek AKM değerlerinin sırasıyla 4-143 mg/L olduğu gözlenmektedir. Burada meydana gelen AKM değişiminin temel sebebi olarak; drenaj kanallarından ve denizden gelen su akımının lagün suyunda meydana getirdiği hareketlenme ve bu sebeple dip sedimentinin resüspanse olması olarak düşünülmektedir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 2 de göl ve göletlerde ötrofikasyon kontrolü için sınır değer olarak 5-15 mg/L ve Tablo 3.1 de kıyı ve deniz sularının sağlanması gereken AKM değerinin 30 mg/L olması gerekmektedir. Bu değerlere göre Akyatan Lagünü'nde AKM değeri standartların üzerinde olduğu görülmektedir.

Alkalinite ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde en düşük ve yüksek alkalinite değerlerinin sırasıyla 94-442 mg CaCO₃/L olduğu bulunmuştur. Burada meydana gelen alkalinite değişiminin sebebi lagün yüzeyinde meydana gelen alg büyümesi, havanın rüzgârlı olması sebebiyle lagünde meydana gelen dalgalanma ve YD3 ile P2D1 drenaj kanallarından gelen organik maddelerin lagünde biyolojik parçalanması birer etken olarak düşünülektedir. Drenaj kanallarından gelen sular alkalinite değerini artırırken, denizden lagüne gelen akımlar; akımın geldiği bölgelerde alkalinite değerini düşürmektedir.

Elektriksel iletkenliğin istasyon bazında incelendiğinde en düşük ve yüksek Eİ değerlerinin sırasıyla 0,65-162 mS/cm olduğu bulunmuştur. Burada Eİ değerinde meydana gelen değişimin sebebi sıcak yaz aylarında lagünün sınırının küçülmesi sonucu, lagün kıyılarında kalan tuz kalıntılarının yağışın olduğu mevsimlerde yıkanarak lagüne gelmesi olarak düşünülmektedir. Lagünün drenaj kanalı kısmında yer alan istasyonlarda Eİ değerinin düşük olmasının sebebi olarak da bu drenaj kanallarından gelen tatlı sular olduğu düşünülmektedir.

Klorür sonuçlarının incelendiğinde değerler 1001-88697 mg/L arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Burada meydana gelen klorür değişiminin sebebi sıcaklığın yüksek olduğu aylarda buharlaşmanın fazla olması, düşük olmasının sebebi ise yağışlar sebebi ile meydana gelen seyrelme olarak düşünülmektedir. Ayrıca drenaj kanallarından gelen tatlı sular klorür değerini düşürürken, denizden gelen sular yükseltici etki yapmaktadır. Klorür Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 1 e göre >400 mg/L olan sular IV. kalite su sınıfına girmektedir.

Yapılan analizlerde Nitrit in en yüksek değerinin 0,614 mg/L ile 19 nolu drenaj kanallında yer alan istasyonda ölçülmüştür. Lagün içerisindeki drenaj kanallarının döküldüğü noktalara en yakın numune alma noktası olan 11, 14 ve 15 nolu istasyonlarda nitrit değerinin yüksek çıktığı gözlenmiştir. En düşük değer olarak 0 mg/L nitrit değeri bulunmuştur. Burada meydana gelen Nitrit değişiminin sebebi; tarımsal alanlardan dönen drenaj sularının taşıdığı azotlu gübreler ve azotlu organik maddelerden meydana gelmektedir. Ayrıca lagünde meydana gelen bakteriyolojik faaliyetler ve yağışlar dolayısı ile de Nitrit değeri değişim göstermektedir. Burada bulunan sonuçlar Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 1 e göre karşılaştırıldığında en düşük değer olarak I. Sınıf, en yüksek değer olarak IV. kalite su sınıfına girdiği görülmektedir.

Nitrat'ın istasyon bazında incelendiğinde en düşük ve yüksek değerleri sırasıyla 0,439-5,505 mgNO₂-N/L olduğu gözlenmiştir. Burada meydana gelen Nitrat değişiminin sebebi yine drenaj kanallarının taşıdığı tarımsal alanlardan gelen azotlu gübre ve organik maddedir. Ayrıca sıcaklığın yüksek olduğu aylarda ve ÇO değeri düşük olduğu durumlarda nitrat değeri azalmaktadır. Burada bulunan sonuçlar Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 1 e göre karşılaştırıldığında en düşük değer

olarak I. Sınıf, en yüksek değer olarak II. kalite su sınıfına girdiği görülmektedir.

PH'ın istasyon bazında incelendiğinde en düşük ve yüksek değerleri sırasıyla 7,68-9,13 olduğu gözlenmiştir. En yüksek değer olarak kaydedilen pH sonucu 10 ve 11. numune alma noktalarında Temmuz ayında saptanmıştır. Diğer ölçümlerin tamamı 9 un altında olduğu tespit edilmiştir. Burada meydana gelen pH değişiminin sebebi sıcaklığın yüksek olduğu mevsimlerde meydana gelen fotosentetik faaliyetler, lagüne düşen yağışlar ve bu yağışların sonucu lagüne noktasal olmayan kaynaklardan gelen organik maddelerin oksidasyonu gibi etkilerin etki ettiği düşünülmektedir. Burada fotosentetik faaliyetler pH'ı artırırken, yağışlar ve organik madde oksidasyonu azaltıcı etki göstermektedir. Su kirliliği kontrolü yönetmeliği Tablo 1 e göre Akyatan Lagünü III. kalite su sınıfında olduğu tespit edilmiştir.

Lagündeki su sıcaklığı 16,1 ila 33,8 °C arasında değiştiği gözlenmiştir. Burada meydana gelen su sıcaklığı değişimi hava sıcaklığı ile paralellik göstermektedir. Bu durumun sebebi ise, lagünün çok sığ olmasıdır. Bu değişimden dolayı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 1 e göre karşılaştırıldığında Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında IV. kalite su sınıfına dâhil olduğu diğer aylarda ise II. kalite su sınıfına dahil olduğu gözlenmiştir.

Sülfat'ın istasyon bazında incelendiğinde en düşük ve yüksek değerleri sırasıyla 45-253 mg/L olduğu gözlenmiştir. Burada meydana gelen Sülfat değişiminin sebebi bakteriyolojik faaliyetler, yağışların etkisi ile tarımsal alanlardan lagüne gelen sülfatlı gübreler olarak düşünülmektedir. Burada bulunan sonuçlar Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 1 e göre karşılaştırıldığında, en düşük değer olarak I.sınıf su sınıfına, en yüksek değer olarak da II. Sınıf su sınıfına dâhil olduğu gözlenmiştir.

Toplam Fosfor istasyon bazında incelendiğinde en düşük ve yüksek değerleri sırasıyla 0,1-0,8 mg/L olduğu gözlenmiştir. Burada meydana gelen değişimin sebebi drenaj kanallarından ve lagün civarındaki tarım alanlarından yağış ve sulama suyu sebebiyle lagüne gelen fosforlu gübre ve fosforlu organik maddeler ile yine noktasal olmayan çeşitli organik fosfor kaynakları etki ettiği düşünülmektedir. Ayrıca lagündeki bakteriyolojik faaliyetlerin sıcaklıkla birlikte artması, yağışlı mevsimlerde meydana gelen seyrelemeler sebebi ile de değişimlerin olduğu düşünülmektedir.

