

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MOGAN GÖLÜNÜN KİRLETİCİ ÖZÜMLEME
KAPASİTESİNİN MODEL İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Çevre Yük. Müh. Yakup KARAASLAN

**FBE Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Mühendisliği Programında
Hazırlanan**

DOKTORA TEZİ

Tez Savunma Tarihi : 2 Ekim 2009

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ferruh ERTÜRK (YTÜ)

İkinci Tez Danışmanı: Doç Dr. Atilla AKKOYUNLU (BÜ)

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ahmet DEMİR (YTÜ)

: Prof. Dr. Cumali KINACI (İTÜ)

: Doç. Dr. İsmail KOYUNCU(İTÜ)

: Yrd. Doç. Dr. Gürdal KANAT(YTÜ)

İSTANBUL, 2009

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
2. SU KALİTESİ MODELLERİ	4
2.1 Modelleme/ModelGeliştirme Süreci	6
2.2 Güvenilir Ekosistem Modeli Ve Uygun Su Kalitesi/Ekosistem Yönetim Plan.....	7
2.3 Model Katsayıları	8
2.4 Su Kalitesi Modellerindeki Belirsizlik Kaynakları.....	8
3. MOGAN GÖLÜ VE HAVZASI	12
3.1 Mogan Gölünü Besleyen Dereler	14
3.2 Mogan Gölü Havzasındaki Yerleşim Yerleri	15
3.3 Mogan Gölü Havzasında Tarımsal Faaliyetler	17
3.4 Havzada Yer Alan Endüstriler.....	17
3.5 Mogan Gölü Havzasının Kirlilik Durumu	17
3.6 Havzaya Ait Meteorolojik Veriler	20
3.7 Havzada Göle Giren Yüzeysel Akımlar	21
3.8 Mogan Gölünün Batımetrik Özellikleri.....	21
3.9 Mogan Gölü Alan ve Hacim Değişiklikleri.....	22
4. PAMOLARE, WASP ve AQUATOX MODELLERİ.....	24
4.1 Pamolare Modeli.....	24
4.1.1 Pamolardeki Giriş Değişkenleri.....	26
4.1.2 Modelin Kalibrasyonu	29
4.1.3 Modelin Geçerliliği.....	30
4.1.4 Sabit ve Katsayıların Değerleri.....	30
4.2 WASP (Water Quality Analysis Simulation Program) Modeli.....	30
4.2.1 Çözünmüş Oksijen (ÇO).....	36
4.2.2 Karbonatlı Oksidasyon	36
4.2.3 Azot Döngüsünün Modellenmesi	38
4.2.4 Fosfor Döngüsünün Modellenmesi.....	42
4.2.5 Fitoplankton Büyümesi.....	46

4.2.6	Fitoplankton Ölümü	47
4.2.7	Sediman Oksijen İhtiyacı.....	47
4.3	Aquatox Modeli	48
4.3.1	Proses Simulasyonu	50
4.3.2	Ekosistem Bileşenleri	50
4.3.3	Aquatoxdaki Giriş Değişkenleri	53
4.3.3.1	Hacim.....	53
4.3.3.2	Sıcaklık	53
4.3.3.3	Işık	54
4.3.3.4	Rüzgar.....	55
4.3.3.5	Biotalar	55
4.3.3.6	Algler	56
4.3.3.7	Nütrient Sınırlaması.....	57
4.3.3.8	Klorofil a.....	60
4.3.3.9	Makro bitkiler	60
4.3.3.10	Canlı Organizmalar.....	61
4.3.3.11	Solunum.....	62
4.3.3.12	Boşaltım.....	63
4.3.4	Remineralizasyon.....	63
4.3.4.1	Organik Madde	63
4.3.4.2	Azot.....	67
4.3.4.3	Nitrifikasyon ve Denitrifikasyon	68
4.3.4.4	Çözünmüş Oksijen.....	70
4.3.4.5	İnorganik Karbon.....	71
4.3.4.6	İnorganik Sedimant.....	72
4.3.4.7	Toksik Organik Kimyasallar	73
4.3.4.8	Bölünme Katsayıları	82
4.3.4.9	Biyolojik Birikim.....	84
4.3.5	Ekotoksikoloji.....	87
4.3.5.1	Bileşiklerin Akut Toksikitesi	88
4.3.5.2	Kronik Toksikite	89
5.	ÇALIŞMADA KULLANILAN FİZİKSEL, KİMYASAL VE BİYOLOJİK PARAMETRELER VE BU PARAMETRELERİN SEÇİLEN MODELLERE GİRİLMESİ VE İLK SİMÜLASYON NETİCELERİ.....	90
5.1	Mogan Gölünde Ölçülen Parametreler	90
5.2	Ölçüm Datalarının Aquatox Modeline Girilmesi	95
5.3	Ölçüm Datalarının Pamolare Modeline Girilmesi	103
5.3.1	Mogan Gölünün Sedimantasyon Hızı.....	104
5.3.2	Su Ortamındaki Azot ve Fosfor Konsantrasyonu	104
5.3.3	Sedimandaki Azot ve Fosfor Konsantrasyonu.....	105
5.3.4	Azot ve Fosfor Yükleri	105
5.3.5	Sedimendan Azot ve Fosfor Salınımı	106
5.3.6	Denitrifikasyon Hesabı	106
5.3.7	Pamolere 2-Sığ Göller İçin Yapısal Olarak Dinamik Model	119
5.4	Ölçüm Datalarının WASP Modeline Girilmesi.....	122
6.	KALİBRASYON VE VERİFİKASYON.....	130
6.1	Bazı Su Kalite Modellerinde Kullanılan Katsayıların Maksimum ve Minimum	

	Katsayılarının Değerleri.....	130
6.2	Kalibrasyon ve Verifikasyondan Önce Simülasyon Sonuçlarının Gerçek Değerlerle Karşılaştırılması	133
7.	TEHLİKELİ MADDELERİN MOGAN GÖLÜNE ETKİSİ ve ÇEVRE KALİTE STANDARTLARININ BELİRLENMESİ.....	148
7.1	Tehlikeli Maddelerin Mogan Gölüne Etkisi	148
7.2	Çevresel Kalite Standartlarının Belirlenmesi	161
8.	MOGAN GÖLÜNDE SU KALİTESİNİN İYİLEŞMESİ İÇİN AQUATOX MODELİ İLE YAPILAN SENERYOLAR.....	169
8.1	Mogan Gölünde Normal Şartlar Aynen Devam Ettiği Sürece Su Kalitesinde Meydana Gelen İyileşmeler.....	171
8.2	Mogan Gölü Etrafına Doğal Sulak Alanı Yapıldığında Su Kalitesinde Meydana Gelen İyileşmeler.....	174
9.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	185
	KAYNAKLAR.....	189
	EKLER	193
Ek 1	Göl Yakın Çevresindeki Meteorolojik Parametrelerin Uzun Dönem Ortalamaları	193
Ek 2	Mogan Gölüne Giren Akımlar	195
Ek 3	Eymir Gölüne Giren Akımlar	200
Ek 4	Sabit ve Katsayı Değerleri	202
Ek 5	Model Çalışmasında Kullanılan Mogan Gölünde Ölçülmüş Fiziksel ve Kimyasal Veriler	205
Ek 6	Model Çalışmasında Kullanılan Mogan Gölüne Dökülen Derelerinin Verileri .	222
	ÖZGEÇMİŞ.....	234

SİMGE LİSTESİ

<i>KOI</i>	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
<i>BOİ</i>	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
<i>TN</i>	Toplam Azot
<i>TP</i>	Toplam Fosfor
<i>YNİŞ</i>	Normal İşletme Şartlarında Yapay Sulak Alanı
<i>YDİŞ</i>	Daha İyi İşletme Şartlarında Yapay Sulak Alanı
<i>ÇKS</i>	Çevresel Kalite Standartları
<i>BCF</i>	Zamandan bağımsız biyokonsantrasyon faktörü (L/kg),
<i>LC50</i>	Maruz kalınan periyotta %50 ölüm sebebiyet veren su içerisindeki toksikant konsantrasyonu (g/kg)
<i>P</i>	Fosfor
<i>N</i>	Azot

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1	Mogan Gölü Havzasının hidrolik Sınırları ve Özel Çevre Koruma sınırları	13
Şekil 4.1	WASP modeli hücre bölümlenmesi ve durum değişkenleri	31
Şekil 4.2	Herhangi bir su yatağında su kalitesinde meydana gelen başlıca değişim süreçleri.....	33
Şekil 4.3	WASP modelinde sınır koşulları ve kirletici yüklerinin segmentlere atanması	35
Şekil 4.4	Su ortamında BOI Kaynakları	36
Şekil 4.5	Aquatox prosesi simülasyonun ekolojik prosesi ve sucul ortamda çalışma döngüsü	50
Şekil 4.6	Ekosistem Bileşenleri.....	51
Şekil 4.7	Aquatox ara yüzeyinin akış diyagramı	52
Şekil 4.8	Aquatox'da simülasyonun çalıştırılması ve çıktıların gösterilmesi	52
Şekil 4.9	Aquatox'da organik madde bileşenleri	64
Şekil 4.10	Pentakloro fenol için KOM ile pH arasındaki ilişki	82
Şekil 4.11	Çeşitli organik maddelerin bölünme katsayıları, KOW ve PH arasındaki İlişki	83
Şekil 4.12	Balık için biyokonsantrasyon faktörü zamanın fonksiyonu ve logKOW	84
Şekil 4.13	Su-oktanol arasında bölünme katsayısı fonksiyonun alg alım hız sabiti ve alg eliminasyon hızı	86
Şekil 5.1	Mogan Gölü örnekleme noktaları	92
Şekil 5.2	Mogan Gölünde ölçülüp modele girdisi olan parametreler	96
Şekil 5.3	Toplam Amonyumun Girdi Değerleri	97
Şekil 5.4	MG 3 İstasyonunda ölçülmüş organik karbonların modele girilmesi.....	98
Şekil 5.5	Aquatoxa Mogan Gölü hacminin ve Göle giren ve çıkan debilerin girilmesi	100
Şekil 5.6	Çözünmüş Oksijenin 2004-2005 yılı için simülasyon grafiği	101
Şekil 5.7	Toplam Askıda Katı Maddenin 2004-2005 yılı için simülasyon değişimi	101
Şekil 5.8	Toplam Azotunun 2004-2005 yılı için simülasyon değişimi.....	102
Şekil 5.9	Toplam Çözülebilir Fosforunun 2004-2005 yılı için simülasyon değişimi	102
Şekil 5.10	pH'ın 2004-2005 yılı için simülasyon grafiği.....	103
Şekil 5.11	Sıcaklığın 2004-2005 yılı için simülasyon grafiği	103
Şekil 5.12	Tek tabakalı modelde girdi değerleri	111
Şekil 5.13	İki tabakalı modelde girdi değerleri	112
Şekil 5.14	Yapısal olarak dinamik modelde girdi değerleri	113
Şekil 5.15	Tek Tabakalı modelde Toplam Azotun değişimi	114
Şekil 5.16	Tek Tabakalı modelde Toplam Fosforun değişimi	115
Şekil 5.17	Tek Tabakalı modelde Klorofil a'nın değişimi	115

Şekil 5.18	Tek Tabakalı modelde Zooplanktonun değişimi	115
Şekil 5.19	İki tabakalı modelde Toplam Azotun simülasyon grafiği	116
Şekil 5.20	İki tabakalı modelde Toplam Fosforun simülasyon grafiği	116
Şekil 5.21	İki tabakalı modelde Diatomların simülasyon grafiği	117
Şekil 5.22	İki tabakalı modelde Zooplanktonun simülasyon grafiği	117
Şekil 5.23	Yapısal olarak dinamik modelde Toplam Azotun simülasyon grafiği	118
Şekil 5.24	Yapısal olarak dinamik modelde Toplam Fosforun simülasyon grafiği.....	118
Şekil 5.25	Yapısal olarak dinamik modelde Fitoplanktonun simülasyon grafiği	119
Şekil 5.26	Yapısal olarak dinamik modelde Zooplanktonun simülasyon grafiği	119
Şekil 5.27	Mogan Gölü İçin girdi Değerleri	120
Şekil 5.28	Mogan Gölü için kalibrasyon ve verifikasyonda kullanılan 2004 ve 2005 yılı ortalama girdi değerleri	121
Şekil 5.29	Organik Madde için elde edilen bir yıllık simülasyon sonucu	121
Şekil 5.30	Toplam Azot için elde edilen bir yıllık simülasyon sonucu	122
Şekil 5.31	Toplam Fosfor için elde edilen bir yıllık simülasyon sonucu.....	122
Şekil 5.32	Mogan Gölünün tek segment olarak WASP modeline girilmesi.....	123
Şekil 5.33	WASP modelinde Mogan Gölü için girilen katsayılar	124
Şekil 5.34	Mogan Gölü 2002 yılı girdi parametreleri	125
Şekil 5.35	2002-2003 WASP modeli Askıda Katı Madde Simülasyon neticesi.....	125
Şekil 5.36	2002-2003 WASP modeli Çözünmüş Oksijen Simülasyon neticesi	126
Şekil 5.37	2002-2003 WASP modeli Klorofil a Simülasyon neticesi	126
Şekil 5.38	2002-2003 WASP modeli Toplam Azot Simülasyon neticesi.....	126
Şekil 5.39	2002-2003 WASP modeli Toplam Fosfor Simülasyon neticesi	127
Şekil 6.1	Aquatox'da Site Menüsü.....	131
Şekil 6.2	Aquatox'da Remineralizasyon Menüsü	131
Şekil 6.3	2004 Yılı Çözünmüş Oksijen İçin Ölçülmüş Değerler ve Model Çıktısının Karşılaştırılması	133
Şekil 6.4	2004 Yılı Askıda Katı Maddeler İçin Ölçülmüş Değerler ve Model Çıktısının Karşılaştırılması	134
Şekil 6.5	2004 Yılı Sıcaklık için ölçülmüş değerler ve model çıktısının karşılaştırılması	134
Şekil 6.6	2004 Yılı pH için ölçülmüş değerler ve model çıktısının karşılaştırılması	135
Şekil 6.7	2004 Yılı TN için ölçülmüş değerler ve model çıktısının karşılaştırılması	135
Şekil 6.8	2004 Yılı Toplam Fosfor için ölçülmüş değerler ve model çıktısının karşılaştırılması	136
Şekil 6.9	Askıda ve Çözünmüş Organik Madde Giriş Modülü	137
Şekil 6.10	I. Safha ÇÖ-2004 yılı Aquatox model çıktılarının gerçek değerler ile	

	karşılaştırılması	138
Şekil 6.11	I.Safha TN-2004 Yılı Aquatox model çıktılarının gerçek değerler ile karşılaştırılması	138
Şekil 6.12	I. Safha TP - 2004 Yılı Aquatox model çıktıları ile gerçek değerlerin karşılaştırılması	139
Şekil 6.13	II.Safha ÇO-2004 Yılı Aquatox model çıktıları ve gerçek değerlerin karşılaştırılması	141
Şekil 6.14	II.Safha TN- 2004 Yılı Aquatox model çıktıları ve gerçek değerlerin karşılaştırılması	141
Şekil 6.15	II.Safha TP-2004 Yılı Aquatox model çıktıları ve gerçek değerlerin karşılaştırılması	142
Şekil 6.16	Kalibrasyon ve verifikasyonu yapılan Aquatox Modelinin Mogan Gölü için sabit durumdaki giriş konsantrasyonları	145
Şekil 7.1	Aquatoxda Biyolojik Birikme	149
Şekil 7.2	Aquatox'un Kimyasal Kütüphanesi	150
Şekil 7.3	Aldrin için Toksisite özellikleri	151
Şekil 7.4	Aquatox Modeli Ana Ara Yüzeyine Toksik Bir Organik Madenin Eklenmesi	152
Şekil 7.5	Aquatox Modeline Toksik Bir Organik Madenin Eklenmesi Sonra Modelin Çalıştırılması	152
Şekil 7.6	Model Çalışırken Meydana Gelen Hata	153
Şekil 7.7	Edit Plant Ara Yüzeyi	153
Şekil 7.8	0.5 ug/L'lik Giriş Konsantrasyonuna Sahip DDT'nin Mogan Gölü Bileşenlerine Etkisi	154
Şekil 7.9	4 ug/L'lik Giriş Konsantrasyonuna Sahip DDT'nin Mogan Gölü Bileşenlerine Etkisi	155
Şekil 7.10	DDT için EC50 ve LC50 değerleri	156
Şekil 7.11	0.5 ug/L'lik Giriş Konsantrasyonuna Sahip Malathion'un Mogan Gölünde bulunan Biyotalara Etkisi	157
Şekil 7.12	5 ug/L'lik Giriş Konsantrasyonuna Sahip PCB180'in Mogan Gölünde bulunan Biyotalara Etkisi	158
Şekil 7.13	6500 ug/L'lik Giriş Konsantrasyonuna Sahip Simazin'in Mogan Gölünde bulunan Biyotalara Etkisi	159
Şekil 7.14	0.5 ug/L'lik Giriş Konsantrasyonuna Sahip Parathion'un Mogan Gölünde bulunan Biotalara Etkisi	160
Şekil 7.15	2 ug/L'lik Giriş Konsantrasyonuna Sahip DDT'nin ve 7.5 ug/L'lik Giriş Konsantrasyonuna Sahip Dieldrin'in Birlikte Mogan Gölünde Bulunan Biotalara Etkisi Edit Plant Ara Yüzeyi	161
Şekil 8.1	Mogan Gölünde Çözünmüş Oksijenin 2009-2020 yılları arasındaki değişimi	172
Şekil 8.2	Mogan Gölünde Toplam Askıda Katı Maddenin 2009-2020 yılları arasındaki	

	değişimi	173
Şekil 8.3	Mogan Gölünde Sıcaklığın 2009-2020 yılları arasındaki değişimi	173
Şekil 8.4	Mogan Gölünde pH'ın 2009-2020 yılları arasındaki değişimi	174
Şekil 8.5	Mogan Gölünde Önerilen Yapay Sulak Alanları	177
Şekil 8.6	Mogan Gölünde Normal Durumda veya Yapay Sulak Alan Yapıldığında Su Kolonundaki Ayırmaya dirençli Organik Maddenin Durumu	178
Şekil 8.7	Mogan Gölünde Normal Durumda veya Yapay Sulak Alan Yapıldığında Su Kolonundaki Ayırılabilir Organik Maddenin Durumu.....	179
Şekil 8.8	Mogan Gölünde Normal Durumda veya Yapay Sulak Alan Yapıldığında Sedimandaki Ayırmaya dirençli Organik Maddenin Durumu	180
Şekil 8.9	Mogan Gölünde Normal Durumda veya Yapay Sulak Alan Yapıldığında Sedimandaki Ayırılabilir Organik Maddenin Durumu	181
Şekil 8.10	Mogan Gölünde Normal Durumda veya Yapay Sulak Alan Yapıldığında Su Kolonundaki Toplam Azotun Değişimi.....	182
Şekil 8.29	Mogan Gölünde Normal Durumda veya Yapay Sulak Alan Yapıldığında Su Kolonundaki Toplam Fosforun Değişimi	183

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1	Havzada yer alan İskan Merkezlerinin çeşitli yıllardaki nüfusları	16
Çizelge 3.2	Mogan Gölü'ne ait 1968, 1990, 1995 ve 1998 yılları kot- alan-hacim değerleri	22
Çizelge 5.1	Örnekleme noktalarının adı ve koordinatları	91
Çizelge 5.2	Mogan Gölünde Ölçülen Fitoplankton Dataları	94
Çizelge 5.3	Mogan Gölünde Ölçülen Zooplankton Dataları	95
Çizelge 5.4	WASP Modeline girilen katsayılar	124
Çizelge 6.1	Çözünmüş Oksijen için hesaplanan relativ hata değerleri	140
Çizelge 6.2	Toplam Azot için hesaplanan relativ hata değerleri	140
Çizelge 6.3	Çözünmüş Oksijen için hesaplanan relativ hata değerleri	142
Çizelge 6.4	Toplam Azot için hesaplanan relativ hata değerleri	142
Çizelge 6.5	Aquatox Modelinde Mogan Gölü İçin Meydana Getirilen Katsayılar	146
Çizelge 7.1	Bazı Toksik Maddelerin Mogan Gölü İçin Verilen Maksimum İzin Verilen Konsantrasyonları	167
Çizelge 7.2	Bazı Toksik Maddelerin 2008/105/EC sayılı direktifte verilen ÇKS'ı ile Mogan Gölünde Aquatox Modelinde verilen ÇKS'ı	168
Çizelge 8.1	Nütrientler İçin Büyüme Sınır Değerleri	170
Çizelge 8.2	Türkiye'de 11 adet yapay sulak alan tesisinde yapılan analizler sonucu verimlilikleri	175

ÖNSÖZ

Su kaynakları yönetimi açısından günümüzde gelişen en önemli yaklaşım, kaynak yönetiminin havza bazında ve diğer doğal kaynaklarla “entegre” biçimde gerçekleştirilmesidir. Entegre havza yönetiminin temel amacı, havzanın sadece su miktarı değil, tüm yönleri ve kaynakları ile tanınması ve böylelikle daha tutarlı yönetim kararlarının verilmesidir. En önemli yönetim kararları ise modeller vasıtasıyla olmaktadır.

Modeller, biotaların yapısına göre maruz kaldığı etkilere karşı vereceği tepkilerin matematiksel denklemler yardımıyla ifade edilmeleri temeline dayanan araçlar olarak ifade edilmektedir. Modeller doğru maksatlarla kullanıldığında çevresel problemlerin çözümüne katkı sağlamakta ve bu sorunların çözümüne yönelik çalışmaları hızlandırmaktadır. Özellikle sucul ortamlara yönelik baskıların gelecek senaryolar ile sürdürülebilir kalkınmada göz önüne alınarak çeşitli çözüm planlarının yapılması ve bütün şartlar göz önüne alınarak en uygun çözümün yapılması mümkün olabilmektedir. Bu sayede bu modeller karar vericiler için bir araç olarak kullanılmaktadır.

Çalışmanın yönlendirilmesinde ve yürütülmesinde büyük katkıları, gösterdiği yakın alaka ve desteği ve sürekli yapıcı katkıları sebebiyle kıymetli hocam Prof. Dr. Ferruh ERTÜRK’e şükranlarımı arz ederim. Yine çalışmanın yürütülmesinde çok önemli katkıları olan sürekli alternatif yolların meydana gelmesine vesile olan saygıdeğer hocam Doç. Dr. Atilla AKKOYUNLU’ya teşekkürü bir vazife bilirim.

Çalışmanın ölçüm neticelerin fazla olması sebebiyle Mogan Gölünde gerçekleşmesine imkan hazırlayan başta Prof. Dr. Lütfi AKÇA olmak üzere, Prof. Dr. Mustafa ÖZTÜRK’e, Prof Dr. Hasan Zuhuri SARIKAYA’ya, Recep ŞAHİN’e, Eyup YAHŞİ’ye, katkılarından dolayı Y.T.Ü. İnşaat Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Ahmet DEMİR’e ve İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Cumali KINACI’ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tez çalışmamda ölçümlerin birçoğunu gerçekleştiren Çevre Referans Laboratuvarı çalışanları Okan ÜRÜN ve Niyaddin DİNÇ’e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ayrıca iş hayatımda ve özellikle meslekle ilgili yetişmemde büyük katkıları olan sayın hocam Prof. Dr. M. Nevzat KOR’a şükranlarımı sunarım

Yakup KARAASLAN

ÖZET

Bu çalışmada Kimyasal ve fiziksel parametrelerin Mogan Gölüne etkileri incelenmiştir. Ayrıca söz konusu Gölün atık özümleme kapasitesi bulunmuştur. Çalışmada Aquatox ve Wasp Modelleri ile Pamolare Modelinin Alt modelleri kullanılmıştır. Mogan Gölü geçmişe dönük birçok fiziksel, kimyasal, biyolojik ve hidrolojik dataya sahip olduğu için tercih edilmiştir. Özellikle 2002 yılı için Mogan Gölünde seçilen 4 adet istasyon için parametreler bir yıl boyunca aylık bazda Çevre Referans Laboratuvarı tarafından ölçülmüştür. Ayrıca Mogan Gölüne dökülen tüm derelerin fiziksel ve kimyasal dataları aynı yıl için aylık bazda ölçülmüştür. Tüm bu datalar Pamolare, Wasp ve Aquatox Modelleri için giriş parametresi olarak kullanılmıştır. Ancak bazı bilinmeyen datalar için literatürde ve modellerin teknik dokümanlarında yer alan bazı formülasyonlar ile yine söz konusu modellerin teknik dokümanlarında verilen bazı kabuller kullanılmıştır. Biyolojik parametreler adet olarak ölçüldüğü için kütleli konsantrasyonlara bir takım formülasyonlar yardımı ile çevrilmiştir.

Çalışmanın ilk adımında Pamolare, Wasp ve Aquatox Modellerinin simülasyon neticelerinin karşılaştırmaları yapılmıştır. Pamolare 3 Modelinin tek tabakalı, iki tabakalı ve yapısal olarak dinamik alt modelleri ile Pamolare 2-Sığ Göller İçin Yapısal Olarak Dinamik Modeli öncelikle denenmiştir. Pamolare 3 ve Pamolare 2 Modellerinin simülasyon neticeleri 2004 ve 2005 yılı Mogan Gölü gerçek ölçüm değerleri ile karşılaştırılmıştır. Simülasyon sonuçları gerçek değerler ile karşılaştırıldığında oldukça uyumsuz çıkmıştır. Su Kalite Analizi Simülasyon (Benzeşim) Programı (WASP) Modeli ile Askıda Katı Madde, Çözünmüş Oksijen, Klorfil a, Toplam Azot ve Toplam Fosfor'un bir yıllık simülasyonları yapılmıştır. Mogan Gölünde ölçülen gerçek değerler ile karşılaştırıldığında TN ve TP kısmen uyumlu, diğer parametreler ise oldukça uyumsuz çıkmıştır. Su kalitesi modellerinin karşılaştırılması yapılırken Aquatox Modeli ile yapılan çalışmada; özellikle Sıcaklık, Askıda Katı Madde ve pH parametreleri için çok iyi tahminler elde edilmiştir. Toplam Azot ve Çözünmüş Oksijen parametreleri için ise gerçek değerlere yakın neticeler elde edilmiştir. Toplam Fosfor parametresi simülasyonunda ise WASP Modelinde olduğu gibi sürekli bir artış eğilimi görülmüştür.

Çalışmanın bir sonraki adımında Aquatox Modelinin kalibrasyonu ve verifikasyonu yapılmıştır. Sıcaklık, Askıda Katı Madde ve pH çok iyi netice verdiği için ayrışma katsayıları ayarlanırken Çözünmüş Oksijen, TN ve TP için göz önüne alınmıştır. Misal olarak Mogan Gölü için çözülebilir ve ayrışmaya dirençli organik maddelerin maksimum ayrışma hızları sırasıyla 0.1 g/g-gün ve 0.01 g/g-gün olarak bulunmuştur.

Mogan Gölü için kalibrasyonu ve verifikasyonu yapılan Aquatox Modelinde bazı toksik organik maddelerin Mogan Gölündeki sucul bileşenlere etkisi incelenmiştir. Ayrıca bu toksik maddeler için maksimum izin verilebilir konsantrasyonlar belirlenerek Çevresel kalite Standartları ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın son safhasında Mogan Gölünde Aquatox Modeli kullanılarak mevcut şartlar bu şekilde devam ettiğinde veya birtakım önlemler alınarak iyileşme süreçleri ile ilgili tahminler yapılmıştır. Tüm bu sonuçlara göre Mogan Gölünün hiperötrofik durumdan ötrofik duruma doğru iyileştiği görülmüştür. Ayrıca bu şekilde önlemler alınması durumunda ötrofik durumdan mezotrofik duruma doğru iyileşmenin de olacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Su Kalitesi Modeli, Atıkların Asimilasyonu, Ötrofikasyon, Çevresel Kalite Standartları.

ABSTRACT

In this study, the effects of Physical and chemical parameters to Mogan Lake have been investigated. Moreover the waste assimilation capacity has been determined for Mogan Lake. In this study, AQUATOX, WASP and sub-models of PAMOLARE have been used. The reason for the preference of Mogan Lake is the abundance of historical data in chemical, biological, physical and hydrological aspects. Parameters for the four selected stations at Mogan Lake were measured by the Environmental Reference Laboratory throughout the year 2002 on a monthly basis. Besides, chemical and physical data for all the creeks discharging into Mogan Lake were also measured by the Environmental Reference Laboratory for the same year on a monthly basis. All these data has been used as input parameters for Aquatox, Wasp and Pamolare Models. However, a number of formulations found in the literature and various assumptions in the technical documents of the models were used for some unknown parameters. Since biological parameters are measured in numbers, they have been converted into concentration values by means of certain formulations.

The simulation results of Pamolare, Wasp and Aquatox Models were compared in the first step of this study. 1-Layer, 2-layer and structurally dynamic sub-models of Pamolare 3 and Pamolare 2, which is Structurally Dynamic Model for shallow lakes, have been tested for the first time. The simulation results of Pamolare 3 and Pamolare 2 have been compared with actual measured data of Mogan Lake for the years 2004 and 2005 and found to be highly incompatible. One-year simulations of Suspended Solids, Dissolved Oxygen, Chlorophyll a, Total Nitrogen and Total Phosphorus have been made by using Water Quality Analyses Simulation Program (WASP). When those results were compared with the actual data in Mogan Lake, TN and TP are partly compatible and the other parameters are not compatible. During the comparison of the Water Quality Models, good simulation results have been obtained particularly for Suspended Solids, pH and Temperature in the studies in which Aquatox Model is used. Moreover, the values obtained for Total Nitrogen and Dissolved Oxygen are considerably close to the actual values. A continuous increasing tendency has been observed for the simulation of total phosphorus parameter as in the WASP model.

In the next step of this study, Aquatox Model was calibrated and verified for Mogan Lake. Since Aquatox Model provided good results for Suspended Solids, pH and Temperature parameters; Dissolved Oxygen, Total Nitrogen and Total Phosphorus have been taken into consideration while adjusting the decomposition coefficients. For example; maximum decomposition rates of labile and refractory organic substances were calibrated as 0.1g/g-day and 0.01 g/g-day respectively for Mogan Lake.

After calibration and verification of Aquatox Model, the effects of aquatic components on various toxic organic substances were examined. Furthermore, Maximum Permissible Concentrations were determined and then compared with Environmental Quality Standards for some of the toxic organic substances.

In the last step of this study, various estimations regarding recovery processes in Mogan Lake were made by using Aquatox Model for two different cases. All these results demonstrate that Mogan Lake shows an improvement trend from hyperotrophic to otrophic conditions. Moreover, it is anticipated that there will be improvement from otrophic to mezotrophic conditions if such measures are to be taken.

Key Words : Water Quality Model, Assimilation of Waste, Eutrophication, Environmental Quality Standard.

1. GİRİŞ

Endüstriyel revulasyondan beri çeşitli yüzyıllar boyunca insan aktiviteleri yapılarında ve onların çevresel fonksiyonlarında çok güçlü değişimlere sebebiyet vermiştir. İnsan popülasyonunun büyümesi ve yerleşimleri sucul ve karasal ekosistemi yer talebini büyüttüştür. Kara yüzeyinin üçte biri veya yarısına kadar olan kısmı değişime uğramıştır. İnsanlar yer yüzeyini tarla açma ile, tarımsal ve ormancılık faaliyetleri, hayvansal atıklarla, şehirleşme ve değişmiş hidrolojik çevrimle değiştirmişlerdir. İlave olarak birçok doğal biyolojik toplulukların kompozisyonu değişmiştir. İnsanların aynı zamanda global biyokimyasal Azot(N), Karbon(C) ve Fosfor(P) çevrimlerine derin etkileri olmuştur(Smith V.H, vd.,1999).

Evsel atıksu ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan organik madde ve besin (azot, fosfor) tuzları girdileri, iç sularda doğal ekolojik özelliklerin çok aşırı değişimi ve yoğun plankton üretimine kadar varan problemlerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Ötrofikasyon olarak adlandırılan su ortamındaki bu olumsuz gelişmeler, kentleşmenin ve sanayileşmenin yoğunlaştığı alanlarda su kütlesinin sağlık ve/veya sınırlı su döngüsü gibi morfolojik ve hidrolojik özellikleri, ötrofikasyon problemine karşı hassasiyetini arttırmaktadır.

Ancak özellikle nehirler dolayısıyla evsel ve endüstriyel atıklara kirlenen, coğrafik olarak kapalı sayılabilecek göllerde veya koylar gibi hassas bölgelerde, çoğu zaman ve bazen de ağır durumlarda belirgin ötrofikasyon gözlenmektedir. Ötrofik alanlarda Azot (nitrojen) tuzlarının ana kaynağı tarımsal alanlar ve atmosferik çöküntüdür. Fazla fosforun ana kaynağı ise bir kısmı noktasal kaynaklardan, arıtımsız deşarj edilen evsel ve endüstriyel atıklardan kaynaklanmaktadır. Fitoplankton patlamaları, su ortamındaki türlerinin çeşitliliğinin azalması, oksijen kıtlığı, ve insan sağlığını doğrudan etkileyebilecek hastalık taşıyan ya da toksik maddelere maruz kalmış su ürünü tüketimi gibi sorunlar da, ötrofikasyonun beraberinde getirdiği risklerden bazılarıdır.

Ötrofikasyon, göl ve kıyı su ortamlarında planktonik yosun (algae) veya daha kompleks sucul bitki üretiminin artma eğilimi göstermesi, tür dağılımının sıra dışı değişimi, dolayısıyla su kalitesinin düşmesi, doğal su ortamındaki besin maddelerinin artması ve su kütlelerinin alt tabakalarında çözünmüş oksijen miktarının büyük oranda azalması sonucu oluşan kirlenme sürecidir. Bunun varlığının tespiti ve ekolojik bozunmaya neden olan kirliliğin önlenmesine yönelik kaynaklarda gerekli idari ve teknolojik önlemlerin alınması ise su kaynaklarında sistematik ve detaylı araştırma ve izlemenin yapılması, ölçüm sonuçlarına dayanan su kalite ve ötrofikasyon modellerinin alıcı ortamlara uygulanması ve yük değişimine dayanan

senaryoların ortaya konması ile mümkündür.

Su kaynakları yönetimi açısından günümüzde gelişen yaklaşım, kaynak yönetiminin havza bazında ve diğer doğal kaynaklarla “entegre” biçimde gerçekleştirilmesidir. Entegre havza yönetiminin temel amacı, havzanın sadece su miktarı değil, tüm yönleri ve kaynakları ile tanınması ve böylelikle daha tutarlı yönetim kararlarının verilmesidir. En önemli yönetim kararlarında modeller vasıtasıyla olmaktadır.

Modeller, biotaların yapısına göre maruz kaldığı etkilere karşı vereceği tepkilerin matematiksel denklemler yardımıyla ifade edilmeleri temeline dayanan araçlar olarak ifade edilmektedir. Modeller doğru maksatlarla kullanıldığında çevresel problemlerin çözümüne katkı sağlamakta ve bu sorunların çözümüne yönelik çalışmaları hızlandırmaktadır. Özellikle sucul ortamlara yönelik baskıların gelecek senaryolar ile sürdürülebilir kalkınmada göz önüne alınarak çeşitli çözüm planlarının yapılması ve bütün şartlar göz önüne alınarak en uygun çözümün yapılması mümkün olabilmektedir. Bu sayede modeller karar vericiler için önemli bir araç olarak kullanılmaktadır.

Su yöneticileri hangi faktörlerin sucul ortamları kötüleştirdiğini modeller vasıtasıyla öğrenebilmektedirler. Teklif edilen kirlilik önleme aksiyonlarının hedefleri tutturup tutturulmayacağı modeller vesilesiyle belirlenebilmektedir. Ayrıca alınacak önlemler ile su kalitesinin ve sucul ortam topluluklarının istenen seviyeye gelip gelmeyeceği tespit edilebilmektedir. İleride herhangi bir plansız sonuçlanmaların olup olmayacağı ve bozulan sucul sistemlerin iyileştirilmesinin ne kadar zaman alacağı yine modeller vasıtasıyla tespit edilmektedir.

Sucul ekosisteminin hidro-dinamik ve biyo-kimyasal yollarla atıksu özümleme kapasitesini tanımlamaya imkan veren su kalite ve ötrofikasyon modelinin uygulamaları ve model sonuçlarına dayalı değişik kirlilik yükleri senaryoların ortaya konması ile mümkün olabilmektedir.

Sınırlayıcı besin elementinin tespitine yönelik biyo-deneylerin temel amacı sularda birincil üretimi mevsimsel bazda hangi besin element(ler)inin öncelikle kontrol ettiğini anlamaktır. Bu çalışmanın sonuçları, ortamdaki baskın fitoplankton türünün bolluğu, sisteme giren besin elementleri yükleri ve diğer çevresel koşullarla yakından ilişkilidir.

Özellikle kıta içi sularda hangi parametrelerin öncelikle giderilmesi gerektiği ve buna yönelik yatırım planlaması yapılmadan önce havzalarında bulunan yerleşimlerin atık sularının

verileceği/verildiği deşarj alanların atık özümleme kapasitesini belirlemeye yönelik modelleme çalışması ile belirlenebilmektedir. Ayrıca model çalışmaları ile mikro parametrelerin alıcı ortamlardaki biyolojik parametrelere etkileri belirlenerek atık özümleme kapasitesine bağlı olarak Çevresel Kalite Standartları belirlenebilmektedir.

Bu çalışmadan maksat, Ankara İlinin Gölbaşı İlçesi sınırları dâhilinde bulunan Mogan Gölünde su kalitesi modelleri kullanılarak kirletici özümleme kapasitesini değerlendirilmek ve devamında alıcı ortam kriterlerini yani Çevresel Kalite standartlarını tespit etmektir. Bir sonraki adımda ise söz konusu gölün atık iyileşme opsiyonlarını belirlemektir.

Bu çalışmada AQUATOX, PAMOLARE ve WASP su kalitesi modelleri kullanılmıştır. Mogan Gölü bir çok Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik parametrelerin ölçüm sonuçlarının bulunması sebebiyle seçilmiştir. Söz konusu modellerden, gerçek değerlere en yakın netice veren model kullanılarak söz konusu gölün kirletici özümleme kapasitesi değerlendirilmiştir. Böylece diğer alıcı ortamların özümleme kapasitesinin değerlendirilmesi ve kalite kriterlerinin belirlenmesi için rehber niteliğinde bir çalışma ortaya çıkmıştır.

Bu çalışma 9 bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın 2. Bölümünde Su Kalitesi Modelleri ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. 3. Bölümde çalışmada kullanılacak Mogan Gölü Havzası ile ilgili hidrolojik ve morfolojik, baskılar ve etkiler gibi model çalışmasında kullanılacak mevcut bilgiler verilmiştir. Çalışmanın 4. Bölümünde PAMOLARE, WASP ve AQUATOX modelleri ile ilgili model yapıları, model katsayıları ve modelde kullanılan diferansiyel denklemlerle ilgili kapsamlı bilgiler verilmiştir. 5. Bölümünde Modellerde kullanılacak fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerle ilgili bilgiler verilmiştir. Ayrıca bu Bölümde tüm modellerin simülasyon neticeleri elde edilerek en iyi netice veren model belirlenmiştir. Çalışmanın 6. Bölümünde en iyi netice veren modelin kalibrasyonu ve verifikasyonu yapılmıştır. Kalibrasyon ve verifikasyon yapılırken çalışmada kullanılan tüm katsayıların literatürden maksimum ve minumum değerleri göz önüne alınmıştır. Çalışmanın 7. Bölümünde verifikasyonu ve kalibrasyonu yapılan Aquatox Modeli ile tehlikeli maddelerin Mogan Gölündeki bileşenlere etkisi ve atık özümleme kapasitesine bağlı olarak Çevresel Kalite Standartları bulunmuştur. Çalışmanın 8. Bölümünde Aquatox Modeli kullanılarak Mogan Gölünde Su kalitesinin iyileşmesi için muhtemel alınacak önlemler ile ileriye dönük seneryolar üretilmiştir. Son bölüm olan 9. Bölümde ise çalışmada elde edilen sonuçlara ve yorumlara yer verilmiştir.

2. SU KALİTESİ MODELLERİ

Modeller, biotaların yapısına göre maruz kaldığı etkilere karşı vereceği tepkilerin matematiksel denklemler yardımıyla ifade edilmeleri temeline dayanan araçlar olarak ifade edilmektedir. Modeller günümüzde genellikle bilgisayar ortamında kurulmakta ve çok hızlı bir şekilde simülasyonlar yapmaktadır.

Bu modeller doğru maksatlarla kullanıldığında çevresel problemlerin çözümüne katkı sağlamakta ve bu sorunların çözümüne yönelik çalışmaları hızlandırmaktadır. Özellikle sucul ortamlara yönelik baskıların gelecek senaryolar ile sürdürülebilir kalkınmada göz önüne alınarak çeşitli çözüm planlarının yapılması ve bütün şartlar göz önüne alınarak en uygun çözümün yapılması mümkün olabilmektedir. Bu sayede modeller karar vericiler için çok önemli bir araç olarak kullanılmaktadır.

Evsel atıksu ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan organik madde ve besin (azot, fosfor) tuzları girdileri, sularda doğal ekolojik özelliklerin çok aşırı değişimi ve yoğun plankton üretimine kadar varan problemlerinin ortaya çıkmasına sebebiyet vermektedir. Ötrofikasyon olarak adlandırılan sucul ortamlarda bu olumsuz gelişmeler, kentleşmenin ve sanayileşmenin yoğunlaştığı bölgelerdeki su kütlesinin sığlık ve/veya sınırlı su döngüsü gibi morfolojik ve hidrolojik özellikleri, ötrofikasyon problemine karşı hassasiyetini arttırmaktadır (WHO, 2002).

Ötrofikasyon riski ve sosyo-ekonomik önem açısından öncelikli noktalar için ötrofikasyon modellerinin geliştirilmesini, besin elementleri özümleme kapasitelerinin ve sınırlayıcı besin elementlerinin belirlenmesini; güncellenen noktalar için ötrofikasyon riski oluşumuna önemli bir girdi sağlayan evsel atıksulardan kaynaklı azot ve fosforun yöre koşullarına en uygun giderim teknolojilerinin literatür ve pilot ölçekli çalışmalarla belirlenmesini gerektirmektedir.

Özellikle nehirler dolayısıyla evsel ve endüstriyel atıklara kirlenen, coğrafik olarak kapalı sayılabilecek göllerde veya koylar gibi hassas bölgelerde, çoğu zaman ve bazen de ağır durumlarda belirgin ötrofikasyon gözlenmektedir. Dr Fujiye göre herhangi bir sucul ortamda Toplam Azotun(TN) 0.3 mg/L ve Toplam Fosforun(TP) 0.023 mg/L den büyük olması ötrofikasyonun başlaması için yeterli olmaktadır. Ötrofik alanlarda Azot (nitrojen) tuzlarının ana kaynağı tarımsal alanlar ve atmosferik çöküntüdür. Fazla fosforun ana kaynağı ise bir kısmı noktasal kaynaklardan, arıtımsız deşarj edilen evsel ve endüstriyel atıklardan kaynaklanmaktadır. Fitoplankton patlamaları, su ortamındaki türlerinin çeşitliliğinin azalması, oksijen kıtlığı, ve insan sağlığını doğrudan etkileyebilecek hastalık taşıyan ya da toksik

maddelere maruz kalmış su ürünü tüketimi gibi sorunlar da, ötrofikasyonun beraberinde getirdiği önemli risklerden bazılarıdır.

Ötrofikasyon, göl ve kıyı su ortamlarında planktonik yosun (algae) veya daha kompleks sucul bitki üretiminin artma eğilimi göstermesi, tür dağılımının sıra dışı değişimi, dolayısıyla su kalitesinin düşmesi, doğal su ortamındaki besin maddelerinin artması ve su kütlelerinin alt tabakalarında çözünmüş oksijen miktarının büyük oranda azalması sonucu oluşan kirlenme sürecidir (Christensen vd., 1993). Bunun varlığının tespiti ve ekolojik bozunmaya neden olan kirliliğin önlenmesine yönelik kaynaklarda gerekli idari ve teknolojik önlemlerin alınması ise su kaynaklarında sistematik ve detaylı araştırma ve izlemenin yapılması, ölçüm sonuçlarına dayanan su kalite ve ötrofikasyon modellerinin alıcı ortamlara uygulanması ve yük değişimine dayanan senaryoların ortaya konması ile mümkün olmaktadır.

Sucul ekosisteminin hidro-dinamik ve biyo-kimyasal yollarla atıksu özümleme kapasitesini tanımlamaya imkan veren su kalite ve ötrofikasyon modelinin uygulamaları ve model sonuçlarına dayalı değişik kirlilik yükleri senaryoların ortaya konması ile mümkün olabilmektedir. Su kalitesi model çalışması ve sınırlayıcı besin elementleri ölçüm/belirleme çalışması sonuçları, sucul ekosistemin korunması için kirlilik kaynaklarında alınacak rasyonel önlemler hakkında da bizlere yol gösterici olacaktır. Böylece alıcı ortam çalışmalarına dayanarak, atıksu deşarj kriterleri belirlenebilecek ve kriterleri sağlayacak en uygun uygulanabilir arıtma teknolojileri hakkında doğru görüşler ortaya konulabilecektir.

Endüstrileşen ve nüfusun hızla artan yerleşim alanlarından kaynaklanan atıkların organik madde ve besin tuzları (azot, fosfor) günlük yükleri, zamanla alıcı ortamın özümleme kapasitesini aşmış ve alıcı ortamın temel biyo-kimyasal özelliklerinde dikkate değer değişimler olmuş ise bu baskı ve etki ortamdaki her türlü organizma üzerine olmaktadır; ancak birincil üretimden sorumlu fitoplanktonun etkilenmesi üretimin tüm basamaklarını zincirleme etkileyeceğinden alıcı ortamların ekolojisini etkilemektedir.

Dolayısıyla, normal olarak gözle dahi görülebilen ekolojik değişimlerin derecesini belirlemek ve kaynağında gerekli (idari ve teknolojik) tedbirlerin alınabilmesi için kapsamlı bilimsel izleme ve araştırmaların yapılma zorunluluğu doğmaktadır. Bu durum, doğal suların atık özümleme kapasitelerinin ve alıcı ortamlarda birincil üretimi (plankton+ bakteri) öncelikle sınırlayıcı besin element(ler)inin özel laboratuvar biyo-deneyleriyle bulunmasına yönelik çalışmaların yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Fitoplankton çoğalması ile ortamdaki besin elementleri bolluğu ve oranları arasındaki ilişkinin kantitatif olarak bilinmesi ve

fotosentez hızını belirleyen kinetik parametrelerinin bulunması, yüzeysel sularda atıksu deşarj kriterlerinin saptanması ve alternatif ileri arıtım seçeneklerinin bulunması ve uygulamaya konulması için zorunludur.

Sınırlayıcı besin elementinin tespitine yönelik biyo-deneylelerin temel amacı sularda birincil üretimi mevsimsel bazda hangi besin element(ler)inin öncelikle kontrol ettiğini anlamaktır. Bu çalışmanın sonuçları, ortamdaki baskın fitoplankton türünün bolluğu, sisteme giren besin elementleri yükleri ve diğer çevresel koşullarla yakından ilişkilidir.