Burada bulunan sonuçlar, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 1 e göre karşılaştırıldığında, en düşük değer olarak II. kalite su sınıfına, en yüksek değer olarak da IV. kalite su sınıfına dâhil olduğu gözlenmiştir.

Tuzluluğun istasyon bazında incelendiğinde en düşük ve yüksek değerleri sırasıyla 14,4-119,6 ppt olduğu gözlenmiştir. Burada sıcaklık ve buharlaşmanın artması ile birlikte tuzluluk değeri artarken, yağışlar ve buharlaşmanın az olduğu dönemlerde düşüş göstermektedir. Ayrıca tuzluluğun artışına sebep olan diğer bir önemli etken, sıcaklığın yüksek olduğu dönemlerde lagün sınırının daralması sonucu kıyıda oluşan kalıntı tuzların yağışlarla yıkanarak lagüne gelmesi sonucu artmasıdır.

Çözünmüş katı maddenin istasyon bazında incelendiğinde en düşük ve yüksek değerleri sırasıyla 17187-175824 mg/L olduğu gözlenmiştir. Burada ÇKM değerinde meydana gelen değişimler Tuzluluk ve Eİ değerleri ile benzerlik göstermektedir. Burada bulunan sonuçlar Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 1 e göre karşılaştırıldığında en düşük ve en yüksek değer olarak IV. kalite su sınıfına su sınıfına dâhil olduğu gözlenmiştir.

Çözünmüş oksijenin (ÇO) istasyon bazında veriler incelendiğinde ortalama lagün içerisinde 5,14 mg/L seviyesinde bir ÇO seviyesi olduğu gözlenmiştir. En düşük ÇO seviyesi Lagünün batı kısmındaki yer alan 1 nolu istasyon da Eylül ayında 3,60 mg/L olarak kaydedilmiştir. Bu değişimin nedeni olarak ÇO seviyesinin sıcaklıkla ters orantılı değişim gösterdiğinden dolayı eylül ayında lagün suyu sıcaklığının 33,8 C' ye yükselmesinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Ayrıca ÇO değerini etkileyen sebepler arasında; lagünde bulunan algler tarafından gerçekleştirilen fotosentez ve rüzgârlı günlerde meydana gelen dalgalanma yer almaktadır. Burada bulunan sonuçların ortalaması alındığında Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 1 e göre II. kalite su sınıfına dâhil olduğu gözlenmektedir.

Sonuç olarak, Türkiye'nin en büyük lagün gölü olan ve Ramsar Alanı (Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanlar Sözleşmesi) içerisinde bulunan Akyatan Lagünü'nde yapılan su kalitesi gözlem çalışması neticesinde lagünün su kalitesinin bozulduğu anlaşılmaktadır. Buna en büyük etkenin lagüne büyük oranda tatlı su taşıyan drenaj kanalları olarak düşünülmektedir. Bu drenaj kanalları lagüne yeterli miktarda tatlı su taşımadığı ve lagüne giriş noktaları yerlerinin doğu tarafında

toplandığı görülmektedir. Bu sebeple lagünün doğu(P2D1), kuzeydoğu(YD3) ve güneydoğu(lagün agzı) bölümlerinde karışım ve seyrelme gibi durumlardan dolayı kirlilik değerleri dağılarak düşük değerler seyretmekte fakat lagünün batı bölümünde buna benzer durumlar gözlenmediğinden dolayı su kalitesi değerleri yüksek olarak gözlenmiştir. Bu sebeple bu alanlar SKKY Tablo 1 verilen su kalitesi sınıfına göre IV. kalite su sınıfına girmektedir.

5.2 .Mike 21 HD Programı ile İlgili Sonuçlar

Bu çalışma sonucunda Mike 21 programı kullanılarak Akyatan Lagünü'nden elde edilen verilerden yararlanılarak lagünün batimetrisi oluşturulmuştur. Batimetri, modelleme için hem lagünün iç topografyası, hem de denizel ortamdan gelecek olan osinografik sinyallerin belirlenmesi için lagün ağzına yakın alanlardaki deniz dibi topografyasın göstermektedir. Akyatan lagünü batimetrisine göre lagünün su lagünün batı ve orta bölümlerinde su derinliği 1 m ila 4 m arasında; lagünün güneyi 1 m ila 4 m arasında; lagünün kuzeyi 1 m ila 2 m arasında; yine lagünün ağız ve deniz kısımlarında su derinliği 1 m ila 4 m arasında değişim göstermektedir. Lagün kıyılarında ve lagünün iç kısımlarında iklim koşullarına bağlı olarak su derinliği 0,30 m ila 0,80 m arasında değişim göstermektedir. Buradan lagünün batısı doğusuna göre; kuzeyi güneyine göre daha sığ bir durum göstermektedir. Bu durumun ana sebebi olarak lagüne giren suyun yetersiz olması ve son yıllarda kurak geçen ayların fazla olması olarak düşünülmektedir.

Bu nedenle;

- Lagüne giren ve çıkan su kaynaklarının durumu tekrar analiz edilmeli; lagüne giren ve çıkan su miktarı sürekli ölçülmeli ve kayıt altına alınmalıdır. Bu çalışmada lagüne gelen tatlı kaynaklarının yetersiz olduğu ve yeni tatlı su kaynaklarının bulunarak lagünün su ihtiyacının karşılanması bunun içinde lagünün su bütçesinin yapılması önerilmektedir.
- Lagünün su kalitesi değişimlerine en büyük etkenin lagüne tatlı su taşıyan drenaj kanalları olduğu görülmüştür. Bu kanallar tarımsal alanlardan dönen suları

taşımakta ve lagünde önemli miktarda kirlilik getirmektedir. Bu nedenle bu kanallarda meydana gelen kirlilik etmenlerinin azaltılması konusunda çalışmaların yapılması ve lagünün su kalitesinin de sürekli gözlenmesi gerektiği düşünülmektedir.