Özellikle kıta içi sularda besin tuzları giderimine yönelik yatırım planlaması yapılmadan önce havzalarında bulunan yerleşimlerin atık sularının verileceği/verildiği deşarj alanların atık özümleme kapasitesini belirlemeye yönelik modelleme çalışması için alıcı ortamlarda hidro-dinamik ve biyo-kimyasal ölçümlerin yapılması ve de yüzey sularında birncil üretimi sınırlayıcı besin elementini (limiting nutrient) belirlemeye yönelik tahminlerin gerçekleştirilmesi, bu tezin temel hedefleri arasındadır. Alıcı ortamda ötrofikasyonu önleme ve doğal ekosistemi korumak için alıcı ortamın atık özümleme kapasitesi ve plankton üretimini sınırlayıcı besin elementlerinin (fosfor veya azot) bilimsel olarak belirlenmesi temel koşuldur. Bu belirlenmeden, en uygun atıksu arıtma seçenekleri ve teknolojileri belirlemek mümkün olmayacaktır. Alıcı ortamın mevcut ekolojik özellikleri dikkate alınmaması durumunda, yapılacak “ileri arıtım” yatırımları gereksiz, yetersiz olacağı aşıkardır. Diğer bir deyişle, alıcı ortam ekolojik özelliklerini ve atık özümleme (fiziksel seyrelme ve biyo-kimyasal olaylarla kullanma/parçalama) kapasitesini dikkate alan bilimsel yaklaşımlar, içsel sularda su kalitesini koruma ve ötrofikasyon oluşumuna kalıcı çözüm üretebilir. Mogan Gölünde yapılacak çalışmalar bunu hedeflemektedir.

Matematik model oluşturma işlemleri çok sayıda adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar genellikle iki ana grupta toplanarak açıklana bilmektedir (Çilek.S.A., 2005).

1. Modelleme /model geliştirme süreci

2.Güvenilir ekosistem modeli ve uygun su kalitesi/ekosistem yönetim planı

Bu iki ana grup kendi içinde birçok uygulama adımı içermektedir.

2.1 Modelleme /model geliştirme süreci

Bu süreçte ilk adımda problemin tanımlanması gerekmektedir. Problemin tanımı ise ekosistemden yararlanma gayesiyle yakın zamanda ya da uzun vadede, ekosistem üzerinde

uygulanması planlanan yönetim araçları, seçenekleri ve kısıtları doğrultusunda saptanabilir.

Ekosistem hakkında elde bulunan mevcut verilerin derlenerek, ön veri toplama işlemi gerçekleştirilmektedir. Daha sonra bilgisayar ortamında uygulamaya geçilir.

Bilgisayar uygulamadan öncelikle model seçimidir. Bu doğrultuda mevcut bir su kalitesi kullanılabilir yada yeni bir su kalitesi modelleme yazılımı uygulanabilir.

Model seçiminden sonra eğer mevcut modellerden birisi kullanılacaksa verilerin mevcut modele uygulanması gerekmektedir. Daha sonra model çalıştırılır. Bu ilk çalışma ile elde edilecek veriler, kalibre edilmemiş model çıktıları sağlayacaktır. Alıcı ortamla ilgili mevcut verilerle ilk model sonuçları karşılaştırılmalı ve bu sonuçların problemin tanımlanmasına uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Ön çalışma işleminden sonra modelin kalibrasyonu adımına geçilmelidir. Ekosistemi en doğru şekilde temsil edecek model katsayılarının belirlenebilmesi için model çıktılarının gerçek değerlerle karşılaştırılması gerekmektedir. Şayet model çıktıları ile mevcut veriler uyumlu değilse farklı model katsayıları seçilerek model yeniden çalıştırılmalıdır. Bu işlem, alıcı ortam model tarafından yeterli doğrulukta temsil edilinceye kadar tekrarlanmalıdır.

Kalibrasyon aşamasından sonra modelin doğrulması safhasına geçilmektedir. Kalibrasyon safhasında belirlenen model katsayıları, model çalışması yapılan aynı alıcı ortam için farklı iklim koşullarında veya farklı zamanlar için uygulanması gerekmektedir. Doğrulma ve kalibrasyon zamanları ve şartları mümkün olduğunca farklı olmalıdır. Misal olarak kalibrasyon yağışlı mevsimlerde yapıldıysa, doğrulama kurak mevsimlerde yapılmalıdır.

2.2 Güvenilir Ekosistem Modeli Ve Uygun Su Kalitesi/Ekosistem Yönetim Planı

Doğrulanmış alıcı ortam modeli neticesinde elde edilen çıktıların, alıcı ortam gerçek değerleri ile örtüşüp örtüşmediği kontrol edilmelidir. Eğer örtüşme olmuyor ise geriye dönerek planlar gözden geçirilmeli, alıcı ortama yapılan kirlenmenin önlenmesi için alternatif planların yapılması gerekmektedir.

Gerçek su kalitesi koşulları, alıcı ortam model sonuçları ile uyumlu ise güvenilir alıcı ortam modeli ve uygun su kalitesi/alıcı ortam yönetim planı gerçekleştirilmiş ve model tam manasıyla tamamlanış olmaktadır.

2.3 Model Katsayıları

Alıcı ortam modellemesinde kullanılan su kalitesi modellemelerinin çoğu, matematiksel veya diferansiyel taşınım ve kinetik ifadelerinin yanında, modellenen süreçlerle ilgili ve modellenen ortama göre değişen ortamı temsil edici kinetik ve stokiyometrik model katsayıları içermektedir.

Bir alıcı ortam için doğru bir modelin kurulabilmesi için model kinetik ve stokiyometrik katsayılarının alıcı ortamı temsil edici olması gerekmektedir. Model katsayılarının doğruluğu kalibrasyon ve doğrulama aşamasında genellikle deneme ve yanılma yoluyla yapılmaktadır. İşlem safhasında öncelikle ilk model katsayısı seçimi literatür aralığında yapılmakta ve çıktı verilerine göre artırılmakta veya azaltılmaktadır. Bazı alıcı ortam modellemesinde doğrulama ve kalibrasyon uzun sürmektedir. Bu katsayılar modelin güvenilirliğini veya doğruluğunu etkilemektedir(Çilek.S.A., 2005).

Sucul ortam üzerinde yapılan bir çalışmada nitrifikasyon hızı göl için 0,37 grN/m²gün ve nehir için 0,32 grN/m²gün, sediment nitrifikasyon hızı için 0,92-0,99 m/gün arasında değerler kullanılmıştır (Paur ve Auer, 2000).

Göl ortamı üzerinde yapılan çalışmada göre alg büyümesinin yarı doygunluk katsayısı 7-251,5 ug/L, Alg'in maksimum büyüme hızı nütrient sınırlamasında 0,21-1.2 gün⁻¹ arasında değişmektedir (Sterner ve Grover, 1998).

Azot asimilasyonun yarı doygunluk sabiti (Thebault ve Qotbi, 1999) 25 ug/L, (Berger, 2000) 0.007-4.3 mg/L almıştır. Fosfor asimilasyonu için (Thebault ve Qotbi, 1999) 3 ug/L, (Berger, 2000) 0.001-0.01 mg/L almışlardır.

2.4 Su Kalitesi Modellerindeki Belirsizlik Kaynakları

Su kalitesi modellerindeki belirsizlik;

Sınır koşullarındaki belirsizlik

Taşınım nedeni ile oluşan belirsizlik

Sisteme giren yüklerdeki belirsizlik

Alıcı ortamın ekolojik durumu ile olan belirsizlik

Sınır koşulları, alıcı ortamın atmosferle, havzanın su ortamı ile olan ara yüzeyi ile olan etkileşimini kapsamaktadır.

Taşınım, su kalitesi değişkenlerinin su ortamı içinde hareketlerini kapsamaktadır.

Sisteme giren yükler, havzadan su ortamına giren kirletici kaynakların getirdiği yükleri kapsamaktadır.

Alıcı ortamın ekolojik yapısı ise model katsayıları ile tanımlanmaktadır.

Güvenilir bir modelin oluşturulabilmesi için belirsizliklerin mümkün olduğu kadar ortadan kaldırılması gerekmektedir.

Modellemler matematiksel ve fiziksel olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Fiziksel modeller, gerçek bir sistemin herhangi bir ölçeğe göre küçültülerek Matematik Modellerin Sınıflandırılması laboratuvar ortamında kurulmalarıyla elde edilmektedir. Doğal sistemlerin karmaşık olmaları nedeniyle fiziksel modeller yardımıyla tüm doğal koşulların laboratuvar şartlarında oluşturulması çoğu durumda mümkün olmamaktadır.

Matematiksel modeller, gerçek sistemdeki süreçleri temsil eden matematiksel denklemler kullanarak günümüzde genellikle bilgisayar ortamında, sanal olarak kurulmaktadır. Matematiksel modeller ile fiziksel modelleme çalışmalarında elde edilmeyecek koşulların simülasyonları yapılabilmektedir.

Aşağıda matematiksel modellemelerden kısaca bahsedilmiştir.

Dağıtık/Ayrık Parametrelili Modeller

Dağıtık parametrelili modellerde, model parametreleri konumun ve zamanın sürekli fonksiyonudur. Ayrık parametrelili modellerde ise model ağı kontrol hacimlerine ayrılmakta ve her kontrol hacminde zamana göre değişken olmayan model parametreleri kullanılmaktadır.

Stokastik/Deterministik Modeller

Deterministik modellerde model katsayıları kesin değer olarak verilmekte ve bu nedenle her model çalıştırılması sonucu zaman ve konumda koşullara, zamana ve konuma göre değişken, ancak tekil sonuçlar elde edilmektedir. Stokastik modellerde ise model katsayıları olasılık yoğunluk fonksiyonları olarak verilmekte ve bu nedenle tekil sonuçlar yerine model değişkenlerinin olasılık dağılımları elde edilmektedir.

Kararlı/Dinamik Modeller

Kararlı modellerde durum değişkenlerinin değerleri zamana göre değişmezlerken, dinamik modellerde bu değişkenler zaman göre değişebilirler.

Mekanistik/Ampirik Modeller

Ampirik modeller veri analizine, mekanistik modeller ise kuramsal temellere dayandırılmış modellerdir.

Alıcı rotamda besi döngüsü ve yapılabilen başlıca modeller aşağıda verilmiştir. Pamolare, WASP ve Aquatox modellerine daha sonraki bölümlerde daha detaylı olarak bahsedileceğinden bu bölümde yer verilmemiştir.

QUAL2E, Amerika Bileşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı tarafından geliştirilmiş olan, tek boyutlu akarsu su kalitesi modelidir. Bu model en popüler ve iyi bilinen su kalitesi modeli olduğundan daha önce bir çok akarsuya uygulanmış ve güvenilirliği kanıtlanmıştır. Model kararlı durum ya da yarı dinamik simülasyonlar yapılacak şekilde tasarlanmıştır. Model çözünmüş oksijen (ÇO), Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI), azot döngüsü (org-N , $\text{NH}_4^+\text{-N}$, NO_2^-N , NO_3^-N), fosfor döngüsü (org-P , $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$) ve alg (chl-a) simülasyonu yapabilmektedir. Bu model modifiye edilerek MODQUAL ve QUAL2E gibi yeni sürümler geliştirilmiştir.

Water Quality for River and Reservoir System tarafından –WQRRS U.S Army Corps of Engineers (USACE), Hydraulic Engineering Center (HEC) tarafından geliştirilmiş olan düşey doğrultuda (z) tek boyutlu ve dinamik su kalitesi simülasyonu yapan bir modeldir. Baraj ve rezervuarların su kalitesi üzerine etkilerini modellemek üzere tasarlanmıştır. Model bir çok su kalitesi değişkeni ile birlikte fitoplankton, zooplankton, balık ve bentik canlıların da simülasyonunun yapabilmektedir.

CE-QUAL-W2: boyuna ve düşey doğrultuda (x,z) hem hidrodinamik hemde su kalitesi simülasyonu yapabilen bir yazılımdır. Model; tuzluluk, sıcaklık, çözünmüş oksijen, BOI, azot, fosfor, içeren organik madde, amonyum, nitrat, fosfat, çözünmüş ve partiküler silisyum ve klorofil-a parametrelerinin simülasyonunu yapabilmektedir.

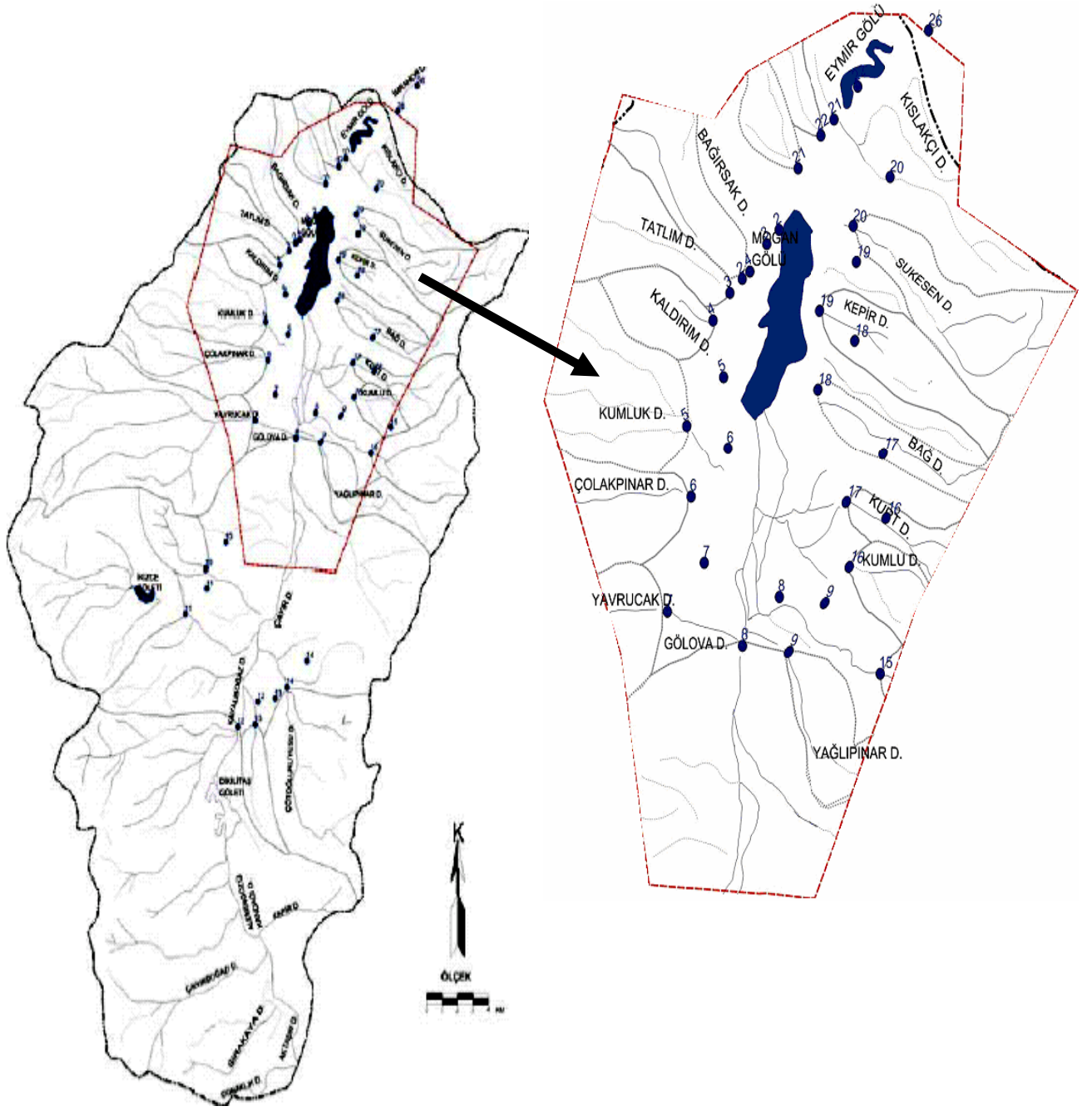
COHERENS: Management Unit of the Mathematical Models of the North sea (MUMM) tarafından Kuzey Denizi için geliştirilmiş 3 boyutlu hidrodinamik-ekolojik modeldir. Model, bilimsel amaçlı kullanım için kaynak kodu ile birlikte verilmektedir. Modelin kaynak kodunda girdi-çıkı alt programları yoktur. Bu alt programların her model uygulaması için yeniden kullanıcı tarafından özel olarak geliştirilmesi gerekmektedir.

MIKE 3: Modüler yapıda geliştirilmiş oldukça güçlü 3 boyutlu bir modeldir. Hidrodinamik, adveksiyon, dispersiyon, su kalitesi, ötrofikasyon, toksik organik ve ağır metal modülleri içermektedir. Bunlardan başka, kullanıcının kendisinin tanımladığı özel parametrelerle ekosistem simülasyonu yapmasına izin veren ECOLAB adında bir modül içermektedir.

3. MOGAN GÖLÜ VE HAVZASI

Gölbaşı, Ankara sınırları içinde yaklaşık 20 km. güneyde Konya karayolu üzerinde yer alan ve nüfusu yaklaşık 40.000 olan bir ilçe merkezi konumundadır. Mogan Gölü ve Eymir Gölü ile bunları besleyen akarsu kaynaklarını da içine alan havza 22.10.1990 tarih ve 90/1117 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile Özel Çevre Koruma Bölgesi olarak ilan edilmiştir. Kabul edilen Özel Çevre Koruma Bölgesi göllerin toplam yağış alanının 245 km²'sini içermektedir. Mogan Gölü, yazları genellikle kuruyan küçük dereler ile beslenmekte, göl suyu kuzey doğusundaki regülatör kontrolünde Eymir Gölü'ne akmaktadır. Gölün güneyindeki yaklaşık 750 hektarlık bir bataklık ve ıslak çayırılık alanlar birçok farklı hayvana, özellikle de kuş türlerine yaşama ortamı sağlamaktadır. Mogan ve Eymir gölleri Ankara yakınlarında bulunan sınırlı sayıda sulak alanlardan en büyük ve en önemli olanıdır. Mogan gölü etrafında geniş sazlıklar ve restoranlar bulunur. Eymir gölü ise ODTÜ sınırları içinde bulunmaktadır. Gölbaşı Özel Çevre Koruma Bölgesi içerisinde 10 adet köy bulunmaktadır. Bu köylerin doğrudan veya dolaylı olarak göl ile sosyal ve ekonomik ilişkileri vardır (Ç.B. ÇEKÖK, Çevre Referans Laboratuvarı, 2003).

Mogan Gölü Havzasının hidrolik sınırları ve Özel Çevre Koruma sınırları Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Mogan Gölü Havzasının hidrolik Sınırları ve Özel Çevre Koruma sınırları

Mogan Gölü Ankara ili sınırları içerisinde, $39^{\circ} 44' 40''$ ve $39^{\circ} 47' 45''$ kuzey enlemleri ile $32^{\circ} 46' 30''$ ve $32^{\circ} 49' 30''$ doğu boylamları arasında deniz seviyesinden 972 m. yükseklikte alüvyonal bir sediman gölüdür.

Jeomorfolojik verilere göre Gölbaşı havzası İmrahor deresi ve kollarının sağladığı akarsuların etkisinde, 250 m. derinlikte bir akarsu havzasıdır.

Mogan-Eymir-İncesu deresini izleyen çukurluk vadi, başlangıçta bir akarsu vadisiyken, derelerin getirdiği materyallerin 1900'lü yıllarda Mogan çukurluğunu doldurması sonucu Mogan Gölü, Eymir çukurluğunun önünü doldurması sonucu ise Eymir Gölü oluşmuştur. Göller aynı su toplama havzası içinde bulunmaktadır. Mogan Gölü kotu 3 m daha yüksek olduğundan, su akış yönü Mogan Gölü'nden Eymir Gölü'ne doğrudur.

Mogan Gölünün çıkışı kuzeyden, Gölbaşı ilçesi içinden Eymir gölüne doğrudur. Önceleri düzensiz olan bu çıkış 1971 yılında yapılan bir regülatörle düzenlenmiştir.

Mogan Gölü beton bir kanal vasıtasıyla Eymir Gölüne, oradan da İmrahor Deresi ile Ankara Çayı'na boşalmaktadır. Gölün uzunluğu 6 km., eni 900 m. Ortalama derinliği 3,5-4 m., göl alanı 5.4 km^2 ve hacmi 13-14 milyon m^3 'tür. Yağış alanı 941 km^2 olan göl havzasında yıllık ortalama yağış 403 mm., yıllık ortalama buharlaşma ise 1485 mm olarak ölçülmüştür Eymir ve Mogan Gölleri'nin toplam havzası yaklaşık 971 km^2 , çevre uzunluğu ise 150 km.dir. Havzadaki en yüksek kot 1650 m., en düşük kot ise 950 m.dir. Genellikle dağlık bölgeler göllerin iki yanında yer almaktadır.

Eğim morfolojik yapının bir sonucu olarak farklılıklar göstermekte olup, en dik eğimleri (% 20) gölün kuzey, doğu ve güney-doğusunda, orta derecede eğimler (% 6 -20) gölün batı ve kuzey-batısında, düz ve düze yakın eğimler ise (% 0 - 5) gölün batısında, güneyinde ve güney-doğusunda yoğunlaşmıştır. Havzanın ortalama yüksekliği 1090 m. Civarındadır (Ç.B. ÇEKÖK, Çevre Referans Laboratuvarı, 2003).

3.1 Mogan Gölünü Besleyen Dereler

Göl alanı birçok akarsu kaynağı tarafından beslenmektedir. Bu akarsuların çoğu devamlı akımı olmayan kuru dereler olup, gölün kuzey ve batı kısımlarında yer almaktadır. Havzanın ana deresi konumundaki Çölova deresi devamlı akmamakta, havzanın ortasında bir yerde batmakta, daha

sonra kuzeyde Mogan Gölü'nün güneyindeki bataklık alanda tekrar ortaya çıkmaktadır. Çok kurak yıllar dışında genellikle her mevsim debisi olan yan dereler Sukesen, Başpınar ve Yavrucak ile ana su yolu olan Çölova deresi olup, hepsi de Mogan Gölü'ne akmaktadır. Yüksek eğimlere sahip Sukesen ve Çölova deresinin üst kotları dışındaki derelerde su yolu eğimleri oldukça düzgündür.

Havzada Mogan ve Eymir olmak üzere iki doğal ve İkizce (Topaklı) ve Dikilitaş olmak üzere iki yapay göl bulunmaktadır. Mogan ve Eymir gölleri taşkın kontrolü amacı ile DSİ tarafından düzenlenmiş doğal depolamalardır. Havza içindeki yapay göller ise Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından sulama amaçlı olarak inşa edilmiştir.

Havza içinde su akışının kontrol edilmesi amacıyla;

- İkizce Gölet
- Dikilitaş Gölet
- Mogan Çıkış
- Eymir Çıkış

olmak üzere 4 adet set ve kapak mevcuttur. Özellikle ilkbahar aylarında Nisan – Mayıs gibi su miktarının artması ve göllerdeki su seviyesinin yükselerek civardaki tesislere zarar vermesinin önlenmesi için kapaklar açılarak zaman zaman su salınmaktadır.

Bunların dışında havzada çok sayıda kaynak bulunmaktadır. Bu kaynakların bir kısmı köylüler tarafından çeşme haline getirilmiş ve kullanılmakta, bir kısmı da kendi halinde su yolu şebekesine akmaktadır.

3.2 Mogan Gölü Havzasında Yerleşim Yerleri

Mogan Gölü bölgesinde en yoğun yerleşim alanı gölün kuzey kıyısındaki Gölbaşı ilçesidir. Özel Çevre Koruma Bölgesi olarak kabul edilen 245 km²'lik alan içinde Gölbaşı İlçe Merkezi ile Çankaya İlçesinin; 971 km²'lik havza sınırlarının içinde ise Bala ve Haymana ilçelerinin de idari alanları bulunmaktadır. Bölgede yer alan iskan merkezlerinin çeşitli yıllardaki nüfusları Çizelge 3.1'de gösterilmektedir. Gölbaşı ilçesi Ankara'ya yaklaşık 20 km

uzaklıkta olması ve ulaşım kolaylığı nedeniyle, hızlı bir nüfus artışının yanı sıra yoğun iş ve konut yapılaşması tehdidindedir.

Çizelge 3.1 Havzada yer alan İskan Merkezlerinin çeşitli yıllardaki nüfusları

Yerleşim Birimi	1980	1985	1990	2000	Yerleşim Birimi	1980	1985	1990	2000
Karaoğlan	397	399	391	476	Taşpınar	423	407	627	712
Beynam Bucağı*	757	813	819	1095	Çoğlbey	561	558	494	725
Kızılcaşar	205	172	182	251	Velihimmetli	496	554	594	588
Ballıkpınar	232	180	333	400	Ahiboz	497	180	436	410
Koparan	408	351	397	354	Çayırılı	265	265	218	232
Hallaçlı	369	348	391	313	Kırıklıçit	237	209	150	97
Hacımuratlı	206	229	159	207	Oyaca	1946	2547	1961	2187
Yavrucak	307	286	299	242	Çingirli	81	70	67	32
Yağlıpınar	185	170	324	199	Hacılar	577	724	514	515
Karagedik	2148	2402	3030	3272	Gerder (Yurtbeyi)	298	300	305	553
Topaklı	383	418	419	526	Çerkezhöyük (Gökçehüyük)	1772	572	595	537
Selametli	1203	1080	2169	1790	Virancık (Örencik)	340	370	444	357
B. Boyalık	1126	657	907	707	Germik (Tepeyurt)	257	208	128	264
Culuk	958	848	622	338	Runkuş (Dikilitaş)	515	536	517	409
İkizce	342	354	433	485	Gölbaşı İlçe Merkez	10461	18262	25123	35308
					TOPLAM	27952	34469	43058	62602

3.3 Mogan Gölü Havzasında Tarımsal Faaliyetler

Havzada genellikle kuru tarım yapılmaktadır. Ürün deseni ağırlıklı olarak tahıl, sulanabilir arazilerde (özellikle Sukesen Deresi vadisinde) sınırlı ölçüde sebzedir. Havzanın bir bölümünde ise meralar yer almaktadır. Köy Hizmetleri ve DSİ Genel Müdürlüklerinin yapmış olduğu çalışmalara göre, havzada I. ve II. Sınıf tarım arazisi az olup bu araziler Mogan Gölü'nün güneyinde bulunmaktadır. Mogan'ın doğu ve batısında III. ve IV. Sınıf, Mogan Gölü yakın çevresinde ise V. sınıf tarım arazileri mevcuttur.

3.4 Havzada Yer Alan Endüstriler

Mogan Gölü havzasında yer alan sanayi tesislerinin başlıcaları aşağıda bahsedilmiştir. Ankara merkezine yakınlığı ve etkin karayolu ulaşımı, bu bölgenin endüstriye uygunluğunu artırmaktadır. Bölgede yer alan başlıca tesisler: Mekon Alüminyum Kaplama Fabrikası, Pi Makina, Mobilya Fabrikası, Ensa Tüp Fabrikası, Gürış Makina Fabrikası, Ankara Alçı Sanayi (Alçısan), AD Atilla Doğan Montaj Fabrikası, Prekons İnşaat Sanayi, ABS Alçı Fabrikası, Tipo Tavukçuluk, Et Balık Kurumu Bakımevi, BM Holding Ambarları, FMC Nurol Tank Fabrikası, Tiftik Birlik Yapağı Depolama, Gülermak Makina Fabrikası, Gazi Üniversitesi Uygulama ve Araştırma Hastanesi, Özmak Toprak Sanayi, Kiremit Fabrikası ve Özmak Makina Fabrikasıdır. Ayrıca Mogan Gölü'nün doğu tarafında Petrol Ofisi tesisleri, doğu ve batısında tehlikeli atık içermeyen makina fabrikaları, doğu kesiminde ise demir işleme tesisleri yer almaktadır. Bu tesislerin çoğu kanalizasyon sistemine bağlanmış olmasına karşın, zaman zaman göle beklenmedik kontrolsüz deşarjlar olabilmektedir.

3.5 Mogan Gölü Havzasının Kirlilik Durumu

DSİ'nin 1994 yılındaki raporuna göre; Gölbaşı ilçesi sınırları dahilindeki Mogan Gölü uzun yıllardan beri avcılık, yüzme, sportif amaçlar ve rekreasyon alanı olarak kullanılmaktadır. 1987 yılından sonra gölün ekolojik dengesinde önemli değişikliklerin olduğu, taban bitkilerinin arttığı, yosunlaşma ve kokunun belirdiği, balık ve su ürünlerinde azalma görüldüğü izlenmiştir.

Aynı raporda; "Göl halen her türlü kontrolden uzak kaçak balıkçılığın yaygın olduğu bir durumdadır. Göl ve civarı halen açık çöplük olarak kullanılmaktadır. Gölün kuzey tarafında seviye düştüğü zaman inşaat atıkları, kırık şişeler, naylonlar v.s. her türlü atık görülmektedir. Ayrıca Sukesen dersine atılan çöplerde göle ulaşmaktadır. Göl içerisinde her zaman serili balık ağları bulunmakta, sandallarla gidilerek ağlara takılan balıklar alınmakta, ancak ağlar

toplanmamaktadır. Göl seviyesini korumak için DSİ tarafından yapılan çelik kapaklar gerek balıkçılar, gerekse yöre halkı tarafından kumanda tertibatları kırılarak bozulmakta ve gölden su alınmaktadır. Göl deşarj kanalında yün ve halı yıkanmaktadır. Halk bilinçlenmediği sürece gölde sağlıklı bir işletmenin yapılması imkansız görülmektedir.” denilmektedir.

Erozyon, kar erimesi ve drenajla göl içine giren maddeler dip sedimanlarının oluşmasına ve gölde derinliğin, dolayısıyla hacmin azalmasına sebep olmuştur. Uzun yıllardır devam eden sediman birikimi, atıksu deşarjı ve araziden yağmur sularıyla göle giren besi maddeleri göldeki biyolojik gelişmeleri hızlandırmıştır. Gölde yer yer bataklıklaşma, su içi yüksek bitkilerinde de aşırı artış ve yayılış başlamış, göldeki sığlaşma hız kazanmıştır. Göldeki sediman ve besin maddelerinin artışı ile bataklıklaşma ve ötrofikasyon hakim şekle dönüşmüştür.

Özel Çevre Koruma Kurumu tarafından 2000 yılında hazırlanan raporda Mogan Gölü çevresinde yer alan tesislerin atıksu altyapı durumu ve problemler aşağıdaki gibi özetlenmiştir;

“1 Mogan Gölü batısında Haymana yolu güzergahı boyunca Gölbaşı ilçesi-Hacıhasdan Köyü arasında ve Mogan Gölü doğusunda Konya yolu güzergahı boyunca Gölbaşı ilçesi Pi-Makine arasında atıksu ana kollektör hatları yapılmış olup halen işletilmektedir. Bu iki hat Eymir-Mogan Gölleri arasında inşa edilmiş terfi istasyonunda birleşmekte ve atıksuları Eymir gölü doğusundan İmrahor deresine deşarj edilmektedir.

Mogan Gölü’nün güneydoğu ucunda yer alan tesisler (Bites rest., Belçikalı Rest., Kinghouse Rest., İmaj Rest., Petrolofisi Dinlenme Tesisleri v.d.) atıksularını ana kollektör hattına bağlamış durumdadır. Bu tesislerin yer aldığı kesimlerde göl genel anlamda temiz görünmektedir. Buna karşın, gölün doğu orta kesiminde yer alan tesisler (Ada Rest., GÜLERMAK, Gama Tesisleri, Emmioğlu Rest., Ankara Ün. Su Sporları Tesisleri) mevcut kollektör hattına bağlanabilecek durumda olmalarına rağmen atıksularını foseptiklerde toplamaktadır. Bu tesisler göle çok yakın konumda olmaları ve bulundukları alanın jeolojik konumu nedeniyle foseptik yöntemi göl kirliliği açısından tehlike arz etmektedir.

Mogan Gölü güneydoğu kesiminde yer alan tesisler (Milli Piyango, Ulaşan Hotel, My Garden Club, Gürış Makine) halen kollektör hattından yararlanabilecek konumda değildir. Bu nedenle foseptik ve arıtma tesisleri ile atıksu problemlerini halletmek durumundadırlar.

Mogan Gölü kuzeybatı ucunda göl kıyısında yer alan tesisler (Gözde Rest., Sahil Rest., Çağlar

Rest., Aysa Rest., Havacılar Tesisleri, Göl Rest., Ziraat Bankası Tesisleri) atıksu problemlerini ilkel foseptiklerle çözmeye çalışmaktadır. Söz konusu alanda foseptik kullanımı göl kirliliği açısından büyük tehlike arz etmektedir. Nitekim göl içinde yapılan makroskopik gözleme göre bu alan kirliliği bir görünüm arz etmektedir. Ayrıca bu kesimlerde göl seviyesi altından itibaren saz kesimi yapılmıştır. Bu tesisler mevcut kollektör hattına çok yakın konumda olmalarına rağmen kot farkı nedeniyle pompaj gerekmesi ve bunun yüksek maliyeti, bazı tesislerde iskan izni olmaması nedeniyle resmi işlem yapılamaması gibi nedenlerle bağlantı kurulamadığı, bu bölgedeki pompajla sisteme bağlanma sorunun ASKİ tarafından toplu çözüme kavuşturulması gerektiği öne sürülmektedir.

Mogan Gölü güneybatı kesiminde yer alan tesisler (ÖZMAK, Sevgi Hastanesi Tesisleri, Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı Tesisleri) arıtma ve foseptik ile sorunu çözmeye çalışmaktadır. Bu tesislerin mevcut ana kollektör hattına bağlanması gereklidir.

Mogan Gölü güney kesiminde geniş alanlarda tarım yapılmaktadır. Bu alanlarda yoğun tarımsal ilaç ve gübre kullanımlarının özellikle azot-fosfor kirliliği açısından göle etkisi kaçınılmazdır. Nitekim güneyde Çölova Deresi'nin göle ulaştığı kesimlerde aşırı beslenmeye işaret eden yoğun kamış gelişimi gözlenmektedir.”

EİEİ tarafından hazırlanan 2001 tarihli raporda Mogan Gölü ile ilgili olarak;

“Mogan Gölü'nün beslenmesinin sağlandığı alanın %83'ünü oluşturan, Mogan Gölü'nün güneyindeki Çökek sulakalanı, göl ekosistemine, taşkın, sediment yükü ve kirlilik kontrolü gibi pek çok olumlu katkı sağlamaktadır. Bu bölgede göle girdi sağlayan Başpınar deresi büyük oranda sanayi atıkları taşımaktadır. Bu derenin kontrol altına alınmalı ve gerekli arıtma yapılmalıdır.

Mogan Gölü'nün kuzeyinden Gölbaşı ilçesinin içerisinden geçerek göle doğrudan ulaşan Sukesen deresi, göle sediment taşımaktadır. Göle sediment taşınımının önlenmesi için, havuz sistemi oluşturularak sedimenti çökelttilerek uzaklaştırılan suyun göle girmesi sağlanmalıdır.

Diğer bütün küçük derelerin de göle doğrudan karışmadan önce, göl çevresindeki topografik yapıdan yararlanılarak kirlitici yüklerine göre dinlendirilerek ve arındırılarak göle bırakılması doğru olacaktır.

Mogan gölünün sulak alanının yok edilmesi veya daraltılması, suyun göle giriş süresinin kısalmasına, göle daha fazla suyun daha kısa sürede ulaşmasına ve su seviyesinin ani yükselmesine yol açacaktır. Bu da gününbirlik tesisler için izin verilen kullanım kotunun

yükseltilmesini zorunlu kılacaktır.” açıklamaları yer almaktadır.

Çevre Bakanlığı Çevre Kirliliğini Önleme ve Kontrol Genel Müdürlüğü’nün 2003 yılında yaptığı çalışmaya ait raporda Mogan Gölüne su getiren derelerle ilgili olarak;

“Çölova Dere: Arazinin üst kısımlarında tarım yapılmaktadır.

İkizce Gölet: Numune bölgesinin hemen yanında A. Ü. Ziraat Fakültesi Uygulama ve Araştırma Çiftliği mevcuttur.

Dikilitaş Gölet: Bu mevkide yapılaşma görülmemekle birlikte örnekleme noktası etrafında tarım arazi mevcuttur. Ayrıca 12 aylık örnekleme sırasında çeşitli aylarda hayvancılık faaliyetlerine rastlanmıştır. Gölet etrafında yoğun tarımsal faaliyetlerin olduğu, piknik alanı olarak kullanıldığı ve amatör olarak balıkçılık faaliyetlerinin yapıldığı görülmüştür.

Kumlu Dere: Doğal kaynaklı sudan öte atık su özelliği taşımaktadır.

Başpınar Dere: Üst kısmındaki tesislere ait çeşitli atıkları bünyesinde taşımaktadır.

Kepir Dere: Üst kısımlarında bulunan kooperatifler nedeniyle kirlenmenin en yoğun olduğu yerlerdendir, özellikle evsel atıksuların kirlilik oluşturduğu gözlenmektedir.

Sukesen Deresi: En fazla sedimen taşıyan ve debisel kütle açısından gölü besleyen önemli derelerden biridir. Örencik Köyü tarafında derenin kenarında Andezit Taş Ocakları mevcuttur.

Kışlak Dere: Dere Eymir Gölü’nün çıkış tarafında bulunmaktadır. Derenin üst kısmında 1 adet kum ocağı mevcuttur.” açıklamaları yer almaktadır.

3.6 Havzaya Ait Meteorolojik Veriler

Havza yakınında Sincan, Etimesgut, Güvercinlik, Yenimahalle, Ankara (Kayaş), Haymana ve Bayındır Barajı yer alan meteoroloji istasyonlarından havzanın oldukça dışındadır. Dikmen ve Günelan istasyonları da havza dışında olmakla birlikte, diğerlerine kıyasla daha yakın mesafededir. 1998 yılında ÖÇKKB ve EİE arasında yapılan protokol kapsamında EİE, havzanın hidrometeorolojik özelliklerinin belirlenmesine yönelik bir çalışma başlatmıştır. Bu çalışma kapsamında 1998 yılından bu yana işletilen istasyonlarda (Gölbaşı ve Çuluk) 10 adet meteorolojik parametre (hava sıcaklığı, hava nemi, rüzgar hızı, rüzgar yönü, buharlaşma, yağış, güneş radyasyonu, toprak nemi ile 5 ve 20 cm deki toprak sıcaklığı) ölçülmektedir. Havza alanındaki meteorolojik parametrelerin uzun dönem ortalamaları Ek 1’de verilmiştir.

Havzanın yağış karakteri değişik özellikler göstermektedir. Konvektif yağışlar bölgede

oldukça önemli yer tutmaktadır. Çoğu yağışlar yüzeysel akışa geçmeden buharlaşmakta veya sızarak yeraltısularını beslenmektedir. En büyük buharlaşmalar ise, her iki istasyonda da Temmuz ayında gerçekleşmekte olup, Gölbaşı istasyonunda 250 mm, Culuk istasyonunda ise 340 mm civarındadır.

Havzanın üst kısımlarındaki rüzgar hızı, Gölbaşı civarındaki (göllerdeki) rüzgar hızının yaklaşık üç katıdır. Gölbaşı meteoroloji istasyonunda ölçülen aylık ortalama rüzgar hızı 0.5-1.7 m/sn arasında değişmektedir. Bu değerler, sık bir göl olan Mogan'da karışımı sağlamaktadır. Culuk meteoroloji istasyonunda ölçülen aylık ortalama rüzgar hızları 1.9-4.6 m/sn arasında değişmektedir. Havzadaki hakim rüzgar yönü kuzeybatıdır. Havzadaki ortalama nem düzeyi ise %60 civarındadır.

3.7 Havzada Göle Giren Yüzeysel Akımlar

EİE tarafından yüzeysel su hareketlerini izlemek amacıyla havza içerisinde ve havza çıkışında toplam 27 noktada akım ölçümleri yapılmaktadır. Mogan gölünün ana girdisini oluşturan 4 nokta (Sukesen, Başpınar, Çölovası, Yavrucak) ile Mogan ve Eymir gölü çıkışları limnigraf ile sürekli olarak izlenmektedir. Mogan Gölü'nün 4 ana girdisinin yanı sıra 11 küçük dere de sürekli olarak izlenmektedir. Eymir Gölü'nün ana girdisini oluşturan Mogan Gölü çıkışı ve ayrıca Eymir Gölü Çıkışı da sürekli olarak gözlenmektedir.

Alt havzalarda suyun davranış karakteristiği hakkında bilgi edinebilmek amacıyla, havza içerisinde ayrıca 5 noktada ölçümler yapılmaktadır.

EİE tarafından ölçüm yapılan istasyonlarda 2000-2002 yılları arasında gözlenen Mogan gölüne giren aylık ortalama akımların değişimi Ek 2'de verilmiştir.

EİE tarafından ölçüm yapılan istasyonlarda 2000-2002 yılları arasında gözlenen Eymir Gölüne giren aylık ortalama akımların değişimi Ek 3'de verilmiştir.

3.8 Mogan Gölünün Batimetrik Özellikleri

DSİ tarafından göl su hacimlerindeki değişimleri belirleyebilmek amacıyla, Gölün, 1968, 1990 ve 1995 yıllarında batimetri haritaları çıkarılmıştır. Ayrıca, 1998 yılında Hacettepe Üniversitesi tarafından gerçekleştirilen proje kapsamında Mogan Gölü batimetri haritası güncellenmiştir.

Mogan gölü için farklı tarihli batimetrik haritalara dayanarak elde edilen değişik kotlardaki alan ve hacimler Çizelge 3.2'de kot-hacim-alan verilmektedir.

Çizelge 3.2 Mogan Gölü'ne ait 1968, 1990, 1995 ve 1998 yılları kot- alan-hacim değerleri

Kotlar (m)	1968 Yılı		1990 Yılı		1995 Yılı		1998 Yılı	
	Alan (10^4 m^2)	Hacim (10^6 m^3)	Alan (10^4 m^2)	Hacim (10^6 m^3)	Alan (10^4 m^2)	Hacim (10^6 m^3)	Alan (10^4 m^2)	Hacim (10^6 m^3)
968,0	99,24	0,88	0,00	0,00			*	0
968,5	165,35	1,54	7,66	0,02	0,00	0,00		0,00
969,0	284,43	2,61	74,61	0,11	74,12	0,14		0,02
969,5	380,57	4,34	307,98	1,01	182,45	0,78		0,22
970,0	440,29	6,39	408,60	2,86	333,08	2,15		1,32
970,5	504,22	8,77	466,90	5,05	404,72	4,00		3,06
971,0	559,25	11,42	528,22	7,53	477,35	6,20		5,04
971,5	615,34	14,36	578,57	10,30	542,58	8,75		7,18
972,0	669,37	17,58	633,28	13,33	607,64	11,63		9,47
972,5	711,95	21,03	690,17	16,61	668,92	14,82		11,93
973,0	761,30	24,71	764,79	20,26	731,52	18,32		14,61

3.9 Mogan Gölü Alan ve Hacim Değişiklikleri

Mogan gölüne ait alan ve hacim değişiklikleri incelendiğinde 1990 yılına kadar 968 m kotunun altındaki $0.88 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ 'lük, 1995 yılına kadar 968.5 m kotunun altındaki $1.54 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ 'lük su hacminin tamamının ve 1998 yılına kadar da 969 m kotunun altındaki $2.61 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ 'lük hacmin $2.59 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ 'lük kısmının sediman ile dolduğu görülmektedir. Diğer bir deyişle 1968-1998 yılları arasındaki 30 yıllık dönemde göl tabanı yaklaşık 969 m kotuna kadar (1 m) yükselmiş ve bu kotun altındaki kesimde toplam $2.59 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ 'lük bir sediman birikimi oluşmuştur. Hacettepe Üniversitesi'nin 1998 yılında hazırladığı raporun batimetri ile ilgili kısmında, Mogan Gölü taban seviyesinin 969 m kotu civarında uzanmakta olup yer yer 969.5 m kotuna yükseldiği, göl maksimum su kotunun da 973 m olduğu belirtilmektedir. Elde ettiğimiz bulgular, daha önceki yıllarda tamamlanmış proje sonuçları ile örtüşmektedir. Yine aynı raporda, göle sediman getiriminde etkili olan başlıca alanların, sözkonusu kesimlerin açığındaki sediman kalınlıklarının civardaki morfolojik yapıya kıyasla daha kalın olmasından yola çıkarak, batıda 1002 m rakımlı Kalındil Tepe'nin 300 m kuzeyinde yeralan körfez

bölümü, doğuda Vilayetler Evi'nin kuzeyinde yeralan körfez ve kuzeydoğuda Belediye Parkı yakınlarında bulunan Gölbaşı drenaj kanalı olduğu vurgulanmaktadır.

En büyük alansal değişimlerin 970 kotunun altındaki kesimde gerçekleştiğini, 970 kotunun üzerindeki her su kotunda hemen hemen aynı oranda hacim va alan azalması olduğunu göstermektedir. 1968-1990 batimetrik haritalarına göre 973 su kotundaki hacim farkı $4.45 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ 'tür. Bu değer 22 sene içinde göl tabanında toplanmış olan toplam sedimanın hacmidir. 1968-1998 yılları arasındaki 30 yıllık dönemde oluşan sediman birikimi ise $10.10 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ 'e ulaşmaktadır. Yıllar arasında gölde toplanmış olan sediman hacmi, 22 yılda (1968-1990 yılları arası) $4.45 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ iken, sonraki 5 yılda (1990-1995 yılları arası) $1.94 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ 'e, son 3 yılda ise (1995-1998 yılları arası) $3.71 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ 'e yükselmektedir. Diğer bir deyişle, son 3 yılda (1995-1998 dönemi) göle, 22 yılda oluşan sediman birikiminin %85'i kadar bir sediman girdisi olmuştur. Bu da, Mogan Gölü'nün son yıllarda oldukça yoğun ve giderek artan oranda sediman depolanmasına maruz kaldığını göstermektedir.

4. PAMOLARE, WASP ve AQUATOX MODELLERİ

Bu çalışma için seçilen Ankara İli sınırları içerisinde bulunan Mogan Gölü, bir çok fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerin ölçüm sonuçlarının bulunması sebebiyle seçilmiştir. AQUATOX, PAMOLARE ve WASP modelleri, söz konusu gölün su kalitesi simülasyonları neticelerinin karşılaştırmaları yapılmıştır. Kalibrasyon ve verifikasyondan önce en iyi netice veren model seçilerek, bu modelin kalibrasyonu ve verifikasyonu yapılmıştır. Daha sonraki adımda ise Mogan Gölünün atık özümleme kapasitesi değerlendirilmiş ve alıcı ortam kriterleri tayin edilmiştir. Bu bölümde söz konusu modellerle ilgili detaylı bilgiler verilmiştir.

4.1 Pamolare Modeli

Pamolare; S.E Jorgenson, H.Tsuno ve T.Hidaka tarafından UNEP, DTIE ve ITEC/ILEC adına yapılmış bir ekosistem simulasyon modelidir.

Pamolare modeli üç modelden oluşmuştur. Bunlar **Vollenweider plot, 1-tabakalı model** (4 durum değişkeni ve bir sayının korelasyonu) ve **2-tabakalı model** dir.

Pamolare iki tabakadan oluşmaktadır. Birinci tabaka 1992 yılında J.Solomonsen ve H.Mahler tarafından Danimarka da geliştirilmiştir. Yeni geliştirilen ikinci tabaka daha fazla dataya, yaklaşık 100 giriş datasına sabitlere ve parametrelere ihtiyaç duymaktadır.

Vollenweider plot, çok hızlı ve basit bir kullanımı olan bir modeldir. Ötrofikasyon ve göl yönetiminde kullanılmaktadır. Kalibrasyon ve geçerliliğini denetlemek gerektirmez, ancak istatistiksel denge şartlarını denetlemek gerektirmektedir.

1-tabakalı model, 4 değişkenli olan bu model simulasyondan önce kalibrasyonu ve geçerliliği yapılmalıdır. 4-5 parametre kalibrasyon için yeterlidir. Kalibrasyon için zaman olarak iki yıl, klorofil a, çözünmüş fosfor ve çözünmüş azot parametreleri yeterli olmaktadır.