- Lagün ağzı, lagün suyu kalitesini etkileyen diğer bir önemli etmendir. Lagün ağzı, lagün çevresinde bulunan dalyan balıkçılığı sebebiyle bir dış etki altındadır. Dalyan işletmecisi duruma göre lagün ağzını açıp kapatabilmektedir. Bu durum lagün ekosistemini olumsuz yönde etkilemektedir. Burada lagüne su girmesi gerekirken girememekte veya suyun lagüne girmemesigerekirken girmektedir. Sonuç olarak bu durum lagünün doğal hidroperiyodunu bozmaktadır. Bu nedenle bu alanların sürekli kontrol edilmesi ve yine bu bölgeden de lagüne gelen su miktarı sürekli ölçülmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- ABBOTT, M. B. et al., 1985, Modelling Circulations in Depth-integrated Flows. Part 1: The Accumulation of Evidence J. Hyd. Res., Vol. 23, No.4.
- ALTAN, T., ARTAR, M., ATİK, M., ÇETİNKAYA, M., 2004. Çukurova Deltası Biyosfer Rezervi Planlama Projesi. Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 372s. Adana.
- AMBROSE, R.B. WOOL, T., MARTİN, J.L. 1993. WASP5, User's manual. US Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratory, Athens, Georgia, GA, EPA/600/3- 87-039.
- ANONİM, 2009. <http://www.cevreorman.gov.tr/sulak/sulakalan/akyatan.htm> 22 Kasım 2007.
- BALKAYA, N., ÇELİKÖBA, İ., 2005. Sulakalanlar ve Kızılırmak Deltası. II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi, MBGAK, 17-19 Kasım, İstanbul.
- BENET-MONICO, A., CORNEL, S., CHATTERTON, P., WILSON, L., 2006. Water Quality of the Madang Lagoon, Papua New Guinea: A status Report. Marine Pollution, 52:447-468.
- BENDORİCCHİO, G., DE BONİ, G., 2004. A water-quality model for the Lagoon of Venice, Italy, Department of Chemical Processes of Engineering, University of Padua, via Marzolo 9, 35131 Padua, Italy.
- BOWDEN, K. F., 1965, Horizontal Mixing in the sea due to a shearing current. J. Fluid Mech, Vol 21, Part 2, pp. 83-95.
- CARAFÀ, R., MARİNOV, D., DUERİ, S., WOLLGAST, J., LİGTHART, J., CANUTİ, E., VİAROLİ, B., ZALDİVAR, J.M., 2006. A 3D hydrodynamic fate and transport model for herbicides in Sacca di Goro coastal lagoon (Northern Adriatic). Marine Pollution Bulletin 52 (2006) 1231–1248.
- CANBOLAT, A. F., 2004. A review of sea turtle nesting activity along the Mediterranean coast of Turkey. Biological Conservation, 116: 81–91.

- CHUBARENKO, I., TCHEPIKOVA, I., Modelling of man-made contribution to salinity increase into the Vistula Lagoon (Baltic Sea), P.P. Shirsho_ Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, Atlantic Branch Prospect Mira, 1, Kaliningrad 236000, Russia.
- COELHO, S., GAMITO, S., PEREZ-RUZAFIA, A., 2006. Trophic state of Foz de Almargem coastal lagoon (Algarve, South Portugal) based on the water quality and the phytoplankton community. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 71 (2007) 218-231.
- COWARDIN, L.M., Carter, V., Golet, F.C., Laroe, E.T., 1979. Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States, U.S. Department of Interior Fish and Wildlife Service, Washington, U.S.A., 45p.
- ÇEVRE VE ORMAN BAKANLIĞI, 2004, 2006, 2007, . Çevre Atlası, Adana İl Çevre ve Orman Müdürlüğü İl Çevre Durum Raporları Rehberi, Biyolojik Cesitliliğin Korunması. www.cevreorman.gov.tr/ekitap/02.pdf.
- DANİMARKA HİDROLİK ENSTİTÜSÜ -DHI, 2010. Mike 21 User Guide.
- DEMİR, A., 2008. Akyatan Lagününde Tuzluluk ve Bazı Kirlilik Düzeylerinin Saptanarak Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli Dağılımlarının Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı yüksek lisans tezi.
- DİNÇER, A., 2007. Aşağı Seyhan Ovası (ASO)'nda Su Kaynaklarının Geliştirilmesi İle Lagünlerin İlişkisi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- DHI(Danish Hydraulic Institute) Water & Environment, 2009, 2010," Mike 21 Hd-AD User guide", Auto calibration tool –User guide, Horsholm, Denmark.
- DÜGEL, M. 1995, "Köyceğiz Gölü'ne Dökülen Akarsuların Su Kalitesinin Fiziko-Kimyasal ve Biyolojik Parametrelerle Belirlenmesi". Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Bilim Uzmanlığı Tezi, Ankara.

- DMİ, 2008. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Adana.
- DUGAN, P. J., 1991. Sulak Alanların Korunması, Guncel Konular ve Gerekli Çalışmalar Üzerine Bir İnceleme, DHKD, IUCN-The World Conservation Union, PK 1, 80810 Bebek- İstanbul.
- DURAL, M., 2004. Çukurova Bölgesindeki Akyatan, Tuzla ve Çamlık lagünlerinde (Adana, Türkiye) Ağır Metal Araştırması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı Doktora Tezi.
- ERDEM, O., 2004. Sulak Alanlar: Onemi, Temel Sorunları, Türkiye'nin Uluslar arası Oneme sahip sulak alanları. Haber Ekspres: İzmir Gediz Deltası ve Kusları, (28 Subat 2004), 7 s.
- ERTÜRK, A., 2005. Su Kalitesi ve Havza Modellemede Kullanılan Yazılımlar. İTÜ İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- ELDER, J.W., 1959, The Dispersion of marked fluid in a turbulent shear flow. J.Fluid Mech., 5 , pp. 554-560.
- ERTÜRK, A., GÖNENÇ, İ.E. ve ÜLKER, H., (2001). Konya Ovası Ana Tahliye Kanalının Matematiksel Modellenmesi ve Arıtma Gereksinimlerinin Değerlendirilmesi, IV. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 07-10 Kasım 2001.
- EKDAL, A, TANIK, A., 2008. Köyceğiz-Dalyan Lagünü Su Kalitesi Modellemesinde Tuzluluk Simülasyonları. İtüdergisi/E Su Kirlenmesi Kontrolü Cilt:18, Sayı:1, 55-64 Mart 2008, İstanbul.
- EKDAL, A., 2008. Water Quality Modeling Of Köyceğiz – Dalyan Lagoon, Ph.D. Thesis, İstanbul Technical University-Institute Of Science And Technology, Environmental Engineering, İstanbul.
- FİŞHER, H.B., et al. 1979, Mixing in Inland and Costal Waters. Academic Press.
- FERRARİN C., UMGİESSER, G., 2005. Hydrodynamic modeling of a coastal lagoon: The Cabras lagoon in Sardinia, Italy. Ecological Modelling 188 (2005) 340–357.
- GELİBOLU, S., 2006. Akyatan (Karataş/Adana) Lagünü'nde Bulunan Ergin Mavi Yengeç'lerde Hemosit Tür ve Miktarının Belirlenmesi. Çukurova

- Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi.
- GIUSTI, E., MARSILI-LIBELLI, S., 2006. Spatio-temporal dissolved oxygen dynamics in the Orbetello lagoon by fuzzy pattern recognition. *Ecological Modelling* 220 (2009) 2415–2426.
- GOURBESVILLE, PH., THOMASSIN, B.A., 2000 Coastal environment assessment procedure for sustainable wastewater management in tropical islands: the Mayotte example. University of Nice-Sophia Antipolis, University of the Mediterranean. France.
- GÖRGÜN, E., 2002. Kara Kökenli Kirleticilere İlişkin Ulusal Eylem Planı Hazırlanması Projesi Ulusal Tanı Analizi. TÜBİTAK-MAM-ESÇAE-BM Çevre Programı Akdeniz Eylem Planı Koordinatör Birimi, 1-49 s.
- GÖNCÜ, S., 2001. Seydi Suyunun Azot ve Fosfor Döngüsünün Modellenmesi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- HANG, N.T.M., DON, N.C., ARAKİ, H., YAMANISHI, H., KOGA, K., 2008. Applications Of A New Ecosystem Model To Study The Dynamics Of Phytoplankton And Nutrients In The Ariake Sea, West Coast Of Kyushu, Japan. *Journal Of Marine Systems* 75 (2009) 1–16.
- HAKANSON, L., BRYHN, A.C., 2007. Goals And Remedial Strategies For Water Quality And Wildlife Management In A Coastal Lagoon- A Case-Study Of Ringkøbing Fjord, Denmark, *Journal of Environmental Management* 86 (2008) 498–519.
- HUGHES, J.M.R., 1992. Use and Abuse of Wetlands, *Environmental Issues in 1990's* Eds: A.M. Mannion and S.R. Bowly, John Wiley & Sons Ltd., USA.
- HULL, V., PARRELLA, L., FALCUCCI, M., 2007. Modelling Dissolved Oxygen Dynamics In Coastal Lagoons. *Ecological Modelling* 211 (2008) 468–480.

- JORGENSEN, S.E. 1999. State-of-the-art Ecological Modelling with Emphasis on Development of Structural Dynamic Models, Ecological Modelling, 120, sayfa 75-96.
- JOBSON, H.E. ve SAYRE, W.W., 1970, J. Hyd. Div., Proc. ASCE, Vol. 96, pp. 703-724.
- İNAC, S., 2001. Kahramanmaraş Türkoğlu Gavur Gölü Sulak Alanında Yaban Hayatı, Türkiye Ormancılar Derneği, I. Ulusal Ormancılık Kongresi Bildiri Kitabı, 19-20 Mart 2001, Ankara, s: 536-543.
- KASPAREK, M., GODLEY, B. J., VE BRODERICK, A. C., 2001. Nesting of the Green Turtle, *Chelonia mydas*, in the Mediterranean: a review of status and conservation needs. *Zoology in the Middle East* 24:45–74.
- KIRDAĞLI, M., 1999. Lagün Deniz Etkileşiminin İncelenmesi, (A. İ. ALDOĞAN, Y. ÜNSAN, E. BAYRAKTARKATAL editör), Gemi İnşaatı Ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi 99 – Bildiri Kitabı, Cilt 1-2, Yapım Matbaacılık, Maslak-İstanbul, 367-377 s.
- KORKANÇ, Y. S., 2004. Sulak Alanların Havza İçindeki Yeri, ZKÜ, Bartın Orman Fakültesi, Bartın.
- KUSLER, J. 2003. Wetlands and Watershed Management, Institute for Wetland Science and Public Policy of the Association of State Wetland Managers, Publication Number: 28.
- KÜÇÜKGÜLMEZ, A., 2005. Akyatan (Karataş/Adana) Lagünü'nden avlanan pastörize edilmiş Mavi Yengeç (*Callinectes sapidus*, Rathbun, 1896) etinin ağır metal ve mineral madde içerikleri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- LYNAM, T., DREWRY, J., HIGHAM, W., MITCHELL, C., 2009. Adaptive Modelling For Adaptive Water Quality Management In The Great Barrier Reef Region, Australia, *Environmental Modelling & Software* (2009) 1–11.

- LOPES, J.F., SÍLVA, C.I., CARDOSO, A.C., 2007. Validation of a water quality model for the Ria de Aveiro lagoon, Portugal. *Environmental Modelling & Software* 23 (2008) 479-494.
- LOPEZ, F., SÍLVA, C., 2006. Temporal and spatial distribution of dissolved oxygen in the Ria de Aveiro lagoon. *Ecological modelling*, 197 (2006) 67–88.
- LOPES, F., DÍAS, J., DEKEYSER, I., 2005. Numerical modelling of cohesive sediments transport in the Ria de Aveiro lagoon, Portugal, *Journal of Hydrology* 319 (2006) 176–198.
- LOPES, J. F., DIAS, J.M., CARDOSO, A. C., SILVA, C. I.V., 2005. The water quality of the Ria de Aveiro lagoon, Portugal: From the observations to the implementation of a numerical model. *Marine Environmental Research* 60:594–628.
- LONÍN, A., TUCHKOVENKO, S., 2001. Water quality modelling for the ecosystem of the Ciénaga de Tesca coastal lagoon, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, Escuela Naval, A.A. 982, Cartagena de Indias, Colombia.
- MARSH, W., 1991. *Wetlands, Habitat and land Use Planning, Environmental Applications*, 2nd Editions, John Wiley and Sons Inc. New York, USA.
- MADSEN, P. A. et al. 1988, Subgrid Scale Modeling in Depth Integrated Flows 21 st. Int. Conf. On Coastal Engineering, Malaga.
- MITSCH, W.J., GOSELINK, J.G., 2000. *Wetlands*, Third ed. Wiley, New York.
- MUHAMMETOĞLU, A.B. 1998. A Three Dimensional Water Quality Macrophyte for Shallow Lakes, Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- MONTANO-LEY, Y., PERAZA-VÍZCARRA, R., PÁEZ-OSUNA, R., 2006. The tidal hydrodynamics modeling of the Topolobampo coastal lagoon system and the implications for pollutant dispersion. *Environmental Pollution* 147 (2007) 282-290.
- MARKOUA, D.A., SYLAÍOSA, G.K., TSÍHRINTZÍSA, V.A., GÍKASA, D.A., HARALAMBÍDOUA., K., 2006. Water quality of Vistonis Lagoon,

- Northern Greece: seasonal variation and impact of bottom sediments. *Desalination* 210 (2007) 83–97.
- NING, S.K., ve CHANG, N., YANG, L., CHEN, H.W. ve HSU, H.Y., (2001). Assesing Pollution Prevention Program by QUAL2E Simulation Analysis for The Kao-Ping River Basin, Taiwan, *Journal of Environmental Management*, Vol 61, pp.61-76.
- ORTAÇEŞME, V., KARAGÜZEL, O., SAYAN, M. S., 2002. Land Uses and Wetland Interactions in the Case of a Coastal Freshwater Wetland in Turkey. *Littoral* 353-362.
- ÖZCAN, M., GÜNDEMİR, S., “İki Boyutlu Kıyı Alanı Hidrodinamik Model Kalibrasyonu, MIKE 21 HD Örneği“, *Advences in Civil Engineering*, ACE, YTÜ, İstanbul, October 11-13, 2006.
- ÖZCAN, E., 1996. Seyhan-Ceyhan Havzasının Akyatan Lagünü Sularında Pestisit Kirliliğinin Araştırılması. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- PASTRES, R., CIAVATTA, S., COSSARINI, G., SOLIDORO, C., 2005. The seasonal distribution of dissolved inorganic nitrogen and phosphorous in the lagoon of Venice: A numerical analysis. *Environment Inter.* 31:1031–1039.
- PARK, S.S., LEE, Y.S., A Water Quality Modeling Study of The Nakdong River, Korea, *Ecological Modelling*.
- PAKALNE, M., 2004. Wetland management methods in protected nature areas and their application in LIFE-Nature projects. *Baltic Environmental Forum*, University of Latvia Department of Botany and Ecology, Latvia. 31 p.
- RAJAR, R., 1997. Hydrodynamic and water quality modelling, University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Hydraulics Department, Slovenia.
- ROSELLÌ, L., FABBROCİNÌ, A., MANZO, C., D’ADAMO, R., 2009. Hydrological Heterogeneity, Nutrient Dynamics And Water Quality Of A Non-