2-tabakalı model, 1-tabakalı model'den daha fazla güvenilir ve detaylı sonuçlar vermektedir. Aynı zamanda kalibrasyon ve verifikasyon için dataya ihtiyaç duymaktadır. En azından 5-10 günlük seride iki yıllık dataya ihtiyaç vardır. 8 veya 10 parametre kalibrasyon ve verifikasyon için yeterli olmaktadır.

Matematiksel formüllere bağlı olarak azot alt modelleri aşağıda verilmiştir.

1) N_{load}/z (Yükleme, mg/l/yıl)

2) $(1/W_{res}) * N_{wat} * a$ (hidrolik olarak gelen azot, mg/l/yıl)

3) Denit/z (denitrifikasyon, mg/l/yıl)

4) NWat*SedRate/z (sedimentasyon, mg/l/yıl)

5) NSed*NRel/z (sedimentasyondan salınım , mg/l/yıl)

6) (1-NBound)*Nsed (Azotun sedimentasyondan ayrılması, g/m²/year)

Sedimanda ve sudaki azot kütle diferansiyel denklemleri aşağıda verilmiştir.

$$DN_{wat}/dt = ((N_{load}-Denit) + N_{rel} * N_{sed})/z - (1/W_{res}) * N_{wat} * a - (1/z) * SedRate * N_{wat}$$

$$DN_{sed}/dt = SedRate * N_{wat} * (1-N_{bound}) - N_{rel} * N_{sed}$$

Burada;

NWat :Toplam azot mg/l

Nsed :Sedimanttaki azot g/m²

Nload :Göle azot girişi (g/m²/year)

Nrel :Sedimanttan azot çıkış hızı

Nbound :Sedimentdaki sabit azot oranı

z :Gölün derinliği m.

Wres :Ortalama bekleme süresi

SedRate :Ortalama sedimentasyon hızı (m/yıl)

a :Termoklin oluşumundan dolayı çıkan nütrientin düzeltme faktörü

Denitrifikasyon için verilen diferansiyel denklemler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır (Jensen vd., 1990):

$$Denit = N_{Load} - 0.34 * W_{res}^{-0.16} * z^{0.17}$$

Denitrifikasyondan başka fosfor alt modeli, azot alt modeline benzerdir.

$$DP_{wat}/dt = (P_{load} + P_{rel} * P_{sed}) / z - 1 / W_{res} * P_{wat} * a - 1/z * SedRate * P_{wat}$$

$$DP_{sed}/dt = SedRate * P_{wat} * (1-P_{bound}) - P_{rel} * P_{sed}$$

PWat :Toplam fosfor mg/l

P_{sed} :Sedimanttaki fosfor g/m^2

P_{load} :Göle fosfor girişi ($g/m^2/year$)

P_{rel} :Sedimanttan fosfor çıkış hızı

P_{bound} :Sedimendaki sabit fosfor oranı

Edmondson (1986) tarafından bilinmeyen bazı sucul ortam bileşenleri için toplam fosfata bağlı olarak, istatistiksel regresyonlar sonucu bazı ampirik ifadeler geliştirilmiştir;

$$\text{Klorofil (mg/l)} = 0.000073 * (TP * 1000)^{1.4}$$

$$\text{Zooplanktonlar (mg/l)} = 0.038 * (TP * 1000)^{0.64}$$

$$\text{Balıklar (mg ww/m}^2\text{)} = 0.810 * (TP * 1000)^{0.71}$$

$$\text{Ortalama Birincil üretim (mg/l/day)} = (10000 * TP - 79)/1000$$

$$\text{Maksimum birincil Üretim (mg/l/day)} = (20000 * TP - 77)/1000$$

$$\text{Ortalama Balık ürünü (mg ww/m}^2\text{/year)} = 7.1 * TP$$

Pamolarde; göl modellemesi bize fitoplankton büyümesinde fosfor ve azot nütrientlerden hangisinin sınırlayıcı olduğunu göstermektedir. Bu sınırlama aşağıdaki gibi olmaktadır:

Eğer toplam $N \geq 10 * \text{toplam fosfor}$ ise fosfor sınırlayıcıdır.

Eğer toplam $N \leq 5 * \text{toplam fosfor}$ ise azot sınırlayıcıdır.

Eğer $5 < \text{toplam } N < 10 * \text{toplam fosfor}$ ise azot ve fosfor sınırlayıcıdır.

4.1.1 Pamolardeki Giriş Değişkenleri

Bekleme Süresi

Bekleme süresi aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$W_{res} = \frac{V}{Q}$$

Burada;

V =Göl Hacmi

Q=Ortalama göle giren su debisi

Sedimentasyon Hızı

Sedimentasyon hızı büyük fitoplanktonlar için yaklaşık 0.5 m/24h ve küçük fitoplanktonlar için 0.1m/24h dir. Pamolaredede yıllık sedimentasyon hızı aşağıdaki gibi formüle edilmiştir;

Sedimentasyon hızı (m/y)=Sedimentasyon hızı (m/24hr)*NDPH

NDHP birincil üretimin sayısı yaklaşık göstergesi 180 gün için tolerans değeri 50-65, 210 gün için tolerans değeri 45-50, 240 gün için tolerans değeri 30-40 dır. (Jorgenson, 2001). Geniş fitoplanktonlarda 240 gün kullanılmaktadır.

Sucul Ortamda Nütrientlerin gerçek ve potansiyel çıkış oranları

Prel ve Nrel tahmin edilirken P ve N in sudan sedimana veya sedimandan suya geçişi göz önüne alınmalıdır. Bu yüzden Prel ve Nrel değerleri P ve N'in sedimana giriş ve çıkış sabitelerine uygundur. Model SedRate, Prel and Nrel değerleri için kalibre edilmelidir.

Göl tabakalaşması esnasında tabakalar arasındaki fosfor ile hacimler arasında aşağıdaki gibi ilişkiler vardır.

$$Pa V = Pe Ve + Ph Vh.$$

Burada;

Pa: ortalama göldeki fosfor konsantrasyonu,

Pe: ortalama epilimondaki fosfor konsantrasyonu

pH: ortalama hipolimondaki fosfor konsantrasyonu

V, Ve, Vh: sırasıyla gölün, epilimon, hiypelimonun hacmi

Sabit olan a termoklin oluşumundan dolayı nütrient çıkışı için düzeltme faktörüdür. a ile epilimnion ve hipelimnion arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir(Jorgenson, 2001).

$$a = (1 - Pe * \frac{n}{365 * Pa})$$

Su Kolonundaki Azot ve Fosfor Konsantrasyonu

Sudaki fosfor konsantrasyonu bu modelde toplam fosfor olarak varsayılmıştır. Genellikle sudaki azot bu modelde Toplam azot olarak varsayılmış olup, aşağıdaki şekilde ifade

edilmiştir.

$$TN \text{ (mg/L)} = NO_2 \text{ (mg/L)} + NO_3 \text{ (mg/L)} + Kjeldahl \text{ N (mg/L)}$$

Sedimandaki Azot ve Fosfor Konsantrasyonu

Genellikle göl tabanındaki sedimanın üst 5 cm aktif çamuru 3-10 gr fosfor/Kg kuru madde ve 15-60 gr azot /Kg Kuru Madde içermektedir. Bu ifadeyi gr/m^2 'ye çevirmek istersek, % 2-10 çeviri faktörünü kullanmamız gerekmektedir.(Jorgenson, 2001) Bu durumda;

$$3*50*0.02 = 3 \text{ g P /m}^2 - 10*50*0.1 = 50 \text{ g P / m}^2 \text{ ve}$$

$$15*50* 0.02 = 15 \text{ g N / m}^2 - 60*50*0.1 = 300 \text{ g N / m}^2. \text{ dir.}$$

Eğer sediman yüksek derecede organik madde içerirse kuru madde içeriğinde daha fazla azot ve fosfor bağlamaktadır. Bu durumda mantıklı bir gösterge olarak sedimandaki fosfor ve azot değeri sırasıyla 10 gr P/m^2 ve 50 gr N/m^2 dir. Bu değerler ötrofik göller için uygun değerlerdir. Hiporotrofik göllerde bu değerler iki ile çarpılmalıdır. Oligotrofik göllerde ise 2-3 g P / m^2 ve 12-16 g N / m^2 dir. Kumlu sedimantlarda ve mezotrofik veya oligotrofik arası göllerde düşük konsantrasyon 1 g P /m^2 and 6 g N / m^2 dır (Jorgenson, 2001).

Morfoloji

Göl morfolojisi, hacim, su derinliği, su havzasının yüzey alanı ve sıcaklık tabakalaşması modelin uygulanması için gereklidir. İnorganik nütrientler ve çözünmüş organikler sedimandaki kütle dengesinden hesaplandığında sediman derinliğine ihtiyaç vardır. Genellikle 5-10 cm'lik sediman derinliği göz önüne alınmaktadır.

Azot ve Fosfor Yükleri

Pamolare modelinde azot ve fosfor yükleri $g P/m^2$ ve $g N/m^2$ dir. Yıllık azot ve fosfor yüklerinin tahmini göl yüzey alanına bölünmesi ile bulunmaktadır.

Azot ve fosfor yüklerinin en güvenilir metodu su yapısına bağlı olan akarsuların su yapısına giriş ağzından direkt olarak ölçülmesidir. Bu yolla nütrient yükünün sadece noktasal kaynaklı yükleri değil aynı zamanda yayılı yükleri de büyük ölçüde tahmin edilmektedir.

Bu durumda su yapısına gelen dereler ve akarsular sürekli ve belirli aralıklarla ölçülmelidir (Oktaş ve diğ. 1989).

Azot ve fosfor yüklerinin su yapılarına gelmesi yağmursuyu sıklığına, süreye ve havza

içindeki yoğunluğuna yüksek derecede bağlıdır. Bu yüzden havzadan dışa aktarım katsayısı yıl boyunca ortalama miktara ve diğer iklimsel şartlara bağlıdır. Eğer iklimsel şartlar mevcut yılda ve bir önceki yıllarda aynı tipte değilse bu tahminler doğru olmayabilmektedir.

Ignjatovic (2007) tarafından fosfor ve azot yükü hesaplamalarında; tarım alanlarında 0.5 kg P/ha/yıl; 5 kg N/ha/yıl ve kentsel alanlarda 0.15 kg P/ha/yıl; 1.5 kg N/ha/yıl olarak verilmiştir.

Sedimendan Azot ve Fosfor Salınımı

Sedimandan sucul ortama yıllık gelen azot ve fosfor yüklerinin suda ve sedimen arasındaki dengeden ve ters transferden hesaplanabilmektedir. Bu yüzden sediman içindeki P_{rel} ve N_{rel} için uygun sabit değerlerin bulunması tavsiye edilmektedir. Aynı zamanda kalibrasyon esnasında bu parametrelerin uygun değerleri bulunabilmesi tavsiye edilmektedir.

Sedimandaki bağlı azot ve fosfor miktarları sedimandaki azot ve fosfor profillerinden tahmin edilebilmektedir. Literatürde bağlı fosfor aralığı sedimandaki toplam fosforun %15-25 arasındadır. Bağlı Azot aralığı sedimandaki toplam azotun %10-20 arasındadır. Aynı zamanda azot, fosfordan sucul ortama geçişi, daha hızlı olmaktadır (Jorgenson 2001).

4.1.2 Modelin Kalibrasyonu

Model kalibrasyonu simulasyon sonuçları ve arazi ölçümleri arasındaki karşılaşmayı içermektedir. Model katsayısı ve hız sabitleri laboratuvar çalışmaları ve literatürden seçilmektedir. Arazi ölçümler ve model sonuçları yapılan istatistiksel karşılaştırma sonrasında çalıştırılmaktadır. Eğer hata istenen seviyede ise model kalibre edilmektedir. Eğer hata aralıkları kabul edilebilir bir aralıkta değilse kabul edilebilir bir simülasyon için hız sabitleri ve katsayılar değiştirilmelidir. Bu parametreler dışarıda ayarlanmamış olup, deneysel olarak bulunmuş olup literatürde verilmiştir. Böylece model kalibre edilmektedir.

Kalibrasyon prosedürü, ölçülmüş değerler ile tahmin değerleri arasında en uygun olan model ile optimize edilmektedir. Bu metot değişik kalibrasyon katsayıları altında en uygun deneme ve hata miktarını bulana kadar çalıştırılır. Amaç fonksiyonu yani temel ortalama kare hataları veya minimum toplam hata en iyi gösterge için kullanılmalıdır.

Kalibrasyon prosedürü otomatik(objektif) veya modelin kontrol altında kullanımı(subjektif) olabilmektedir. Subjektif kalibrasyon durumunda model sonuçları ile arazi dataları arasında en iyi sonuca ulaşılması için uygun kalibrasyon katsayılarının değiştirilerek tekrar modele uygulanmasını içermektedir. Objektif teklif edilen model lineer olmayan sabit değişkenler

içermesine bağlı olarak lineer olmamaktadır. Bu yüzden subjektif kalibrasyon modellerin kalibrasyonu için tercih edilmektedir.

4.1.3 Modelin Geçerliliği

Geçerlilik adımı simulasyon sonucu beklenen hataların büyüklüğünü belirleme yolu ve modellerin kredibilitesini göstermektedir.

Değişik basit istatistiksel karşılaştırmalar modelin geçerlilik durumu için kullanılmaktadır. Gözlenmiş datalar ile bilgisayar dataları arasında var olan istatistiksel analizler aşağıdaki gibi sıralanmıştır; 1)Regrasyon Analizi; 2)Relativ hata; 3) Ortalama hata; 4) Ortalama karekök hatası(Thonman, 1982).

Daha çok kullanan relativ hata aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

$$R = \frac{|Y_c - Y_m|}{Y_m}$$

Burada Y_c : Geçerlilik periyodunda ortalama hesaplanmış değer,

Y_m : Geçerlilik periyodunda kullanılan ortalama ölçülmüş değerdir.

R ise relativ hatayı vermektedir. Yukarıdaki denklemden çıkan sonuç 100 ile çarpılmakta ve % olarak ifade edilmektedir. Ortalama relativ hata değeri R dir. Eğer R değeri %3-10 arasında ise çok iyi. Ancak relativ hata % 27 den fazla ise hata oranı biraz fazladır (Jorgenson, 1994).

4.1.4 Sabit ve Katsayıların Değerleri

Pamolare modelinde kullanılan katsayı ve sabit değerleri Ek 4’de verilmiştir. Bu değerler stokiyometrik değerlerden, deney sonuçlarından, literatür değerleri ve model kalibrasyonlarından meydana gelmektedir. Verilen katsayı ve sabitler için her göl için kalibrasyona ihtiyaç vardır.

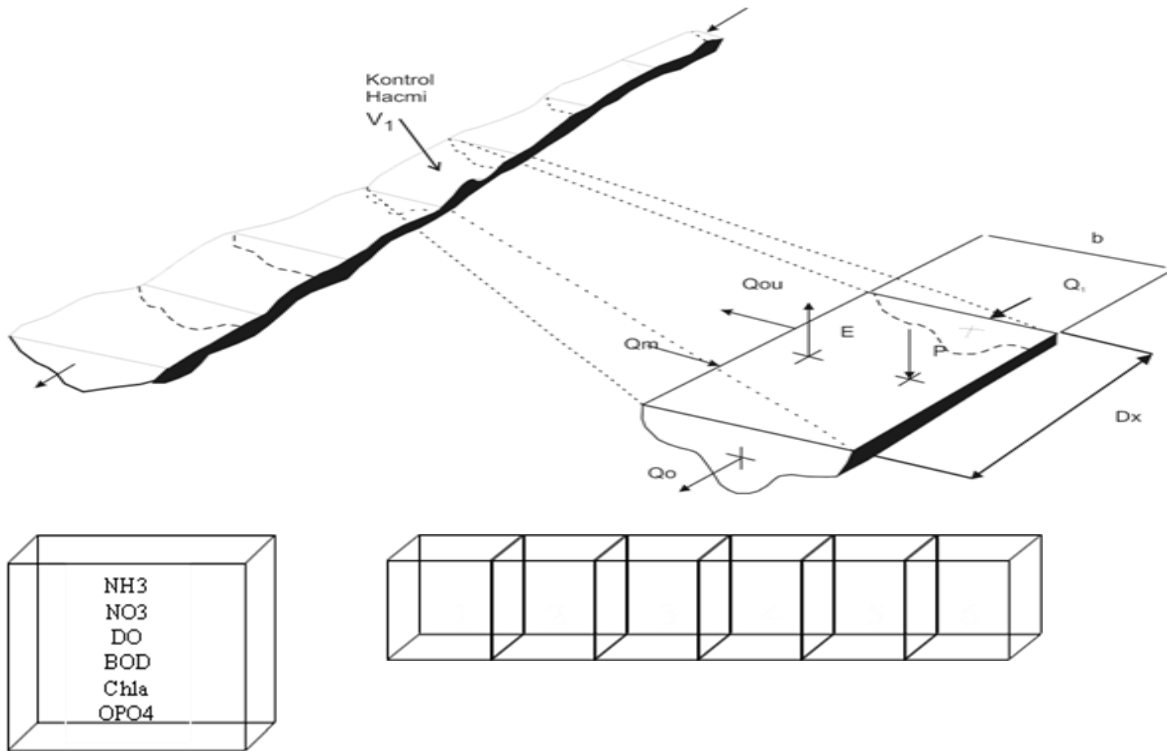
4.2 WASP (Water Quality Analysis Simulation Program) Modeli

Su Kalite Analizi Simülasyon (Benzeşim) Porogramı (WASP 6), Di Toro ve diğerleri 1983; Connolly ve WinField, 1984; Ambrose, R.B ve diğerleri 1988 tarafından meydana getirilen orijinal WASP modeline ait gelişmiş bir üst modeldir. Bu model, kullanıcılara, doğal ve insan kaynaklı kirlenmelerin ardından gelişen su kalitesindeki değişimleri yorumlama ve geleceğe yönelik tahminler yapabilme ile çeşitli kirletici yönetimi yapılabilmesine yardımcı olur.

WASP, su kolonu ile altında yer alan dip canlıları da dahil olan su sistemleri için bir dinamik bileşenli modelleme programıdır. Adveksiyon, dispersiyon, nokta ve yayılımlı kütle yüklemeleri ile sınır değişimlerine ait değişken zamanlı süreçler temel program içinde kullanılmaktadır.

WASP, su kaynakları ile bunların temasta bulunduğu katı faz arasındaki kalite değişimi dinamiğini ortaya koyan, karışım hücreleri yaklaşımı ile çalışan, 1, 2 ve 3 boyutlu olarak kullanılabilen bir su kalite modelidir. Aynı anda, çözünmüş ya da askıda çok sayıda kirletici için kullanılabilir. Advektif, dispersif ve difüzyif kirletici hareketlerini modelleyebilmektedir. Hidrodinamik ve sediman taşınım modelleri ile birlikte kullanılarak, akım, hız, sıcaklık, tuzluluk ve sediman akılarının kalite üzerindeki etkisini ortaya koymak için kullanılabilir. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı, çözünmüş oksijen dinamiği, azot-fosfor dinamiği, ötrofikasyon, bakteriyel kirlenme, organik kirlenme ve ağır metal kirliliği gibi farklı kirlenme süreçlerini eş zamanlı olarak modelleme yeteneğine sahip bulunmaktadır.

WASP modeli, su sistemini, birbirleri ile bağlantılı olan hücelere (segment ya da kontrol hacmi) bölmekte (Şekil 4.1), çevresel özellikler ve konsantrasyonların konumsal dağılımları ve dinamiği bu hücreler arasında incelenmektedir. Segment geometrisi, hücreler arası akım koşulları, hidrolik özellikler ve sınır koşulları her bir hücre için tek tek tanımlanmaktadır.



Şekil 4.1 WASP modeli hücre bölümlenmesi ve durum değişkenleri

WASP modeli ile çözülmüş oksijen, besin tuzları, metaller, sediman taşınımı, advectif-dispersif-reaktif olarak modellenenbilmektedir. Her hücre, bir ya da daha fazla kirletici yük sınırı ile tanımlanabilir. Kirletici yükleri anlık, sürekli ya da zaman serisi şeklinde tanımlanabilir. Hücre içerisinde durum değişkeni (izlenen model değişkeni, örn. ÇO) her yöne taşınabilir, su ile dip çamuru ya da nehir yatağı arasındaki reaksiyonlarda modellenenbilmektedir.

WASP Modeli kütle korunumu üzerine kurulmuş bir su kalite modelidir. Her bir su kalite bileşenine ait kütle değişik taşınım süreçlerine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Model, akarsu ortamına giren, çıkan tüm bileşenler için advectif ve dispersif taşınımı ile fiziksel, kimyasal ve biyolojik dönüşümleri dikkate alarak kütle denkliği hesabı yapmaktadır. Herhangi bir sucul ortam içerisinde herhangi bir noktada kütle denkliği:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \left[-\frac{\partial(U_x C)}{\partial x} - \frac{\partial(U_y C)}{\partial y} - \frac{\partial(U_z C)}{\partial z} \right] + \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(E_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(E_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(E_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) \right] + S_L$$

şeklinde ifade edilebilir.

Bu eşitlikte,

C: Su kalite bileşeni konsantrasyonu (mg/l ya da gr/m³),

t: Zaman

U_x, U_y, U_z akım yolu boyunca, yanıl ve dikey advectif hız bileşenleri (m/g)

E_x, E_y, E_z: Boyuna, enine ve düşey dispersiyon katsayıları (m²/g)

S_L: noktasal ya da alansal beslenme miktarı (gr/m³g)

S_B: Sınırlardan yükleme miktarı (akış yolu boyunca, bentik ve atmosferik) (gr/m³g)

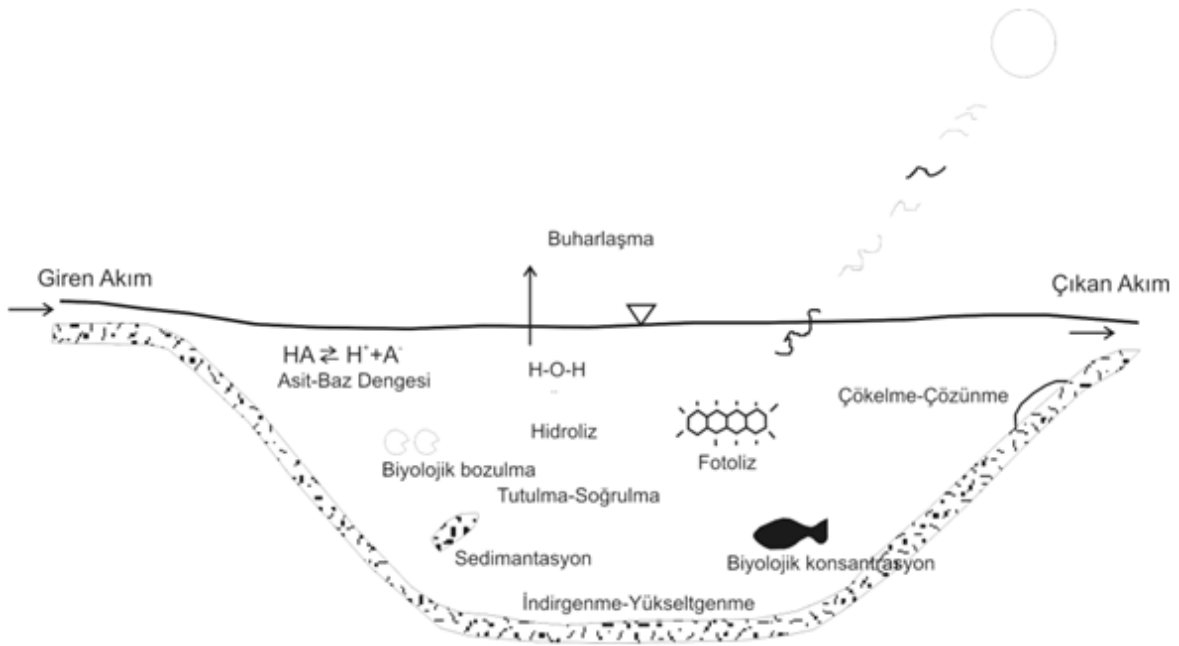
S_K: Kinetik dönüşüm miktarı, katkı ise pozitif, kayıp ise negatif) (gr/m³g)

WASP içerisinde bu eşitlik, sonlu farklar yaklaşımı ile sayısal hale dönüştürülmüştür. Eşitlik ile her bir sucul ortam segmenti içerisinde kütle denkliği:

Kütle Birikimi = Giren Kütle – Çıkan Kütle + Segment içinde Katkı – Segment içinde Kayıp

şeklinde hesaplanmaktadır. İzlenen su kalite bileşeni, kimyasal ya da biyolojik dönüşümler ile

bir başka bileşene dönüşerek segment içerisinde o bileşen için bir kayıp olarak hesaba katılabileceği gibi, diğer bileşenlerin izlenen bileşene dönüşümü ile kütle birikimine bir katkı olabilir. Her segmente, akış yukarısı ve/veya akış aşağısında yer alan segmentlerden kütle akışı olabileceği gibi, segmentin sınırlarından da kütle katkısı ya da kaybı olabilir. Segmentin altında bulunan nehir yatağı dip sedimanları ya da segmentin üzerinde bulunan atmosferden de kütle katkısı/kaybı olabilir. WASP, her zaman adımında, her bir segmentin 4 yanından kütle katkı ve kayıplarını dikkate alarak bir kütle dengesi denklemi oluşturmaktadır. Her segmente, dışarıdan evsel, tarımsal ya da endüstriyel atık su deşarjlarının oluşturduğu sınır koşulları ile kütle aktarımı olabilir. WASP tüm bu katkı ve kayıplar ile segment içerisindeki sıcaklık ve basınç koşulları altında oluşan kimyasal ve biyolojik reaksiyonları dikkate almaktadır. Su içerisinde askıda ya da suyun altında dipte bulunan katı malzeme ile absorpsiyon/desorpsiyon (tutulma/çözülme) süreçleri de dikkate alınmaktadır.



Şekil 4.2. Herhangi bir su yatağında su kalitesinde meydana gelen başlıca değişim süreçleri

Kimyasal ve biyolojik süreçler, her bir su kalite bileşeni için farklı farklı olmaktadır. Bu amaçla WASP içerisinde bu süreçleri modelleyebilmek için 6 farklı modül bulunmaktadır. Bu modüller:

- Ötrofikasyon: ÇÖ, BOİ, Besin Tuzları (azot ve fosfor türevleri), Fitoplankton, peripiton

- Toksik Maddeler : Metal ve organik kimyasalların tutulma ve 1. Derece bozunma süreçleri
- İyonik olmayan Organik Toksik Maddeler: Ayrıntılı bozunma süreçleri ile reaksiyonlar
- Organik Toksik Maddeler: ayrıntılı bozunma süreçleri, hidroliz ve reaksiyonlar
- Civa döngüsü
- Isı dengesi eşitlikleridir.

Model kapsamında her modül ayrı ayrı kullanılabileceği gibi entegre olarak da kullanılabilmektedir. WASP bu haliyle dengeli ve dengesiz hidrolojik koşullar altında, aynı anda su, ısı, su içinde askıda yer alan katı maddeler (sediman), oksijen bileşenleri, besin tuzları, metal ve organik kimyasalların taşınımı, biyolojik ve kimyasal dönüşümünü dikkate alabilmektedir.

Model kapsamında herhangi bir segmentte kirletici hareketi

$$dV\Delta C = QC\Delta t - \mathbf{P} + \Delta Q \left[C + \frac{\partial C}{\partial x} \Delta x \right] \Delta t + W\Delta t - dVKC\Delta t$$

eşitliği ile ifade edilmektedir. Bu eşitlikte dV segment hacmi olup kesit alanı (A) ile segment uzunluğunun (Δx) (L^3) çarpımına eşittir. ΔC segment içerisinde konsantrasyon değişimi (M/L^3), Q debi (L^3/t), C konsantrasyon (M/L^3), Δt değişimin gerçekleştiği zaman Aralığı (t), ΔQ segmentin girişi ile çıkışı arasında akarsu akımında meydana gelen değişim, $\frac{\partial C}{\partial x}$ segment boyunca konsantrasyon gradyanı (M/L^4), W segmente dışarıdan katılan kirletici yük miktarı (Mt^{-1}), K ise birinci dereceden tepkime katsayısıdır (t^{-1}).

Yukarıdaki eşitlik $dV \Delta t$ ile bölündüğünde

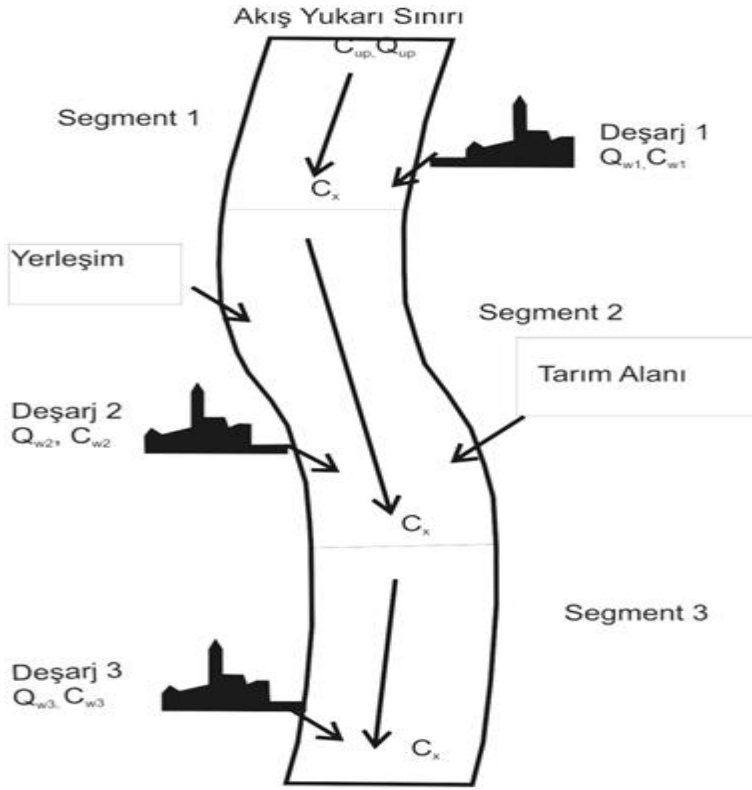
$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{-Q}{A} \frac{\partial C}{\partial x} - \frac{C}{A} \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{W}{dV} - KC$$

elde edilir. Dengeli akım koşullarında ve akım gradyanının ihmal edilmesi durumunda yukarıdaki eşitlik aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$0 = -\frac{Q}{A} \frac{\partial C}{\partial x} + \frac{W}{dV} - KC$$

Eşitlikteki KC terimi indirgenme ve yükseltgenme süreçleri ile birinci dereceden tüm tepkimeleri temsil etmektedir.

WASP modelinin sınır koşulları, ilk ve son model segmentinde tanımlanmaktadır. Modellenecek değişkenin ilk ve son segmentte bir girdi ya da çıktısı bulunuyorsa bu segmentlerde sınır koşulu olarak modele eklenmektedir. Sınır koşulu her bir değişken için sabit ya da zamana göre değişen değerler olarak modele aktarılabilmektedir. Sınır koşulu dışında, her bir model segmentine kirletici yükleri de girilebilmektedir. Her segmentte birden fazla kirletici yükü verisi girilebilir. Farklı kirletici kaynakları ayrı ayrı ya da toplam olarak model segmentine aktarılabılır. Sınır koşullarında olduğu gibi kirletici yükleri de sabit ya da zamana bağlı değerler olarak modele aktarılabilmektedir (Şekil 4.3). Model her bir segmentte kütle dengesi ve fiziko-kimyasal süreçleri bu değerlere göre hesaplamaktadır.



Şekil 4.3 WASP modelinde sınır koşulları ve kirletici yüklerinin segmentlere atanması

4.2.1 Çözülmüş Oksijen (ÇO)

Çözülmüş oksijen (ÇO), su kalitesi analizlerinde en önemli değişkenlerden birisidir. Düşük konsantrasyonlar direk olarak balıkları etkiler ve sağlıklı ekolojik dengeyi bozar. ÇO'nun

diğer su kalitesi parametrelerinde etkilenmesinden dolayı, su sistemlerine ait hayatsal durum için çok duyarlı bir göstergedir.

Çözülmüş oksijen indirgenmesi, su kolonu içindeki aerobik solunum süreçleri ile altta yer alan sedimanlar içinde cereyan eden anaerobik süreçlere ait bir sonuçtur. Tüm bu süreçler seti önemli süreçler olup, kinetik durumları formüle etmek üzere kullanılırlar.

Karbonatlı Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı

$$\frac{\partial C_5}{\partial t} = \alpha_{\text{or}} K_{1D} C_4 - k_{\text{or}} \Theta_D^{(1-\alpha_{\text{or}})} \left(\frac{C_6}{K_{\text{BOD}} + C_6} \right) C_5 - \frac{V_{\text{B3}}(1-f_{\text{B3}})}{D} C_5 - \frac{5.32}{4.14} k_{1D} \Theta_D^{(1-\alpha_{\text{or}})} \left(\frac{K_{\text{NOD3}}}{K_{\text{NOD3}} + C_6} \right) C_2$$

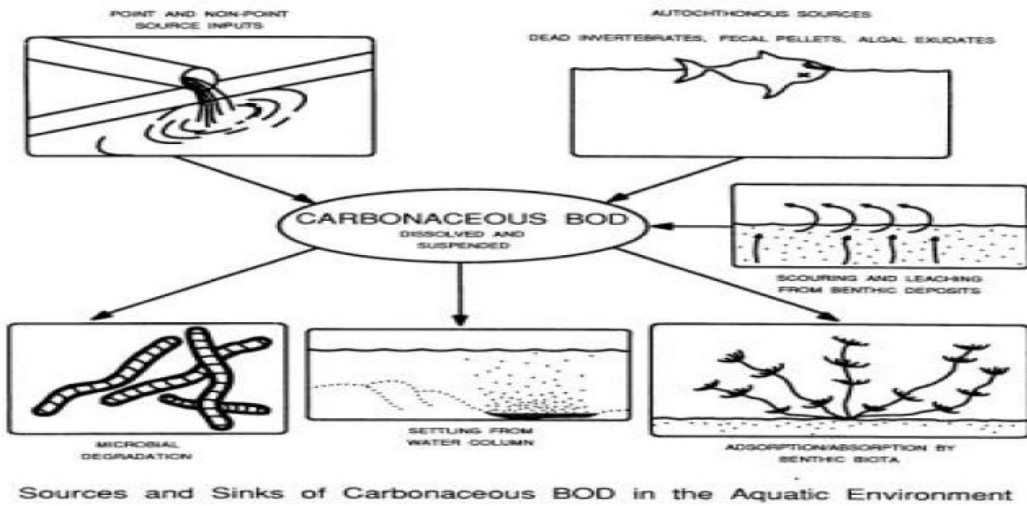
Ölüm Oksidasyon Çökelim Denitrifikasyon Çözülmüş Oksijen

$$\frac{\partial C_6}{\partial t} = k_2(C_5 - C_6) - k_6 \Theta_D^{(1-\alpha_6)} \left(\frac{C_6}{K_{\text{BOD}} + C_6} \right) C_5 - \frac{64}{14} k_{1D} \Theta_{12}^{(1-\alpha_6)} \left(\frac{C_6}{K_{\text{NIT}} + C_6} \right) C_1 - \frac{\text{SOD}}{D} \Theta_D^{(1-\alpha_6)} + G_{\text{D}} \left(\frac{32}{12} + \frac{48.14}{14.12} (1 - P_{\text{NHS}}) \right) C_4 - \frac{32}{12} k_{18} \Theta_D^{(1-\alpha_6)} C_4$$

Yeniden havalandırma Oksidasyon Nitrifikasyon Sediman İhtiyacı Fitoplankton Büyümesi Soluma

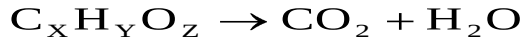
4.2.2 Karbonatlı Oksidasyon

Uygulamalara ait uzun tarih içerisinde odaklanmalar genellikle oksijene ihtiyaç duyan malzemelerin miktarına ait bir ölçü olarak BOI'ye ait kullanım ile buna ait kinetik reaksiyonları kontrol eden oksidasyon oranı üzerinde olmaktadır. Bu durumun, belediyelere ve endüstriye ait organik atıklara ait bir heterojen kombinasyonu alan sular ile ilişkili olduğu, bunlara ait toplam potansiyel etkiye ait bir toplam ölçünün karmaşık bir problemi bir kolaylaştırıcı boyuta indirgemesinden dolayı büyük bir basitleştirme olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.4 Su ortamında BOI Kaynakları

Karbonatlı malzemelere ait oksidasyonu, klasik BOI reaksiyonudur. İçsel olarak model, karbonatlı malzeme için eşdeğer oksijen ihtiyacı göstergesi olarak en fazla karbonatlı biyokimyasal oksijen ihtiyacını (KOI) kullanır. İnsan yapısı maddelerden ve doğal akışlardan farklı olarak KOI'ye ait temel bir kaynak, yosun ölümlerine ait doğal bir sonuç olarak üretilen detritus fitoplankton karbon dur. Karbonun BOI ile ilişkili başlıca kayıp mekanizması oksidasyondur :



EUTRO içinde karbonat oksidasyonu için kullanılan kinetik ifade bünyesinde üç terim vardır, bunlar sırasıyla; birincil indirgeme oranı sabiti, sıcaklık düzeltme terimi ve düşük ÇO düzeltme terimi şeklindedir. İlk iki terim standarttır. Üçüncü terim ise, ÇO seviyesinin 0'a yaklaşmasına bağlı olarak aerobik oksidasyon oranına ait sapmayı gösterir. Kullanıcılar, oksidasyon oranının yarı yarıya azaltıldığı durumda ÇO seviyesini gösteren yarı-doygunluk sabiti (KBOI) belirleyebilirler. Varsayılan değer, bu reaksiyonun anoerobik koşullar altında olsa dahi tam olarak yapılmasını sağlayan 0 dır.

Gözlemlenen BOI5 verisi ile model çıktısı arasındaki direk kıyaslamalar, alansal ölçümlerin alg solunumu ve alg karbon bozunmasından dolayı EUTRO tarafından hesaplanan içsel KOI kullanılarak yapılamaz. Bu yüzden, içsel olarak hesaplanan model KOI değeri için bir düzeltme yapılmak zorundadır. Böylelikle yapılan kıyaslama geçerli olur. Yeni bir değişken içinde yer alan bu sonuçlar, aşağıdaki eşitlik ile hesaplanan düzeltilmiş BOI5 (Şişe BOI5) olarak bilinir.

$$\text{Bottle BOD}_5 = C_5 \left(1 - e^{-5k_d \text{bot}} \right) + \frac{64}{14} C_1 \left(1 - e^{-5k_n \text{bot}} \right) + a_{oc} C_4 (1 - e^{-5k_l R})$$

Burada ;

C_5 = içsel olarak hesaplanan CBOD, mg/L

C_1 = içsel olarak hesaplanan NH₃, mg/L

C_4 = karbon biriminde fitoplankton biyo kütlesi, mg/L

a_{oc} = oksijenden karbona geçiş oranı, 32/12 mg O₂/mgC

k_{dbot} = labaratuvar “düzeltilmiş – bottle” deoksijenasyon oranı sabiti, 1/gün

k_{nbot} = labaratuvar “düzeltilmiş – bottle” nitrifikasyon oranı sabiti, 1/gün

k_{1R} = 20 °C de yosun solunum oranı sabiti, 1/gün

4.2.3 Azot Döngüsünün Modellenmesi

WASP’ın EUTRO5 biriminde dört azot değişkeni modellenmektedir. Bunlar Fitoplankton azotu, organik azot, amonyum azotu ve nitrat azotudur. Fitoplanktonun çoğalmasında türler amonyum ve nitrattır. Ancak enerji verimi açısından Amonyum tercih edilmektedir. Fitoplanktonun ölümü ve solunumu safhasında fitoplankton biyokütlesinin bir kısmı organik azot havuzuna geri dönerken, arta kalan kısmı amonyum azotu havuzuna katılmaktadır. Amonyum, Fitoplanktonun çoğalması veya nitrifikasyon proseslerinde kolaylıkla kullanılmakta, organik azotun ise kullanılmadan önce ayrışarak amonyuma dönüşmesi gerekmektedir.

EUTRO5’te nitrifikasyon denklemi sıcaklık ve düşük çözünmüş oksijen düzeltme terimlerini içermektedir. İkinci terim çözünmüş oksijen konsantrasyonu sıfıra yaklaşırken nitrifikasyonun azalmasını temsil eden Monod tipi düzeltme fonksiyondur. Denitrifikasyonun da çözünmüş oksijen için bir anahtar terimi vardır. Ancak bu anahtar fonksiyon sıfırın üzerindeki çözünmüş oksijen konsantrasyonu ile denitrifikasyonun hızını azaltmak için tasarlanmıştır. Bentik tabakada, anaerobik koşullar altında denitrifikasyonun her zaman olduğu varsayılmaktadır.

EUTRO5 modelinde kullanılan kinetik denklemler aşağıda açıklanmıştır:

Fitoplankton azotu:

Fitoplankton azotu fitoplankton hücresinin içerdiği azottur.

$$\frac{\partial(C_4 a_{nc})}{\partial t} = G_{P1} a_{nc} C_4 - D_{P1} a_{nc} C_4 - \frac{V_{S4}}{D} a_{nc} C_4$$

Çoğalma ölüm çökelme

C_4 = Fitoplanktonun karbon konsantrasyonu [mg C L⁻¹]

a_{nc} = Azotun karbona oranı [mg N mg⁻¹ C]

G_{P1} = Fitoplanktonun spesifik çoğalma hızı [gün⁻¹]

D_{P1} = Fitoplanktonun ölüm ve solunum hızı [gün⁻¹]

V_{S4} = Fitoplanktonun net çökelme hızı [m gün-1]

D = Segmentin derinliği [m]

Organik azot:

$$\frac{\partial C_7}{\partial t} = D_{P1} a_{nc} f_{on} C_4 - k_{71} \theta_{71}^{(T-20)} \left(\frac{C_4}{K_{mPc} + C_4} \right) C_7 - \frac{v_{S3}(1-f_{D7})}{D} C_7$$

Ölüm

Mineralizasyon

Çökelme

C_7 = Organik azot konsantrasyonu [mg N L-1]

$DP1$ = Fitoplanktonun ölüm ve solunum hızı [gün-1]

a_{nc} = Azotun karbona oranı [mg N mg-1 C]

f_{on} = Ölü ve solunum yapan fitoplanktonun organik azot havuzuna geri dönen kısmı [birimsiz]

C_4 = Fitoplanktonun karbon konsantrasyonu [mg C l-1]

k_{71} = 20°C'de organik azotun mineralizasyon hızı [gün-1]

θ_{71} = Organik azot mineralizasyonu sıcaklık düzeltme faktörü [birimsiz]

T = Su sıcaklığı [°C]

K_{mpc} = Geri dönüşüm için yarı doygunluk sabiti [mg C l-1]

V_{S3} = Organik madde çökme hızı [m gün-1]

f_{D7} = Çözünmüş organik azot fraksiyonu [birimsiz]

$1 - f_{D7}$ = Partiküler organik azot fraksiyonu [birimsiz]

D = Segment derinliği [m]

Amonyum Azotu:

$$\frac{\partial C_1}{\partial t} = D_{P1} a_{nc} (1 - f_{on}) C_4 + k_{71} \theta_{71}^{(T-20)} \left(\frac{C_4}{K_{mPc} + C_4} \right) C_7 - G_{P1} a_{nc} P_{NH3} C_4 - k_{12} \theta_{12}^{(T-20)} \left(\frac{C_6}{K_{NT} + C_6} \right) C_1$$

Ölüm

Mineralizasyon

Çoğalma

Nitrifikasyon

C_1 = Amonyum azotunun konsantrasyonu [mg N L-1]

D_{P1} = Fitoplanktonun ölüm ve solunum hızı [gün-1]

a_{nc} = Azotun karbona oranı [mg N mg-1 C]

$1 - f_{on}$ = Ölü ve solunum yapan fitoplanktonun amonyum azotu havuzuna geri dönen kısmı [birimsiz]

C_4 = Fitoplanktonun karbon konsantrasyonu [mg C L-1]

k_{71} = 20°C'de organik azotun mineralizasyon hızı [gün-1]

Θ_{71} = Organik azot mineralizasyonu sıcaklık düzeltme faktörü [birimsiz]

T = Su sıcaklığı [°C]

K_{mpc} = Geri dönüşüm için yarı doygunluk sabiti [mg C L-1]

C_7 = Organik azot konsantrasyonu [mg N L-1]

G_{P1} = Fitoplanktonun spesifik çoğalma hızı sabiti [gün-1]

P_{NH3} = Amonyumun bünyeye alımı için tercih [birimsiz]

k_{12} = 20°C'de nithfikasyon hızı [gün-1]

Θ_{12} = Nithfikasyon sıcaklık düzeltme faktörü [birimsiz]

K_{NT} = Nitrifikasyonun oksijen kısıtlaması için yarı doygunluk sabiti [mg O₂L-1]

C_6 = Çözülmüş oksijen konsantrasyonu [mg O₂L-1]

Nitrat Azotu:

$$\frac{\partial C_2}{dt} = k_{12} \theta_{12}^{(T-20)} \left(\frac{C_6}{K_{NT} + C_6} \right) C_1 - G_{P1} a_{nc} (1 - P_{NH3}) C_4 - k_{2D} \theta_{2D}^{(T-20)} \left(\frac{K_{NO3}}{K_{NO3} + C_6} \right) C_2$$

Nitrifikasyon

Çoğalma

Denitrifikasyon

$$P_{NH3} = C_1 \left(\frac{C_2}{(K_{mN} + C_1) + (K_{mN} + C_2)} \right) + C_1 \left(\frac{K_{mN}}{(C_1 + C_{21}) + (K_{mN} + C_2)} \right)$$

Amonyumun tercih faktörü

C_2 = Nitrat azotu konsantrasyon [mg N l⁻¹]

k_{12} = 20°C Nitrifikasyon hızı [gün⁻¹]

Θ_{12} = Nitrifikasyon sıcaklık katsayısı [birimsiz]

T = Su sıcaklığı [°C]

K_{NT} = Nitrifikasyonun oksijen kısıtlaması için yarı doygunluk sabiti [mg O₂ l⁻¹]

C_6 = Çözünmüş oksijen konsantrasyonu [mg O₂ l⁻¹]

C_1 = Amonyum azotu konsantrasyonu [mg N l⁻¹]

G_{P1} = Fitoplanktonun spesifik çoğalma hızı sabiti [gün⁻¹]

a_{nc} = Azotun karbona oranı [mg N mg⁻¹ C]

C_4 = Fitoplanktonun karbon konsantrasyonu [mg C l⁻¹]

k_{2D} = 20°C'de denitrifikasyon hızı [gün⁻¹]

Θ_{2D} = Denitrifikasyon sıcaklık düzeltme faktörü [birimsiz]

K_{NO_3} = Denitrifikasyonun oksijen kısıtlaması için yarı doygunluk sabiti [mg O₂ l⁻¹]

K_{mN} = İnorganik azot için yarı doygunluk sabiti [mg N l⁻¹]

EUTR05, sedimentteki organik madde ayrışmasının sediment üzerindeki suyun çözünmüş oksijen ve besi maddesi konsantrasyonu üzerinde yoğun etkisi olması nedeniyle, bentik azot ile ilgili denklemler de içermektedir.

Organik Azot (bentik):

$$\frac{\partial C_7}{\partial t} = k_{PZD} \theta_{PZD}^{(T-20)} a_{nc} f_{on} C_4 - k_{OND} \theta_{OND}^{(T-20)} C_7$$

Alg ayrışması

Mineralizasyon

C_7 = Organik azot konsantrasyonu [mg N l⁻¹]

k_{PZD} = 20°C'de anaerobik alg ayrışma hızı [gün⁻¹]

Θ_{PZD} = Anaerobik alg ayrışması sıcaklık düzeltme faktörü [birimsiz]

T = Sıcaklık [$^{\circ}\text{C}$]

a_{nc} = Azotun karbona oranı [$\text{mg N mg}^{-1} \text{C}$]

f_{on} = Ölü ve solunum yapan fitoplanktonun organik azot havuzuna geri dönen kısmı [birimsiz]

C_4 = Fitoplanktonun karbon konsantrasyonu [mg C L^{-1}]

k_{OND} = 20°C 'de organik azot ayrışma hızı [gün^{-1}]

Θ_{OND} = Organik azot ayrışması sıcaklık düzeltme faktörü [birimsiz]

Nitrat azotu(bentik):

$$\frac{\partial C_2}{\partial t} = -k_{2D} \theta_{2D}^{(T-20)} C_2$$

Denitrifikasyon

C_2 = Nitrat azotu konsantrasyonu [mg N L^{-1}]

k_{2D} = 20°C 'de denitrification hızı [gün^{-1}]

Θ_{2D} = Denitrifikasyon sıcaklık düzeltme faktörü [birimsiz]

T = Su sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$]

4.2.4 Fosfor Döngüsünün Modellenmesi

EUTRO'de fitoplankton fosforu (fitoplankton hücreindeki fosfor), organik fosfor ve inorganik fosfor (ortofosfat) olmak üzere üç fosfor değişkeni içermektedir. Organik ve inorganik fosfor kendi içinde partiküler ve çözünmüş olarak ayrılmaktadır.

Çözünmüş inorganik fosfor çoğalma esnasında fitoplankton hücrelerine alınmaktadır. Fitoplankton solunumu ve ölümü esnasında organik fosfor ve çözünmüş inorganik fosfor açığa çıkmaktadır. Çözünmüş inorganik fosfor fitoplankton çoğalması için kullanılabilir duruma gelmekte, çözünmüş organik fosfor ise fitoplanktonlarca kullanılmadan önce mineralizasyona uğramaktadır.

Suda çözünmüş inorganik fosfor ile askıda partiküler madde arasında adsorpsiyon - desorpsiyon ilişkisi vardır. Üzerine inorganik fosfor adsorbe olmuş askıda katı maddenin çökmesi, su ortamında fosfor kaybına yol açmakta ve sedimente fosfor kaynağı olmaktadır. İnorganik fosforun partiküllere tutunması ve partiküllerin çökmesi süreci WASP'ın taşınım

kodlarında yer almaktadır. İnorganik fosforun model girdilerinin oluşturulması sırasında belirlenen bir oranının, katı madde üzerinde tutunduğu kabul edilmektedir.

WASP/EUTRO5 fosfor değişkenleriyle ilgili süreçlerin matematiksel ifadeleri, aşağıdaki denklemlerde verilmiştir.

İnorganik fosfor:

$$\frac{\partial(C_3)}{\partial t} = \underbrace{D_{P1} a_{PC}}_{\text{Ölüm}} (1 - f_{OP}) C_4 + \underbrace{k_{83} \theta_{83}^{(T-20)}}_{\text{Mineralizasyon}} \left(\frac{C_4}{K_{mPC} + C_4} \right) C_8 - \underbrace{G_{P1} a_{PC}}_{\text{Çoğalma}} C_4$$

C_3 = İnorganik fosfor konsantrasyonu [mg P L⁻¹]

D_{P1} = Fitoplanktonun ölüm ve solunum hızı [gün⁻¹]

a_{PC} = Fosforun karbona oranı [mg P mg⁻¹ C]

$1 - f_{op}$ = Ölü ve solunum yapan fitoplanktonun fosfat fosforu havuzuna geri dönen kısmı [bitimsiz]

C_4 = Fitoplanktonun karbon konsantrasyonu [mg C L⁻¹]

K_{83} = 20°C'de çözünmüş organik fosforun mineralizasyon hızı [gün⁻¹]

θ_{83} = Çözünmüş organik fosforun mineralizasyonu sıcaklık düzeltme faktörü [birimsiz]

T = Su sıcaklığı [°C]

K_{mPC} = Geri dönüşüm için yarı doygunluk sabiti [mg C L⁻¹]

C_8 = Organik fosfor konsantrasyonu [mg P L⁻¹]

G_{P1} = Fitoplanktonun spesifik çoğalma hızı [gün⁻¹]

Fitoplankton Fosforu:

$$\frac{\partial(C_4 a_{PC})}{\partial t} = \underbrace{G_{P1} a_{PC}}_{\text{Çoğalma}} C_4 - \underbrace{D_{P1} a_{PC}}_{\text{Ölüm}} C_4 - \underbrace{\frac{v_{S4}}{D} a_{PC}}_{\text{Çökelme}} C_4$$

C_4 = Fitoplanktonun karbon konsantrasyonu [mg C L⁻¹]

a_{PC} = Fosforun karbona oranı [mg P mg C⁻¹]

G_{P1} = Fitoplanktonun spesifik büyüme hızı [gün⁻¹]

D_{P1} = Fitoplanktonun ölüm ve solunum hızı [gün⁻¹]

V_{S4} = Fitoplanktonun net çökelme hızı [m gün⁻¹]

D = Segment derinliği [m]

$$\frac{\partial(C_8)}{\partial t} = D_{P1} a_{PC} f_{op} C_4 - k_{83} \theta_{83}^{(T-20)} \left(\frac{C_4}{K_{mPC} + C_4} \right) C_8 - \frac{v_{S3}(1-f_{D8})}{D} C_8$$

Ölüm

Mineralizasyon

Çökelme

C_8 = Organik fosfor konsantrasyonu [mg P L⁻¹]

D_{P1} = Fitoplanktonun ölüm ve solunum hızı [gün⁻¹]

a_{PC} = Fosforun karbona oranı [mg P mg⁻¹ C]

f_{OP} = Ölü ve solunum yapan fitoplanktonun organik fosfor havuzuna geri dönen kısmı [birimsiz]

C = Fitoplanktonun karbon konsantrasyonu [mg C L⁻¹]

k_{83} = 20°C'de çözünmüş organik fosforun mineralizasyon hızı [gün⁻¹]

θ_{83} = Çözünmüş organik fosforun mineralizasyonu sıcaklık düzeltme faktörü [birimsiz]

T = Su sıcaklığı [°C]

K_{mPC} = Geri dönüşüm için yarı doygunluk sabiti [mg C L⁻¹]

V_{S3} = Organik madde çökelme hızı [m gün⁻¹]

f_{D8} = Çözünmüş organik fosfor fraksiyonu [birimsiz]

$1-f_{D8}$ = Partiküler organik fosfor fraksiyonu [birimsiz]

D = Segment derinliği [m]

Sedimentten fosfor akısının tam analizi, çözünme çökme kimyasının kapsamlı ve ayrıntılı hesaplamasını gerektirmektedir. EUTRO5'in ayrıntılı çözünme/çökelme kimyası modelleri yerine daha basit bir yaklaşım kullanmaktadır. Sedimentteki fitoplankton fosforunun aerobik

ayrışması hem organik hem inorganik fosfora dayalıdır. Organik fosfor anaerobik ayrışmaya maruz kalmakta ve çözünmüş inorganik fosforu oluşturmaktadır. Sediment fosfor akısı üzerinde anaerobik koşulların etkisi EUTRO5'te yer almamaktadır. Bunun yerine sabit amonyum ve fosfat akıları tanımlanabilmektedir.

Bentik fosfor ile ilgili denklemler aşağıda verilmektedir:

Organik Fosfor (bentik):

$$\frac{\partial C_8}{\partial t} = k_{PZD} \theta_{PZD}^{(T-20)} a_{PC} f_{OP} C_4 - k_{OPD} \theta_{OPD}^{(T-20)} f_{D8} C_8$$

C_8 : Organik Fosfor Konsantrasyonu [mg PL^{-1}]

k_{PZD} = 20°C'de anaerobik alg ayrışması hızı [gün^{-1}]

θ_{PZD} = Anaerobik alg ayrışması sıcaklık düzeltme faktörü [birimsiz]

T = Sıcaklık [$^{\circ}\text{C}$]

a_{PC} = Fosforun karbona oranı [$\text{mg P mg}^{-1} \text{C}$]

f_{OP} = Ölü ve solunum yapan fitoplanktonun organik fosfor havuzuna geri dönen kısmı [birimsiz]

C_4 = Fitoplanktonun karbon konsantrasyonu [mg C L^{-1}]

k_{OPD} = 20°C'de organik fosfor ayrışma hızı [gün^{-1}]

θ_{OPD} = Organik fosfor ayrışması sıcaklık düzeltme faktörü [birimsiz]

f_{D8} = Çözünmüş organik fosforun fraksiyonu [birimsiz]

İnorganik fosfor(bentik)

$$\frac{\partial (C_3)}{\partial t} = k_{PZD} \theta_{PZD}^{(T-20)} a_{PC} (1 - f_{OP}) C_4 + k_{OPD} \theta_{OPD}^{(T-20)} f_{D8} C_8$$

C_3 = İnorganik fosfor konsantrasyonu [mg PL^{-1}]

k_{PZD} = 20°C'de anaerobik alg ayrışma hızı [gün^{-1}]

θ_{PZD} = Anaerobik alg ayrışması sıcaklık düzeltme faktörü [birimsiz]

T = Sıcaklık [$^{\circ}\text{C}$]

a_{PC} = Fosforun karbona oranı [$\text{mg P mg}^{-1} \text{C}$]

$1-f_{\text{OP}}$ = Ölü ve solunum yapan fitoplanktonun fosfat fosforu havuzuna geri dönen kısmı [birimsiz]

C_4 = Fitoplanktonun karbon konsantrasyonu [mg C L^{-1}]

K_{OPD} = 20°C 'de organik fosfor ayrışma hızı [gün^{-1}]

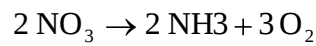
Θ_{OPD} = Organik fosfor ayrışması sıcaklık düzeltme faktörü [birimsiz]

f_{D8} = Çözünmüş organik fosforun fraksiyonu [birimsiz]

C_8 = Organik Fosfor Konsantrasyonu [mg PL^{-1}]

4.2.5 Fitoplankton Büyümesi

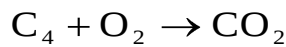
Fotosentetik karbon yerleşimine ait bir yan ürün, çözülmüş oksijene ait bir üretilir. Oksijen üretimine ait oran (ve besin yükselimi), kendisine ait stokiyometrinin sabitlenmesinden dolayı Fitoplankton büyüme oranı ile doğru orantılıdır. Böylece, büyüme ile beraber üretilen her bir mg fitoplankton karbon için, 32/12 mg O_2 üretilir. Oksijene ait bir ilave kaynakta, mevcut amonyak besin kaynağının tüketilmesi durumunda fitoplankton büyümesinde olur ve fitoplankton mevcut nitratı kullanmaya başlar. Nitrat yükselimi için başlangıç basamağı, oksijen üreten amonyak indirgenmesidir:



Böylelikle, nitrat kullanılarak sağlanan büyüme ile üretilen her bir mg fitoplankton karbonu için, aNC mg fitoplankton azot kadar azaltılmakta ve (48/14) aNC mg kadar O_2 üretilmektedir.

Fitoplankton Solunumu

Temel olarak fotosentez işleminin ters süreci olan fitoplankton solunumuna ait bir sonuç olarak su kolonu içinde oksijen azalmaktadır:



Burada, C_4 mg/L olarak fitoplankton karbon miktarıdır. Böylelikle, solunum ile tüketilen her bir mg fitoplankton karbon için, 32/12 mg oksijen de tüketilmiş olur.

4.2.6 Fitoplankton Ölümü

Fitaplankton'ların ölümü ile okside edilebilecek organik karbon sağlanmış olur. EUTRO içinde yer alan kinetik ifade de, birincil derece ölüm oranı ile stokiyometrik oksijen – karbon oranı (32/12) kullanılarak KBOI'a olan fitaplankton karbon çevrimi yapılmış olur.

4.2.7 Sediman Oksijen İhtiyacı

Dipsel sediman içinde organik malzeme ayrışımı, üzerinde yer alan suyun içindeki oksijen konsantrasyonu üzerinde derin etkilere sahip olur. Organik malzemeye ait ayrışma, sediman-su ara yüzünde oksijen ihtiyacını ortaya çıkarır. Sonuç olarak, sedimandan olan alansal beslemeler ile üzerinde bulunan su kolonu içinde önemli oksijen azalması olabilir.

EUTRO içinde oksijen beslemeleri için iki seçenek saptanır: tanımlayıcı girdi ve tahminsel hesaplamalar. İlk seçenek, yalnızca su kolonu segmentlerine ait bileşenli sağlamak için kullanılır.

WASP, yukarı yönlü yeniden asılı olma durumuna ait hızlar olduğu gibi aşağı yönlü bir çökme hızını da hesaba katan, çok detaylı bir dibe çökme parametrelemesi de sağlar. Bu kavram içinde, net partikül beslemesi sediman için aşağı yönlü çökme ile yukarı yönlü yeniden asılı olma beslemesi arasındaki farka bağlı olarak gelişir.

Bileşen kütle denge eşitliklerini yönlendiren ayrışma reaksiyonları, fitoplankton karbona ait anoerobik ayrışma ile dipsel organik karbona ait anoerobik kesilmedir. Her iki reaksiyonda oksijen azalmasına sebep olur ve sedimanın oksitlenmesinden çok azalmasını gösterecek şekilde hızlıca konsantrasyonu negatif durumlara çeker.

4.3 Aquatox Modeli

Biyolojik ve kimyasal olarak kötüleşen sulara uygulanmaktadır. Su yöneticileri hangi faktörlerin sucul ortamları kötüleştirdiğini bu model yardımıyla öğrenmektedirler. Teklif edilen kirlilik önleme aksiyonlarının hedefleri tutturup tutturulmayacağı bu model vesilesiyle belirlenebilmektedir. Ayrıca alınacak önlemler ile su kalitesinin ve sucul ortam topluluklarının istenen seviyeye gelip gelmeyeceği tespit edilebilmektedir. İlerde herhangi bir plansız sonuçlanmaların olup olmayacağı ve bozulan sucul sistemlerin iyileştirilmesinin ne kadar zaman alacağı yine bu model yardımıyla öğrenilmektedir.

Aquatox ile Modellenen Parametreler

Aquatox ile aşağıdaki parametreler modellenmektedir;

- Nütrientler ve toksik madde konsantrasyonları
- Bimoslar
 - Bitkiler, omurgasız canlılar ve balıklar
- Klorofil a
 - Fitoplankton, Perihapton ve Yosunlar
- Toplam katı maddeler, Seki derinliği,
- Çözünmüş oksijen,
- Biyolojik oksijen talebi,
- Biyoakümülyasyon faktörü,
- Organik toksikantların yarılanma ömrü.

Aquatoxda suda bulunan toksikantlar, nütrientler, gazlar, organik maddeler, bitkiler, omurgasızlar ve balıkların konsantrasyonları sabit değişkenlidir. Ayrıca su hacimi, sıcaklık, rüzgar, ışık, hız ve pH fiziksel karakteristikli sabit değişkenlidir.

Nütrientleri kontrol etmekle nehir, göl ve rezervuarda alg büyümesi kontrol edilmiş olmaktadır. Model ile alg seviyesini kontrol eden faktörler için karar verilmektedir. Havza ile bağlantı kurulmakta ve tarımsal uygulamalar değerlendirilmektedir. Arazi kullanımındaki değişimler misal olarak tarımdan yerleşime doğru yapılacak değişimler ötrofikasyonu azaltıp azaltamayacağı hususunda model vasıtasıyla bilgi edinilmektedir.

Aquatox modeli ile sucul organizmalara zarar verilmeden ekolojik risk değerlendirmesi yapılabilinmektedir. Balıkların yok olmasına sebep olabilecek alt toksik madde dozlar belirlenebilmektedir. Yiyecek zinciri dağılımının olup olmayacağı bu çerçevede zooplanktonların faydalı balıklar tarafından tükenip tükenmeyeceği veya alg patlamasının olup olmayacağı belirlenmektedir. Biyoakümülyasyon faktörü hesaplanmaktadır.

Aquatox modeli ile özellikle toksik maddeler için uygulan kirlilik azaltma programlarından sonra omurgasızlar ve balıkların iyileşme zamanı tahmin edilebilmektedir. Sistemin yaygın

türlere ve çok az önlemlere karşı nasıl cevap vereceği potansiyel olarak değerlendirilmektedir. Örnek olarak bölgeye ait türlerin yok olup olmayacağı, ekosistemin değişip değişmeyeceği, biosidlerin yarı ömürlerinin veya potansiyel etkilerinin ne olacağı hususunda cevap verebilmektedir.

Aquatox sucul yaşam ile kirleticilerin bağlantılarını içeren bir simülasyon modelidir. Bütünleşmiş tahminleri ve ekolojik etkileri içermektedir. Misal olarak nütrientlerin ve ötrofikasyonun etkileri, organiklerin ekotoksik ve besin zincirlerinin etkileri verilebilmektedir. Nütrientlerin, organik toksiklerin, sıcaklığın, askıda katı maddelerin ve debinin çoklu baskı etkileri tahmin edilmektedir.

Suni göllere, barajlara, derelere, nehirlere ve iç sulara uygulanmaktadır. Tamamıyla karışık termal veya tuzlu doymuş sular, kolaylıkla modellenmektedir. Segmentlar ve gözenekli sulu çoklu sedimant tabakaları arasında bağlantı kurulabilmektedir. 24 saatlik oksijen, oksijen eksikliği ve amonyum toksitesini göz önüne almaktadır. Değişik Stokiyometriyi, nütrient kütle dengesi ve özellikle toplam azot ve toplam fosforu dikkate almaktadır. Aynı zamanda dinamik bir pH söz konusudur. Sabit ve değişik yükler göz önüne alınmaktadır. Hiperküp belirsizlik analizi yapılmaktadır. Hidrodinamik modellerle bağlantı kurulabilmektedir.

Aquatox ile metaller modellenememektedir. Civa için deneme yapılmış, ancak başarılı olunamamıştır. Bakteriler ve patojen mikroorganizmalar modellenememiş, ancak bunların dekompozisyonu dolaylı olarak ifade edilmiştir.

Auatox prosesi simülasyonun ekolojik prosesi ve sucul ortamda çalışma döngüsü Şekil 4.5’de verilmiştir.

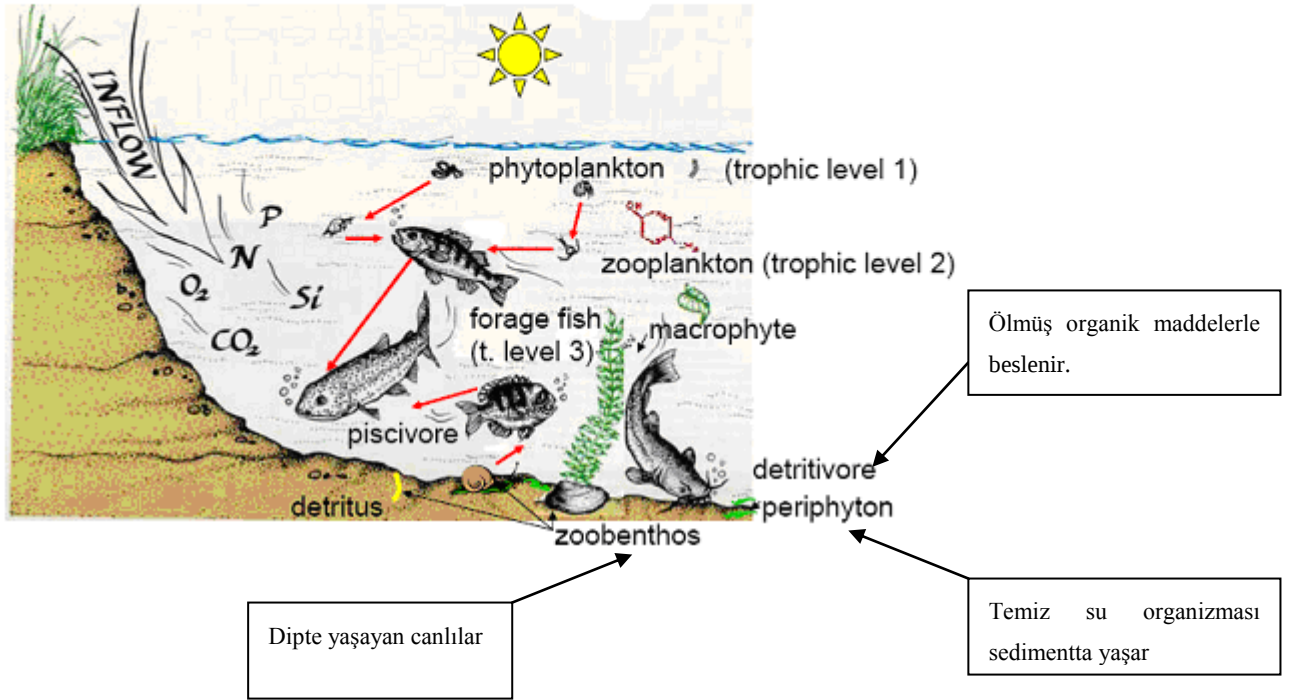
4.3.1 Proses Simulasyonu

4.3.2 Ekosistem Bileşenleri

Ekosistem bileşenleri Şekil 4.6'da görüldüğü gibi abiyotik ve biyotik komponentlerden meydana gelmektedir. Fitoplankton, perihapton ve makro bitkiler birincil üreticiler olup, nütrientler ve güneş ışığı ile beraber organik maddeleri fiksede etmektedirler. Aslında onlar birincil trofik seviyelerdir. Zooplanktonlar ve birçok zoobentoslar birincil otçul hayvanlar olup, ikincil trofik seviyedirler. Onlar da daha yüksek trofik seviyedekiler tüketicilerdir. Ancak genellikle birincil trofik seviye besleyicileriyle beraber basit bir besin zinciri yoktur.

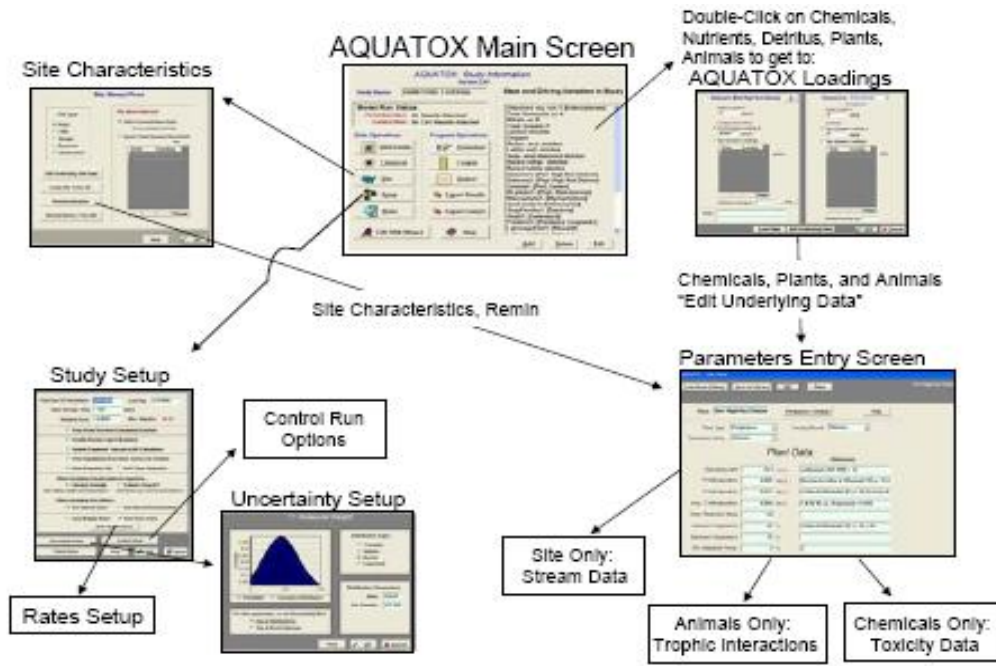
Çoğu sistemler karmaşık yiyecek zincirine sahiptir ve organizmalar çeşitli trofik seviyelerle beslenmektedirler. Dahası sucul hayvanlar hem bitki hem de detrituslar(organiik maddeler) beslenmektedirler. Balık ile beslenen hayvanlar pisikovar ve detrituslarla(organiik maddeler) ile beslenen hayvanlar detritivor dır. AQUATOX birçok seviyeleri refere ederek kompleks yiyecek zincirlerini modellemektedir.

EKOSİSTEM BİLEŞENLERİ



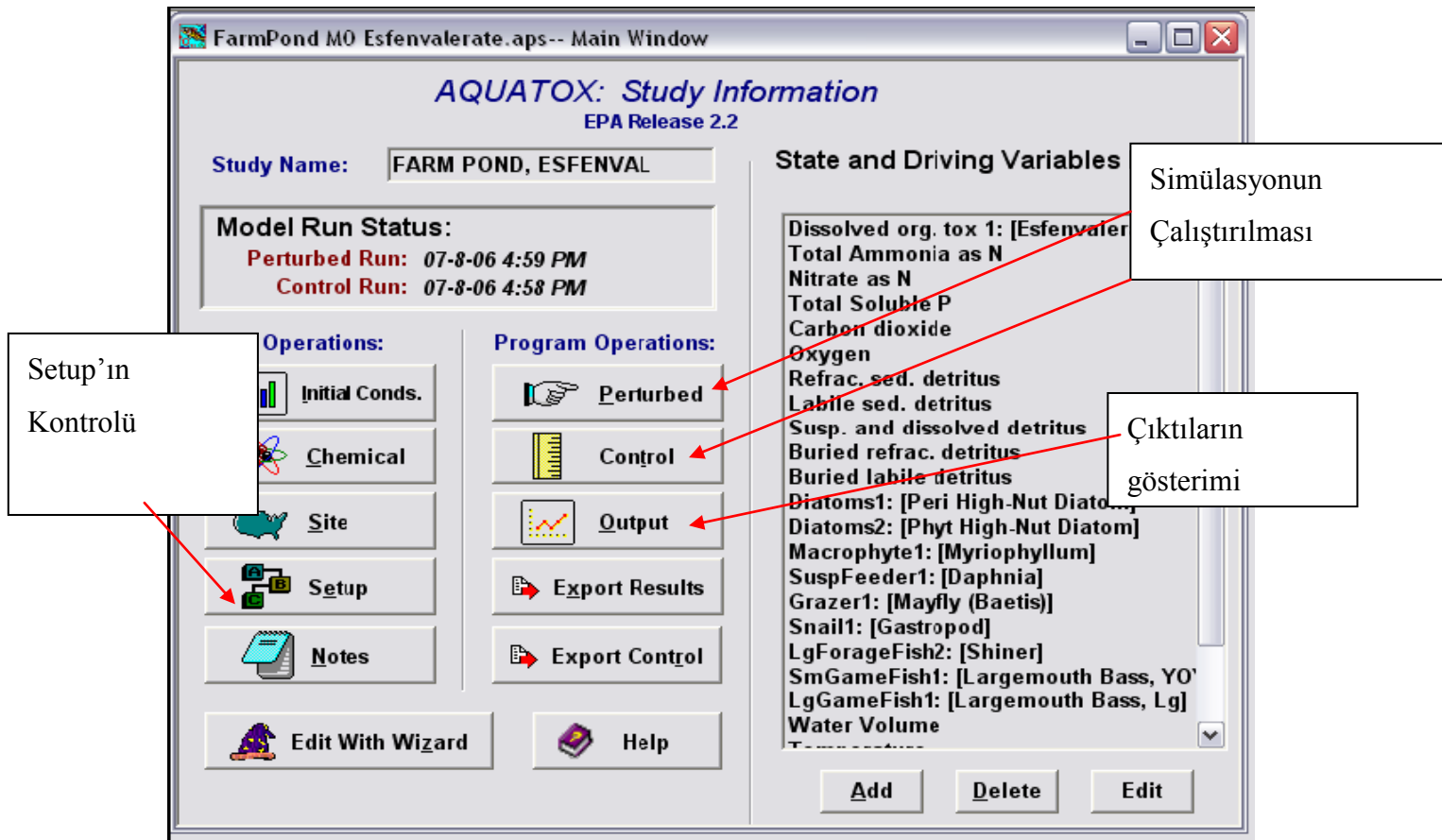
Şekil 4.6 Ekosistem Bileşenleri

Aquatox ara yüzünün akış diyagramı şekil 4.7’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7 Aquatox ara yüzünün akış diyagramı

Aquatoxda simülasyonun çalıştırılması ve çıktıların gösterilmesi şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.8 Aquatoxda simülasyonun çalıştırılması ve çıktıların gösterilmesi

4.3.3 Aquatoxdaki Giriş Değişkenleri

4.3.3.1 Hacim

Hacim sabit bir değişken olup, data mevcudiyeti ve alanın durumuna bağlı olarak değişik şekillerde hesaplanmaktadır. Hacim kirleticiler, nütrientler ve organizmaların konsantrasyonlarını seyrelttiği veya yoğunlaştırdığı için önemlidir. Hacim aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$dHacim/dt$: $Q_{giriş}$ -deşarj-buharlaştırma

$dHacim/dt$: Su hacminin türevi $m^3/gün$

$Q_{giriş}$: Su yapısına gelen su debisi $m^3/gün$

Deşarj : Su yapısına deşarj edilen $m^3/gün$

Buharlaştırma : Buharlaştırma $m^3/gün$

Buharlaştırma yıllık değere dönüştürülür. Günlük değer basit amaçlar için kullanılmaktadır.

$$Buharlaştırma = \frac{Ortbuhar}{365} \cdot 0,0254 \cdot alan$$

Ortbuhar : Ortalama yıllık buharlaştırma (inç/yıl)

0,0254 : inç'i metreye dönüştürme faktörü

4.3.3.2 Sıcaklık

Sıcaklık, bu modelde önemli kontrol faktörüdür. Hemen hemen tüm prosesler sıcaklığa bağlıdır. Bu prosesler; tabakalaşma, biyotik prosesler, örnek olarak; ayrışma fotosentez, tüketim, solunum, tekrar üretim ve ölümdür. Kimyasal tahmin prosesleri; mikrobiyal ayrışma, buharlaştırma, hidroliz ve biyolojik birikimdir.

Sıcaklık tabakalaşması nütrienlerin ve toksikantların etkilerinin tahminlerini belirlemek için kullanılır. Aquatoxda göl ve rezervuarlar için epilimnion ve hipolimnion olmak üzere iki tabakalaşma söz konusudur. Metalimnion tabakası ihmal edilmiştir.

Suda ortalama sıcaklık $4^{\circ}C$ 'yi geçtiği zaman tabakalaşma göz önüne alınmalıdır. Ayrıca epilimnion ve hipolimnion tabakaları arasındaki fark $3^{\circ}C$ 'yi geçtiği zaman tabakalaşma olmaktadır. Kış ayında tabakalaşma göz önüne alınmamaktadır. Aynı zamanda tabakalaşma

derinliğinde bağlıdır.

Varsayılan sıcaklık değeri epilimnion ve hipelimnionun yüklemeleri mevsimsel varyasyonların sinüs yaklaşımları ile aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

Sıcaklık :Ort Sıcaklık +((-1.0.(Sıcaklık Aralığı/2)x(sin(0.0174533.(gün+phaseshift)-30))

Sıcaklık: :Ortalama günlük sıcaklık(°C);

Ortalama sıcaklık :Yıllık sıcaklık (°C);

Sıcaklık Ara: :Yıllık sıcaklık değişimi(°C);

Phaseshift :Isının geçiş zamanı(=90 gün)

4.3.3.3 Işık

Işık fotosentezin ve fotolizin kontrolü için önemli faktördür. Varsayılan gelen ışık fonksiyonu Aquatoxda formüle edilmekte ve sıcaklıktaki varyasyonlar gibi olmaktadır. Ancak ışık olayında geçiş dönemi yoktur.

$Işık = Ortalama\ ışık + Işık\ Aralığı/2 \times \sin(0.0174533.Gün-1.76)$

Burada;

Işık :Ortalama gelen ışık yoğunluğu (ly/d)

Ortalama Işık :Ortalama yıllık ışık yoğunluğu (ly/d)

Işık ara :Yıllık ışık aralığının yoğunluğu (ly/d)

Türev değeri langleys'e göre günlük değer ortalama ışık yoğunluğu olarak verilmiştir(Ly/d=10 kcal/m²). Işık miktarı modelde sıcaklığa göre değişir. Eğer sıcaklık 3°C'in altında ise model, buz kaplandığını ve gelen radyasyonun %33 azaldığını varsaymıştır.

Fotosentez gereksiniminden dolayı ışık çok önemli bir değişkendir. Özellikle bitkiler değişik ışık gereksinimleri altında alımları kontrol altına alınmaktadır. Aquatoxda ışık günlük radyasyonla sınırlandırılabilir. Işık tüketim ve zayıflama faktörlerinin katsayıları aşağıda verilmiştir.

WaterExtinction* 0.016 1/m Wetzel, 1975

ECoeffPhyto_{diatom}* 0.014 1/m-(g/m³)

$$ECoeffPhyto_{blue-green} * 0.099 \text{ 1/m-(g/m}_3\text{)}$$

$$ECoeffDOM 0.03 \text{ 1/m-(g/m}_3\text{)}$$

$$ECoeffPOM * 0.12 \text{ 1/m-(g/m}_3\text{)}$$

$$ECoeffSed * 0.03 \text{ 1/m-(g/m}_3\text{)}$$

4.3.3.4 Rüzgar

Rüzgar önemli bir değişkendir. Çünkü rüzgar mavi yeşil alglerin, alg patlamasının, yeniden havalandırmanın etkileri veya oksijen değişiminin stabilizesini belirlemekte ve bazı uçucu organik kimyasalların kontrollerinin etkilemektedir. Rüzgar, meteoroloji vasıtasıyla 10 m yükseklikte sürekli ölçülmekte ve Aquatoxda m/s olarak ifade edilmektedir. Eğer modelleme yapılacak alanda herhangi bir data mevcut değilse rüzgar aşağıdaki formül vasıtasıyla hesaplanmaktadır.

$$Wind = CosCoeff_0$$

$$+ \sum \left(CosCoeff_0 * Cos\left(\frac{2 * \pi * Day}{WaveLength}\right) + SinCoeff_0 * Sin\left(\frac{2 * \pi * day}{WaveLength}\right) \right)$$

Burada;

Wind :Rüzgar hızı m/sn

CosCoeff₀ :Varsayılan Olarak Ortalama 3m/sn rüzgar hızında kosinus katsayısıdır.

CosCoeff_n :n.denge düzeninde kosinus katsayısı,

WaveLength :Dalga uzunluğu (=5)

SinCoeff_n :n.denge düzeninde sinus katsayısıdır.

4.3.3.5 Biotalar

Biotalar; bitkiler ve canlı organizmalar olmak üzere iki gruptan oluşmakta olup, her biri proses seviyesi denklemleri ile temsil edilmektedir. Bitkiler alg ve makro bitkiler olmak üzere ayrı ayrı denklemlerle ifade edilmiştir. Algler fitoplankton ve peripton olabilmektedir. Bitkiler aynı zamanda taksonomik grup olarak karakterize edilmekte olup, birincil referans organizma

otlanması ve yüzen mavi yeşil algler olarak tanımlanmaktadır.

Canlı organizmalar omurgasız organizmalar ve balıklar olmak üzere alt gruplara ayrılmaktadır. Omurgasızlar açık deniz omurgasızları, bentik eklembacaklılar ve diğer bentik omurgasızlardır. Bu gruplar farklı parametre değerleri ve varyasyon denklemleri ile temsil edilmektedir. Eklem bacaklılar acil durumlarda sisteme de dahil edilmektedir. Canlı organizmalar, fitoplantonlar, organik maddeler ve predation beslenmeleri üzerine çok esnek olup genellikle bunların çok olduğu yerlerde beslenirler.

4.3.3.6 Algler

Alg biomasları fitoplankton ve perihaptonlardır. Fitoplanktonlar sucul ortamda serbest olanlar g/m^3 kuru ağırlıkta, perihapton ise g/m^2 olarak ifade edilmektedir. Algler özellikle fitoplanktonların, fotosentezin, solunumun, boşaltımın, foto solunumun, yırtıcı hayvanların, otçulların, askıda katı maddenin ve suyun akımlarının birer fonksiyonel işlemidir.

$$\frac{dBiomass_{phyto}}{dt} = \text{Loading} + \text{Photosynthesis} - \text{Respiration} - \text{Excretion} \\ - \text{Mortality} - \text{Predation} + -\text{Sinking} - \text{Washout} + -\text{TurbDiff}$$

$$\frac{dBiomass_{peri}}{dt} = \text{Loading} + \text{Photosynthesis} - \text{Respiration} - \text{Excretion} \\ - \text{Mortality} - \text{Predation} - \text{Slough}$$

Burada;

$dBiomass/dt$ = fitoplanton ve perihaptonun (g/m^3 ve g/m^2) bio kütlesinin değişimi,

Loading=alg gruplarının yüklenmesi (g/m^3 ve g/m^2),

Photosynthesis=fotosentez hızı(g/m^3 ve g/m^2),

Respiration= Solunum kaybı (g/m^3 ve g/m^2),

Excretion= Foto solunumun boşaltımı (g/m^3 ve g/m^2),

Mortality=Yırtıcı hayvanların ölmesi (g/m^3 ve g/m^2),

Predeation=otçul(g/m^3 ve g/m^2),

Washout=aşağıya doğru taşınma bağlı olarak meydana gelen kayıp g/m^3 ,

Sinking = sedimantasyon aşağısı ve tabakalar arası maddelerin kaybı ve kazanımı (g/m^3),

Turbdiff= Türbülans difüzyonu (g/m^3),

Slough= Bataklığa bağlı olarak meydana gelen kayıp (g/m^2) dır.

Fotosentez; maksimum gözlenmiş değerler, indirgeme faktörleri olan toksikantlar, habitatlar ve alt-optimal ışıklar, sıcaklık, akım ve nütrientlerle çarpılarak modellenmektedir.

$$Photosynthesis = P_{Max} * P_{ProdLimit} * Biomass * HabitatLimit$$

Perihapton substrat varlığına bağlı olarak sınırlandırılmaktadır. Perihaptonlar; kıyıda tabanda ve makrobitkilerin yüzeyinde bulunabilmektedirler. Makrobitkiler 24 m² perihapton/m²dip gözlenen olarak dönüşebilir ve gözlenen 200 g/m² makro bitki olarak ifade edilmektedir. Seki derinliği yaygın olarak bulanıklığın göstergesinde kullanılmaktadır. Aşağı şekilde hesaplanmaktadır.

$$Secchi = \frac{1.9}{Extinct}$$

Işık sınırlandırılmasının olmadığı, rüzgar hızının 3 m/s aştığı ve Langumir karışımının olmadığı varsayıldığı durumlarda yeşil mavi diatomların üstün 1/4m'sinde yüzdükleri varsayılmaktadır.

Fitoplanktonların ölüm katsayılarının özel sahalar için ayarlanması gereklidir. Özellikle bu durum alg patlamasının hızlı veya hızlı olmadığı durumlarda gerekmektedir. Zaman zaman alg büyümesinin çok güçlü olduğu durumlarda tüketim katsayıları artmaktadır.

Özellikle aşağıda verilen bileşenlerin katsayıları seçilen sahayı yansıtmakta ancak bazen kalibrasyona ihtiyaç duymaktadır. Bunlar;

Perihaptonlar için kritik kuvvetler---seçilen sahadaki substratları yansıtmakta,

Makrobitkiler için taşıma kapasiteleri---habitatları yansıtmakta,

Optimum sıcaklık---su türlerinin sıcak/soğuk iklim koşullarını yansıtmakta,

Ölüm katsayıları----habitatın kalitesini yansıtmaktadır.

4.3.3.7 Nütrient Sınırlaması

Nütrient sınırlaması değişik yollara bu modelde temsil edilmiştir. Modeller, alglerin yeterli nütrientleri almak, depolamak ve onları değişik oluşumlara taşınmasını temsil etmek için geliştirilmişlerdir.

Nütrientler için doygunluk kinetiği Michaelis-Menten veya Monod kullanarak

hesaplanmaktadır.

$$PLimit = \frac{Phosphorus}{Phosphorus + KP}$$

$$NLimit = \frac{Nitrogen}{Nitrogen + KN}$$

$$CLimit = \frac{Carbon}{Carbon + KCO_2}$$

PLimit= Sınırlama fosfora bağlıdır.(birimsizdir)

Phosphorus=Mevcut çözülebilir fosfor (gP/m³);

KP=Fosfor için yarı doygunluk sabiti (gP/m³);

NLimit= Azota bağlı sınırlama (birimsiz);

Nitrogen= Mevcut çözülebilir azot (gN/m³)

KN=Azot için yarı doygunluk sabiti (gN/m³);

CLimit= İnorganik karbona bağlı sınırlama (birimsiz);

Carbon = Mevcut çözülebilir organik karbon;

KCO₂=Karbon için yarı doygunluk sabiti (gC/m³).

Karbon konsantrasyonu elementin molar ağırlığı ile hesaplanmaktadır.

$$Carbon = C2CO_2 * CO_2$$

C2CO₂=karbondioksitteki karbonun oranı 0.27.

CO₂=İnorganik Karbon

Alg solunumu; içsel ve ışık olmayan solunumun metabolik prosesi olup, oksijen sayesinde enerji üretilerek hayatlarını ikame ettirerek neticede karbondioksit meydana gelmektedir.

Riley alglerin solunum denklemini türetmiştir. Maksimum solunumun % 60'ı fotosentezdir.

$$Respiration = Resp0 * e^{(T_{resp} * Temperature)} * Biomass$$

Burada;

Solunum=Işıksız ortamdaki solunum, (g/m³"d)

Resp0=Solunum hızı 0/C (g/g"d);

T_{Resp}=Sıcaklığın eksponansiyel katsayısı (0.065//C);

Temperature= Su Çevresinin sıcaklığı (°C)

Biomass= Bitki bioması (g/m³)

Solunum hızlarının 0°C'deki değerleri aşağıda verilmiştir.

Plant group	Resp0	Reference
Diatoms	0.022	LeCren & Lowe-McConnell, 1980, p. 189
Greens	0.006	LeCren & Lowe-McConnell, 1980, p. 189
Blue-greens	0.072	Collins, 1980
Other algae	0.006	arbitrarily set to the same as greens
Macrophytes	0.015	LeCren & Lowe-McConnell, 1980, p. 195

Alg ölümü, toksik kimyasalların ve beklenmeyen çevresel şartların bir neticesi olarak meydana gelmektedir. Fitoplanktonlar, otoliz ve parazitlerin ölümünden dolayı büyük oranda baskı altında kalmaktadır. Bu yüzden fitoplanktonların ayrışması sedimanttan çok su ortamında vukuu bulmaktadır. Nütrientlerin hızlı reminarilazasyonu ardışık olarak alg patlamasına sebebiyet vermektedir. Abiyotik çevre içinde de aniden değişim alg popülasyonunu, nütrient azalmasına ve beklenmeyen sıcaklığa ve ışık zararına bağlı olarak stres altında bırakmaktadır. Aquatoxda alg ölümü toksitite, sıcaklıkla ve kombine nütrient ve ışık sınırlanması ile temsil edilmektedir.

$$Mortality = \left(KMort + ExcessT + Stress \right) * Biomass + Poisoned$$

Mortality =alg ölümü(g/m³)

Poisoned= Toksiteye bağlı olarak ölüm hızı

KMort= ölüm hızı

Biomass=bitki bioması (g/m³)

$$ExcessT = \frac{e^{(Temperature - T_{max})}}{2}$$

Ve

$$Stress = 1 - e^{-EMort * (1 - (NutrLimit * LtLimit))}$$

ExcessT =Yüksek sıcaklık fakörü (g/g.d)

Tmax=Tolere edilmiş maksimum sıcaklık(°C)

Stress = Işık ve nütrient için alt faktör (g/g.d)

Emort=Toplam sınırlama ile her gün öldürülen uygun maksimum fraksiyon (g/g.d)

NutrLimit=Nütrient sınırlamasına bağlı olarak azaltım,

LtLimit=Işık sınırlaması

4.3.3.8 Klorofil a

Aquatox modeli fitoplankton kütesini kolayca klorofil a ya dönüştürmektedir. Klorofil a'daki karbon oranının büyük olması alglerin nütrient durumuna bağlıdır. Eğer mavi yeşil alg var ise yüksek değerdedir. Aquatox'da mavi yeşil algler için 45gC/g klorofil a ve diğer fitoplanktonlar için 28gC/g dir. Sonuç olarak klorofil a g/L olup, aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$ChlA = \left(\frac{\sum_{BIOMASS_{BIGr}} C_{ToOrg}}{45} + \frac{\sum_{BIOMASS_{Others}} C_{ToOrg}}{28} \right) * 1000$$

ChlA = Klorofil a biyokütlesi (:g/L);

Biomass_{BIGr} = Mavi-yeşilalglerin biyoması (mg/L);

Biomass_{Others} = Mavi yeşil alg dışındaki alglerin biyoması (mg/L);

C_{ToOrg} = Biomasdaki karbonun oranı(0.526, birimsiz);

1000 = Dönüştürme faktörü mg/g (birimsiz).

4.3.3.9 Makro bitkiler

Özellikle derin olmayan sucul sistemler için batmış bitkiler veya makro bitkiler önemli bileşenler olmaktadır. Mevsimsel makro bitkilerin büyümesi, ölmesi ve ayrışması nütrient döngüsü, oksijen konsantrasyonu ve organik madde konsantrasyonundan etkilenmektedir. Makro bitkiler yoğunluğunun fazla olması küçük canlıların üretimini küçük balık ve omurgasızlar için sağlamaktadırlar. Makro bitkiler aynı zamanda su kuşları, kuğu, ördek ve diğer kuşlar için direkt veya endirekt olarak yiyecek kaynağı olmaktadır.

Aquatox'da makrobitkiler kıyı bölgeleri istila etmekte olup, bu alan yüzeyin altında vukuu bulmakta ve ötrofik zonun içinde meydana gelmektedir. Perihapta olduğu gibi birimi g/m² dir. Eğer sucul ortamda fitoplankton artması veya suyun bulanaklığı ile beraber organik madde artar ise makro bitikler büyük oranda azalmaktadır. Yani makro bitkilerin azalıp veya çoğalması tamamıyla suyun berraklığına bağlıdır.

Makrobitkiler, Aquatoxda aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır;

$$\frac{dBiomass}{dt} = Loading + Photoyntesis - Re spiration - Excretion - Mortality - Pr edation-Breakage$$

Ve

$$Photosynthesis = PMax * LtLimit * TCorr * Biomass * FracLitroral * NutrLimit * FracPhoto * HabitatLimit$$

Burada;

$dBiomass/dt$ =Zamana göre biomasın değişimi (g/m^2),

Loading=Makrobitkilerin yüklenmesi,

$dBiomass/dt$ = Zaman ile biomasın değişimi (g/m^2d),

Photosynthesis=Fotosentez hızı (g/m^2d),

Respiration= Solunum Kaybı (g/m^2d),

Excretion= Solunum ve boşaltım(g/m^2d),

Mortality= Yırtıcı canlılar dışındakilerin ölümü

Predation=Otçul hayvanlar (g/m^2d),

Breakage=Kırılma zamanı (g/m^2d),

PMax=Maksimum fotosentetik hız (1/d)

LtLimit=Işık sınırlama (birimsiz)

TCorr= Sıcaklık oranı

HabitatLimit=Bitki refereranslarına dayalı habitat sınırlaması(birimsiz);

FracLittoral=Ötrofik zondaki alt fraksiyon,

NutrLimit=Nutrient sınırlaması (küçük çiçekler için),

FracPhoto=Fotosentez de toksikentlerin azaltım faktörleri dir.