- Tidal Lentic Ecosystem (Lesina Lagoon, Italy). *Estuarine, Coastal And Shelf Science* 84 (2009) 539–552.
- SALVETTÌ, R., ACUTÌS, M., AZZELLINO, A., CARPANÌ, M., GIUPPONÌ, C., PARATÌ, P., VALE, M., VISMARA, R., 2007. Modelling the point and non-point nitrogen loads to the Venice Lagoon (Italy): the application of water quality models to the Dese-Zero basin. *Desalination* 226 (2008) 81–88.
- SALMAN, T., ARSLAN, A., ORHAN, Y., 2007. Yüzeysel Su Kalitesinin Modellenmesi: Yeşilirmak Örneği, 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Yaşam Çevre Teknoloji 24-27 Ekim 2007, İzmir.
- SİVRİ, N., KÖSE, E., ERÜZ, C., FEYZİOĞLU, M. 2004. Değirmendere'nin Bazı Fizikokimyasal Parametrelerinin İrdelenmesi ve Modellenmesi, Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları V. Ulusal Konferansı, Türkiye Kıyıları 04 Bildiriler Kitabı, 4-7 Mayıs 2004, Adana, Editörler: E. Özhan, H.Evliya, Sayfa 805-814.
- SCANES, P., COADE, G., DOHERTY, M., HİLL, R., 2007. Evaluation of the utility of water quality based indicators of estuarine lagoon condition in NSW, Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 74 (2007) 306-319.
- SOLİDORO, C., PECENİK, G., PASTRES, R., FRANCO, D., DEJAK, C., 2005. Modelling macroalgae (*Ulva rigida*) in the Venice lagoon: Model structure identification and first parameters estimation *Ecological Modelling* 94 (1997) 191-206.
- SOLİDORO, C., PASTRES, R.G., COSSARİNİ, G., CİAVATTA, S., 2004. Seasonal and spatial variability of water quality parameters in the lagoon of Venice. *Journal of Marine Systems*, 51: 7-18.
- SOUZA, M., KJERFVE, B., KNOPPERS, B., DAMASCENO, R., 2001. Nutrient budgets and trophic state in a hypersaline coastal lagoon: Lagoa de Araruama, Brazil.

- SCHEREN, P.A.G.M., KROEZE, C., JANSSEN, F.J.J.G., HORDIJK, L., PTASINSKI, K.J., 2003. Integrated water pollution assessment of the Ebrie´ Lagoon, Ivory Coast, West Africa.
- SMAGORINSKY, J., 1963, General Circulation Experiments with the Primitive Equations, 1, The basic experiment. Mon. Weather Rev., Vol. 91, pp. 90-164.
- SOMAY, M. A., FİLİZ, Ş., 2006. “Küçük Menderes Nehri Kıyı Sulak Alanının Hidrojeokimyasal Değerlendirilmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Buca/İZMİR.
- TAYLOR, G.L., 1954, The dispersion of matter in turbulent flow through a pipe. Proc. Royal Soc. London, Serv. 223-A, pp. 446-468.
- TALBOT, J. W. and TALBOT, G. A., 1974, Diffusion in Shallow Seas in English Coastal and Estuarine Waters. In Physical Processes Responsible for Dispersal of Pollutants in the Sea. Ed. G. Kullenberg and Talbot, J.W. International Council for Sea Exploration, pp. 93-110.
- TAPIA-GONZALEZ, F.U., HERRERA-SILVEIRA, J.A., AGUIRRE-MACEDO, M.A., 2007. Water quality variability and eutrophic trends in karstic tropical coastal lagoons of the Yucata´n Peninsula. Estuarine, Coastal and Shelf Science 76 (2008) 418-430.
- TEPE, Y., ATEŞ, A., MUTLU E., TÖRE, Y., 2006. Hasan Çayı (Erzin-Hatay) Su Kalitesi Özellikleri ve Aylık Değişimleri. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi 2006, E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences 2006, Cilt/Volume 23, Ek/Suppl. (1/1): 149-154 Su Ürünleri Temel Bilimler /Hydrobiology.
- TUNCEL, S. G., TUGRUL, S., ve TOPAL, T., 2007. A case study on trace metals in surface sediments and dissolved inorganic nutrients in surface water of Ölüdeniz Lagoon –Mediterranean. Water Research, 41: 365-372.
- UMGIESSER, G., MELAKU CANU, D., SOLIDORO, C., AMBROSE, R., 2004. A finite element ecological model: a first application to the Venice Lagoon. Istituto Studio Dinamica Grandi Masse ISDGM-CNR, S. Polo 1364, 30125 Venezia, Italy, Istituto Nazionale di Oceanografia di

- Geofisica Sperimentale OGS, Borgo Grotta Gigante, 42/c Trieste, Italy, Environmental Research Laboratory, Athens, GA 30605, USA.
www.agri.ankara.edu.tr/.../1250_Karaca_Arcak_Cevre_Bolum_6.pdf
- YENİLMEZ, F., AKSOY, A., 2007. Uluabat Gölü Su Kalitesinin Wasp7.2 Modeli Kullanılarak Değerlendirilmesi, 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Yaşam Çevre Teknoloji 24-27 Ekim 2007 – İzmir.
- YILMAZ, V., BÜYÜKYILDIZ, M., 2009. Batı Karadeniz Suları Havzasındaki Yüzeysel Suyu Kalitesi Parametrelerindeki Değişimin İncelenmesi ve Cluster Analizi ile İstasyonların Sınıflandırılması, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (Iats'09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük, Türkiye.
- YILMAZ, V., 2009. Türkiye Akarsuları Su Kalitesi Parametrelerinin Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz Yöntemleri İle İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi-Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- ZACHARIAS, Z., GIANNI, A., 2007. Hydrodynamic and dispersion modeling as a tool for restoration of coastal ecosystems. Application to a re-flooded lagoon. *Environmental Modelling & Software* 23 (2008) 751-767.
- ZARILLO, GARY A., Liu, James T., Surak, Clem, Comprehensive Analysis of physical processes in a Coastal Lagoon: New Insights for Estuarine Management, proceedings of the 8th Symposium on Coastal and Ocean Management, V.1, Publ. by ASCE, New York, NY, USA, p. 1108-1122, 1993.