4.3.3.10 Canlı Organizmalar

Zooplanktonlar, bentik organizmalar, bentik böcekler ve balıklar Aquatoxda modellenmektedir. Ancak formülasyonlar çok az farklılık arz etmekte ve alt modellerle desteklenmektedir.

$$\frac{dBiomass}{dt} = Load + Consumption - Defecation - Respiration - Excretion - Mortality - Predation - GametLoss - Washout + Migration - Promotion + Recruit - Entrainment$$

Burada;

$dBiomass/dt$ =Canlı organizmaların biomasın değişimi (g/m^2d),

Load= Biomas yüklenmesi (g/m^2d),

Consumption= Yiyeceklerin tükenmesi (g/m^2d),

Defecation= Asimile olmayan yiyeceklerin vucuttan çıkması(g/m^2d),

Respiration= Solunum (g/m^2d),

Predation=Otçul hayvanlar (g/m^2d),

Excretion=Boşaltım (g/m^2d),

Mortality= Yırtıcı olamyan canlıların ölümü(g/m^2d),

GameteLoss=Gametlerin yumurtlaması (g/m^2d),

Washout=Sürüklenme ve akımla meydana gelen kayıp (g/m^2d),

Migration= Düşey göçe bağlı olarak meydana gelen kayıp (g/m^2d),

Promotion = Gelecek sınıfların veya ortaya çıkan türlerin yükselgenmesi (g/m^2d),

Recruit=Türlerin üretim için toplanması (g/m^2d),

Entrainment=Sürüklenme ve sel sularının taşınımı (g/m^2d),

Biomasın değişimi çevresel faktörlere biotik etkileşimlere bağlı olarak değişmektedir. Sucul ortamların dibinde yaşayan zoonbentoslar ve balıklar g/m^3 yerine g/m^2 olarak ifade edilmektedir.

4.3.3.11 Solunum

Solunumda 3 komponent göz önüne alınmaktadır. Standart solunumda organizma tüketim olmaksızın enerji harcanmaktadır. Modelde solunum için balıklar ve omurgasızlar göz önüne alınmıştır. Solunum, spesifik dinamik aksiyon, asimilasyon ve özümsemenin metabolizmasıdır.

$$Respiration_{pred} = Std Resp * Activity_{pred} + SpecDynAction_{pred}$$

$Respiration_{pred}$ = Yırtıcı organizmalardaki solunum kaybı (g/m^2d),

$StdResp_{pred}$ = Sıcaklık ile değişen Solunum kaybı (g/m^2d),

$Activity_{pred}$ = Yüzme aktivitesi sonucu solunum kaybı (g/m^2d),

$SpecDynAction_{pred}$ = Yiyecek özümlemesinin metabolizması (g/m^2d) ile ifade edilmektedir.

4.3.3.12 Boşaltım

Solunum ile boşaltım birbirleriyle ilişkilidir. Biomas kaybolur, fosfor ve azot suya boşalır ve solunum meydana gelir. Solunum ve boşaltım arasındaki denklem aşağıdaki gibidir.

$$Excretion_{pred} = KExcr_{pred} * Respiration_{pred}$$

Burada;

$Excretion_{pred}$ = Boşaltım hızı (g/m^3d);

$KExcr_{pred}$ = boşaltım ve solunum oranı sabiti

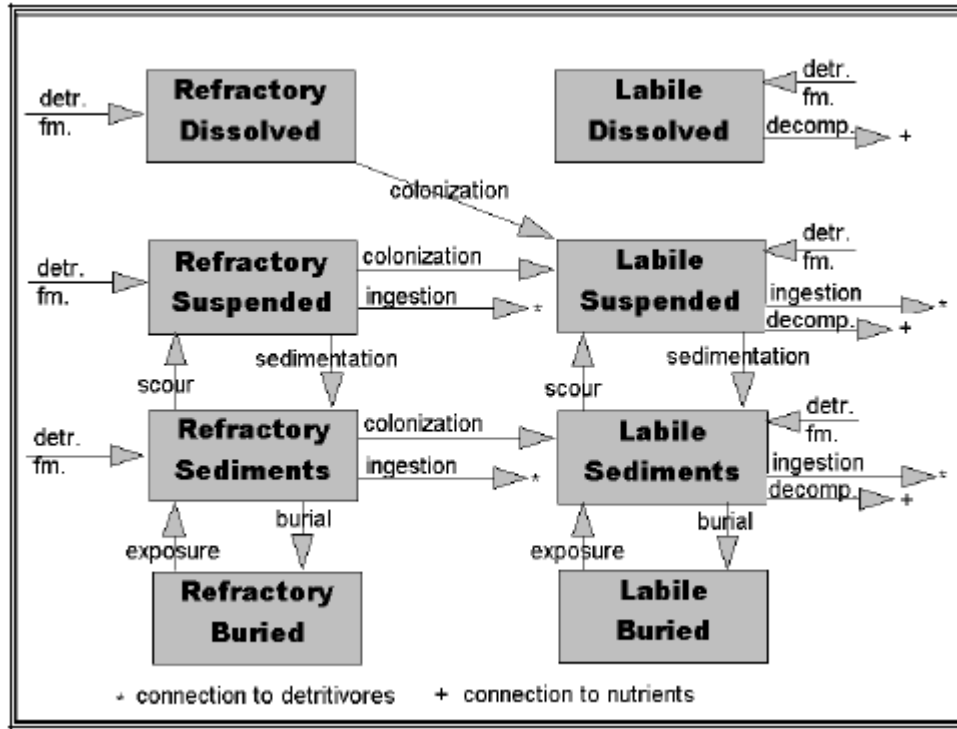
$Respiration_{pred}$ = Solunum Hızı (g/m^3d);

4.3.4 Reminalizasyon

4.3.4.1 Organik Madde

Detritus; organik meteryaller ve ayrıştırıcılar olan bakteri ve funguslarla ilgilidir. Misal olarak sucul ortamda partikül ve çözünmüş materyalleri aynı zamanda mikrobiktiler ve yumurtaların bio-detrituslarını içermektedir. Aquatoxda organik maddeler sekiz kısımda modellenmektedir. Çözünmüş refractory (ayrışmaya dirençli), askıda sedimentlar ve gömülü organik maddeler ve çözünmüş labile (hâlihazırda ayrışanlar) organik maddelerdir. Bu şekilde organik maddelerin derecelendirilmeleri organik maddelerin besin zinciri, toksik maddelerin etkileri ve hızlı veya yavaş bir şekilde ayrışma oranına bağlı olan BOI den dolayı gerçek bir simulasyon sağlamak içindir. Genellikle göllerde ve nehirlerde çözünmüş organik madde askıda katı maddenin on katıdır.

Aquatoxda organik madde bileşenleri şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9 Aquatox’da organik madde bileşenleri

$$\frac{d\text{Susp Re frDetr}}{dt} = \text{Loading} + \text{DetrFm} - \text{Colonization} - \text{Washout} - \text{Sedimentation} - \text{Ingestion} + \text{Scour} + -\text{Sinking} + -\text{TurbDiff}$$

$$\frac{d\text{SuspLabDetr}}{dt} = \text{Loading} + \text{DetrFm} + \text{Colonization} - \text{Decomposition} - \text{Washout} - \text{Sedimentation} - \text{Ingestion} + \text{Scour} + -\text{Sinking} + -\text{TurbDiff}$$

$$\frac{d\text{Diss Re frDetr}}{dt} = \text{Loading} + \text{DetrFm} - \text{Colonization} - \text{Washout} + -\text{TurbDiff}$$

$$\frac{d\text{DissLabDetr}}{dt} = \text{Loading} + \text{DetrFm} - \text{Decomposition} - \text{Washout} + -\text{TurbDiff}$$

$$\frac{d\text{Sed Re frDetr}}{dt} = \text{Loading} + \text{DetrFm} + \text{Sedimentation} + \text{Exposure} - \text{Colonization} - \text{Ingestion} - \text{Scour} - \text{Burial}$$

$$\frac{d\text{SedLabileDetr}}{dt} = \text{Loading} + \text{DetrFm} + \text{Sedimentation} + \text{Colonization} - \text{Ingestion} - \text{Decomposition} - \text{Scour} + \text{Exposure} - \text{Burial}$$

$$\frac{dBurial\ Re\ frDetr}{dt} = Se\ dim\ entation + Burial - Scour - Exposure$$

$$\frac{Susp\ Re\ frDetr}{dt} = -Loading + DetrFm - Colonization - Washout - Se\ dim\ entation \\ - Ingestion + Scour + -Sinking + -TurbDiff$$

Burada;

$dSuspRefrDetr/dt$ = Zamanla askıdaki ayrışmaya dirençli (refractory) organik maddelerin konsantrasyonlarının değişimi (g/m^3d),

$dSuspLabileDetr/dt$ = Zamanla askıdaki çözünmüş (labile) organik maddelerin konsantrasyonlarının değişimi (g/m^3d),

$dDissRefrDetr/dt$ = Zamanla çözünmüş ayrışmaya dirençli (refractory) organik maddelerin konsantrasyonlarının değişimi (g/m^3d),

$dDissLabDetr/dt$ = Zamanla çözünmüş (labile) organik maddelerin konsantrasyonlarının değişimi (g/m^3d),

$dSedRefrDetr/dt$ = Zamanla sedimentteki ayrışmaya dirençli (refractory) organik maddelerin konsantrasyonlarının değişimi (g/m^3d),

$dSedLabileDetr/dt$ = Zamanla sedimentteki çözünmüş (değişken) organik maddelerin konsantrasyonlarının değişimi (g/m^3d),

$dBuriedRefrDetr/dt$ = Zamanla gömülü ayrışmaya dirençli (refractory) organik maddelerin konsantrasyonlarının değişimi (g/m^3d),

$dBuriedLabileDetr/dt$ = Zamanla gömülü çözünmüş (değişken) organik maddelerin konsantrasyonlarının değişimi (g/m^3d),

$DetrFm$ = Organik maddelerin oluşumu (g/m^3d),

$Loading$ = Noktasal veya noktasal olmayan kaynaklardan veya nehirlerle organik maddelerin yüklenmesi (g/m^3d),

$Colonization$ = Ayrıştırıcılar tarafından ayrışmaya dirençli organik maddelerin kolonizasyonu(g/m^3d),

Decomposition = Mikrobiyal ayrışmaya bağlı olarak ayrışım ($\text{g/m}^3\text{d}$),

Sedimentation = Yüzen organik maddelerin sedimana transferi ($\text{g/m}^3\text{d}$),

Scour=Organik maddelerin sedimandan suya geçmeleri ($\text{g/m}^3\text{d}$),

Exposure = Gömülü organik maddelerin sedimanın içine doğru geçişi($\text{g/m}^3\text{d}$),

Burial = Sedimanın en altındaki organik maddelerin sediman yüzeyine doğru çıkışı($\text{g/m}^3\text{d}$),

Washout = Sucul ortamda akışa bağlı olarak meydana gelen kayıp ($\text{g/m}^3\text{d}$),

Ingestion = Filtre görevi gören organizmaların ve detritioverların sindirime bağlı olarak kayıpları($\text{g/m}^3\text{d}$),

Sinking = Organik maddelerin epilimniondan hipelimmniona geçişleri,

TurbDiff = Turbilant difüzyonuna bağlı olarak epilimnion ve hipelimmnion arasındaki transfer ($\text{g/m}^3\text{d}$),

olarak ifade edilmektedir.

Modelde, organik madde, organik karbona dönüştürerek veya BOI olarak giriş yapılabilir. Eğer BOI girilirse girişte fitoplanktonun BOI'na katkısı da göz önüne alınmalıdır. Modelde organik madde biriminin içsel dönüşümü aşağıda yer almaktadır;

$$\text{Organik madde} = \text{BOI} * 0.74$$

$$\text{Organik madde} = \text{Organik Karbon} * 1.9$$

Organik maddenin dört bileşen olacak şekilde ayrıştırılması gereklidir. Bunlar ayrışmaya dirençli partiküler halde olan organik maddeler, partiküler halde kolayca ayrışa bilen organik maddeler, çözülmüş halde olan ayrışmaya dirençli organik maddeler ve çözülmüş halde olan kolayca ayrışa bilen organik maddelerdir. Genel olarak varsayılan partiküler halde olan organik maddelerin % 10 dur. Çünkü BOI5'in % 20 sinin ayrışmaya dirençli olması mantıklı olan bir seçim olarak Aquatox'da kullanılmaktadır.

Aquatoxda ötrofik ve hipertrofik göllerde Sedimandaki ayrışmaya dirençli organik maddeler $1400 - 1600 \text{ gr/m}^2$ -kuru olarak alınmaktadır. Sedimandaki çözülebilir organik maddeler $6-10 \text{ gr/m}^2$ -kuru, gömülü ayrışmaya dirençli organik maddeler $1-3 \text{ kg/m}^3$ ve çözülebilir organik maddeler $1-3 \text{ kg/m}^3$ olarak alınması tavsiye edilmektedir.

4.3.4.2 Azot

Auatoxda iki adet azot bileşenleri amonyum ve nitrat modellenmektedir. Nitrit çok düşük konsantrasyonlarda meydana gelmekte ve çok hızlı bir şekilde nitrifikasyon veya denitrifikasyon prosesine dönüşmektedir. Bu yüzden nitrit modellenmemektedir. Benzer şekilde iyonize olmuş amonyum (NH₃) ayrıca modellenmektedir. Amonyum algler ve makrobitkiler tarafından asimile edilmekte ve nitrifikasyon sonucunda nitrata dönüşmektedir.

$$\frac{dAmmonia}{dt} = Loading + Excrete + Decompose - Nitrify - Assimilation_{Amonia} - Washout + -TurbDiff$$

Burada;

$dAmmonia/dt$ =Amonyum konsantrasyonunun zaman ile değişimi(g/m³d),

Loading = Akış ile gelen azot yüklenmesi (g/m³d),

Excrete=Amonyumun sucul hayvanlardan boşalım (g/m³d),

Decompose=Organik maddelerin ayrışması neticesinde amonyumun meydana gelmesi(g/m³d),

Nitrify=Nitrifikasyon (g/m³d),

Assimilation= Azotun sucul bitkiler vasıtasıyla asimilasyonu(g/m³d),

Washout = Sucul ortamda akışa bağlı olarak meydana gelen kayıp (g/m³d),

TurbDiff = Turbilant difüzyonuna bağlı olarak epilimnion ve hipelimmion arasındaki transfer (g/m³d),

Olarak ifade edilmektedir.

Nitrat sucul bitkiler tarafından asimile edilerek denitrifikasyon vasıtasıyla serbest azota dönüşmektedir.

$$\frac{dNitrate}{dt} = Loading + Nitrify - Denitrify - Assimilation_{Nitrate} - Washout + -TurbDiff$$

Burada;

$dNitrate/dt$ =Nitrat konsantrasyonunun zamanla değişimi(g/m³d),

Loading = Nitratin sucul ortama girişi, bu atmosferik ayrışmayı da kapsamaktadır. (g/m³d),

Denitrify = Denitrifikasyon (g/m³d),

olarak ifade edilmektedir.

Serbest azot mavi yeşil alg tarafından fiske edilmektedir. Azot fiksasyonu ve denitrifikasyonunun çevresel kontrolü çok zor olduğundan azot dönüşümü çok daha fazla belirsizlik içermektedir.

4.3.4.3 Nitrifikasyon ve Denitrifikasyon

Nitrifikasyonda amonyum nitrite ve daha sonrada nitrate nitrifikasyon bakterileri vasıtasıyla dönüşmektedir. Öncelikle bu olay sediman ve su ara yüzeyinde olmaktadır. Nitrifikasyonun maksimum hızı, çözünmüş oksijen, pH ve sıcaklık tarafından sınırlandırılmaktadır.

$$Nitrify = KNitri * \frac{Area}{Volume} * DOCorrection * TCorr * pHCorr * Ammonia$$

Burada;

Nitrify=Nitrifikasyon hızı (g/m³d),

KNitri= Maksimum nitirfikasyon hızı (0.135 m/d),

Area = Segmenin Alanı (m²),

Volume=Segmenin hacmi (m³),

DOCorrection=Anaerobik şartların katsayı (birimsiz),

TCorr =Alt birim sıcaklığın katsayısı,

pHCorr=Alt birim pH

Ammonia=amonyum konsantrasyonu (g/m³d).

Denitrifikasyonun manası nitrit ve nitratın serbest azota dönüşümüdür.

$$Denitrify = KDenitri * (1 - DOCorrection) * TCorr * pHCorr * Nitrate$$

Burada;

Denitrify = Denitrifikasyon hızı(g/m³d),

KDenitri = denitrifikasyonun maksimum hızı (0.1 m/d),

Nitrate=Nitrat konsantrasyonu (g/m³d),

Olarak ifade edilmektedir.

Fosfor

Fosfor döngüsü azot döngüsünden çok daha fazladır. Ayrışmada boşaltım ve asimilasyon oldukça önemli olup, aşağıdaki gibi formüle edilmektedir.

$$\frac{dPhosphate}{dt} = Loading * FracAvail + Excrete + Decompose - Assimilation_{Phosphate} - Washout + -TurbDiff$$

$$Excrete = \sum_{Biota} Org2Phosphate * Excretion_{Biota}$$

$$Decompose = \sum_{Detritus} (Org2Phosphate * Decomposition_{Detritus})$$

$$Assimilation = \sum_{Plant} Photosynthesis_{Plant} * Uptake_{Phosphorus}$$

Burada;

$dPhosphate/dt$ = Fosfat konsantrasyonunun zamanla değişimi (g/m^3d),

$Loading$ = Fosfatın akışla ve atmosferik yer değiştirme ile gelen yüklenmesi(g/m^3d),

$FracAvail$ = Fosforun fraksiyonu

$Excrete$ = Biyotaların boşaltımından meydana gelen fosfat miktarı (g/m^3d),

$DArea$ = Segmenin Alanı (m^2),

$Volume$ =Segmenin hacmi (m^3),

$Decompose$ = Fosfotun organik maddenin ayrışmasından meydana gelmesi (g/m^3d),

$Washout$ = Sucul ortama akışa bağlı olarak meydana gelen kayıp (g/m^3d),

$Org2Phosphate$ = Organik maddedeki fosfat oranı

$Excretion$ = Verilen organizmanın boşaltım hızı (g/m^3d),

$Decomposition$ = Verilen organik maddenin ayrışma hızı(g/m^3d),

$Photosynthesis$ = Fotosentez hızı (g/m^3d),

Uptake = Fosfat için fotosentetik fraksiyon (birimsiz 0.018)

AQUATOX'da fosfat sucul bitkileri için modellenmektedir. Model kullanıcıya düzeltme faktörü ile toplam fosfat yüklenmesi için izin vermektedir.

4.3.4.4 Çözünmüş Oksijen

Sucul ortamda oksijen son noktada düzenleme verdiği için çok düşük konsantrasyonlarda balık ve diğer organizmalar için kütleli ölümlere sebebiyet vermektedir. Ayrıca nütrientler ve metaller için taşınımlar yaparak toksik organik maddelerin ayrışmasını azaltmaktadır. Çözünmüş oksijen günlük ortalamalar için simüle edilmekte, ancak günlük dalgalanmalar için simüle edilememektedir. Yeniden havalandırmada fonksiyonlar; ayrışma, fotosentez, solunum ve nitrifikasyondur.

$$\frac{dOxygen}{dt} = Loading + Re\ aeration + Photosynthesis - BOD - NitroDemand - Washout + -TurbDiff$$

$$Photosynthesized = O2Photo * \sum_{Plant} (Photosynthesis_{Plant})$$

$$BOD = O2Biomass * \left(\sum_{Detritus} \text{Decomposition}_{Detritus} + \sum_{Organisms} \text{Respiration}_{Organisms} \right)$$

$$NitroDemand = O2N * Nitrify$$

$dOxygen/dt$ = Çözünmüş oksijenin konsantrasyonundaki değişim (g/m^3d),

Loading = Akışla gelen yükleme (g/m^3d),

Reaeration = Oksijenin atmosferle değişimi (g/m^3d),

Photosynthesized =Fotosentez ile üretilen oksijen (g/m^3d),

O_2Photo = Fotosentezdeki oksijen oranı (1.6)

BOD = Biyolojik oksijen ihtiyacı (g/m^3d),

NitroDemand = Nitrifikasyon ile oksijen alımı (g/m^3d),

$O2Biomass$ = Organik maddedeki oksijen oranı (mg oksijen/mg biomass= 0.575 Kullanıcı remanarilazsyona bağlı olarak düşürebilir.)

Photosynthesis = Fotosentez hızı ($\text{g/m}^3\text{d}$),

Decomposition = Ayrışma hızı ($\text{g/m}^3\text{d}$),

Respiration = Solunum hızı ($\text{g/m}^3\text{d}$),

O2N Oksijen-Azot oranı (4.57)

Nitrify= Nitrifikasyon hızı ($\text{g/m}^3\text{d}$).

Washout = Sucul ortama akışa bağlı olarak meydana gelen kayıp ($\text{g/m}^3\text{d}$),

TurbDiff = Turbilant difüzyonuna bağlı olarak epilimnion ve hipelimum arasındaki transfer ($\text{g/m}^3\text{d}$),

4.3.4.5 İnorganik Karbon

Çoğu model karbondioksit ve bazı ekosistem komponentlerini ihmal etmektedir. Ancak CO₂ önemli nütrientleri sınırlandırmaktadır. Diğer nütrientler için de aynı durum söz konusu olup, CO₂ ayrışma neticesinde meydana gelmekte ve sucul ortamdaki bitkiler tarafından asimile edilmektedir. Aynı zamanda organizmalar tarafından solunarak üretilmektedir.

Karbondioksit ile ilgili herhangi bir data olmadığı zaman varsayılan giriş konsantrasyonu Aquatox'da 0.7 mg/L olarak alınmaktadır.

$$\frac{dCO_2}{dt} = Loading + Respired + Decompose - Assimilation - Washout + -CO_2AtmosExch + -TurbDiff$$

$$Respired = CO_2Biomass * \sum_{Organism} Respiration_{Organism}$$

$$Assimilation = \sum_{Plant} Photosynthesis_{Plant} * UptakeCO_2$$

$$Decompose = CO_2Biomass * \sum_{Detritus} (Decomp_{Detritus})$$

Burada;

dCO_2/dt = CO₂ konsantrasyonunun değişimi ($\text{g/m}^3\text{d}$),

Loading = Akışla gelen CO₂ yükü($\text{g/m}^3\text{d}$),

Respired = Solunumla üretilen CO₂ yükü ($\text{g/m}^3\text{d}$),

Decompose =Ayrışma sonucu türetilen CO₂($\text{g/m}^3\text{d}$),

Assimilation = CO₂'nin bitkilerle asimile edilmesi (g/m³d),

Washout = Sucul ortama akışa bağlı olarak meydana gelen kayıp (g/m³d),

CO₂AtmosExch = Atmosferdeki CO₂'nin suya geçişi (g/m³d),

TurbDiff = Turbilant difüzyonuna bağlı olarak epilimnion ve hipelimnion arasındaki transfer (g/m³d),

CO₂Biomass = Organik maddenin CO₂'ye dönüşüm oranı (0,526)

Decomposition = Verilen organik maddenin ayrışma hızı(g/m³d),

Photosynthesis = Fotosentez hızı (g/m³d),

UptakeCO₂ = CO₂ için fotosentetik oran (birimsiz 0,53) olarak ifade edilmektedir.

4.3.4.6 İnorganik Sediman

İnorganik Sediman sucul ortam için doğal ve karmaşık fonksiyonlar açısından önemlidir. Suda bulunan askıda katı maddeler, ışık sönmülmesi yapmakta ve fotosentez olayı meydana gelmemektedir. Sedimanda bulunan inorganik maddeler toksik maddeleri geçici ve kalıcı olarak aktif ekosistemden sedimanın derinlerine doğru taşınması söz konusudur. Bu durum zooplanktonlar ve perihaptonlar için ters etki meydana getirmektedir. Bütün bu prosesler Aquatoxda tanımlanmıştır.

$$MassBed_{sed} = MassBed_{sed,t} + (Deposit_{sed} - Scour_{sed}) * Volume_{water}$$

MassBedSed = Su yatağındaki sedimanın kütlesi (kg),

MassBedSed,t = Bir önceki kanal yatağında sedimanın kütlesi (kg),

DepositSed = Askıda katı maddelerin birikinti yapması çökmesi (kg/m³),

ScourSed = Kum ve kil gibi askıda katı maddelerin miktarı (kg/m³)

olarak ifade edilmektedir.

4.3.4.7 Toksik Organik Kimyasallar

Aquatoxda su, sediman ve biyota arasında ayrışmakta olan kimyasalları ve ayrışma hızları tahmin edilmektedir. Mikrobiyal ayrışma, biyo-transformasyon, fotoliz, hidroliz ve uçucular ayrıca AQUATOX da modellenmektedir.

Dengede olamayan konsantrasyonlar kinetik denklemlerle temsil edilmektedirler. Bunlar aynı zamanda içte tutma salıverme, kimyasalların fonksiyonlarının elimine edilmesi suya doğru maruz kalma ve organizmaların biyoenerji kazanımı da dahil yiyeceklerin fonksiyonuna bağlıdır. Tüm bunlar Aquatoxda modellenmiştir.

Mikrobiyal ayrışma özellikle giren organik toksikantların maksimum biyodegrasyon hızı ile olmaktadır. Bunlar çözülmüş oksijen, sıcaklık ve pH ın alt optimal şartlarında vukuu bulmaktadırlar. Fotoliz, ışık bölme faktörü ile modellenmektedir. Buharlaşıma durgun iki film arasında hava ve su transfer hızı ile olmakta ve oksijenin tekrar suya girişine ve havalandırma hızına bağlı olmaktadır.

Kütle balans dengesi aşağıda denklemlerde verilmiştir. Sayısal olarak verilen bütün toksikantlar g/L ye rahatlıkla dönüştürülmektedir. Toksik maddelerin su içerisinde kütle değişimi sedimandan suya geçiş, sorpsiyon desorpsiyon ve sedimandaki organik bileşenlerinin ayrışması neticesinde suya geçiş makro bitkiler ve algler tarafından alım ve difüzyon neticesinde değişmektedir.

$$\begin{aligned} \frac{dToxicant_{Water}}{dt} = & Loading + \sum_{LabileDetr} Decomposition_{LabileDetr} * PPB_{LabileDetr} * 1e^{-6} \\ & + \sum Desorption_{DetrTox} + \sum Depuration_{Org} - \sum Sorption_{DetrTox} \\ & - \sum GillUptake - Macrouptake - \sum AlgalUptake_{Alga} \\ & - Hydrolysis - Photolysis - MicrobialDegrn + Volatilization \\ & - Discharge + Biotransform_{MicrobIn} + -TurbDiff \end{aligned}$$

Toksik maddeler için denklemler; iki kademedeki organik sedimanlarla örnek olarak direkt olmayan karışım, sorpsiyon ve durulama ile ilişkilidir. Ancak organik sediman fotolizi içermemektedir. Dolayısıyla askıda olamayan inorganik sediman modellenmemiştir.

$$\begin{aligned} \frac{dToxicant_{SedLabileDetr}}{dt} = & Sorption - Desorption + Colonization * PPB_{SedRefrDetr} * 1e^{-6} \\ & + \sum_{Pred} \sum_{Prey} Def2SedLabile * DefecationTox_{Pred,Prey} \\ & - (Resuspension + Scour + Decomposition) * PPB_{SedLabileDetr} * 1e^{-6} \\ & - \sum_{Pred} Ingestion_{Pred,SedLabileDetr} * PPB_{SedLabileDetr} * 1e^{-6} \quad (200) \\ & + (Sedimentation + Deposition) * PPB_{SedLabileDetr} * 1e^{-6} \\ & + \sum Sed2Detr * Sink_{Phyto} * PPB_{Phyto} * 1e^{-6} \\ & - Hydrolysis - MicrobialDegrn - Burial + Expose + -Biotransform_{Microbial} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{d\text{Toxicant}_{\text{Susp Re frDetr}}}{dt} = & \text{Loading} + \text{Sorption} - \text{Desorption} \\ & + \sum_{\text{Org}} \left(\text{Mort2Re} f * \text{Mortality}_{\text{Org}} * \text{PPB}_{\text{Org}} * 1e^{-6} \right) \\ & (\text{Sedimentation} + \text{Deposition} + \text{Washout} + \text{Colonization} \\ & + \text{Biotransform}_{\text{Microbial}} + \sum_{\text{Pred}} \text{Ingestion}_{\text{Susp Re frDetr}}) * \text{PPB}_{\text{Susp Re frDetr}} * 1e^{-6} \\ & + (\text{Resuspension} + \text{Scour}) * \text{PPB}_{\text{Sed Re frDetr}} * 1e^{-6} + \text{SedToHyp} - \text{Hydrolysis} \\ & \text{Photolysis} - \text{Microbial degradation} + \text{TurbDiff} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{d\text{Toxicant}_{\text{DissLabileDetr}}}{dt} = & \text{Loading} + \text{Sorption} - \text{Desorption} + \sum \text{ExcrToxToDiss}_{\text{org}} \\ & + \sum_{\text{Org}} \left(\text{Mort2Detr} * \text{Mortality}_{\text{Org}} * \text{PPB}_{\text{Org}} * 1e^{-6} \right) \\ & - (\text{Washout} + \text{Decomposition}) * \text{PPB}_{\text{DissLabileDetr}} * 1e^{-6} \\ & + \text{Biotransform}_{\text{Microbial}} - \text{Hydrolysis} - \text{Photolysis} - \text{Microbial degradation} + \text{TurbDiff} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{d\text{Toxicant}_{\text{Diss Re frDetr}}}{dt} = & \text{Loading} + \text{Sorption} - \text{Desorption} + \sum \text{ExcrToxToDiss}_{\text{Org}} \\ & + \sum_{\text{Org}} (\text{Mort2Detr} * \text{Mortality}_{\text{org}} * \text{PPB}_{\text{Org}} * 1e^{-6}) \\ & - (\text{Washout} + \text{Colonization}) * \text{PPB}_{\text{Diss Re frDetr}} * 1e^{-6} \\ & + \text{Biotransform}_{\text{Microbial}} - \text{Hydrolysis} - \text{Photolysis} - \text{MicrobialDegradation} + \text{TurbDiff} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{d\text{Toxicant}_{\text{Sed Re frDetr}}}{dt} = & \text{Sorption} - \text{Desorption} \\ & + \sum_{\text{Pred}} \sum_{\text{Prey}} \left(-\text{DefSedLabile} \right) * \text{DefectionTox}_{\text{Pred Prey}} \\ & - (\text{Resuspension} + \text{Scour} + \text{Colonization}) * \text{PPB}_{\text{Sed Re frDetr}} * 1e^{-6} \\ & - \sum_{\text{Pred}} \text{Ingestion}_{\text{Pred, Sed Re frDetr}} * \text{PPB}_{\text{Sed Re frDetr}} * 1e^{-6} \\ & + (\text{Sedimentation} + \text{Deposition}) * \text{PPB}_{\text{Susp Re frDetr}} * 1e^{-6} \\ & + \sum \left(\text{Sed2Detr} * \text{Sink}_{\text{Phyto}} * \text{PPB}_{\text{Phyto}} * 1e^{-6} \right) \\ & - \text{Hydrolysis} - \text{MicrobialDegradation} - \text{Burial} + \text{Expose} + \text{Biotransform}_{\text{Microbial}} \end{aligned}$$

Bu denklemler toksik maddelerle ilgili olup, askıda ve çözünmüş organikler ve sedimanda birikenler için modellenmiş, ancak inorganik sedimanlar için modellenmemiştir.

$$\begin{aligned}
\frac{d\text{Toxicant}_{\text{SuspLabileDetr}}}{dt} = & \text{Loading} + \text{Sorption} - \text{Desorption} \\
& + \sum_{\text{Org}} \left(\text{Mort2Detr} * \text{Mortality}_{\text{Org}} + \text{GametLoss}_{\text{Org}} \right) * \text{PPB}_{\text{Org}} * 1e^{-6} \\
& - (\text{Sedimentation} + \text{Deposition} + \text{Washout} + \text{Decomposition} \\
& + \sum_{\text{Pred}} \text{Ingestion}_{\text{Pred,SuspLabileDetr}}) * \text{PPB}_{\text{SuspLabileDetr}} * 1e^{-6} \\
& + \text{Colonization} * \text{PPB}_{\text{SuspRefrDetr}} * 1e^{-6} + -\text{Biotransform}_{\text{Microbial}} \\
& + (\text{Resuspension} + \text{Scour}) * \text{PPB}_{\text{SedLabileDetr}} * 1e^{-6} + -\text{SedToHyp} \\
& - \text{Hydrolysis} - \text{Phytolysis} - \text{MicrobialDegrn} + -\text{TurbDiff}
\end{aligned}$$

Alg aşağıdaki şekilde temsil edilmektedir.

$$\begin{aligned}
\frac{d\text{Toxicant}_{\text{Alga}}}{dt} = & \text{Loading} + \text{AlgalUptake} - \text{Depuration} + -\text{TurbDiff} \\
& - (\text{Excretion} + \text{Washout} + \sum_{\text{Pred}} \text{Predation}_{\text{Pred,Alga}} + \text{Mortality} \\
& + \text{Sink} + -\text{SinkToHypo}) * \text{PPB}_{\text{Alga}} * 1e^{-6} + -\text{Biotransform}_{\text{Alga}}
\end{aligned}$$

Makro bitkiler benzer şekilde formülize edilmekte olup, ancak durağanlık gerçekliklerinde temsil edilmektedirler.

$$\begin{aligned}
\frac{d\text{Toxicant}_{\text{Macrophyte}}}{dt} = & \text{Loading} + \text{MacroUptake} - \text{Depuration} - (\text{Excretion} \\
& + \sum_{\text{Pred}} \text{Predation}_{\text{Pred,Macro}} + \text{Mortality} + \text{Breakage}) * \text{PPB}_{\text{Macro}} * 1e^{-6} \\
& + -\text{Biotransform}_{\text{Macrophyte}}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{d\text{Toxicant}_{\text{Animal}}}{dt} = & \text{Loading} + \text{GillUptake} + \sum_{\text{Prey}} \text{DietUptake} + -\text{TurbDiff} \\
& - (\text{Depuration} + \sum_{\text{Pred}} \text{Predation}_{\text{Pred,Animal}} + \text{Mortality} + \text{Recruit} \\
& + -\text{Proration} + \text{GameteLoss} + \text{Drift} + \text{Migration} + \text{Emergence}) \\
& * \text{PPB}_{\text{animal}} * 1e^{-6} + -\text{Biotransform}_{\text{Animal}}
\end{aligned}$$

Sucul canlı organizmalar ilişkili olan kinetik denklemlerle temsil edilirler. Çünkü transfer ve maruz kalmaları çeşitli yollar ile formülize edilmektedirler.

ToxicantWater= Toksik maddelerin su içinde hacimsel birim olarak çözünmüş fazı (g/L),

ToxicantSedDetr = İki katlı sedimanın her biri ilişkili olan hacimsel su birimi olarak ifade edilen toksikant kütlesi(g/L),

ToxicantSuspDetr = İki katlı askıda organik maddelerin her biri ile ilişkili olan hacimsel su birimi olarak ifade edilen toksikant kütlesi(g/L),

ToxicantDissDetr = İki katlı çözünmüş organik maddelerin her biri ile ilişkili olan hacimsel su birimi olarak ifade edilen toksikant kütlesi(g/L),

ToxicantAlga = Toksikant kütlesi ile ilişkili olan birim hacimde su için verilen alg (g/L),

ToxicantMacrophyte = Toksikant kütlesi ile ilişkili olan birim hacimde su için verilen makro bitkiler (g/L),

ToxicantAnimal = Toksikant kütlesi ile ilişkili olan birim hacimde su için verilen sucul hayvanlar (g/L),

PPBSedDetr = Sediman içerisindeki organik maddelerin konsantrasyonu (g/kg),

PPBSuspDetr = Askıdaki organik maddeler içinde toksik maddelerin konsantrasyonu(g/kg),

PPBDissDetr = Çözölmüş organik maddelerin içinde bulunan toksik maddeler (g/kg),

PPBAlga = Alg içinde bulunan toksik maddelerin konsantrasyonu (g/kg),

PPBMacrophyte = Makro bitkiler içinde toksik maddelerin konsantrasyonu (g/kg),

PPBAnimal = Canlı organizmalar için toksik maddelerin konsantrasyonu (g/kg),

1 e -6 = Birim dönüşümü (kg/mg),

Loading = Dışsal kaynaklı toksikantların yüklenmesi (g/L d),

TurbDiff = Epilimnion ve hipelimnion arasında ortalama turbölans katsayısı (g/L d),

Hydrolysis = Hidrolize bağılı olan kayıp hızı (g/L d),

BiotransformMicrobial = Mikrobiyal ayrışmaya bağılı olarak biyotransferin veya organik maddelerin kısımları (g/L d),

BiotransformOrg = Verilen organizmaların içinde organik maddeler veya biyotransfarmasyon (g/L d);

Photolysis = Direkt fotolize bağılı olarak kayıp hızı (g/L d),

MicrobialDegrdrn = Mikrobiyal ayrışmaya bağılı olarak kayıp hızı (g/L d),

Volatilization = Buharlaşmaya bağılı olarak kayıp hızı (g/L d),

Discharge = Akışa bağılı olarak kayıp hızı (g/L d),

Burial = Derinlere gömülmeye bağlı olarak kayıp hızı (g/L d)

Expose = Askıda olmayan katı maddelerin sedimana yayılmasına bağlı olarak maruz hızı (g/L d),

Decomposition = Verilen organik maddelerin ayrışma hızı (mg/L d),

Depuration = Temizlemeye bağlı olarak toksikantların eliminasyon hızı (g/L d),

Sorption = Verilen bölmelerde sorpsiyon hızı (g/L d),

Colonization = Kararsız değişken organik maddelerin dönüşüm hızı (g/L d),

DefecationToxPred, Prey = Avcı ve yırtıcı organizmaların verilen boşaltımlarına bağlı olarak transfer hızı (g/L d),

Def2SedLabile = Sedimana doğru organik maddelerin boşaltımlarının fraksiyonu

Resuspension = Sedimentta bulunan organik maddelerin resüspansiyon hızı (mg/L d)

Scour = Sedimentta organik maddelerin resüspansiyon hızı (mg/L d)

Sedimentation = Sediment organik maddelerin sedimantasyon hızı (mg/L d),

Deposition = Askıda organik maddelerin sedimantasyon hızı (mg/L d),

Sed2Detr = Organik bölümlerde verilen fitoplanktonun batma fraksiyonu

Sink = Alt sedimanın fitoplankton kayıp hızı (mg/L d),

MortalityOrg = Organizmalar içinde verilen yırtıcı olmayan hayvanların ölümü (mg/L d),

Mort2Detr = Kararsızlık içerisinde organizmaların ölüm fraksiyonu;

GameteLoss = Gametler için kayıp hızı (g/m³d),

Mort2Ref = Ayrışmaya dirençli organizmaların ölüm fraksiyonu;

Washout or Drift = Akış ile taşınımına bağlı olarak organizma veya askıda organik maddelerin kayıp hızı (g/m³d),

SedToHyp = Epilimniondan hipelimniona doğru kayıp hızı(mg/Ld),

IngestionPred, Prey = Yırtıcı sucul organizmaların veya verilen yiyeceklerin sindirim hızı

PredationPred, Prey = Yırtıcı ve avcı sucul hayvanların ölümü (mg/L d),

ExcToxToDissOrg = Çözünmüş organik maddelerin toksikantları boşaltması (mg/Ld);

Excretion = Bitkiler için boşaltım hızı (g/m³d),

SinkToHypo = Fitoplanktonların hypelimmiona transfer hızı (mg/L d).

AlgalUptake = Alg'in sorpsiyon hızı (g/L - d),

MacroUptake = Makrobitkilerin sorpsiyon hızı (g/L - d),

GillUptake = Sucul hayvanların solunum organlarının absorpsiyon hızı (g/L - d),

DietUptakePrey = Avcı hayvanların toksik maddeleri diyetssel absorplama hızı(g/L - d),

Recruit = Sucul hayvan yumurtalarından biomass kazanımı(g/m³d),

Promotion = Bir yaştan gelecek yaşa yükseltgenme (g/m³d),

Migration = Göçme hızı (g/m³d),

EmergeInsect = Böceklerin ortaya çıkışı (mg/Ld) olarak ifade edilmektedir.

Organik asitlerin ayrışması sucul ortamın çevresel özelliklerine önemli ölçüde bağlıdır. Özellikle çözülebilirlik, uçuculuk, fotoliz, sorpsiyon ve biyokonsantrasyondan etkilenmektedir. Aquatoxda iyonizasyon ürünleri tahminlerde veya doğal ürünlere taşınimleri göz önüne alınmıştır. Asit ayrışma sabiti negatif log pKa olarak ifade edilmektedir;

$$Nondissoc = \frac{1}{1 + 10^{(H - pKa)}}$$

Nondissoc= Ayrışmayan kısımlar,

pKa= Bileşiklerin yarı iyonize olmuş pH sabiti bileşiklerin pKa sabiti 4 ile 9 arasında değişmektedir.

Hidroliz, bileşiklerin su içinde reaksiyona girerek ayrışması olayıdır. Hidroliz boyunca hem kirleticiler, su molekülleri ayrılmakta ve ayrılan su molokülleri (H⁺ ve OH⁻) ile kirletici molekülleri yeni kimyasal yapı ortaya çıkarmaktadır. Doğal ve asit kataliz hidrolizi aşağıdaki şekilde modellenmiştir.

$$Hydrolysis = KHyd * Toxicant_{phase}$$

$$KHyd = (K_{AcidExp} + K_{baseExp} + K_{Uncat}) * Arrhen$$

KHyd = pH ve sıcaklık için verilen birinci sıra hız sabiti (1/d),

KAcidExp = pH sabiti için verilen asid katalitiz hız sabiti (1/d),

KBaseExp = pH sabiti için verilen baz katalitiz hız sabiti (1/d),

KUncat = pH 7’de ölçülen birinci sıra hız sabiti

Arrhen = Sıcaklık ayarlaması olarak ifade edilmektedir.

Direkt fotoliz bileşiklerin ışık altında ve transformasyonda bileşikleri ayrıştırması prosesidir.

$$Photolysis = KPhot * Toxicant_{Phase}$$

Burada;

Photolysis = Foto ayrışmaya bağlı olarak kayıp hızı(g/L d);

KPhot = Direkt fotolizin birinci sıra sabit hızı (1/gün)

Olarak ifade edilmektedir.

Mikroorganizmalar yalnızca organik maddeleri değil aynı zamanda ekosistem içinde petrol türevleri, çözücüler ve pestisitleride enerji kazanmak için ayrıştırırlar. Aquatoxda ayrışan kirleticiler sucul ortamda veya organik maddeler içinde veya sedimanda birikmesine bakılmaksızın modellenmektedir.

$$MicrobialDegrn = KMDegrn_{Phase} * DOCorrection * TCorr * pHCorr * Toxicant_{Phase}$$

MicrobialDegrn = Mikrobiyal ayrışmaya bağlı olarak meydana gelen kayıp (g/m3"d);

KMDegrn = Sucul ortamda veya sedimanda maksimum ayrışma hızı (1/gün);

DOCorrection = Anaerobik şartların etkisi (birimsiz)

TCorr = Optimum sıcaklıktan daha az olan sıcaklığın etkisi

pHCorr = Optimum pH’ın etkisi

Toxicant = Organik toksiklerin etkisi (g/m3).

Maddeler, sediman yüzeyinde bulunduğu zaman sucul ortamda bulunmasından çok daha hızlı bir şekilde ayrışmaktadır. Hatta yaklaşık dört defa daha hızlı bir şekilde ayrışmaktadırlar.

Buharlaşma iki film modelinin yani kirletici moleküllerinin hava ve su tabakası arasında madde alışverişine dayanmaktadır. Kirleticilerin difüzyon hızı durgun sınır tabakada kimyasalların oksijen ve su buharı gibi bilinen difüzyon hızları ile ilişkilidir. Aquatoxda transfer hızı aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

$$KLiq = K Re aer * Thick \left(\frac{MolWtO2}{MolWt} \right)^{0.25} * \frac{1}{Nondissoc}$$

KLiq = Su tarafına transfer hızı (m/d),

KReaer = Oksijen için derinliğe bağılı olarak ortalama havalandırma katsayısı (1/d),

Thick = Ortalama tabakalaşma (m)

MolWtO2 = Oksijenin moloküler ağırlığı (g/mol =32),

MolWt = Kirleticilerin molokül ağırlığı (g/mol),

Nondissoc = Bölünmemiş fraksiyon

olarak ifade edilmektedir.

Havaya transfer hızı da aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır;

$$KGas = 168 * \left(\frac{MolWtO2}{MolWt} \right)^{0.25} * Wind * 0.5$$

Burada;

KGas = Hava tarafı transfer hızı (m/d);

Wind = Su yüzeyinden 10 metre yükseklikteki rüzgar hızı

0.5 = Dönüşüm faktörü

MolWtH2O = Suyun moloküler ağırlığı (g/mol =18)

olarak ifade edilmektedir.

Kirleticilerin atmosfer ile sudaki değışimi derinlikle toplam ortalama kütle transfer katsayısının sudaki konsantrasyonu ve doaygunluk konsantrasyonunun farkının çarpımı ile ifade edilmektedir.

$$Volatilization = \frac{KOVol}{Thick} * ToxSat - Toxicant_{Water}$$

Burada;

Volatilization = Atmosfer ile değişim (g/L d),

Thick = Su derinliği veya yüzey suyun kalınlığı (m),

ToxSat = Gaz fazında kirleticilerin denge konsantrasyonu (g/L),

Toxicantwater = Suda kirleticilerin konsantrasyonu (g/L).

KOVol = Her iki durgunluk tabakası boyunca toplam kütle transfer katsayısı (m/d)

olarak ifade edilmektedir.

Toplam kütle transfer katsayısı (havadan suya geçiş) aşağıdaki gibi formülüne edilmiştir;

$$\frac{1}{KOVol} = \frac{1}{KLiq} + \frac{1}{KGas * HenryLaw * Nondissoc}$$

$$HenryLaw = \frac{Henry}{R * TKelvin}$$

Burada;

HenryLaw = Henry kanunu sabiti (birimsiz)

Henry = Henry kanunu sabiti (atm m³ mol⁻¹),

R = Gaz sabiti (=8.206E-5 atm m³ (mol K)⁻¹),

TKelvin = Kelvin sıcaklığı olarak ifade edilmektedir.

4.3.4.8 Bölünme Katsayıları

AQUATOX'da kinetik model katsayılarının olmasına rağmen organik kirleticilerin, alglerin ve organik maddelerin konsantrasyonlarının, yüzeyde ve/veya içte tutulmasından dolayı hesaplanması gerekmektedir.

Doğal organik maddeler organik kirleticileri alma konusunda birincil maddelerdir. Hidrofobik ve ayrışmaya dirençli organik maddelerin bölünme katsayısı aşağıdaki gibidir;

$$KOM_{Re\ frDetr} = 1.38 * KOW^{0.82}$$

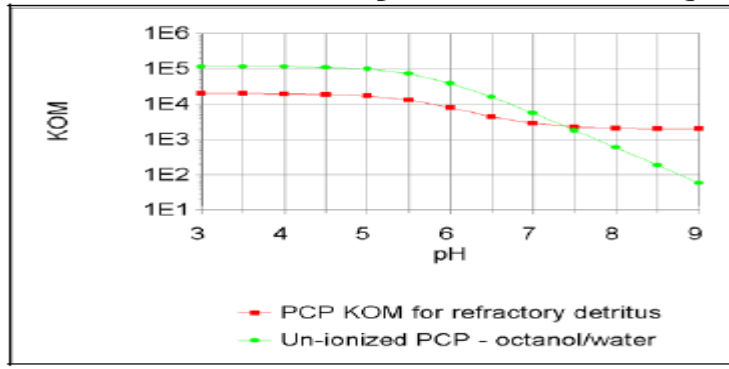
Burada;

KOMRefrDetr = Organik madde su bölünme katsayısı (L/kg),

KOW= Oktonal su bölünme katsayısı (L/kg)

olarak ifade edilmektedir.