ÖZGEÇMİŞ

06/03/1983 yılında Adana'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana'da tamamladı. 2002 yılında Niğde Üniversitesi Aksaray Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nü kazandı ve daha sonra Çukurova Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'ne 2003 yılında yatay geçiş yaptı ve 2006 yılında bölüm birincisi olarak mezun oldu. Aynı yıl Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü, Çevre Bilimleri A.B.D yüksek lisansına başladı ve halen devam etmektedir.

EKLER

EK 1.Akyatan Lagün Gölü'nden alınan numunelerden elde edilen bazı su kalite parametrelerinin deney sonuçları

AKM (mg/L)-2008									
İstasyonlar	Haziran	Temmuz	Agustos	Eylül	Ekim	Kasım	Ortalama	En Yüksek	En Düşük
1 L	33.00	21.00	36.00	75.00	86.00	414.00	110.83	414.00	21.00
4 L	7.00	16.00	28.00	8.00	46.00	7.00	18.67	46.00	7.00
7 L	6.00	5.00	5.00	7.00	6.00	11.00	6.67	11.00	5.00
8 L	8.00	5.00	5.00	10.00	25.00	4.00	9.50	25.00	4.00
10 L	6.00	5.00	6.00	5.00	8.00	6.00	6.00	8.00	5.00
11 L	6.00	9.00	7.00	7.00	7.00	19.00	9.17	19.00	6.00
13 L	6.00	5.00	8.00	7.00	7.00	10.00	7.17	10.00	5.00
14 L	6.00	5.00	8.00	15.00	13.00	6.00	8.83	15.00	5.00
15 L	5.00	5.00	127.00	13.00	30.00	13.00	32.17	127.00	5.00
16 L	26.00	42.00	27.00	19.00	40.00	4.00	26.33	42.00	4.00
17 L-D	31.00	36.00	87.00	117.00	33.00	13.00	52.83	117.00	13.00
18 D	10.00	5.00	43.00	68.00	85.00	8.00	36.50	85.00	5.00
19 YD ₃	78.00	76.00	79.00	6.00	87.00	88.00	69.00	88.00	6.00
20 P2D1	27.00	5.00	17.00	17.00	19.00	143.00	38.00	143.00	5.00

Alkalinite (Toplam mg CaCO ₃ /L)-2008									
İstasyonlar	Haziran	Temmuz	Agustos	Eylül	Ekim	Kasım	Ortalama	En Yüksek	En Düşük
1 L	258.00	292.00	266.00	268.00	239.00	442.00	294.17	442.00	239.00
4 L	252.00	286.00	220.00	330.00	236.00	230.00	259.00	330.00	220.00
7 L	252.00	244.00	172.00	246.00	170.00	152.00	206.00	252.00	152.00
8 L	236.00	272.00	158.00	310.00	210.00	198.00	230.67	310.00	158.00
10 L	216.00	203.00	94.00	258.00	166.00	148.00	180.83	258.00	94.00
11 L	256.00	230.00	222.00	316.00	198.00	152.00	229.00	316.00	152.00
13 L	216.00	178.00	210.00	302.00	256.00	126.00	214.67	302.00	126.00
14 L	246.00	238.00	280.00	336.00	234.00	190.00	254.00	336.00	190.00
15 L	218.00	260.00	232.00	260.00	216.00	212.00	233.00	260.00	212.00
16 L	182.00	240.00	236.00	298.00	352.00	178.00	247.67	352.00	178.00
17 L-D	238.00	214.00	222.00	282.00	168.00	188.00	218.67	282.00	168.00
18 D	204.00	174.00	216.00	230.00	174.00	188.00	197.67	230.00	174.00
19 YD ₃	284.00	296.00	280.00	266.00	274.00	328.00	288.00	328.00	266.00
20 P2D1	340.00	304.00	244.00	284.00	300.00	264.00	289.33	340.00	244.00

Eİ-(ms/cm)(2008)									
İstasyonlar	Haziran	Temmuz	Agustos	Eylül	Ekim	Kasım	Ortalama	En Yüksek	En Düşük
1 L	78.80	91.10	105.70	145.00	143.80	62.80	104.53	145.00	62.80
4 L	67.30	81.80	103.80	129.00	80.00	61.40	87.22	129.00	61.40
7 L	60.00	65.90	82.30	162.00	83.20	70.10	87.25	162.00	60.00
8 L	47.10	51.10	70.70	52.50	33.80	44.70	49.98	70.70	33.80
10 L	58.40	70.70	84.90	120.50	80.50	103.70	86.45	120.50	58.40
11 L	39.30	47.50	58.30	45.30	34.40	44.50	44.88	58.30	34.40
13 L	50.30	57.80	73.10	86.40	77.70	99.60	74.15	99.60	50.30
14 L	42.90	39.70	58.60	36.90	36.00	44.80	43.15	58.60	36.00
15 L	44.60	45.40	61.40	58.00	35.80	35.70	46.82	61.40	35.70
16 L	51.50	49.80	53.10	42.60	51.90	47.70	49.43	53.10	42.60
17 L-D	57.30	57.70	58.30	24.40	56.60	51.50	50.97	58.30	24.40
18 D	57.30	57.80	56.70	58.00	57.90	57.90	57.60	58.00	56.70
19 YD₃	0.70	0.78	0.65	0.88	1.54	2.84	1.23	2.84	0.65
20 P2D1	0.98	0.82	0.91	0.80	2.25	1.04	1.13	2.25	0.80

Klorür(mg/L)-2008									
İstasyonlar	Haziran	Temmuz	Agustos	Eylül	Ekim	Kasım	Ortalama	En Yüksek	En Düşük
1 L	33537	42046	47302	76534	61467	25328	47702	76534	25328
4 L	28531	35539	44048	63520	36140	25428	38868	63520	25428
7 L	24026	27030	34538	88697	37591	29883	40294	88697	24026
8 L	19021	20773	30534	22074	13565	18020	20665	30534	13565
10 L	23526	28531	38542	66723	35939	47752	40169	66723	23526
11 L	15016	19521	24026	18420	14065	18921	18328	24026	14065
13 L	20522	23776	30784	37241	33737	44198	31710	44198	20522
14 L	16518	15016	24026	16268	14165	17319	17219	24026	14165
15 L	18520	17519	24527	24527	14416	14819	19055	24527	14416
16 L	20522	18520	23025	18370	22925	20022	20564	23025	18370
17 L-D	24026	23025	24026	10812	23175	21273	21056	24026	10812
18 D	24026	23526	24277	26729	23601	23776	24323	26729	23526
19 YD₃	1502	1001	2002	1652	1201	2202	1593	2202	1001
20 P2D1	1640	1001	1502	1401	1451	4705	1950	4705	1001