Misal olarak pentakloro fenol için KOM ile pH ilişkisi Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10 Pentaklorofenol için KOM ile pH arasındaki ilişki

Toksik maddelerin Alg içinde birikimi çözülebilirliğe, bileşiklerin hidrofobitesi ve moloküler konfigürasyonun büyüme hızına, yüzey alanı ve tipine, lipidlerin tipine ve içeriğine bağlıdır. Aquatoxda bölünme faktörü olarak biyolojik konsantrasyon yerine biyolojik birikme faktörü kullanılmaktadır.

Toksik maddelerin alg için bölünme katsayısı;

$$\text{Log}(BAF_{\text{Alga}}) = 0.41 * 0.91 * \text{LogKOW}$$

BAF_{Alga} = Su ve alg arasında bölünme katsayısı olarak ifade edilmektedir.

Makrobitkiler için ampirik ilişkiler Gobas tarafından geliştirilmiştir. 9 Kimyasal parametre için bölünme katsayısı olan LogKOW 4-8,3 arasında değişmiştir.

$$\text{Log}(KB_{\text{Macro}}) = 0.98 * \text{LogKOW} - 2.24$$

Burada;

KB_{Macro} = Makrobitkiler ve su arasında bölünme katsayısı olarak ifade edilmektedir.

Omurgasızların biyokonsantrasyon faktörü için aşağıdaki ampirik formül kullanılmaktadır.

7 adet kimyasal üzerine araştırma yapılmış ve LogKOW 3.3 ile 6.2 arasında değişmiştir.

$$\text{Log}(KB_{\text{invertebrate}}) = (0.7520 * \text{LogKOW} - 0.4362) * \text{WetToDry}$$

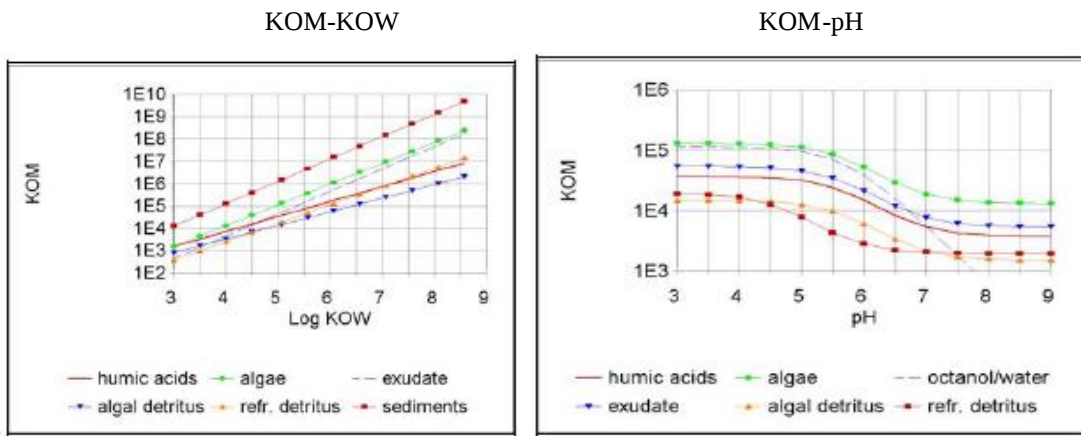
Burada;

$KB_{\text{Invertebrate}}$ = Omurgasızlar ve su arasındaki bölünme katsayısı (L/kg),

WetToDry = Islak dan kuruya dönüşüm faktörü (birimsiz varsayılan=5)

olarak verilmektedir.

Çeşitli organik maddelerin bölünme katsayıları, KOW ve PH arasındaki ilişki Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



Şekil 4.11 Çeşitli organik maddelerin bölünme katsayıları, KOW ve PH arasındaki ilişki

Balıkların su çevresinde herhangi bir kimyasalı aldığında dengeye ulaşabilmek için uzun zamanın geçmesi gerekmektedir. Bu yüzden dengede olmayan biyokonsantrasyon faktörü kullanılmaktadır. Her bir kirletici için, biyokonsantrasyon faktörü balığın lipid içeriğine ve kimyasalların hidrofobilisine bağlıdır.

$$KB_{\text{Fish}} = \text{Lipid} * \text{WetToDry} * KOW * (\text{NonDissoc} + 0.01)$$

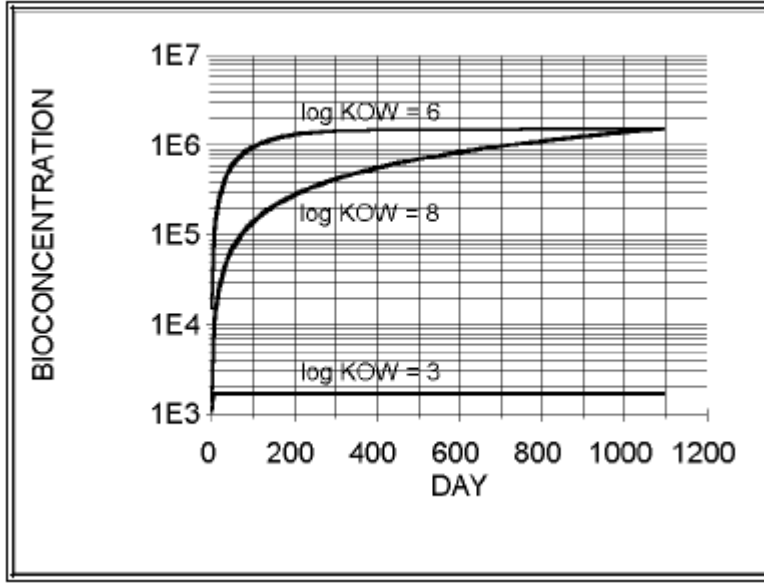
KB_{Fish} = Balık ve su arasındaki bölünme katsayısı (L/kg),

Lipid = Balık fraksiyonun lipitidesidir (g lipid/g fish),

WetToDry = Sudan kuruya dönüşüm faktörüdür (birimsiz 5 olarak varsayılır)

olarak ifade edilmektedir.

Balık için biokonsantrasyon faktörü zamanın fonksiyonu ve logKOW Şekil 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4.12 Balık için biyokonsantrasyon faktörü zamanın fonksiyonu ve logKOW

4.3.4.9 Biyolojik Birikim

Makrobitkilerin oktanol su bölünme katsayısı serbest kalan organik maddelerin ölçülebilirliği ve ayrışma hızı ile ilgilidir. Organik maddelerin hem sucul hem yağ fazında eliminasyonu ve alınmasının ampirik ifadesi aşağıda verilmiştir.

$$MacroUptake = k1 * Diff * Toxicant_{Water} * StVar_{Plant} * 1e - 6$$

$$Depuration_{Plant} = k2 * Toxicant_{Plant}$$

$$k2 = \frac{1}{1.58 + 0.000015 * KOW * DissocFactor}$$

$$k1 = \frac{1}{0.002 + \frac{500}{KOW * DissocFactor}}$$

$$if Nondissoc < 0.01 then DissocFactor = 0.01$$

$$else DissocFactor = Nondissoc$$

Burada;

MacroUptake = Bitkiler tarafından toksik maddelerin alınması (g/L d),

DepurationPlant= Bitkiler tarafından toksik maddelerin temizlenmesi(g/L d),

StVarPlant = Bitki tarafından verilen biomas (mg/L),

1 e -6 = Birim dönüşümü (kg/mg),

k1 = İçine alma ve yüzeyde tutma sabiti (L/kg d),

k2 = Eliminasyon hız sabiti (L/kg d),

Diff = Normalize edilmiş alım hızı

KOW=Oktonal su bölünme katsayısı

Nondissoc = Toksikantların iyonize olamayan fraksiyonu

DissocFactor = Doğal olmayan faktör Nondissoc'e dayanır.

Asit açısından bakıldığında alg çok büyük lipid içeriğine sahip (%20) ve makrobitkiler çok daha düşük lipid içeriğine sahiptir (%0.2). Bu durum toksik maddelerin eliminasyonu ve alınmasını etkilemektedir.

Hidrofobik bileşikler için iki adımlı alg biooakümülyasyon mekanizması vardır. Hızlı yüzeyde sorpsiyon 40-90, 24 saat içinde ve daha sonra lipid içerisinde sabit bir maruz kalma vardır. Alım hızlandığı zaman alg içinde yüzey alanı da artmaktadır. Bu yüzden küçük organizma içinde büyük alım vardır. Lipid içeriğinin kombinasyonu, yüzey alanı ve büyüme hızının sonuçları alg türleri içerisinde biyoakümülyasyon faktörlerini farklılaştırmaktadır. Toksikantların alım hızı sabiti su içerisinde çözünmüş gerçek konsantrasyonun bir fonksiyonudur.

$$Alg alUptake = k1 * UptakeLimit_{Alga} * Diff * ToxSate * Carrier * 1e^{-6}$$

AlgalUptake = Alg tarafından alım hızı (g/L-d),

k1 = Alım hız sabiti (g/L-d),

UptakeLimitAlga = Dengeye ulaşmada alım hız sabiti faktörü

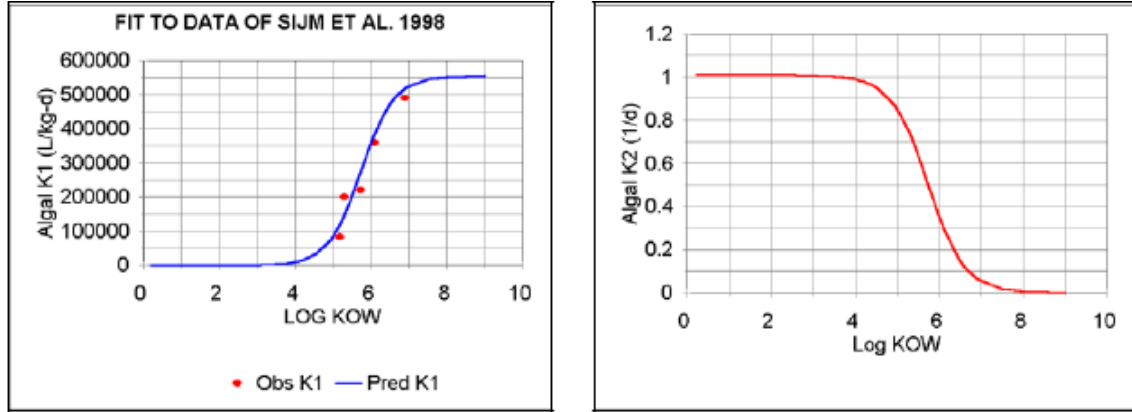
Diff = Normal olarak alım faktörü

ToxState = Çözünmüş toksik maddelerin konsantrasyonu (g/L),

Carrier = Alglerin bölüm bioması (mg/L),

1e-6 = Dönüşüm faktörü (kg/mg) ifade etmektedir.

Su-oktanol arasında bölünme katsayısı fonksiyonun alg alım hız sabiti ve alg eliminasyon hızı Şekil 4.13’de verilmiştir.



Şekil 4.13 Su-oktanol arasında bölünme katsayısı fonksiyonun alg alım hız sabiti ve alg eliminasyon hızı

Sucul canlı organizmalar yiyecekleri ve solungaçları vasıtasıyla organik toksik kimyasalları almaktadırlar. Bundan dolayı da biyoakümülayon ve biyokonsantrasyon faktörü sucul organizmalar için önem kazanmaktadır.

Sucul organizmalarda, solungaçlar vasıtasıyla toksik maddelerin alımı en önemli etki meydana getirmektedir. Biyokonsantrasyon miktarı genellikle balık deneyiyle ölçülmektedir. Toksik maddelerin solungaçlardan alımı oksijen alımına benzerdir. Toksik maddelerin alımı hızı aşağıdaki gibi formüle edilmektedir;

$$GillUptake = KUptake * Toxicant_{Water} * Diff$$

$$KUptake = \frac{WeffTox * Respiration * O2Biomass}{Oxygen * WeffO2}$$

GillUptake = Solungaçlar vasıtasıyla toksikantların alımı (g/L - d),

KUptake = Alım hızı (g/L - d),

Toxicant_{Water} = Toksik maddelerin konsantrasyonu (g/L),

Diff = Bütün yarışma alım hızına bağlı olarak normalize edilmiş hız sabiti

WeffTox = Solungaçlar tarafından alınan toksikant çekim verimi (birimsiz)

Respiration = Solunum hızı (mg biomass/L d),

$O_2Biomass = \text{Organik maddelerde oksijen oranı (mg oksijen/ mg biomas 0.575)}$

$Oxygen = \text{Çöünmüş oksijen konsantrasyonu (mg oksijen/L)}$

$WEffO_2 = \text{Oksijen çekim verimi (genellikle 0.62) olarak ifade edilmektedir.}$

Biyotransferde toksik maddeler diğer toksik ve zararlı maddelere değişik yollarla dönüşmektedirler. Aquatoxda biyotransfer aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır;

$$Biotransformation = Toxicant_{Organism} * BiorateConst_{Organism,tox}$$

Burada;

$Biotransformation = \text{Organizmalar tarafından verilen kimyasalların dönüşüm oranı (g/Ld),}$

$BioRateConst = \text{Toksikantların biyotransformasyon hız sabiti kullanıcılar tarafından sağlanır. (1/gün) olarak ifade edilmektedir.}$

4.3.5 Ekotoksikoloji

Birçok modelden farklı olarak Aquatox bir alt ekotoksikoloji modeli içererek organizma içerisinde verilen kronik ve akut toksik etkilerini incelemekte, ancak kritik vücut kalıntıları yaklaşımları kullanılmaktadır. Çünkü model suda ve hücrelerde birikimin bir sonucu olarak içsel konsantrasyonlara dayalı simülasyon yapmaktadır. Dahası Aquatox sucul ortamlarda bitki kaybını, predationların azalımı ve anoksik ayrışmalar neticesinde balık ölümleri gibi indirekt etkileri de modellemektedir.

Kullanıcılar tarafından sağlanan LC50, su içerisinde toksikantların %50 öldürebilirliğini ifade etmekte olup, her günkü akut toksite vasıtasıyla organizmada kaybolan biomasın tahminine yol açan hesaplama sıklığıdır. Bu sıklık aşağıda verilmektedir;

- Verilen maruz kalım periyodu için %50 ölüme sebebiyet veren içsel konsantrasyon;
- Asimptotik konsantrasyon cevap ilişkisine bağlı olarak sonsuz zaman periyodundan sonra %50 ölüme sebebiyet veren içsel konsantrasyon;
- Değişik zamanla bir kimyasalın öldürücü içsel konsantrasyonu;
- Verilen bir içsel konsantrasyon için kümülatif ölüm;
- Günlük kümülatif ölüm artışına bağlı olarak biomasda meydana gelen kayıptır.

AQUATOX yaklaşık yirmi adet organik kimyasalları aynı anda modellemektedir. Basit bir varsayım ile toksik etkiler ilave edilmektedir.

4.3.5.1 Bileşiklerin Akut Toksikitesi

Toksitite spesifik organizmaların toksititesinin içsel konsantrasyonuna dayanmaktadır. Birçok bileşikler özellikle yüksek derecede ayrışması zor olanlar, oktonal bölünme katsayıları zamanla dokularda kayda değer bir biçimde toplanmaktadır. Bu yüzden maruz kalma uzunluğu toksitite karar verme sürecinde kritik rol oynamaktadır. Aquatox şu anda civayı modellememesine rağmen, civa birçok araştırmada mevcutta bulunabilirliği açısından tartışılmaktadır. Organik toksikantlara uygulanan aynı prensipler hem bitkilere ve hem de sucul organizmalara uygulanmaktadır.

$$InternalLC50 = BCF * LC50$$

Burada;

InternalLC50 = Maruz kalınan periyotta %50 ölüm sebebiyet veren içsel konsantrasyon. (g/kg);

BCF = Zamandan bağımsız biyokonsantrasyon faktörü (L/kg),

LC50 = Maruz kalınan periyotta %50 ölüm sebebiyet veren su içerisindeki toksikant konsantrasyonu (g/kg)

olarak ifade edilmektedir.

4.3.5.2 Kronik Toksikite

Sucul organizmalar toksik maddelerin alt seviyelerinde de dahi genellikle toksik maddelere ters reaksiyon göstermektedirler. Gerçekte akut ve kronik oranında genellikle sayısal ilişkiler kullanılmaktadır. Uygulama Faktörü (AFs), Bu modelde akut ve kronik oran bitki ve sucul organizmalara olan kronik etkileri tahmin etmek için kullanılmaktadır. Kullanıcılar uygulama faktörü(AF_s) olarak kullanılacak EC₅₀ ve LC₅₀ değerleri kullanıcılar tarafından temin edilmektedir.

$$AF_{Growth} = \frac{EC_{50}Growth}{LC_{50}}$$

Burada;

EC₅₀Growth = Sucul hayvanların büyümesini %50 oranında azaltan toksik maddelerin dışsal konsantrasyonu(g/L),

AF_{Growth} = Büyümenin kronik- akut oranı (birimsiz)

LC50 = Popölasyonların %50'sinin ölümüne neden olan dışsal toksik maddelerin konsantrasyonu

olarak ifade edilmektedir.

5. ÇALIŞMADA KULLANILAN FİZİKSEL, KİMYASAL VE BİYOLOJİK PARAMETRELER VE BU PARAMETRELERİN SEÇİLEN MODELLERE GİRİLMESİ VE İLK SİMÜLASYON NETİCELERİ

5.1 Mogan Gölünde Ölçülen Parametreler

Mogan ve Eymir Gölleri ve Gölleri Besleyen Su Kaynaklarının kirlilik kapsamlı izleme çalışması, Çevre ve Orman Bakanlığına bağlı Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı ile koordineli olarak Çevre Referans Laboratuvarınca 2001, 2002, 2004, 2005 ve 2006 yıllarında yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir.

Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı'nın çalışma alanı içinde yer alan bölge ile ilgili olarak kurum, gölün rehabilitasyonu için entegre bir koruma projesi başlatmıştır. Bu çalışma neticesinde bölgenin Su kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre kalite sınıfı belirlenerek, alınacak sonuçlar çerçevesinde Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı tarafından yapılması planlanan Mogan ve Eymir Gölleri Sulak Alan Sistemi Yönetim Planı'nın oluşturulmasında kullanılması hedeflenmiştir.

Mogan Gölü'nü besleyen derelerden 10 örnekleme noktası, göletlerden 3 ve Mogan Gölü'nden 4 her iki göle ait birer çıkış noktası olmak üzere toplam 17 örnekleme noktası seçilmiştir. Örnekleme noktalarının koordinatları Çizelge 5.1'de ve Mogan Gölü örnekleme noktaları Şekil 5.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 Örnekleme noktalarının adı ve koordinatları

Örnek no	İstasyon Adı	Koordinatlar	
1	Gölcük Dere	N39°46,303'	E032°46,407'
3	Tatlım Dere	N39°46,058'	E032°46,163'
6	Çolakpınar Dere	N39°44,288'	E032°45,196'
7	Yavrucak Dere	N39°41,687'	E032°44,520'
8	Çölova Dere	N39°41,151'	E032°46,469'
11	İkizce Gölet	N39°36,572'	E032°40,814'
12	Dikilitaş Gölet	N39°34,034'	E032°44,118'
15	Başpınar Dere	N39°40,943'	E032°49,040'
16	Kumlu Dere	N39°42,388'	E032°48,959'
19	Kepir Dere	N39°46,102'	E032°48,283'
20	Sukesen Dere	N39°47,445'	E032°48,190'
21	Mogan Çıkış	N39°47,671'	E032°48,013'
25	Kışlak Dere	N39°49,670'	E032°50,820'
MG1	Dere Giriş Mansap	N39°47,414'	E032°47,855'
MG2	Mansap	N39°47,219'	E032°47,919'
MG3	Orta	N39°46,411'	E032°47,683'
MG5	Menba	N39°45,476'	E032°47,032'



Şekil 5.1 Mogan Gölü örnekleme noktaları

Özellikle ölçülmüş tüm kimyasal parametreler mg/L dir. Aquatox, Pamolare ve WASP Modellerinde kimyasal parametreler mg/L olarak girilmektedir. Gölde biyolojik parametreler birey/m³ olarak ölçülmüştür. Bunun için biyolojik parametrelerin g/m³ (g/m²)'e dönüştürülmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada fitoplanktonların gr/m³'e dönüştürmek için Mullin vd.(1966) tarafından geliştirilen aşağıda verilen formülasyon kullanılmıştır.

$$\text{Fitoplankton (mg/L)} = ((\text{birey})/\text{mL})) * 2\text{e-}4$$

Bu formül yardımı ile Mogan Gölünde bireysel olarak ölçülen fitoplankton dataları mg/L'ye dönüştürülerek Çizelge 5.2'de gösterilmiştir.

Zooplanktonlar ve Daphinaların mg/L'ye çevrilmesi için Aquatox yazarları tarafından kullanılan aşağıda verilen formül kullanılmıştır.

$$\text{Daphina veya zooplankton (mg/L)} = 0.0006 * (\text{birey}) / 5$$

Bu formül yardımı ile Mogan Gölünde bireysel olarak ölçülen zooplankton dataları mg/L'ye dönüştürülerek Çizelge 5.3'de gösterilmiştir.

Tüm bu çalışmalar neticesinde elde edilen ve model çalışmalarında kullanılan fiziksel ve kimyasal veriler Ek 5'de gösterilmiştir.

Mogan Gölüne havzadan gelen kirlilik yükü açısından bakıldığında; güneyinde yer alan Gölovası, Yavrucak, Kumluk, Başpınar, Yağlıpınar, Kurt, Çolakpınar, Yayla dereleri, Batısında yer alan Kaldırım, Tatlım, Göçlük dereleri, doğusunda yer alan Sukesen Dereleri önemli miktarda Toplam Azot, Toplam Fosfat, Toplam çözünmüş katı madde ve sediman söz konusu göle getirmektedir. Ayrıca göl su seviyesinin kararlı olmaması gölün kararlılığını etkilemektedir. Su bitkilerinin sağlık nedeniyle gelişmeleri hızlanmaktadır(Yerli V.S vd.,2002). Yerli V.S'ye göre Mogan Gölü hipertroftiktir.

Çevre ve Orman Bakanlığına bağlı Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı ile koordineli olarak Çevre Referans Laboratuvarınca 2001, 2002, 2004, 2005 ve 2006 yılları ölçüm sonuçlarına göz önüne alınarak OECD trofik sınıflandırma katogorilerine göre değerlendirme yapıldığında, özellikle yaz aylarında Mogan Gölünün Toplam Fosfor ve Ortalama Klorfil a açısından Hipertroftik olduğu görülmektedir.

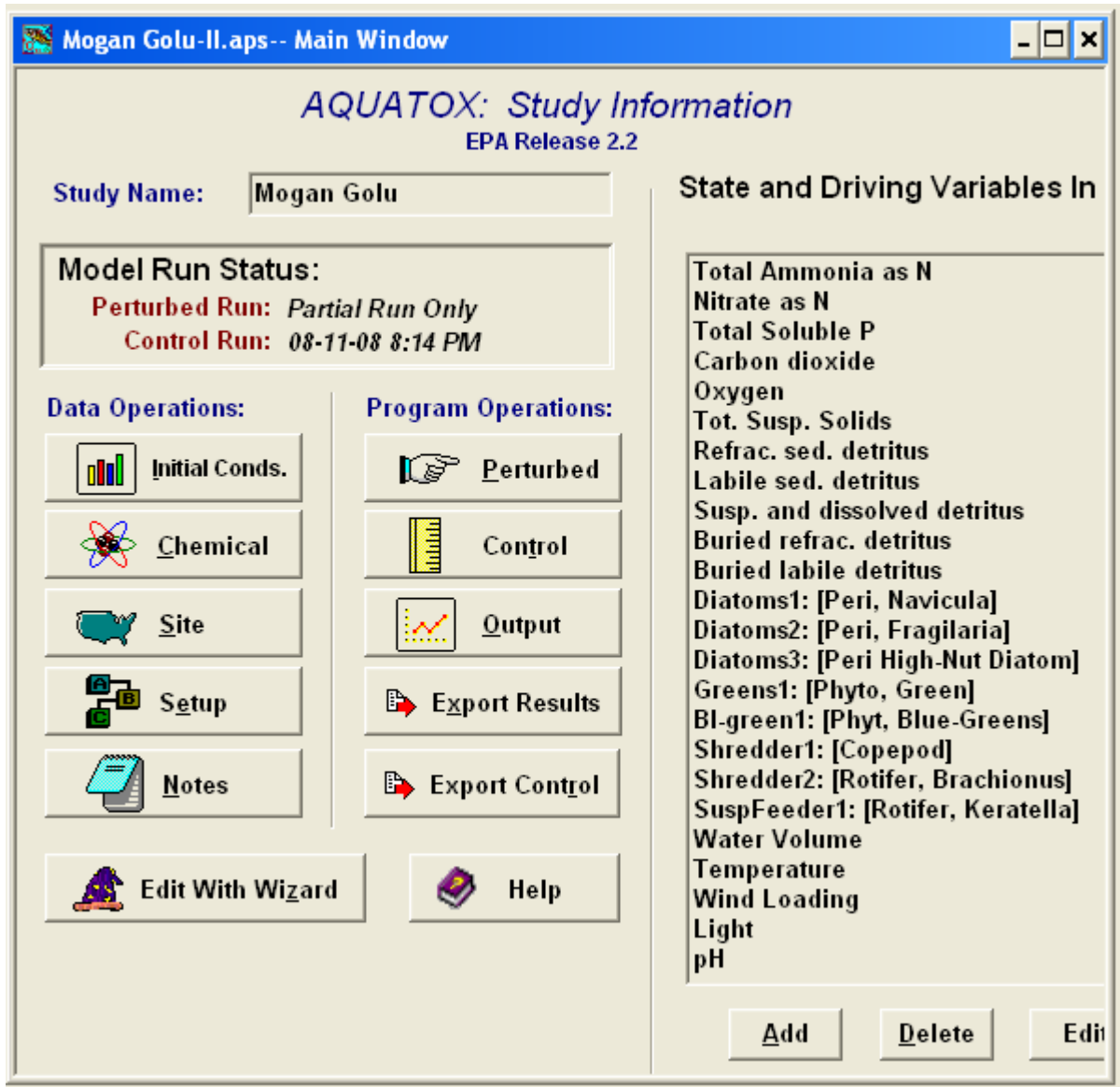
Mogan Gölüne su temini sağlayan derelere ait ölçüm sonuçları Ek 6'da verilmiştir.

Çizelge 5.3 Mogan Gölünde Ölçülen Zooplankton Dataları

Zooplanktonlar	şubat 2002	Mart 2002	Nisan 2002	Mayıs 2002	Haziran 2002	Temmuz 2002	Ağustos 2002	Eylül 2002	Ekim 2002	Kasım 2002	Aralık 2002
	mg/L	Mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Nauplius (Cladocer)	1.14	0.96	3.24	1.32	1.44	0.48	0.6	0.276	0.15	0.72	2.49
Copepodit(copepoda)	1.008	2.88	2.58	0.6	0	0.18	0	0.216	0.69	0	2.49
Arctodiaptomus (copepoda)	0.3	1.5	2.7	1.125	0.48	0.084	0.042	0	0	0	0.084
Filinia longiseta(Rotifera)	7.8	18	1.5	0	0	1.8	0.6	0.6	0.3	0.15	0.15
Lecane closterocera (Rotifera)	0	0	0	0	0.0636	0.126	2.022	1.2	1.074	0.978	0.474
Polyarthra Vulgaris(Rotifera)	0	0	1.986	0.0924	0.0852	0.3	0.9	2.586	1.2	0.096	0
Synchaeta pectinata (Rotifera)	5.358	0	0.1716	0	0	0	0	0.642	0.558	1.8	3
D.brachyurum	0	0.006	0.0168	0.1164	0.2844	0.0084	0.0684	0.0168	0.0168	0.024	0
Cyclops sp.(copepoda)	0.042	0.27	0.0744	0	0.15	0.0786	0.17076	0.1758	0.0372	0.06	0.3468

5.2 Ölçüm Datalarının Aquatox Modeline Girilmesi

Aqatax Modeline Şekil 5.2’de görülen parametreler Mogan Gölü için girdi oluşturulmuştur. Söz konusu modelde her parametre ekranında hem giriş konsantrasyonu hem de dinamik yükleme için giriş ekranları mevcuttur. Şekil 5.2 de yer alan parametrelerin 2001 yılından itibaren olmak üzere çoğunun aylık ölçüm sonuçları mevcuttur. Aşağıdaki şekilde yer alan parametreler için hem gölde hem de derlerden ölçülen ölçüm neticeleri, hem giriş konsantrasyonu hem de dinamik yükleme olarak giriş yapılmıştır. Bazı parametrelerin konsantrasyonu derelerdeki ölçüm neticelerinin ortalamasından yüksek olduğu için Mogan gölündeki ölçüm neticeleri hem giriş konsantrasyonunda hem de dinamik yüklemede kullanılmıştır.



Şekil 5.2 Mogan Gölünde ölçülüp modele girdisi olan parametreler

Şekil 5.2’de görülen Toplam Amonyum, Nitrat, Toplam Çözülebilir Fosfor ve Askıda Katı Madde parametrelerinin Mogan Gölüne dökülen derelerdeki ölçüm değerleri Mogan Gölündeki ölçüm değerlerinden çok yüksek olduğu için giriş değerleri olarak söz konusu derelerin ortalamaları alınmıştır. Organik madde yükü olarak Göldeki ölçüm değerleri derelerdeki ölçüm değerlerinden çok yüksek olduğu için derelerdeki toplam değerler güvenli tarafta kalmak için girdi olarak alınmıştır. Aylık ortalama değerlerinden herhangi biri giriş konsantrasyonu diğerleri dinamik yükleme hücrelerine girilmiştir. Bunlara örnek olarak toplam amonyum değerleri Şekil 5.3’de gösterilmiştir.

AQUATOX - Edit State Variable Data

Total Ammonia as N

Initial Condition:
 mg/L ☐ Init. Cond. is Total N

☐ Ignore All Loadings
☐ Use Constant Loading of mg/L ☐ Inflows are Tot. N
☒ Use Dynamic Loadings

Date	Loading
4/14/2002	0.3
5/14/2002	0.2
6/15/2002	1.2
7/15/2002	0.3
8/14/2002	0.2
9/14/2002	0.6
10/15/2002	0.5
11/15/2002	0.2

+ - ▲ Change

Multiply loading by **Help**

Notes:

Go to Nitrate Screen for Total N Loadings.

Loadings from Point Sources
☒ Use Const. Loading of g / d
☐ Use Dynamic Loadings ☐ PS loads are Tot. N

Date	Loading

g / d

+ - ▲ Change

Multiply loading by

Loadings from Direct Precipitation
☒ Use Const. Loading of g/m2 - d
☐ Use Dynamic Loadings

Date	Loading

g/m2 - d

+ - ▲ Change

Multiply loading by

N.P.S. ☒ **O.K.** ☐ **Cancel**

Şekil 5.3 Toplam Amonyumun Girdi Değerleri

Karbondioksit dışında diğer bütün parametreler için MG3 nolu istasyonun 2002 yılı ölçüm değerleri alınmıştır. MG3 nolu istasyon için toplam amonyum, nitrat, toplam çözülebilir fosfor ve askıda katı madde parametreleri dışındaki parametreler için Mogan Gölünde ölçülmüş değerler girdi olarak alınmıştır. Özellikle organik maddelerin ölçüm değerlerine bakıldığında bu maddenin göldeki konsantrasyonları gelen yüklerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunun nedeni her ne kadar gelen organik yüklerin sabit olmasına rağmen sedimandan suya organik madde geçişinden kaynaklandığı varsayılmaktadır.. Fitoplankton ve Zooplankton türleri için Mogan Gölündeki ölçülmüş değerler söz konusu modele girdi değerleri olarak kullanılmıştır.

Karbondioksit değeri Aquatox çalışmalarında olduğu gibi varsayılan olarak 0.7 mg/L olarak alınmıştır.

Askıda ve çözülmüş organikler Şekil 5.4'de görüldüğü gibi organik karbon olarak girilmiş olup, yukarıda da bahsedildiği gibi Mogan Gölünde MG3 istasyonun ölçüm değerleri alınmıştır. Şekil 5.4'de de görüldüğü gibi kalibrasyondan önce başlangıç olarak partiküler ve ayrışmaya ayrışmaya dirençli organik maddelerin bulunabilirliği sırasıyla % 10 ve % 90

alınmıştır.

Askıda ve çözünmüş organiklerin hesabında Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI) den yararlanılmıştır. Ayrıca Organik Karbon için aşağıdaki gibi Aquatoxda kullanılan formülasyon kullanılarak, modele girdi değeri olarak girilmesi mümkün olabilmektedir.

$$\text{Organik madde} = \text{BOI} * 0.74$$

$$\text{Organik madde} = \text{Organik Karbon} * 1.9$$

AQUATOX- Edit State Variable Data

Susp. and dissolved detritus

Initial Condition:

☐ Input is Organic Matter
☐ Input is Organic Carbon
☒ Input is Biochemical Oxygen Demand

Initial Condition: 129 mg/L dry, % Particulate: 10, % Refractory: 90

Inflow Loadings:

☐ Use Const. Conc. of 9 mg/L dry
☒ Use Dynamic Conc. of

All Loadings:

% Particulate: 10, % Refractory: 90

Multiply Inflow Loading By: 1

Date	Loading
6/15/2002	251.9
7/15/2002	223
8/14/2002	149.3
9/14/2002	92
10/15/2002	276.1
11/15/2002	193.3

mg/L dry

Loadings from Point Sources

☐ Use Const. Loading of 0 g/d
☒ Use Dynamic Loadings

Date	Loading

Loadings in Units of Organic Matter g/d

+ - Change

Multiply loading by 1

Notes:

N.P.S. O.K. Cancel

Şekil 5.4 MG 3 İstasyonunda ölçülmüş organik karbonların modele girilmesi.

Aquatoxda çamurda ayrışmaya dirençli ve ayrışabilir organiklerin ölçümü zor olduğu için bazı hesaplamalar yapmak gerekmektedir. Bunun için Aquatoxda uygulamaları olan aşağıdaki formülasyonlar kullanılmıştır.

$$L \text{ Detr Sed} = \text{foc} * \text{depth} * \text{sed dens.} * 1000 * \text{frac labile}$$

$$R \text{ Detr Sed} = \text{foc} * \text{depth} * \text{sed dens.} * 1000 * (1 - \text{frac labile})$$

Burada ;

foc = Organik madde fraksiyonu Aquatox da 0.031 alınmaktadır ve birimsizdir;

frac labile = Ayırışabilen organik maddelerin fraksiyonu Aquatox da 0.01 alınmaktadır ve birimsizdir;

depth=sedimanda ayrışma ve aktivitenin en fazla meydana geldiği ilk 10 cm'lik kısım;

sed dens= sedimanın yoğunluğu

Yukarıdaki formülasyonda kullanılması için Mogan gölü çamurunun özellikleri aşağıda verilmiştir (Dişli E, 2007).

Yoğunluk (rb) = 1.177 gr/cm³

Özgül Ağırlık Gs= 2.42 (boyutsuz)

Porozite =0.51

Özgül Tutulma = 0.47

Özgül Verim=3.37

Hidrolik İletkenlik K=2.36e-4 m/gün

L Detr Sed = 0.031*0.1*1177*1000*0.01= 36.487 g/m²,

R Detr Sed = 0.031*0.1*1177*1000*(1-0.01)= 3612 g/m² olarak hesaplanmış olup, Aquatoxda bu değerler kullanılmıştır.

Aquatoxda özellikle ötrofik göllerde sedimanda gömülü ayrışabilir ve ayrışmaya ayrışmaya dirençli organik maddeler 2 kg /m³ olarak alınmaktadır. Bu çalışmada Mogan Gölü için sedimanda gömülü ayrışabilir ve ayrışmaya ayrışmaya dirençli organik maddeler için giriş değeri olarak 2 kg/m³ olarak alınmıştır.

Şekil 5.2'de görüldüğü gibi giriş parametreleri olarak Fitoplanktonun bir türü olan diatomlar yani perihaptonlar için Mogan Gölünde ölçülen 2001 Aralık- 2002 Kasım değerleri girdi olarak modelde kullanılmıştır. Mogan gölünde Peri-Navicula, Peri-Fragilaria, Peri-Nut Diatom birim/m³ olarak ölçülmüş olup, modele girdi sağlamak için g/m²'ye çevirmek için aşağıdaki formülasyon kullanılmıştır. Ayrıca bu tür perihaptonlar yüksek derecede nütrient tüketen türlerdir.

Fitoplankton (gr/m²) = ((birey)/mL)) * 2e-4 (Mullin vd.,1966)

Şekil 5.2'de görüldüğü gibi giriş parametrelerinden biri olan fitoplanktonların diğer türleri

genelde yüzer halde bulunan yeşil algler ve mavi yeşil algler birim/m³ olarak ölçülmüş olup, modele girdi sağlamak için mg/L ye aşağıdaki formülasyon ile çevrilmiştir.

$$\text{Fitoplankton (mg/L)} = ((\text{birey})/\text{mL})) * 2\text{e-}4$$

Yine Şekil 5.2’de görüldüğü gibi zooplankton türlerinden olan shredder-copepod, shredder-Rotifer, Brachionus, Rotifer, Keratella adet/m³ olarak ölçülmüş olup, modele girdi sağlamak için mg/L ye aşağıdaki formülasyon ile çevrilerek kullanılmıştır.

$$\text{Daphina veya zooplankton (mg/L)} = 0.0006 * (\text{birey}) / 5$$

AQUATOX - Edit State Variable Data

Water Volume

Initial Condition:
1.3500E+7 cu.m

☐ Use Manning's Equation (streams only)
☐ Keep Constant at Initial Condition Level
☒ Vary given Inflow and Outflow
☐ Utilize Known Values (below)

Date	Loading

cu.m

Change

Multiply loading by 1

Help

Notes:

Inflow of Water

☐ Use Const. Loading of 5.2790E+4 cu.m / d
☒ Use Dynamic Loadings

Date	Loading
8/15/2002	3.4600e02
9/14/2002	3.4600e02
10/15/2002	1.2614e04
11/14/2002	1.9786e04
12/15/2002	3.4992e04

cu.m / d

Change

Multiply loading by 1

Discharge of Water

☐ Use Const. Loading of 1.3000E+ cu.m / d
☒ Use Dynamic Loadings

Date	Loading
8/15/2002	0.0000e00
9/14/2002	0.0000e00
10/15/2002	7.7800e02
11/14/2002	1.2100e03
12/15/2002	7.1710e03

cu.m / d

Change

Multiply loading by 1

Get Initial Condition from Site Data

O.K. Cancel

Şekil 5.5 Aquatoxa Mogan Gölü hacminin ve Göle giren ve çıkan debilerin girilmesi

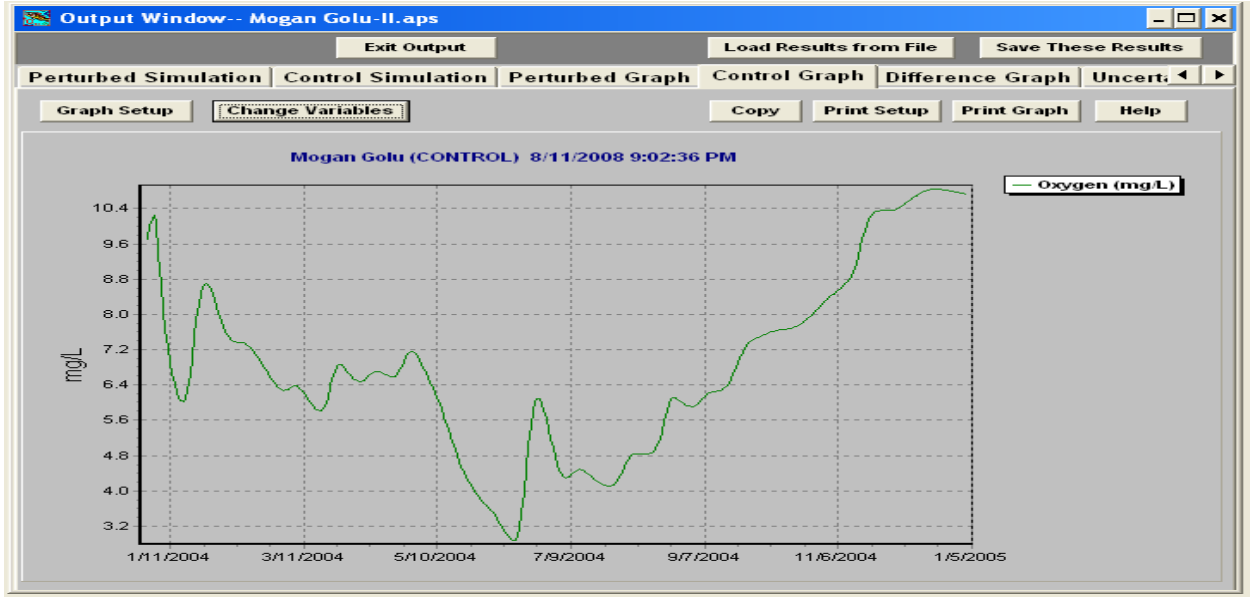
Şekil 5.5 ‘de görüldüğü gibi Mogan Gölünün hacmi 13500000 m³ olarak modele girilmiştir. Ayrıca Mogan Gölüne 2000-2003 yılları arasındaki üç yıllık giriş ve çıkış debileri m³/gün olarak girilmiştir.

Sıcaklık Parametresi girdisi olarak MG3 nolu istasyonun 2001 yılı aralık ayı ve 2002 yılı Kasım ayına kadar olan değerleri modele girilmiştir.

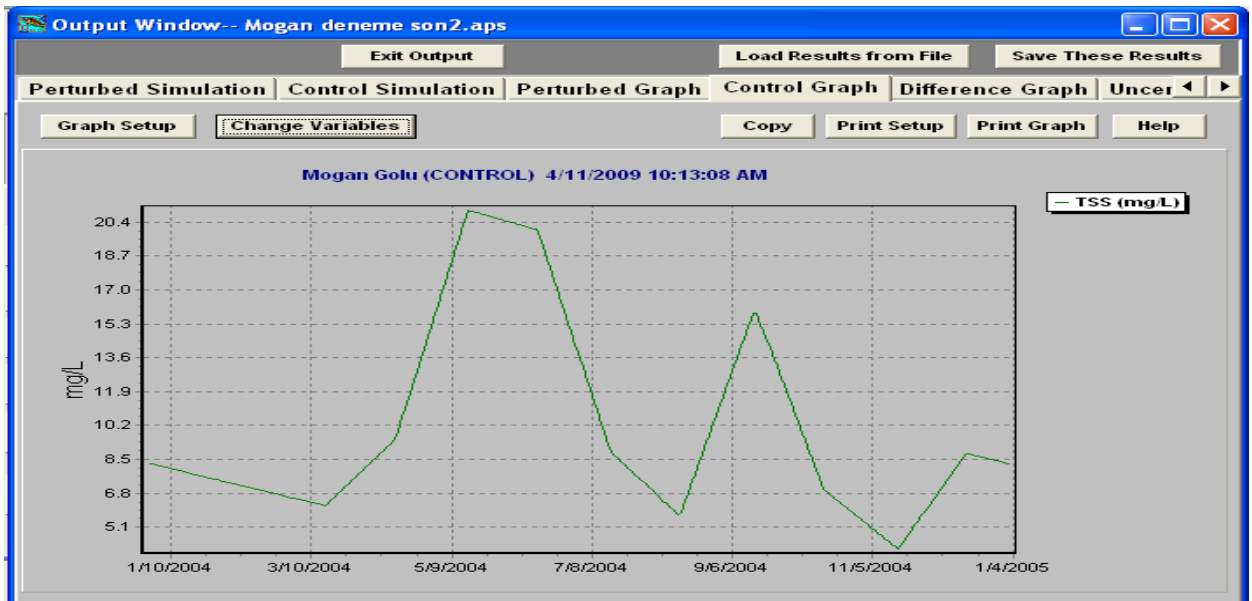
Rüzgar hızı için Gölbaşı istasyonunda ölçülen ve ortalama değeri olan 1.7 m/s modele girdi olarak kullanılmıştır.

Aquatox modeline yıllık buharlaşma girilirken iki yıllık ortalama 123.5 cm olarak ölçülmüş olup, inç'e çevrilen 48.6 değeri modelde girdi olarak kullanılmıştır.

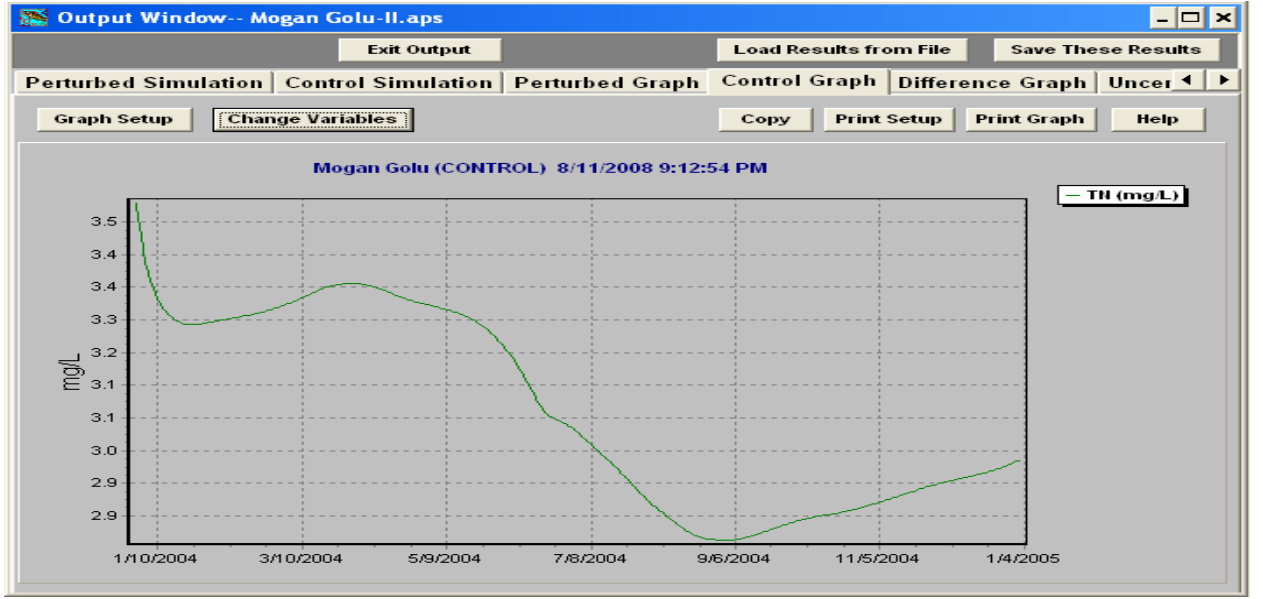
Aquatox Modelinde kalibrasyon ve verifikasyon yapılmadan önce bazı parametrelerin simülasyon grafikleri 2004-2005 yılları için Şekil 5.6-Şekil 5.11 arasında verilmiştir.