Nitrit (mg/L)-2008									
İstasyonlar	Haziran	Temmuz	Agustos	Eylül	Ekim	Kasım	Ortalama	En Düşük	En Yüksek
1 L	0,022	0.032	0.003	0.001	0.019	0.003	0.012	0.032	0.001
4 L	0,080	0.176	0.008	0.004	0.018	0.001	0.041	0.176	0.001
7 L	0,027	0.004	0.004	0.009	0.025	0.000	0.008	0.025	0.000
8 L	0,093	0.004	0.004	0.003	0.028	0.000	0.008	0.028	0.000
10 L	0,047	0.003	0.008	0.005	0.028	0.001	0.009	0.028	0.001
11 L	0,103	0.004	0.013	0.004	0.025	0.036	0.016	0.036	0.004
13 L	0,020	0.001	0.005	0.007	0.022	0.002	0.007	0.022	0.001
14 L	0,105	0.018	0.012	0.005	0.024	0.014	0.015	0.024	0.005
15 L	0,101	0.073	0.017	0.007	0.006	0.007	0.022	0.073	0.006
16 L	0,047	0.009	0.010	0.010	0.017	0.001	0.009	0.017	0.001
17 L-D	0,014	0.004	0.013	0.012	0.023	0.001	0.011	0.023	0.001
18 D	0,009	0.001	0.005	0.007	0.019	0.002	0.007	0.019	0.001
19 YD ₃	0,438	0.614	0.187	0.221	0.070	0.032	0.225	0.614	0.032
20 P2D1	0,109	0.057	0.103	0.043	0.044	0.040	0.057	0.103	0.040

Nitrat (mg/L)-2008									
	Haziran	Temmuz	Agustos	Eylül	Ekim	Kasım	Ortalama	En Yüksek	En Düşük
1 L	2.748	3.148	3.717	5.505	3.281	3.259	3.610	5.505	2.748
4 L	3.876	2.902	3.615	4.650	2.172	3.295	3.418	4.650	2.172
7 L	4.814	2.546	2.756	1.144	2.046	2.697	2.667	4.814	1.144
8 L	3.559	2.000	2.582	1.733	0.728	1.664	2.044	3.559	0.728
10 L	2.400	2.388	3.076	3.269	1.777	3.686	2.766	3.686	1.777
11 L	3.060	1.671	2.427	1.662	0.629	1.375	1.804	3.060	0.629
13 L	1.897	1.988	2.213	2.165	1.630	3.251	2.191	3.251	1.630
14 L	3.013	1.367	1.754	1.678	0.870	1.454	1.689	3.013	0.870
15 L	1.560	0.991	1.837	1.163	0.439	1.193	1.197	1.837	0.439
16 L	1.058	0.599	0.733	0.625	0.601	0.999	0.769	1.058	0.599
17 L-D	0.531	0.563	0.658	0.613	0.593	0.912	0.645	0.912	0.531
18 D	0.523	0.520	0.611	0.578	0.510	0.500	0.540	0.611	0.500
19 YD ₃	2.510	1.731	1.762	1.611	1.274	0.928	1.636	2.510	0.928
20 P2D1	2.487	2.206	1.283	0.973	1.733	0.821	1.584	2.487	0.821

PH(2008)									
İstasyonlar	Haziran	Temmuz	Agustos	Eylül	Ekim	Kasım	Ortalama	En Yüksek	En Düşük
1 L	8.11	8.21	8.48	8.25	8.00	7.82	8.15	8.48	7.82
4 L	7.94	8.10	8.30	8.38	8.20	8.38	8.22	8.38	7.94
7 L	7.83	8.73	8.70	7.89	8.54	8.97	8.44	8.97	7.83
8 L	8.05	8.53	8.57	8.40	8.44	8.04	8.34	8.57	8.04
10 L	8.26	9.13	8.84	8.71	8.77	8.47	8.70	9.13	8.26
11 L	8.14	9.07	8.97	8.52	8.23	8.01	8.49	9.07	8.01
13 L	8.12	8.35	8.77	8.41	8.69	8.44	8.46	8.77	8.12
14 L	8.18	8.51	8.31	8.92	8.17	7.99	8.35	8.92	7.99
15 L	8.11	8.20	8.26	8.80	8.26	8.21	8.31	8.80	8.11
16 L	8.09	8.41	8.40	8.42	8.09	8.28	8.28	8.42	8.09
17 L-D	8.19	8.34	8.46	8.36	8.16	8.08	8.26	8.46	8.08
18 D	8.20	8.36	8.26	8.37	8.17	7.97	8.22	8.37	7.97
19 YD ₃	7.84	7.84	8.04	7.90	7.85	7.99	7.91	8.04	7.84
20 P2D1	7.83	8.16	8.01	7.95	8.14	7.68	7.96	8.16	7.68

SICAKLIK- °C (2008)									
İstasyonlar	Haziran	Temmuz	Agustos	Eylül	Ekim	Kasım	Ortalama	En Yüksek	En Düşük
1 L	29.30	31.10	33.30	33.80	23.10	18.50	28.18	33.80	18.50
4 L	29.10	31.10	33.30	33.60	29.00	19.00	29.18	33.60	19.00
7 L	29.00	31.60	33.20	33.00	28.40	18.80	29.00	33.20	18.80
8 L	29.50	31.20	33.50	32.40	26.40	17.90	28.48	33.50	17.90
10 L	29.80	32.70	33.30	32.20	26.00	19.20	28.87	33.30	19.20
11 L	28.80	31.20	33.60	33.00	26.40	16.60	28.27	33.60	16.60
13 L	30.60	32.70	33.40	30.50	26.00	17.60	28.47	33.40	17.60
14 L	28.30	30.50	33.20	33.20	25.60	16.10	27.82	33.20	16.10
15 L	28.20	30.50	33.40	33.00	27.60	23.80	29.42	33.40	23.80
16 L	31.10	33.40	30.90	30.50	25.00	19.70	28.43	33.40	19.70
17 L-D	28.60	32.40	32.30	30.50	25.20	20.40	28.23	32.40	20.40
18 D	27.60	30.00	30.10	30.70	25.00	22.00	27.57	30.70	22.00
19 YD ₃	26.10	29.10	30.40	30.00	22.50	18.00	26.02	30.40	18.00
20 P2D1	27.30	29.20	29.50	31.10	24.00	17.90	26.50	31.10	17.90