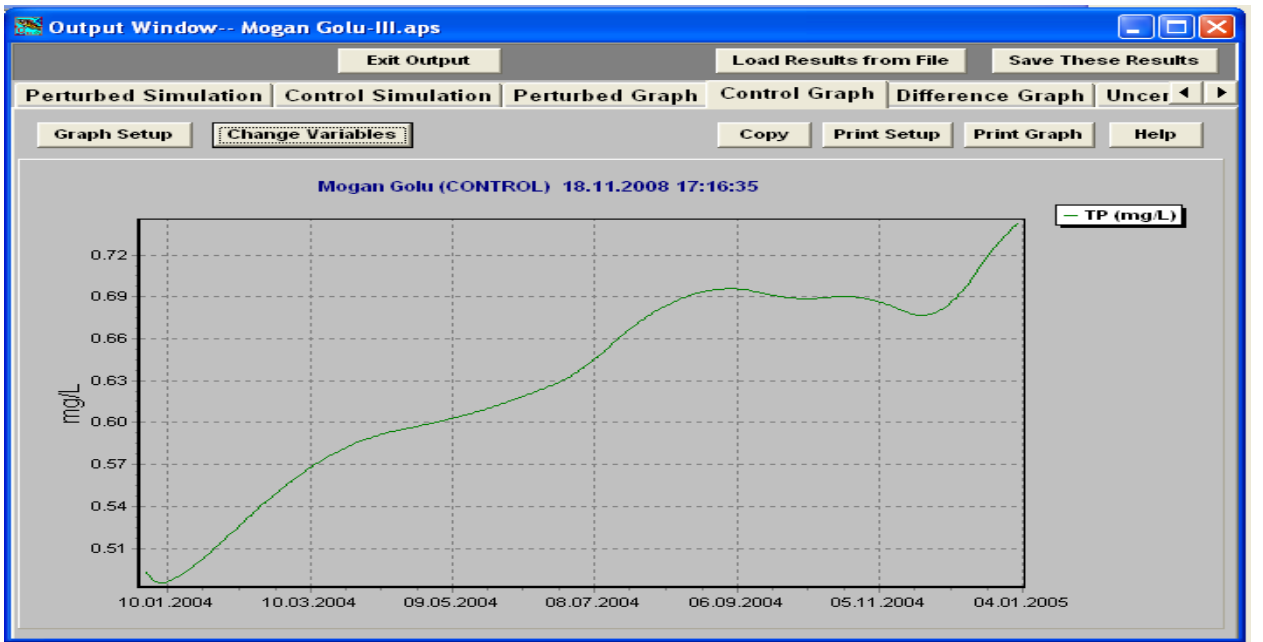
Şekil 5.6 Çözünmüş Oksijenin 2004-2005 yılı için simülasyon grafiği



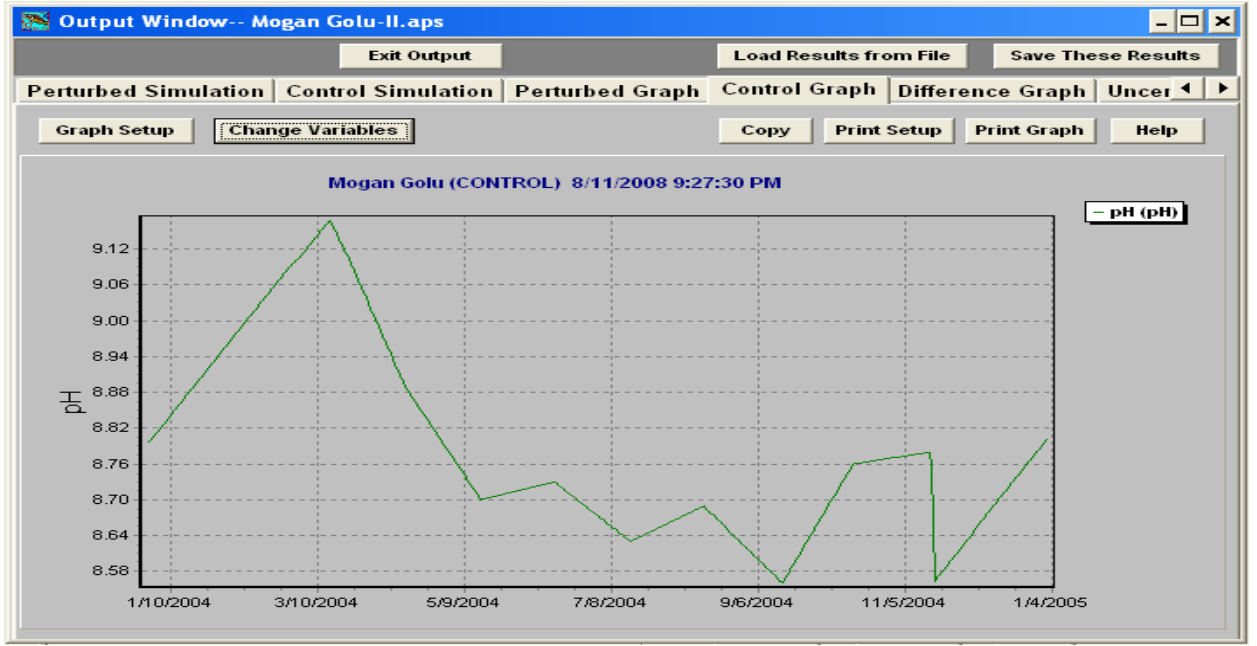
Şekil 5.7 Toplam Askıda Katı Maddenin 2004-2005 yılı için simülasyon değişimi



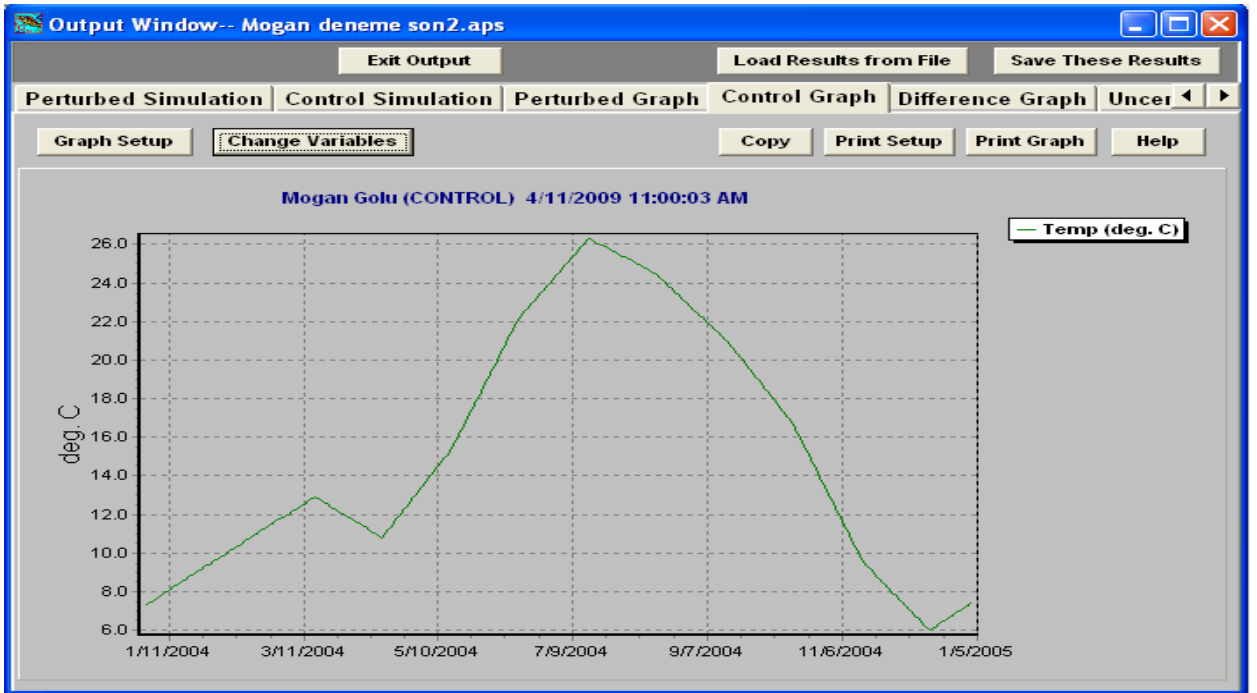
Şekil 5.8 Toplam Azotunun 2004-2005 yılı için simülasyon değişimi



Şekil 5.9 Toplam Çözülebilir Fosforunun 2004-2005 yılı için simülasyon değişimi



Şekil 5.10 pH'ın 2004-2005 yılı için simülasyon grafiği



Şekil 5.11 Sıcaklığın 2004-2005 yılı için simülasyon grafiği

5.3 Ölçüm Datalarının Pamolare Modeline Girilmesi

Pamolare Modeline verilerin girilmesi için öncelikle göl morfolojisinin sabit değişkenleri ile başlanılmıştır. Gölün uzunluğu 6 km., eni 900 m. Ortalama derinliği 3-4 m., göl alanı 5.4 km² ve hacmi 13-14 milyon m³'tür. Yağış alanı 941 km² olan göl havzasında yıllık ortalama yağış 403 mm., yıllık ortalama buharlaşma ise 1485 mm olarak ölçülmüştür. Eymir ve Mogan

Gölleri'nin toplam havzası yaklaşık 971 km² dir.

Hidrolik bekleme süresi = V/Q

$$=13500000/(11680568-7769410)$$

$$= 3.5 \text{ yıl}$$

Mogan Gölünün Hacmi = 13500000 m³

Mogan gölünün üç yıllık giriş debisi ortalaması = 11680568 m³/yıl

Mogan gölünün üç yıllık çıkış debisi ortalaması = 7769410 m³/yıl

5.3.1 Mogan Gölünün Sedimantasyon Hızı

Sedimantasyon hızı (m/yıl)=Sedimentasyon hızı (m/24hr)*NDPH

Sedimentasyon hızı (m/24hr) büyük fitoplanktonlar için 0.5 m/24 h, küçük fitoplanktonlar için 0.1 m/24h alınmaktadır.

NDHP birincil üretimin sayısı yaklaşık göstergesi olup, geniş fitoplanktonlarda 240 gün alınmaktadır.

Mogan Gölü hiperötrofik olduğu için saatlik 0.5 m/24 h, birincil üretimin yaklaşık göstergesi 240 gün alınmıştır.

Sedimantasyon hızı (m/yıl) = 0.5 m/24 h * 240

$$= 5 \text{ m/yıl}$$

Sabit olan a termoklin oluşumundan dolayı nütrient çıkışı için düzeltme faktörüdür. Mogan Gölünde tabakalaşma olmadığı için a=1 alınmaktadır.

5.3.2 Su Ortamındaki Azot ve Fosfor Konsantrasyonu

Sudaki fosfor konsantrasyonu bu modelde toplam fosfor olarak varsayılmıştır. Genellikle sudaki azot bu modelde Toplam azot olarak varsayılmış olup, aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

$$TN \text{ (mg/L)} = NO_2 \text{ (mg/L)} + NO_3 \text{ (mg/L)} + Kjeldahl \text{ N (mg/L)}$$

Sudaki toplam fosfor konsantrasyonu için 2002 yılı ölçülmüş değerlerin ortalaması olan 0.135 mg/L alınarak girdi oluşturulmuştur.

Sudaki toplam azot konsantrasyonu için 2002 yılı ölçülmüş değerlerin ortalaması olan 2.38 mg/L alınarak girdi oluşturulmuştur.

5.3.3 Sedimandaki Azot ve Fosfor Konsantrasyonu

Eğer sediman yüksek derecede organik madde içerirse kuru madde içeriğinde daha fazla azot ve fosfor bağlanmaktadır. Bu durumda mantıklı bir gösterge olarak sedimandaki fosfor ve azot değeri sırasıyla 10 gr P/m² ve 50 gr N/m² dir. Bu değerler ötrofik göller için uygun değerlerdir. Hiporotrofik göllerde bu değerler iki ile çarpılmalıdır. Oligotrofik göllerde ise 2-3 g P / m² ve 12-16 g N / m² dir. kumlu sedimantlarda ve mezotrofik veya oligotrofik arası göllerde düşük konsantrasyon 1 g P /m² and 6 g N / m² dir (Jorgenson, 2001).

Yerli V.S vd. tarafından 2002 yılında yapılan çalışmada Mogan Gölünün ötrofik olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra Çevre Referans laboratuvarı tarafından yapılan çalışmalarda makro kimyasal parametrelerin pek değişmediği görülmüştür. Dolayısıyla Mogan Gölünde sedimanın azot ve fosfor değerleri sırasıyla 50 gr N/m² ve 10 gr P/m² olarak alınmıştır.

5.3.4 Azot ve Fosfor Yükleri

Pamolare modelinde azot ve fosfor yükleri g P/m² ve g N/m² dir. Yıllık azot ve fosfor yüklerinin tahmini göl yüzey alanına bölünmesi ile bulunmaktadır.

Öncelikle Mogan Gölüne gelen derelerdeki ortalama azot ve fosfor konsantrasyonları bulunmuştur.

$$\text{Göle Gelen Ortalama Azot konsantrasyonu} = 4.2 \text{ mg/L} = 4.2 \text{ gr/m}^3$$

$$\text{Göle Gelen Ortalama Fosfor konsantrasyonu} = 0.9 \text{ mg/L} = 0.9 \text{ gr/m}^3$$

$$\text{Göle gelen yıllık ortalama debi} = 11680568 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

$$\text{Yıllık azot yükü} = 11680568 (\text{m}^3/\text{yıl}) * 4.2 \text{ gr/m}^3 = 49058385 \text{ gr/yıl}$$

$$\text{Yıllık fosfor yükü} = 11680568 (\text{m}^3/\text{yıl}) * 0.9 \text{ gr/m}^3 = 10512511 \text{ gr/yıl}$$

Göle gelen azot ve fosfor yükleri:

$$\text{Gölün yüzey alanı} = 5400000 \text{ m}^2$$

$$\text{Azot yükü} = 9.08 \text{ gr /m}^2/\text{yıl}$$

$$\text{Fosfor yükü} = 1.95 \text{ gr /m}^2/\text{yıl}$$

5.3.5 Sedimandan Azot ve Fosfor Salınımı

Sedimandaki bağıl azot ve fosfor miktarları sedimandaki azot ve fosfor profillerinden tahmin edilebilmektedir. Literatürde bağıl fosfor aralığı sedimandaki toplam fosforun %15-25 arasındadır. Bağıl Azot aralığı sedimandaki toplam azotun %10-20 arasındadır. Aynı zamanda azot, fosfordan sucul ortama geçişi, daha hızlı olmaktadır (Jorgenson 2001).

Mogan Gölünde sedimanın azot ve fosfor değerleri sırasıyla 50 gr N/m² ve 10 gr P/m² olarak alınmıştır.

$$\text{Sedimandaki bağıl fosfor konsantrasyonu} = 10 \text{ gr P/m}^2 * 0.20 = 2 \text{ gr/m}^2$$

$$\text{Sedimandaki bağıl azot konsantrasyonu} = 50 \text{ gr N/m}^2 * 0.15 = 7.5 \text{ gr/m}^2$$

$$\text{Sedimandan serbest kalan fosfor} = 8 \text{ gr P/m}^2$$

$$\text{Sedimandan serbest kalan azot} = 42.5 \text{ gr N/m}^2$$

5.3.6 Denitrifikasyon Hesabı

Pamolarde denitrifikasyon aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır

$$\text{Denit} = \text{NLoad} - 0.34 * \text{Wres}^{-0.16} * z^{0.17}$$

$$\text{Nload} = 4.2 \text{ mg/L}$$

$$\text{Wres} = 3.5 \text{ yıl}$$

$$z = 3.5 \text{ m}$$

$$\text{Denit} = 4.2 - 0.34 * 3.5^{-0.16} * 3.5^{0.17}$$

$$\text{Denit} = 3.9 \text{ birimsiz}$$

bu şekilde pamolare modelinin tek tabakalı simülasyonu için girdi dataları meydana getirilmiştir. Ancak tek tabakalı modelde 3.9 kabul edilmediği için 0.9 olarak alınmıştır.

Pamolarde tek tabakalı modelde girdi parametrelerinin yetersiz olması sebebiyle iki tabakalı veya yapısal olarak dinamik model kullanılması gereği ortaya çıkmıştır. Bu bakımdan iki tabakanın girdi değerleri meydana getirilerek Pamolare modeline girilmiştir.

İki Tabakalı Modelde Girdilerin Hesabı

	Epilimnion	Hipolimnion
Ortalama Su Derinliği	1.75	1.75
Yüzey alanı m ²	5400000	5400000
Ortalama akış (m ³ /d)	32002	32002
Karışım hızı (T≤20°C)	0.7	0.7
Karışım hızı (T>20°C)	0	0

Kimyasal ve biyolojik parametreler için verilen giriş değişkenleri aşağıda verilmiştir;

	Epilimnion	Hipolimnion
Azot mg N/L	2.38	2.38
Fosfor mg P/L	0.9	0.9
Diatom mg chl a/L	1.24	1.24
Mavi-yeşil alg mg chl a/L	5.61	5.61
Diğer Fitoplanktonlar klorofil a/L	3.86	3.86
Zooplankton	7.94	7.94
Organikler mg/L	85.914 *	85.914
Çözülmüş organik madde mg COD/L	112**	112
ÇO mgO ₂ /L	8.2	8.2
Sedimandaki Azot	50	50
Sedimandaki fosfor	10	10
Sedimandaki çözülmüş organikler	36.48***	36.48

*Organikler olarak göle giren organiklerin toplamı alınmıştır.

** Toplam çözülmüş organik madde askıda katı maddenin on katı olarak alınmıştır (Aquatox teknik dokümanı)

*** Bu değer Aquatoxdaki hesaplamalardan alınmıştır.

Kapsama Katsayıları

P: Klorofil.a, Fitoplankton (mg P/mg Chl.a)	1.3
P: Kuru ağırlık, Zooplankton (mg P/mg DW)	0.013
P: COD, Çözünmüş Organikler (mg P/mg COD)	0.013
P: Kuru ağırlık, Sediman (mg P/mg DW)	0.01
N: Chl.a, Fitoplankton (mgN/mgChl.a)	10
N: Kuru ağırlık, Zooplankton (mg N/mg DW)	0.1
N: COD, Çözünmüş Organikler (mg N/mg COD)	0.1
N: Kuru ağırlık, Sediment (mg N/mg DW)	0.1

Dönüşüm Katsayıları

ÇO:Diatom (mg O ₂ /mg Chl.a)	100
ÇO:Mavi yeşil alg (mg O ₂ /mg Chl.a)	100
ÇO:Diğer Fitoplanktonlar (mg O ₂ /mg Chl.a)	100
ÇO: Çözünmüş Organikler (mg O ₂ /mg Chl.a)	1
Zooplanktonlar:Diatom (mg KA/ch.a)	100
Zooplanktonlar: Mavi yeşil alg (mg KA/ch.a)	100
Zooplanktonlar: Diğer Fitoplanktonlar (mg KA/ch.a)	100
ÇO: zooplanktonlar (mg O ₂ /mg Chl.a)	1
Organik:Diatom (mgKA/Chl.a)	100
Organik: Mavi yeşil alg (mgKA/Chl.a)	100
Organik: Diğer Fitoplanktonlar (mgKA/Chl.a)	100

Ürün Katsayıları

Diatomun solunumu	0.6
Mavi-yeşil alglerin solunumu	0.6
Diğer Fitoplanktonların solunumu	0.6
Zooplanktonların Solunumu	0.65
Diatomların ayrışması	0.6
Mavi-yeşil algler	0.6

Diğer fitoplanktonların ayrışması 0.6

Diatomlar için verilen katsayılar

Optimum Solar Radyasyon ($\text{MJ/m}^2 \cdot \text{gün}$)	11.5
Optimum Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	17
Maksimum Büyüme Hızı ($1/\text{gün}$)	3
Fosfor için yarı doygunluk sabiti (mgP/L)	0.002
Azot için yarı doygunluk sabiti (mgN/L)	0.025
Ölüm Hızı ($1/\text{gün}$)	0.11
Sıcaklık Sabiti	1.02

Mavi Yeşil Algler için verilen katsayılar

Optimum Solar Radyasyon ($\text{MJ/m}^2 \cdot \text{gün}$)	13.9
Optimum Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	25
Maksimum Büyüme Hızı ($1/\text{gün}$)	3
Fosfor için yarı doygunluk sabiti (mgP/L)	0.002
Azot için yarı doygunluk sabiti (mgN/L)	0.025
Ölüm Hızı ($1/\text{gün}$)	0.11
Sıcaklık Sabiti	1.02

Diğer Fitoplanktonlara ait katsayılar

Optimum Solar Radyasyon ($\text{MJ/m}^2 \cdot \text{gün}$)	13.9
Optimum Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	25
Maksimum Büyüme Hızı ($1/\text{gün}$)	3
Fosfor için yarı doygunluk sabiti (mgP/L)	0.002
Azot için yarı doygunluk sabiti (mgN/L)	0.025
Ölüm Hızı ($1/\text{gün}$)	0.11
Sıcaklık Sabiti	1.02

Zooplanktonlara ait katsayılar

Maksimum Büyüme Hızı (L/gün*mgKA)	0.1
Yarı doygunluk sabiti (mgChla/L)	0.06
Ölüm Hızı (1/gün)	0.05
Sıcaklık Sabiti	1.02

Organikler

Sedimentasyon Hızı (m/gün)	0.02
Ayrışma Hızı	0.04
Sıcaklık Sabiti, Ayrışma	1.02

Çözünmüş Organikler

Ayrışma Hızı (1/gün)	0.04
Sıcaklık Sabiti, Ayrışma	1.02

Sedimenttan salınım, dw

Salınım Hızı, $DO \leq 0.3$ (mg KA/m ² *gün)	20
Sıcaklık Sabiti, Ayrışma $DO > 0.3$ (mg KA/m ² *gün)	20

Sedimenttan Oksijen Tüketim Hızı

Oksijen Tüketim Sabiti, D (mgO ₂ /m ² *gün)	10
Oksijen Tüketim Sabiti, D (mgO ₂ /m ² *gün)	
Yarı Doygunluk Sabiti, DO (mg O ₂ /L)	0.3
Sıcaklık Sabiti, Ayrışma	1.02

Sedimandan Salınım Hızları

Fosfor, $DO \leq 0.3$ (mgP/m ² *gün)	6
Fosfor, $DO > 0.3$ (mgP/m ² *gün)	0.6
Azot, $DO \leq 0.3$ (mgN/m ² *gün)	34
Azot, $DO > 0.3$ (mgN/m ² *gün)	3.4

Çözünmüş Organikler, $DO \leq 0.3$ ($\text{mgCOD}/\text{m}^2 \cdot \text{gün}$)	200
Çözünmüş Organikler, $DO > 0.3$ ($\text{mgCOD}/\text{m}^2 \cdot \text{gün}$)	200
Fosfor, Oranı	0.6
Fosfor salınım hızı, $DO \leq 0.3$ ($1/\text{gün}$)	0.05
Fosfor salınım hızı $DO > 0.3$ ($1/\text{gün}$)	0.005
Azot, Oranı (birimsiz)	0.7
Azot, $DO \leq 0.3$ ($1/\text{gün}$)	0.05
Azot, $DO > 0.3$ ($1/\text{gün}$)	0.005
Çözünmüş Organik Oranı	0.5
Çözünmüş Organikler, $DO \leq 0.3$ ($1/\text{gün}$)	0.05
Çözünmüş Organikler, $DO > 0.3$ ($1/\text{gün}$)	0.005

Tüm bu hesaplamalar ve katsayılar aşağıda örneklerde olduğu gibi Pamolare modeline girilmiştir. Bu girdiler Şekil 5.12, Şekil 5.13 ve Şekil 5.14’de gösterilmiştir.

The screenshot shows the 'Pamolare 3 - [1-layer model, N and P parameters - C:\MOGAN GÖLÜ\VII.ARARAPOR\Mogan Golu tek tabaka.lk1]' window. The interface includes a menu bar (File, Edit, 1-layer model, 2-layer model, SDM model, Loading model, Training, Help) and a toolbar with icons for file operations. The main area is titled 'Please specify initial constants and rates:' and contains two panels: 'Phosphorus' and 'Nitrogen'. Each panel has input fields for various parameters with their units.

Parameter	Value	Unit
P Water	0.1350	mg/L
P Sediment	10.000	g/m2
P Loading	1.950	g/m2/year
P Release	0.800	/year
P Bound	0.200	
N Water	2.3800	mg/L
N Sediment	50.000	g/m2
N Loading	9.08	g/m2/year
N Release	0.850	/year
N Bound	0.150	
Denitrification	0.900	

Şekil 5.12 Tek tabakalı modelde girdi değerleri.

Bu çalışmada, Pamoların tek tabakalı modelinin girdi değerleri sadece üsteki şekilde olduğu gibi fitoplanktonların, zooplanktonların ve ayrışma katsayıları bileşenlerini içermediği için çalışmaların daha gerçekçi olması bakımından, bu bileşenlerin sisteme dahil edilmesi için iki tabakalı ve yapısal olarak dinamik alt modellerde kullanılmıştır.

Pamolare 3 - [2-layer model, State Variables - C:\MOGAN GÖLÜ\II.ARARAPOR\Mogan Goluson.Ik2]

File Edit 1-layer model 2-layer model SDM model Loading model Training Help

State variables, initial values

		Epilimnion	Hypolimnion
Nitrogen	mgN/L	4.20000	4.20000
Phosphorus	mgP/L	0.90000	0.90000
Diatom	mgChl.a/L	1.24000	1.24000
Blue-green algae	mgChl.a/L	5.61000	5.61000
Other phytoplankton	mgChl.a/L	3.86000	3.86000
Zooplankton	mgDw/L	7.94000	7.94000
Detritus	mgDw/L	27.24000	27.24000
Dissolved Organics	mgCOD/L	112.00000	112.00000
DO	mgO2/L	8.20000	8.20000
Nitrogen in Sediment	mgN/L-sed	50.00000	50.00000
Phosphorus in Sediment	mgP/L-sed	10.00000	10.00000
Dissolved Organics in Sedime	mgC/L-sed	34.48000	34.48000

OK

Cancel

Şekil 5.13 İki tabakalı modelde girdi değerleri.

Pamolare 3 - [SDM model, State Variables - C:\MOGAN GÖLÜ\II.ARARAPOR\Mogan Golu SDM.xk1]

File Edit 1-layer model 2-layer model SDM model Loading model Training Help

State variables, initial values

		Epilimnion	Hypolimnion
Nitrogen	mgN/L	4.20000	4.20000
Phosphorus	mgP/L	0.90000	0.90000
Phytoplankton	mgChl.a/L	10.71000	10.71000
unused		0.00000	0.00000
unused		0.00000	0.00000
Zooplankton	mgDW/L	7.94000	7.94000
Detritus	mgDW/L	27.24000	27.24000
Dissolved Organics	mgCOD/L	112.00000	112.00000
DO	mgO ₂ /L	8.20000	8.20000
Nitrogen in Sediment	mgN/L-sed	50.00000	50.00000
Phosphorus in Sediment	mgP/L-sed	10.00000	10.00000
Dissolved Organics in Sedime	mgC/L-sed	36.48000	36.48000

OK

Cancel

LVP, Log(phytoplankton volume, um3) (range: 0 to 5)

LVZ, Log(zooplankton volume, um3) (range: 1 to 5)

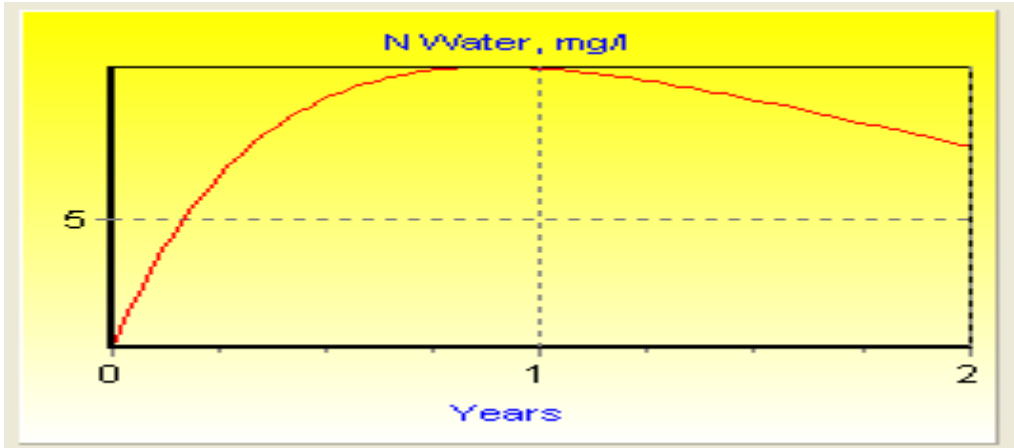
Şekil 5.14 Yapısal olarak dinamik modelde girdi değerleri.

Tüm bu girdi değerlerinden sonra verifikasyon ve kalibrasyondan önceki similasyon sonuçları Şekil 5.15-Şekil 5.18 arasında gösterilmiştir.

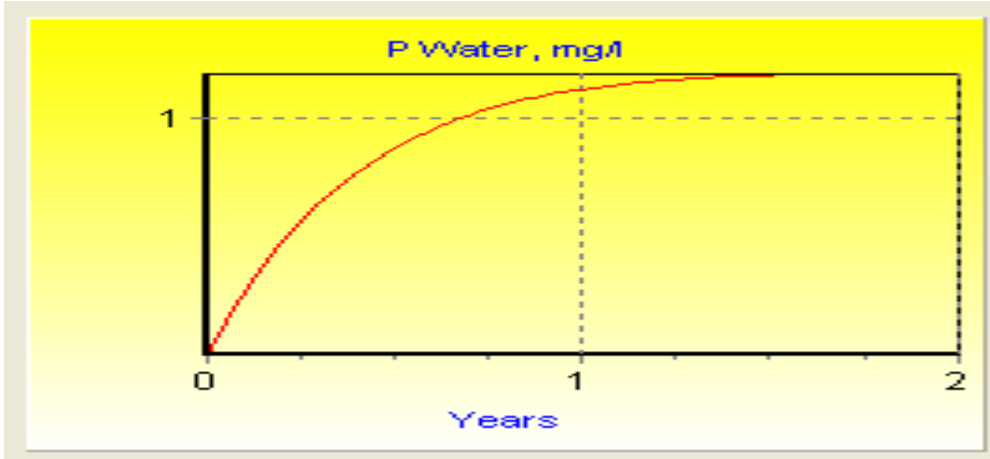
Tek tabaklı modelde verifikasyon ve kalibrasyondan önceki değerler

Time	Water	Sediment	Water	Sediment	Limiting	Chla	Secchi	Zoopl.	Fish	Av. Prim.	Av max.	Av. Fish
N	N	P	P	nutrient	depth			Prod.	prim prod	yield		
Years	mg/l	g/m2	mg/l	g/m2	mg/l	m	mg/l	mg/l	mg/l/day	mg/l/day	mg ww/m2/year	
0.1	3.03	47.56	0.32	9.44	P & N	0.30	0.74	1.70	54.80	3.70	7.49	2.69
0.2	3.55	45.48	0.48	8.97	P & N	0.43	0.64	2.01	66.21	4.86	9.80	3.51
0.2	3.97	43.70	0.61	8.58	P & N	0.55	0.59	2.25	74.98	5.80	11.69	4.18
0.3	4.31	42.16	0.72	8.24	P & N	0.65	0.55	2.44	81.84	6.58	13.24	4.73
0.4	4.58	40.83	0.80	7.96	P & N	0.74	0.52	2.58	87.26	7.21	14.49	5.17
0.5	4.79	39.67	0.88	7.73	P & N	0.82	0.50	2.70	91.56	7.72	15.51	5.53
0.6	4.95	38.65	0.93	7.52	P & N	0.88	0.49	2.79	94.97	8.13	16.34	5.83
0.6	5.08	37.74	0.98	7.35	P & N	0.93	0.48	2.86	97.67	8.46	17.00	6.06
0.7	5.17	36.94	1.02	7.20	P & N	0.97	0.47	2.91	99.81	8.72	17.53	6.25

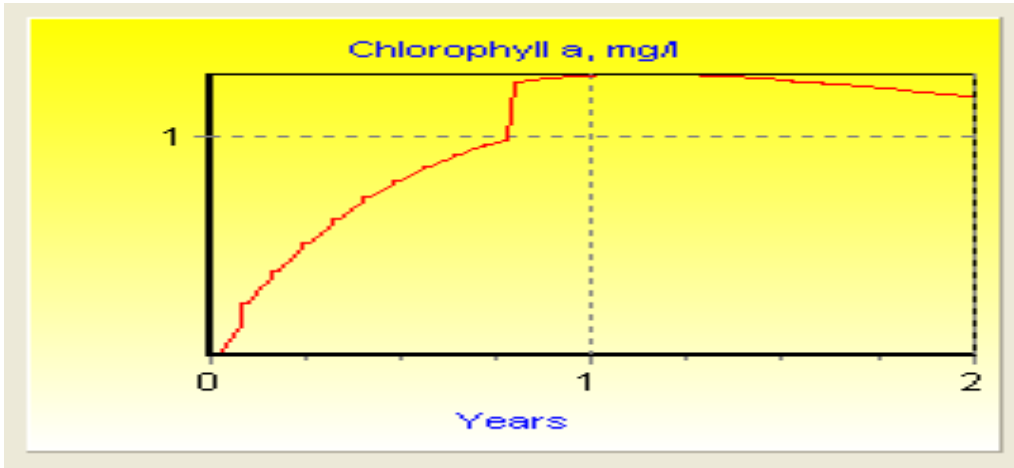
0.8	5.24	36.21	1.05	7.08	N	1.24	0.43	3.26	112.97	10.40	20.88	7.44
0.9	5.29	35.55	1.08	6.97	N	1.25	0.43	3.28	113.69	10.50	21.07	7.51
1.0	5.32	34.95	1.10	6.87	N	1.26	0.43	3.29	114.15	10.56	21.19	7.55
1.0	5.33	34.40	1.12	6.79	N	1.27	0.42	3.29	114.39	10.59	21.26	7.57
1.1	5.34	33.89	1.13	6.72	N	1.27	0.42	3.30	114.45	10.60	21.27	7.58
1.2	5.33	33.41	1.14	6.65	N	1.27	0.43	3.29	114.36	10.58	21.25	7.57
1.3	5.32	32.96	1.15	6.59	N	1.26	0.43	3.29	114.16	10.56	21.20	7.55
1.4	5.30	32.54	1.15	6.54	N	1.26	0.43	3.28	113.87	10.52	21.12	7.52
1.4	5.27	32.13	1.16	6.49	N	1.25	0.43	3.27	113.49	10.47	21.02	7.49
1.5	5.25	31.75	1.16	6.45	N	1.24	0.43	3.26	113.06	10.41	20.91	7.45
1.6	5.21	31.38	1.16	6.41	N	1.23	0.43	3.25	112.58	10.35	20.78	7.40
1.7	5.18	31.02	1.16	6.37	N	1.22	0.43	3.23	112.05	10.28	20.65	7.36
1.8	5.14	30.68	1.17	6.34	N	1.20	0.43	3.22	111.50	10.21	20.50	7.31
1.8	5.11	30.35	1.16	6.31	N	1.19	0.43	3.20	110.92	10.13	20.35	7.25
1.9	5.07	30.02	1.16	6.28	N	1.18	0.44	3.19	110.32	10.06	20.20	7.20
2.0	5.03	29.71	1.16	6.25	N	1.17	0.44	3.17	109.71	9.98	20.04	7.14



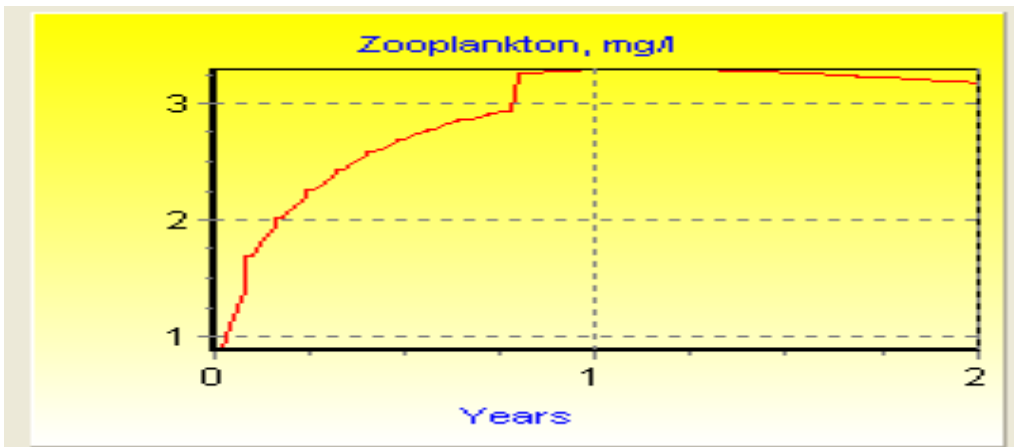
Şekil 5.15 Tek Tabakalı modelde Toplam Azotun değişimi



Şekil 5.16 Tek Tabakalı modelde Toplam Fosforun değişimi



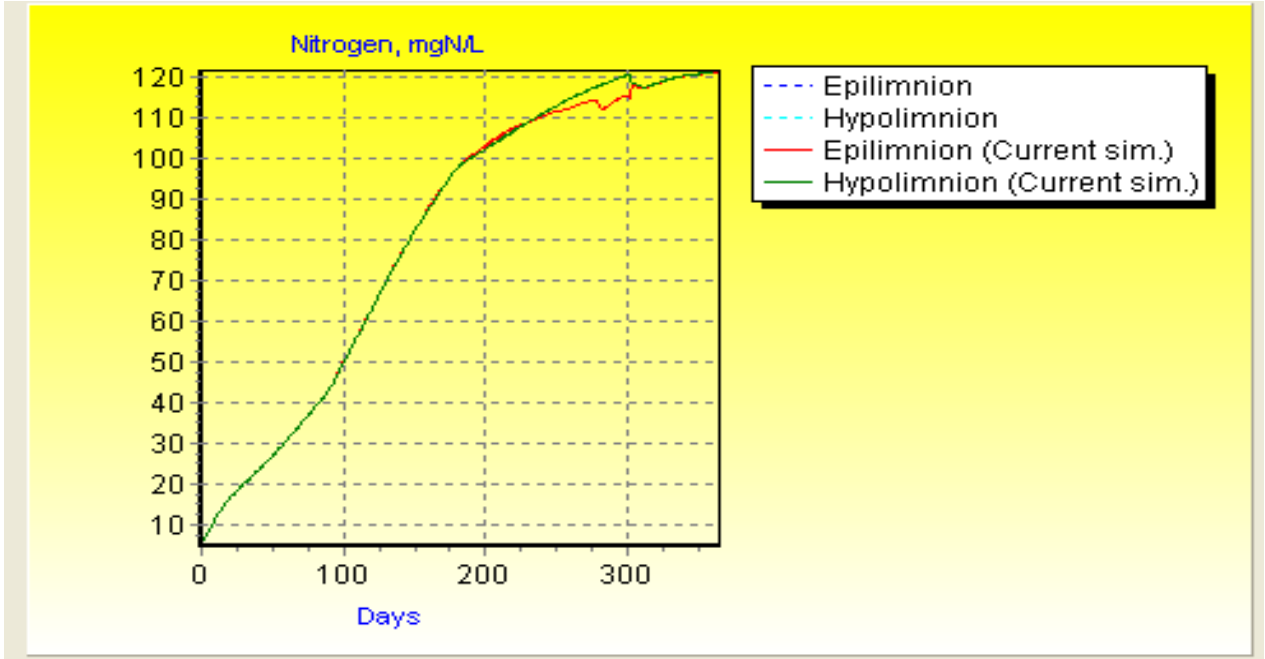
Şekil 5.17 Tek Tabakalı modelde Klorofil a'nın değişimi



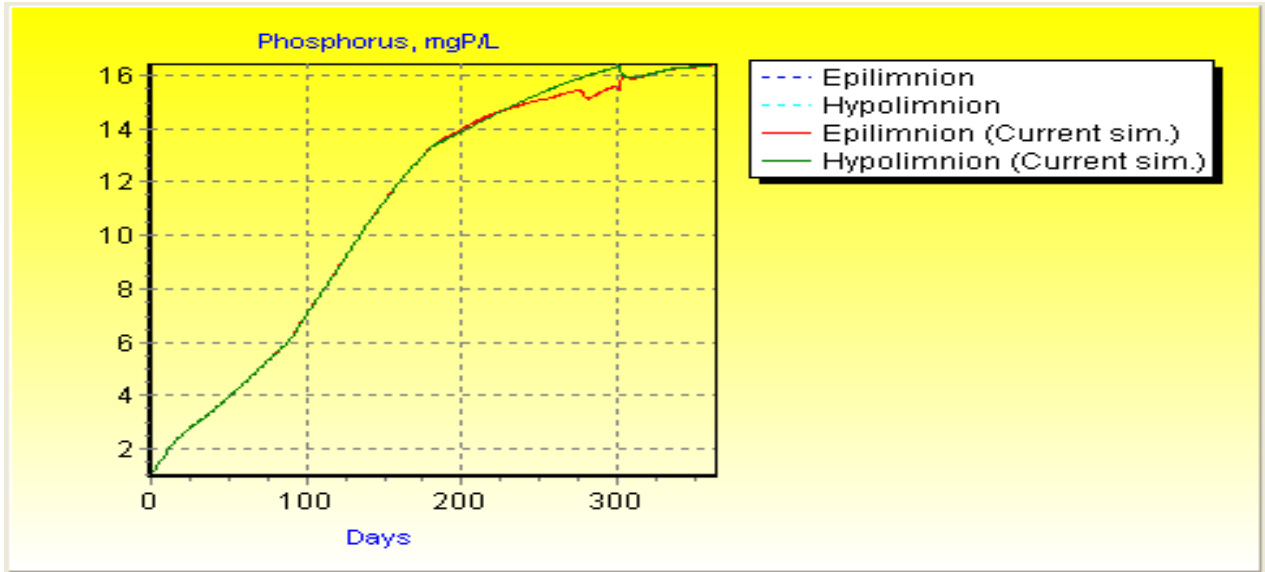
Şekil 5.18 Tek Tabakalı modelde Zooplanktonun değişimi

Tek tabakalı modelde sucul ortam bileşenleri ve kimyasal parametreler için ayrışma hızları,

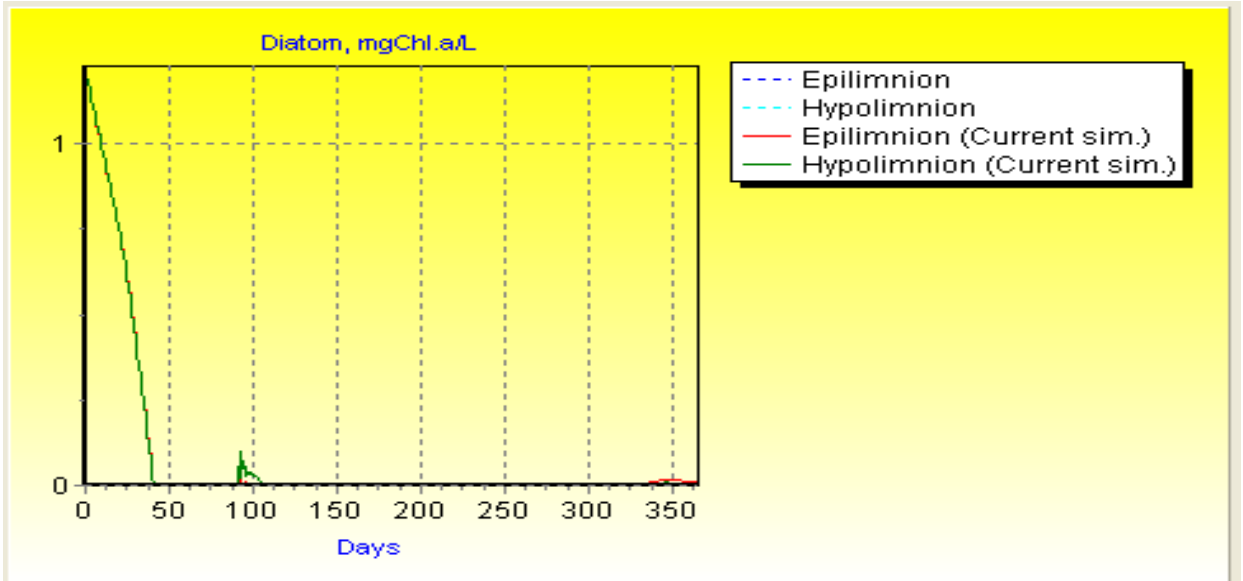
kinetik katsayılar, büyüme hızları, sıcaklık sabitleri ve oksijen tüketim hızları göz önüne alınmadığından iki tabakalı model ve yapısal olarak dinamik model kullanılması kararlaştırılmıştır. Her iki modelde tabakalaşma göz önüne alındığından ortalama derinlik ikiye bölünerek girdi olarak alınmıştır. Diğer tüm datalar tek tabakalı model de olduğu gibi aynen alınmıştır. Verifikasyon ve kalibrasyon yapılmadan önceki simülasyon sonuçları Şekil 5.19-Şekil 5.26 arasında gösterilmiştir.