SO ₄ (mg/L)-2008									
İstasyon	Haziran	Temmuz	Agustos	Eylül	Ekim	Kasım	Ortalama	En Yüksek	En Düşük
1 L	253.00	221.00	205.00	192.00	230.00	222.00	220.50	253.00	192.00
4 L	241.00	231.00	219.00	187.00	205.00	209.00	215.33	241.00	187.00
7 L	223.00	228.00	238.00	189.00	183.00	219.00	213.33	238.00	183.00
8 L	233.00	225.00	230.00	184.00	184.00	201.00	209.50	233.00	184.00
10 L	231.00	214.00	224.00	181.00	187.00	216.00	208.83	231.00	181.00
11 L	224.00	198.00	224.00	182.00	193.00	209.00	205.00	224.00	182.00
13 L	204.00	201.00	215.00	173.00	192.00	213.00	199.67	215.00	173.00
14 L	214.00	172.00	205.00	174.00	168.00	203.00	189.33	214.00	168.00
15 L	210.00	192.00	215.00	173.00	173.00	200.00	193.83	215.00	173.00
16 L	212.00	198.00	210.00	165.00	185.00	197.00	194.50	212.00	165.00
17 L-D	203.00	195.00	211.00	168.00	179.00	193.00	191.50	211.00	168.00
18 D	205.00	190.00	206.00	171.00	184.00	194.00	191.67	206.00	171.00
19 YD ₃	55.00	54.00	57.00	56.00	45.00	64.00	55.17	64.00	45.00
20 P2D1	62.00	57.00	59.00	48.00	71.00	45.00	57.00	71.00	45.00

Toplam P (mg/L)-2008									
İstasyonlar	Haziran	Temmuz	Agustos	Eylül	Ekim	Kasım	Ortalama	En Yüksek	En Düşük
1 L	0.50	0.20	0.40	0.50	0.80	0.40	0.47	0.80	0.20
4 L	0.40	0.20	0.50	0.10	0.30	0.20	0.28	0.50	0.10
7 L	0.50	0.50	0.50	0.20	0.20	0.50	0.40	0.50	0.20
8 L	0.40	0.30	0.50	0.50	0.40	0.10	0.37	0.50	0.10
10 L	0.30	0.40	0.70	0.60	0.30	0.10	0.40	0.70	0.10
11 L	0.20	0.30	0.40	0.40	1.40	0.10	0.47	1.40	0.10
13 L	0.30	0.50	0.20	0.50	0.30	0.30	0.35	0.50	0.20
14 L	0.20	0.30	0.30	0.30	0.50	0.40	0.33	0.50	0.20
15 L	0.20	0.30	0.30	0.10	0.10	0.40	0.23	0.40	0.10
16 L	0.20	0.30	0.20	0.40	0.60	0.40	0.35	0.60	0.20
17 L-D	0.30	0.30	0.20	0.40	0.20	0.30	0.28	0.40	0.20
18 D	0.30	0.30	0.50	0.10	0.20	0.30	0.28	0.50	0.10
19 YD ₃	0.50	0.50	0.50	0.40	0.80	0.40	0.52	0.80	0.40
20 P2D1	0.50	0.40	0.50	0.30	0.40	0.30	0.40	0.50	0.30

Tuzluluk(ppt)-2008									
İstasyonlar	Haziran	Temmuz	Agustos	Eylül	Ekim	Kasım	Ortalama	En Yüksek	En Düşük
1 L	55.30	65.70	75.20	91.60	98.60	41.70	71.35	98.60	41.70
4 L	46.10	57.90	72.60	84.40	55.60	40.70	59.55	84.40	40.70
7 L	40.50	44.80	55.60	119.60	57.90	47.30	60.95	119.60	40.50
8 L	30.60	33.60	46.80	33.90	21.00	28.40	32.38	46.80	21.00
10 L	39.00	48.60	57.70	83.20	55.70	74.60	59.80	83.20	39.00
11 L	25.00	31.00	38.40	28.60	21.50	28.30	28.80	38.40	21.50
13 L	33.00	38.70	49.70	58.50	53.50	71.00	50.73	71.00	33.00
14 L	27.60	25.30	38.70	24.70	22.50	28.50	27.88	38.70	22.50
15 L	28.80	29.40	40.60	37.20	22.40	22.30	30.12	40.60	22.30
16 L	33.90	32.70	33.70	26.50	33.70	30.70	31.87	33.90	26.50
17 L-D	38.40	38.70	37.30	14.40	37.20	33.40	33.23	38.70	14.40
18 D	38.30	38.70	37.10	37.40	38.20	38.10	37.97	38.70	37.10
19 YD ₃	0.30	0.40	0.30	0.40	0.80	1.50	0.62	1.50	0.30
20 P2D1	0.50	0.40	0.40	0.40	1.10	5.80	1.43	5.80	0.40

ÇO(mg/L)-2008									
İstasyonlar	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Ortalama	En Yüksek	En Düşük
1 L	5.15	5.45	4.86	3.60	6.26	4.77	5.02	6.26	3.60
4 L	4.55	4.98	5.31	5.30	5.54	6.48	5.36	6.48	4.55
7 L	4.10	4.64	5.40	4.02	5.86	6.35	5.06	6.35	4.02
8 L	5.08	3.88	3.95	3.58	7.40	5.95	4.97	7.40	3.58
10 L	7.19	6.40	4.32	4.00	5.24	5.00	5.36	7.19	4.00
11 L	4.56	3.95	4.36	3.96	5.53	6.15	4.75	6.15	3.95
13 L	7.00	4.65	6.12	3.75	4.78	6.20	5.42	7.00	3.75
14 L	5.37	5.04	4.23	5.26	6.28	5.90	5.35	6.28	4.23
15 L	5.35	4.50	4.03	5.76	5.48	6.80	5.32	6.80	4.03
16 L	4.30	4.57	4.51	4.00	5.47	5.97	4.80	5.97	4.00
17 L-D	6.34	4.99	4.26	4.12	5.75	6.40	5.31	6.40	4.12
18 D	5.00	4.94	5.29	4.30	5.62	4.86	5.00	5.62	4.30
19 YD ₃	3.98	3.40	2.54	2.10	3.70	6.47	3.70	6.47	2.10
20 P2D1	4.18	5.01	3.61	3.09	4.38	6.58	4.48	6.58	3.09

ÇKM (mg/L)-2008									
İstasyonlar	Haziran	Temmuz	Agustos	Eylül	Ekim	Kasım	Ortalama	En Yüksek	En Düşük
1 L	67604	84288	98384	151066	123632	55134	96685	151066	55134
4 L	57580	75140	92090	121684	70646	46454	77266	121684	46454
7 L	48510	55360	75572	175824	72232	54288	80298	175824	48510
8 L	41176	43968	60238	50784	26400	32746	42552	60238	26400
10 L	49038	61628	82526	114618	67334	90116	77543	114618	49038
11 L	31468	41568	47428	35314	25846	33352	35829	47428	25846
13 L	40982	49184	67526	160028	66168	84200	78015	160028	40982
14 L	34978	33574	49320	30354	26964	33378	34761	49320	26964
15 L	37592	36488	51276	47944	26332	25936	37595	51276	25936
16 L	41980	42218	45510	32320	41620	45488	41523	45510	32320
17 L-D	48320	46792	47942	17187	43070	40852	40694	48320	17187
18 D	47562	46658	47054	46718	44356	42510	45810	47562	42510
19 YD ₃	400	476	462	446	870	1726	730	1726	400
20 P2D1	552	458	552	472	1306	6692	1672	6692	458