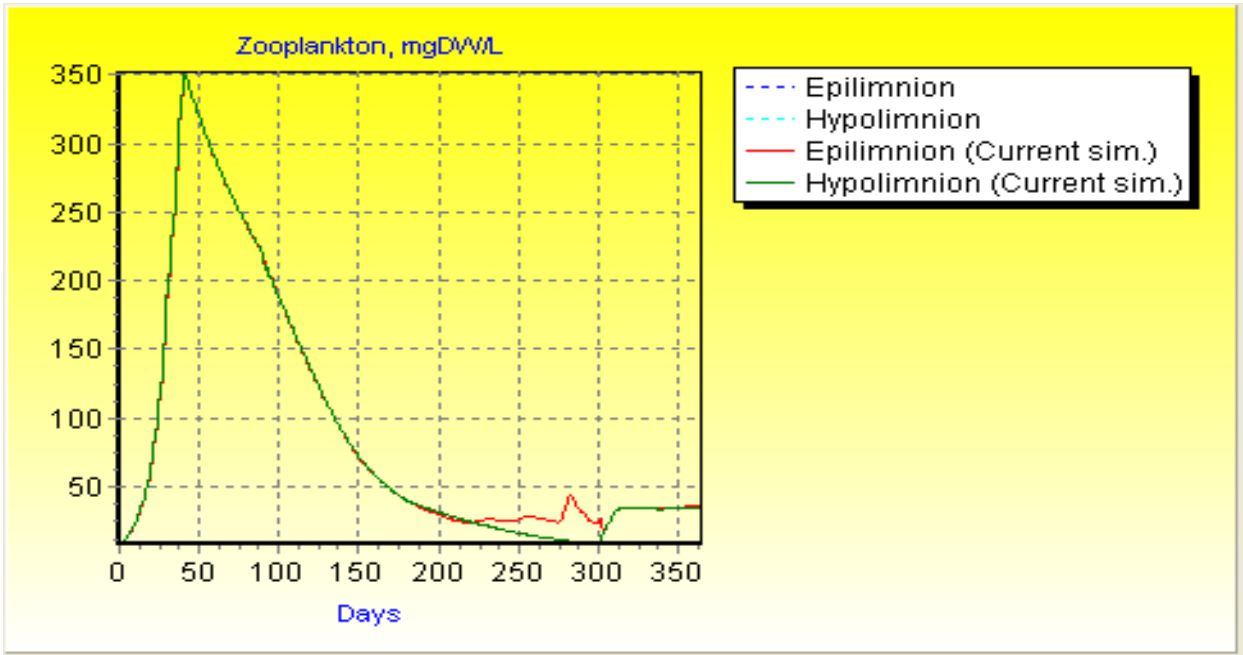
Şekil 5.19 İki tabakalı modelde Toplam Azotun simülasyon grafiği



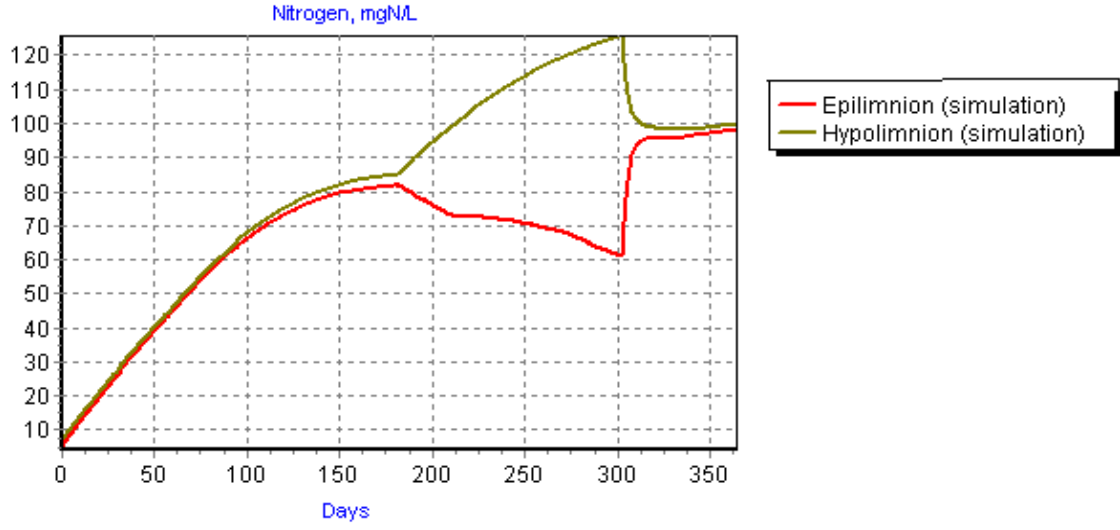
Şekil 5.20 İki tabakalı modelde Toplam Fosforun simülasyon grafiği



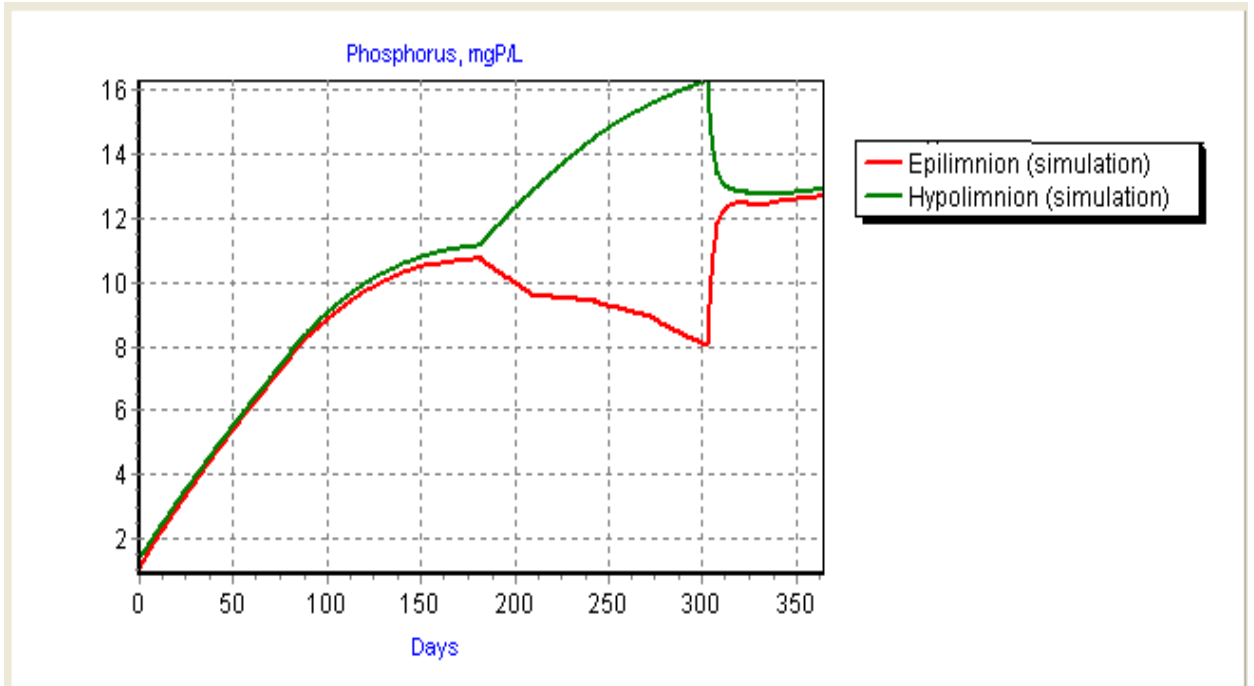
Şekil 5.21 İki tabakalı modelde Diatomların simülasyon grafiği



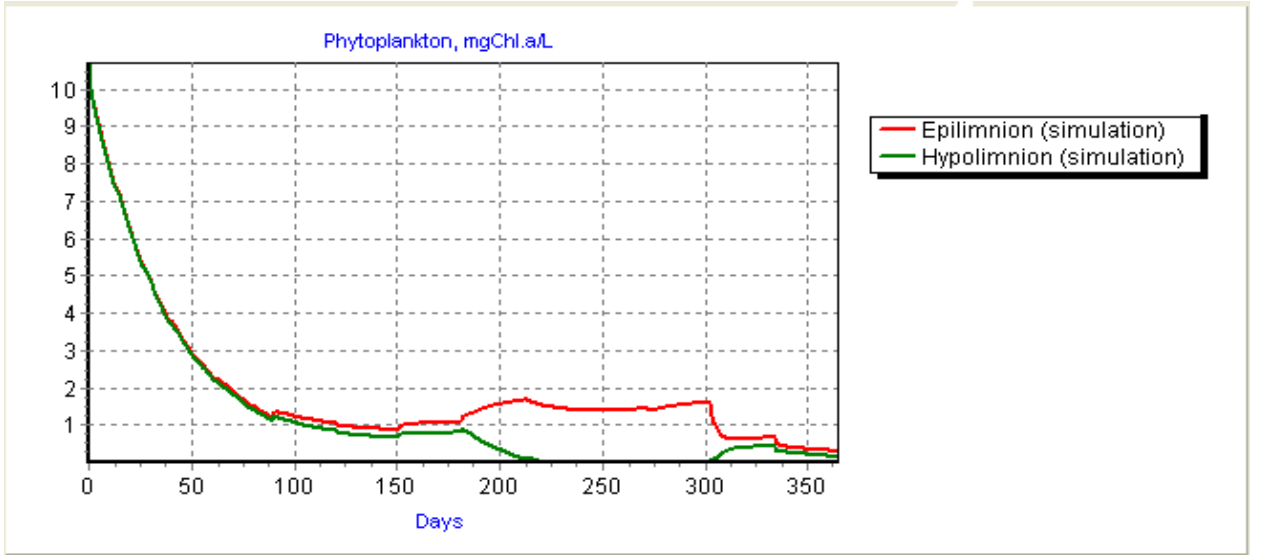
Şekil 5.22 İki tabakalı modelde Zooplanktonun simülasyon grafiği



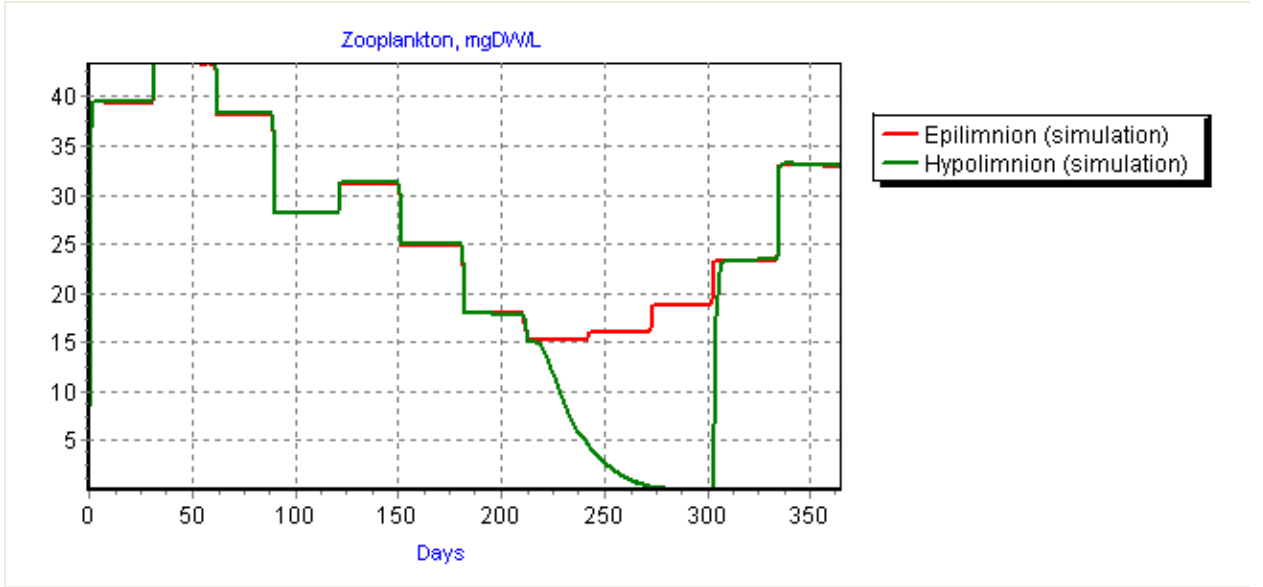
Şekil 5.23 Yapısal olarak dinamik modelde Toplam Azotun simülasyon grafiği



Şekil 5.24 Yapısal olarak dinamik modelde Toplam Fosforun simülasyon grafiği



Şekil 5.25 Yapısal olarak dinamik modelde Fitoplanktonun simülasyon grafiği



Şekil 5.26 Yapısal olarak dinamik modelde Zooplanktonun simülasyon grafiği

5.3.7 Pamolare 2-Sığ Göller İçin Yapısal Olarak Dinamik Model

Özellikle Pamolare Modeli ile tatmin edici netice alınamaması sebebiyle Pamolare 2-Sığ Göller İçin Yapısal Olarak Dinamik Modelide denenmiştir.

Pamolare 2’de Pamolare gibi; S.E Jorgenson, H.Tsuno ve T.Hidaka tarafından UNEP, DTIE ve ITEC/ILEC adına yapılmış bir ekosistem simulasyon modelidir.

Pamolare 2 sığ göller için geliştirilmiş bir modeldir. Pamolare’deki tek tabakalı modelden farklı olarak giriş değişkenleri daha fazla olmakla beraber verifikasyon ve kalibrasyonda

içermektedir. Tek tabakalı modelde olduğu gibi sığ göller için meydana getirilen Pamolare 2 modelinde bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerin yer almaması eksiklik olarak değerlendirilmektedir.

Pamolare 2 modeline Şekil 5.27’de görülen parametrelerin yıllık ortalama değerleri girilmiştir.

The screenshot shows the 'Pamolare 2' software window with the 'Model Prediction' tab selected. The 'Zooplankton' sub-tab is active. The 'Initial values (Prediction):' section contains a list of parameters with input fields and units. A 'Submit' button is located at the bottom right.

Parameter	Value	Unit
Phosphor:	0.9	mg/l.
Phytoplankton	10.71	mg/l.
Zooplankton	7.04	mg/l.
Detritus	112	mg/l.
Fish	0.0001	mg/l.
Ammonium	0.35	mg/l.
Nitrate	2.9	mg/l.
N in Sediment	50	mg/l.
Porewater - N	2.38	mg/l.
P in Sediment	10	mg/l.
Porewater - P	0.135	mg/l.
Plants	0.0001	mg/l.

Şekil 5.27 Mogan Gölü İçin Girdi Değerleri

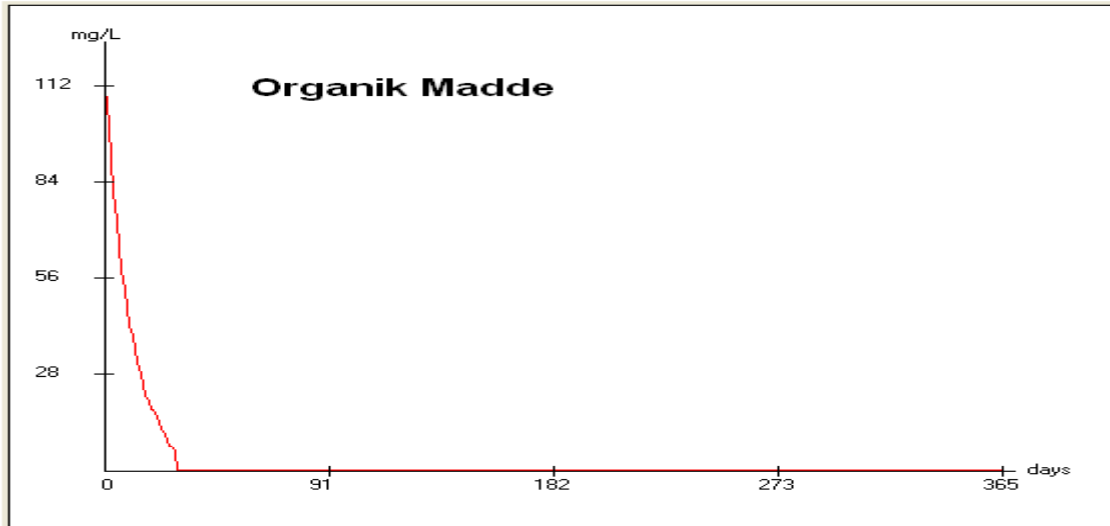
Sığ göller için meydana getirilen Pamolare 2 modeline Mogan Gölünün 2002 yılı ölçüm değerlerinin yıllık ortalama neticeleri yukarıdaki gibi girilmiştir. Burada Fosfor, Organik Madde, Amonyum, Nitrat ve Toplam fosfor değerleri için 2002 yılındaki derelerdeki ortalama ölçüm neticeleri, diğer parametreler için Göldeki ölçüm değerleri alınmış olup, sedimandaki parametreler için ise varsayılan değerler alınmıştır.

Mogan Gölü için kalibrasyon ve verifikasyonda kullanılan 2004 ve 2005 yılı ortalama değerleri Şekil 5.28’de gösterilmiştir.

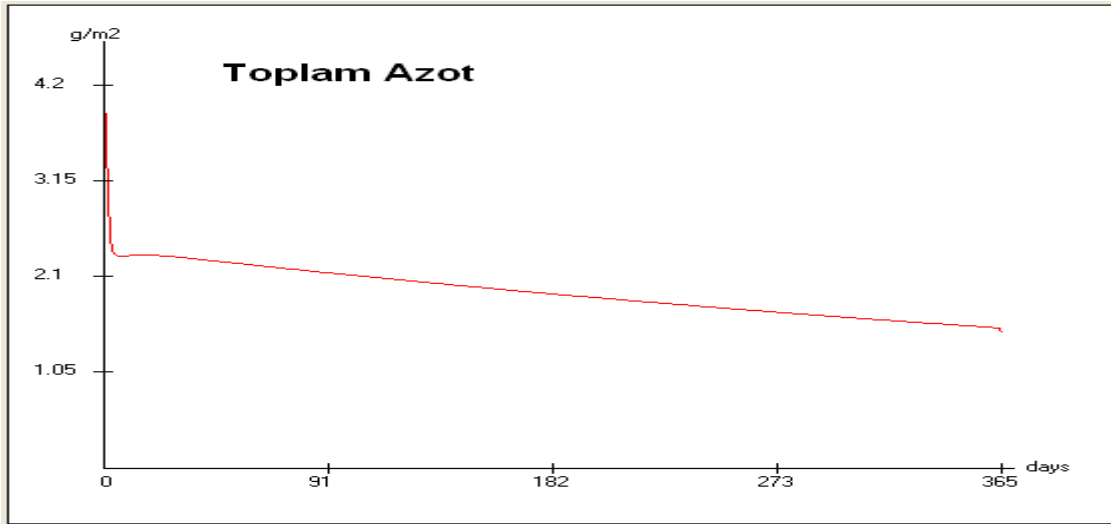
Lake Morphology		Initial values (Calibration):		Initial values (Validation):	
Avg. Water Depth:	3.5 m.	Dissolved Phosphor	0.05 mg/l.	Dissolved Phosphor	0.05 mg/l.
Surface Area:	5400000 m. ²	Phytoplankton	10.71 mg/l.	Phytoplankton	10.71 mg/l.
Avg. Sediment Depth:	0.1 m.	Zooplankton	7.94 mg/l.	Zooplankton	7.94 mg/l.
		Detritus	114.7 mg/l.	Detritus	178.3 mg/l.
		Fish	0.0001 mg/l.	Fish	0.0001 mg/l.
		Ammonium - N	0.09 mg/l.	Ammonium - N	0.09 mg/l.
		Nitrate - N	1.08 mg/l.	Nitrate - N	1.29 mg/l.
		Sediment - N	0.0001 g/m ²	Sediment - N	50 g/m ²
		Porewater - N	2.23 g/m ²	Porewater - N	2.28 g/m ²
		Sediment - P	10 g/m ²	Sediment - P	10 g/m ²
		Porewater - P	0.17 g/m ²	Porewater - P	0.19 g/m ²
		Plants	0.0001 g/m ²	Plants	0.0001 g/m ²

Şekil 5.28 Mogan Gölü için kalibrasyon ve verifikasyonda kullanılan 2004 ve 2005 yılı ortalama girdi değerleri

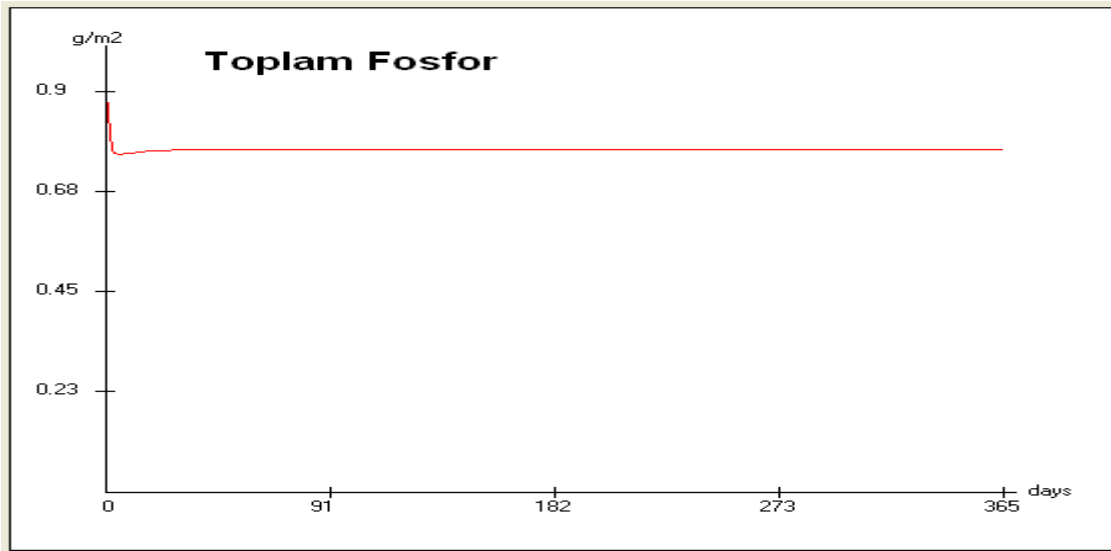
Daha sonraki adımda ise simülasyon yapılmış olup, her bir parametre için simülasyon sonuçları Şekil 29-Şekil 31 arasında gösterilmiştir.



Şekil 5.29 Organik Madde için elde edilen bir yıllık simülasyon sonucu



Şekil 5.30 Toplam Azot için elde edilen bir yıllık simülasyon sonucu



Şekil 5.31 Toplam Fosfor için elde edilen bir yıllık simülasyon sonucu

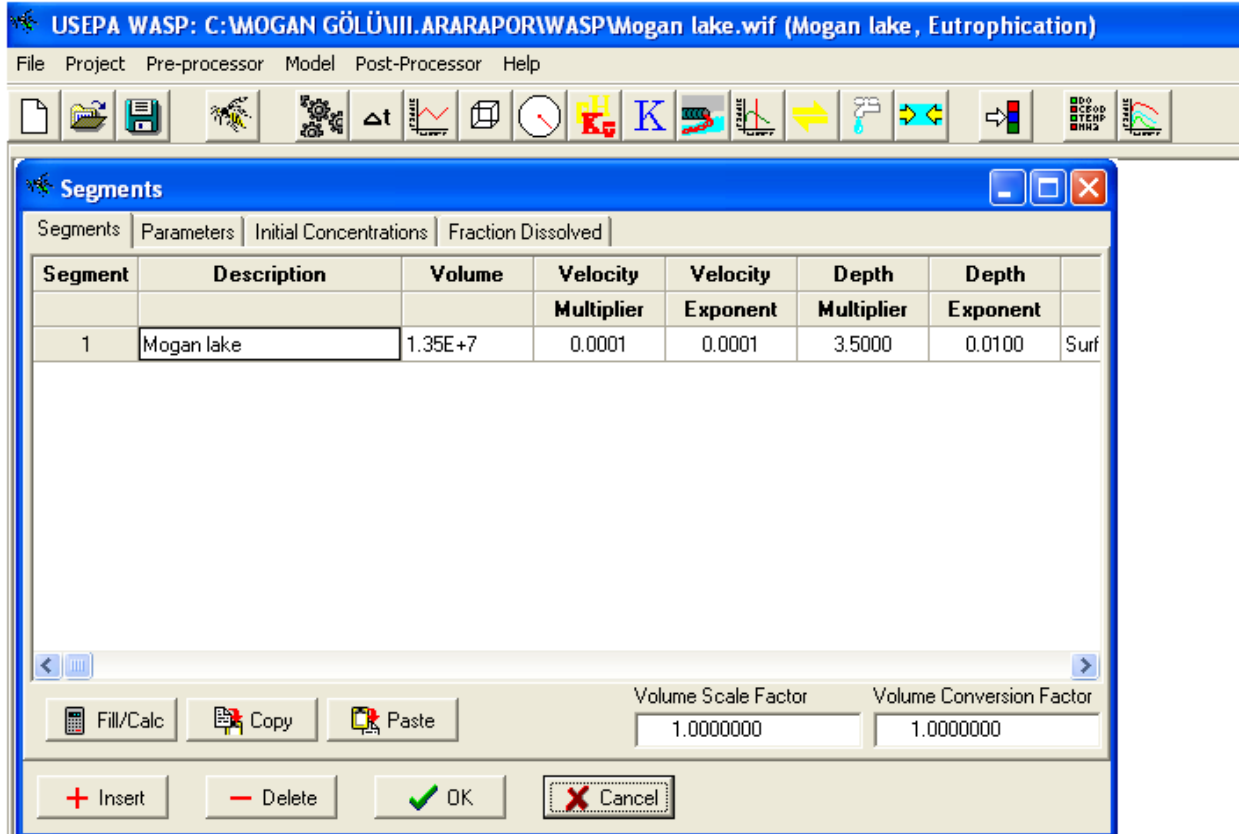
Pamolare 2 Sığ Göller İçin Yapısl Olarak Dinamik model neticelerine bakıldığında Organik madde simülasyonunda sürekli bir azalma vardır. Toplam azot ve toplam fosfor simülasyon grafiğinde sürekli bir azalma olmuştur.

Pamolare 2 Sığ Göller İçin Yapısl Olarak Dinamik modelin Mogan Gölüne uygulanmasında iyi netice alanaması nedeniyle Su Kalite Analizi Simülasyon (Benzeşim) Porogramı (WASP) modelide denenmiştir.

5.4 Ölçüm Datalarının WASP Modeline Girilmesi

Su Kalite Analizi Simülasyon (Benzeşim) Porogramı (WASP) Modeli içinde Aquatox ve Pamolare modelinde olduğu gibi Mogan Gölü 2002 yılı ölçüm sonuçları kullanılmıştır. Şekil

5.32 da görüldüğü gibi Mogan Gölü tek segment olarak kabul edilmiştir.



Şekil 5.32 Mogan Gölünün tek segment olarak WASP modeline girilmesi

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi bütün giriş değerleri için 2002 yılı parametreleri kullanılmıştır.

WASP modelinde Mogan Gölü için girilen katsayılar Şekil 5.33’de gösterilmiştir.

Constants Data

Constant Group: Ammonia

	Constant	Used	Value	Minimum	Maximum
1	Nitrification Rate Constant @20 °C (per day)	☒	2E-1	0.0000	10.0000
2	Nitrification Temperature Coefficient	☒	1.08	0.0000	1.0700
3	Half Saturation Constant for Nitrification Oxygen Limit (r	☐	0	0.0000	2.0000
4	Minimum Temperature for Nitrification Reaction, deg C	☐	0	0.0000	20.0000
5	Ammonia Partition Coefficient to Water Column Solids,	☐	0	0.0000	1000.0000
6	Ammonia Partition Coefficient to Bentic Solids, L/kg	☐	0	0.0000	1000.0000

Copy Paste Fill/Calc OK Cancel

Şekil 5.33 WASP modelinde Mogan Gölü için girilen katsayılar

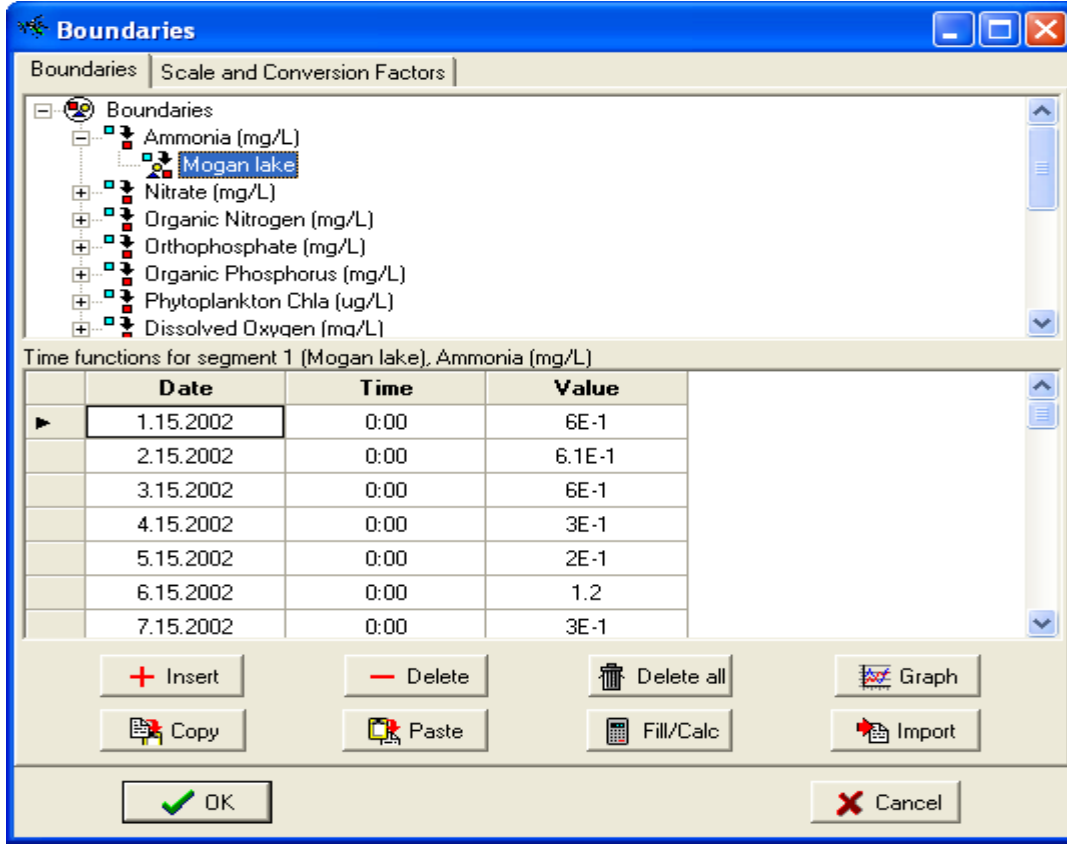
Diğer parametreler için girilen katsayılar Çizelge 5.4’de verilmiştir.

Çizelge 5.4 WASP Modeline girilen katsayılar

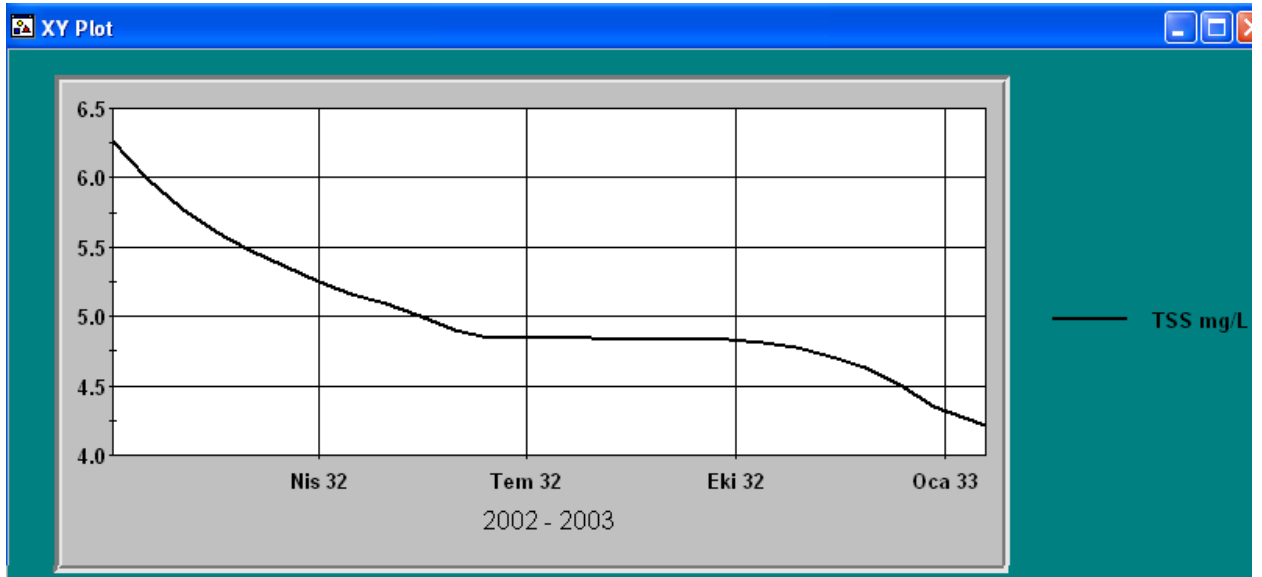
Sabit	Değer
Çözünmüş Organik azot için minerilazasyon hız sabiti (20 ⁰ C 1/gün)	4*10 ⁻¹
Çözünmüş Organik azot için minerilazasyon sıcaklık hız katsayısı	1.05
Çözünmüş Organik Fosfor için minerilazasyon hız sabiti (20 ⁰ C 1/gün)	3*10 ⁻¹
Çözünmüş Organik Fosfor için minerilazasyon sıcaklık hız katsayısı	1.05
Işık Sönümlleme Çarpanı	1
Havalandırma İçin Sıcaklık Düzeltme Sabiti	1.026
BOI Ayrışma hız sabiti (20 ⁰ C 1/gün)	3*10 ⁻¹
BOI Ayrışma sıcaklık sabiti için düzeltme katsayısı	1.05
Detritus ayrışma hızı (1/gün)	2*10 ⁻¹
Organikler ayrışması için sıcaklık katsayısı	1.05

Şekil 5.34’de görüldüğü gibi 2002 yılı ölçüm değerleri olan parametreler WASP Modeline Mogan Gölü için girilmiştir. Tüm değerler 2002 yılı için aylık olarak girilmiştir. Simülasyon

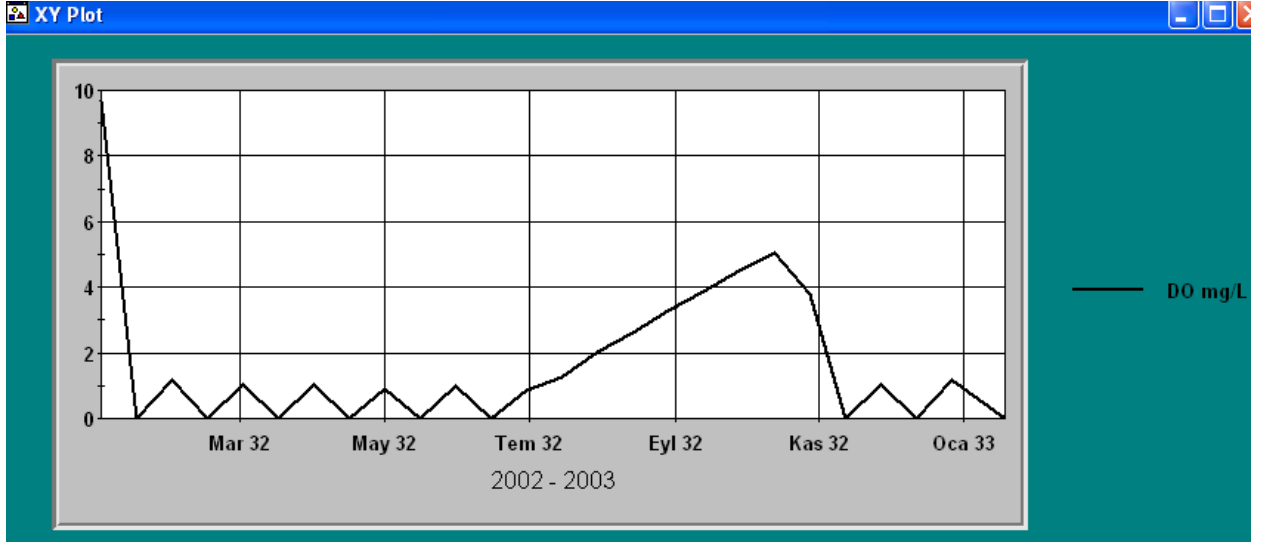
için 2002 yılından başlayarak bir yıllık bir simülasyon yapılmıştır. Bazı parametreler için simülasyon neticeleri Şekil 5.35-Şekil 5.39 arasında gösterilmiştir.



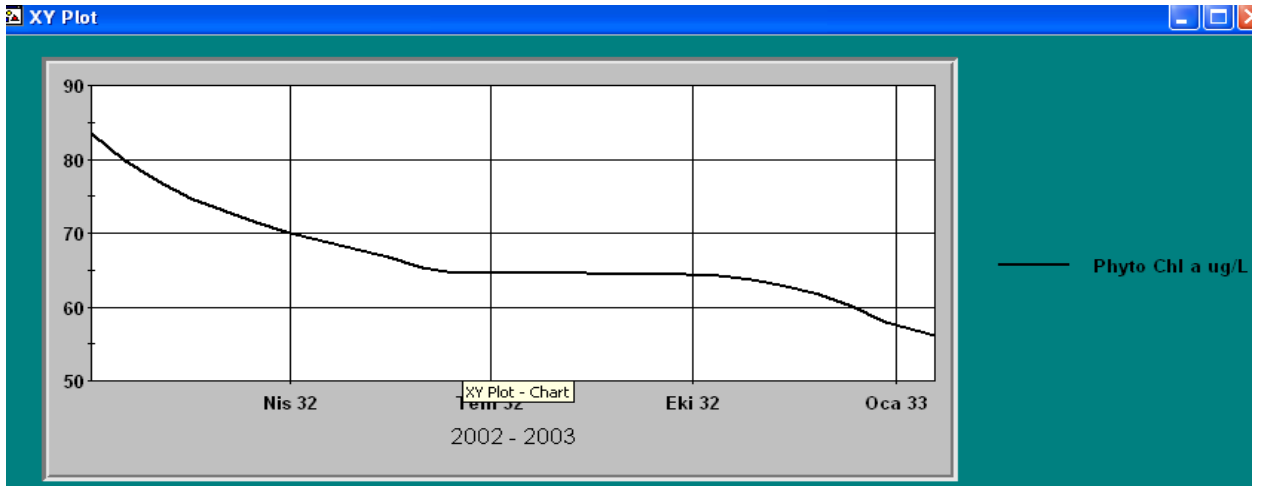
Şekil 5.34 Mogan Gölü 2002 yılı girdi parametreleri



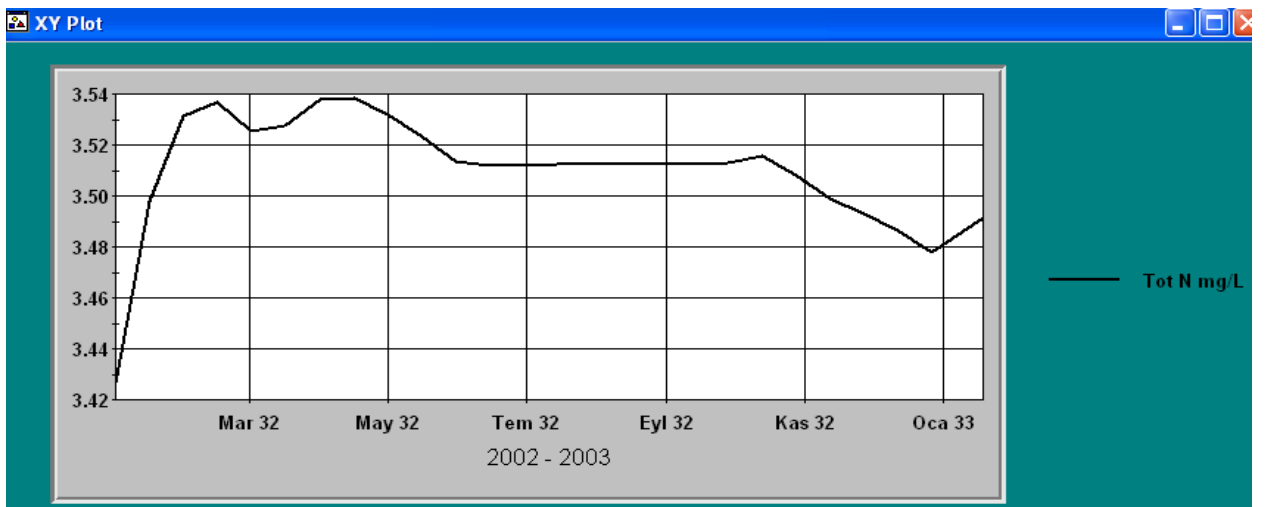
Şekil 5.35 2002-2003 WASP modeli Askıda Katı Madde Simülasyon neticesi



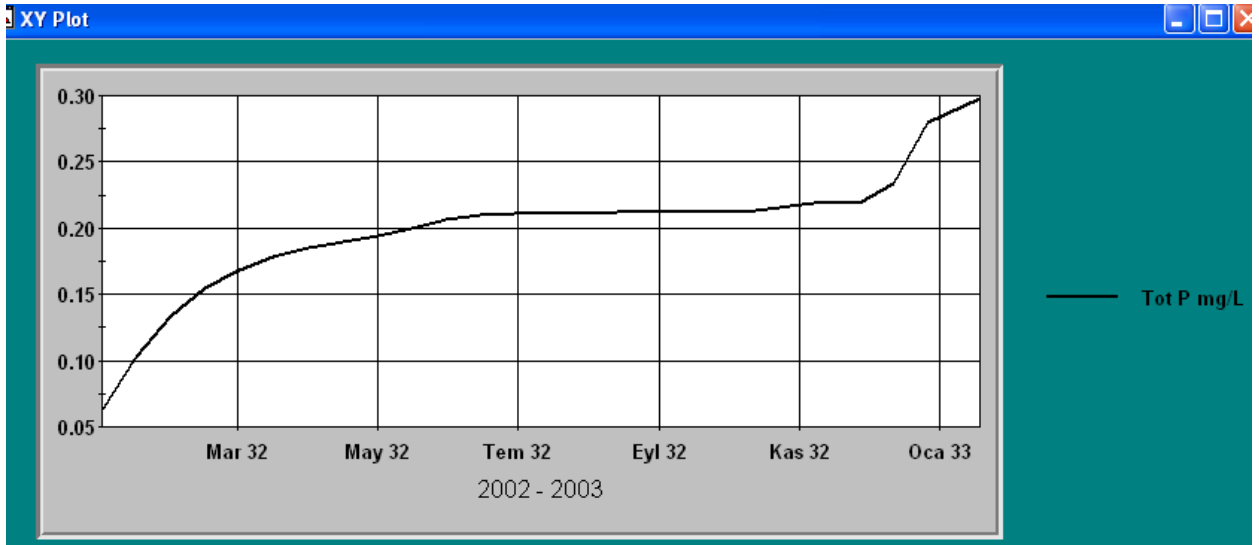
Şekil 5.36 2002-2003 WASP modeli Çözünmüş Oksijen Simülasyon neticesi



Şekil 5.37 2002-2003 WASP modeli Klorofil a Simülasyon neticesi



Şekil 5.38 2002-2003 WASP modeli Toplam Azot Simülasyon neticesi



Şekil 5.39 2002-2003 WASP modeli Toplam Fosfor Simülasyon neticesi

Yukarıdaki şekillerden de görüldüğü gibi Su Kalite Analizi Simülasyon (Benzeşim) Porogramı (WASP) Modelinin Mogan Gölüne uygulanması neticesinde kalibrasyon ve verifikasyondan önce gerçek değerler ile simülasyon değerleri arasında herhangi bir uyum gözlemlenmemiştir.

2004 yılı AKM ölçüm değerleri kurak aylarda 4 mg/L'den başlayıp, yağışlı havalarda 21 mg/L'ye kadar çıkmaktadır. Su Kalite Analizi Simülasyon (Benzeşim) Porogramı (WASP) Modeli simülasyon neticesinde yaklaşık 6.3 mg/L'den başlayıp sürekli azalmaktadır.

2004 yılı Çözünmüş Oksijen ölçüm değerleri kış aylarında 10 mg/L'ye kadar çıkmakta, yaz aylarında ise 4.7 mg/L'ye kadar inmektedir. Su Kalite Analizi Simülasyon (Benzeşim) Porogramı (WASP) Modeli simülasyon neticesinde başlangıçta 10 mg/l'den başlayıp, 0-1 mg/L civarında seyretmekte, daha sonra 5 mg/L'ye kadar çıkmakta ve daha sonra 0-1 mg/L civarında seyretmektedir. Görüldüğü gibi gerçek değerler ile simülasyon neticesinde hemen hemen hiç bir uyum söz konusu olmamıştır.

2004 yılı Toplam Azot değerleri 1.4 mg/L civarında başlamakta önce çok az azalmakta yaz aylarında 5 mg/L civarına yaklaşmakta ve daha sonra azalmaktadır. Su Kalite Analizi Simülasyon (Benzeşim) Porogramı (WASP) Modeli simülasyon neticesinde 3.4 mg/L ile 3.5 mg/L arasında değişmekte, hatta yaz aylarında sabit bir değerde kalmaktadır. Dolayısıyla model çıktısı ile gerçek değerler arasında herhangi bir uyum yoktur.

2004 yılı Toplam Fosfor değerleri 0.09 mg/L'den başlayıp yavaş bir şekilde azalmakta, yazın 0.14 mg/L ye kadar çıkmakta daha sonra azalmaktadır. Su Kalite Analizi Simülasyon

(Benzeşim) Porogramı (WASP) Modeli simülasyon neticesinde 0.05 mg/L'den başlayıp, 0.3 mg/L'ye kadar yükselmekte, hatta yaz aylarında sabit kalmaktadır. Dolayısıyla model çıktısı ile gerçek değerler arasında herhangi bir uyum söz konusu olmamıştır.

Şimdiye kadar çalışmalarda Aquatox, Pamolare tek tabakalı, Pamolare çift tabakalı, Pamolare yapısal olarak dinamik, Pamolare sığ göller için yapısal olarak dinamik ve Su Kalite Analizi Simülasyon (Benzeşim) Programı (WASP) Modelleri Mogan Gölü su kalitesinin simülasyonu için kullanılmıştır.

Mogan Gölünün simülasyonu neticeleri 2004 ve 2005 yılı ölçüm değerleri ile karşılaştırıldığında en iyi neticeyi Aquatox modeli vermiştir. Aquatox modelinin 2004 yılı simülasyon neticelerinin karşılaştırmaları detaylı olarak Bölüm 6'da verilmiştir. Bölüm 6'da da görüleceği gibi Toplam fosfor parametreleri hariç kalibrasyon ve verifikasyondan önce gerçek değerler ile simülasyon neticeleri arasında son derece iyi bir uyum vardır. Aquatox Modelininin Mogan Gölüne uygulanmasında iyi netice vermesinin sebepleri aşağıda verilmiştir;

- Mogan Gölünde Organik Maddeler sekiz kısma ayırarak modellenmiş olup, özellikle Mogan Gölü çamurunun yoğunluğu bilindiği için sediman içindeki ayrışabilir ve ayrışmaya dirençli organik maddeler doğru bir şekilde hesaplanmıştır.
- Aquatox Modeli giriş parametrelerine karşı çok az duyarlıdır.
- Karbondioksit önemli nütrientleri sınırlandırdığı için sucul ortamdaki bitkiler tarafından asimile edildiği ve aynı zamanda organizmalar tarafından solunarak üretildiği için Aquatox Modelinde giriş değeri olarak alınmış ve doğru simülasyon neticelerinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur.
- Mogan Gölünde ölçülemeyen bazı parametreler için Aquatox'un teknik dokümanında ve literatürde verilen bazı formüller kullanılmıştır.
- Mogan Gölünde ölçülen türler grup bazında değil tür bazında girilmiştir. Ayrıca gruplar doğru bir şekilde Aquatox Modeline girilmiş olup, misal olarak diatomlar türlere ayrılarak yüksek nütrient tüketenler ayrı ayrı göz önüne alınmıştır.
- Aquatox Modelinde tüm kimyasal parametrelerin ve sucul bileşenlerin kütüphanesi mevcut olup, modelleme sırasında kütüphanede bulunan tüm özellikler dikkate alınmıştır.

Pamolare tek tabakalı, Pamolare çift tabakalı, Pamolare yapısal olarak dinamik, Pamolare sığ göller için yapısal olarak dinamik modeller Mogan Gölüne uygulandığında iyi simülasyon neticeleri vermemesinin;

- Pamolare modeli ve versiyonlarının Aquatox Modeli ile karşılaştırıldığında girdi parametrelerinin az olmasından,
- Pamolare modeli ve versiyonlarında giriş değerlerinin yıllık ortalamaları içermesinden,
- Pamolare modeli ve versiyonlarında sucul türler girdi oluşturulurken türler bazında değil grup olarak girilmesinden,

kaynaklandığı öngörülmüştür.

Su Kalite Analizi Simülasyon (Benzeşim) Programı (WASP) Modelinin Mogan Gölüne uygulanmasında iyi netice vermemesinin nedenleri;

- WASP Modeli öncelikle çok fazla giriş parametresine ihtiyaç duymasından,
- WASP Modeli aynı zamanda çok fazla ölçüm datasına ihtiyaç duymasından,
- WASP Modelinde bilinmeyen bazı parametreler için ampirik formüllerin kullanılmamasından,

kaynaklandığı öngörülmüştür.

Çalışmanın bundan sonraki adımında Aquatox Modelinin kalibrasyonu ve verifikasyonu yapılmıştır.

6. KALİBRASYON VE VERİFİKASYON

Su kalitesi modellerinin hepsi modellenen ortamlarla ilgili sucul ortamlara göre değişen, kinetik ve stokiyometrik model katsayılarını içermektedirler. Herhangi bir modelin herhangi bir sucul ortama uygulanabilmesi için modelin kinetik ve stokiyometrik katsayılarının sucul ortamı temsil eden özellikte olması gerekmektedir.

Herhangi bir modelin kalibrasyonu ve doğrulanması, modelin çıktılarının arazide yapılan ölçümlerle karşılaştırılması ile yapılmakta ve genellikle deneme yanılma metoduna dayanmaktadır. Bu maksatla model katsayısına literatür aralığı içinde kalan herhangi bir değer verilmekte ve model çıktılarının gerçek değerlere yaklaşıp yaklaşmamasına bağlı olarak alınan değerler artmakta ve/veya azaltılmaktadır.

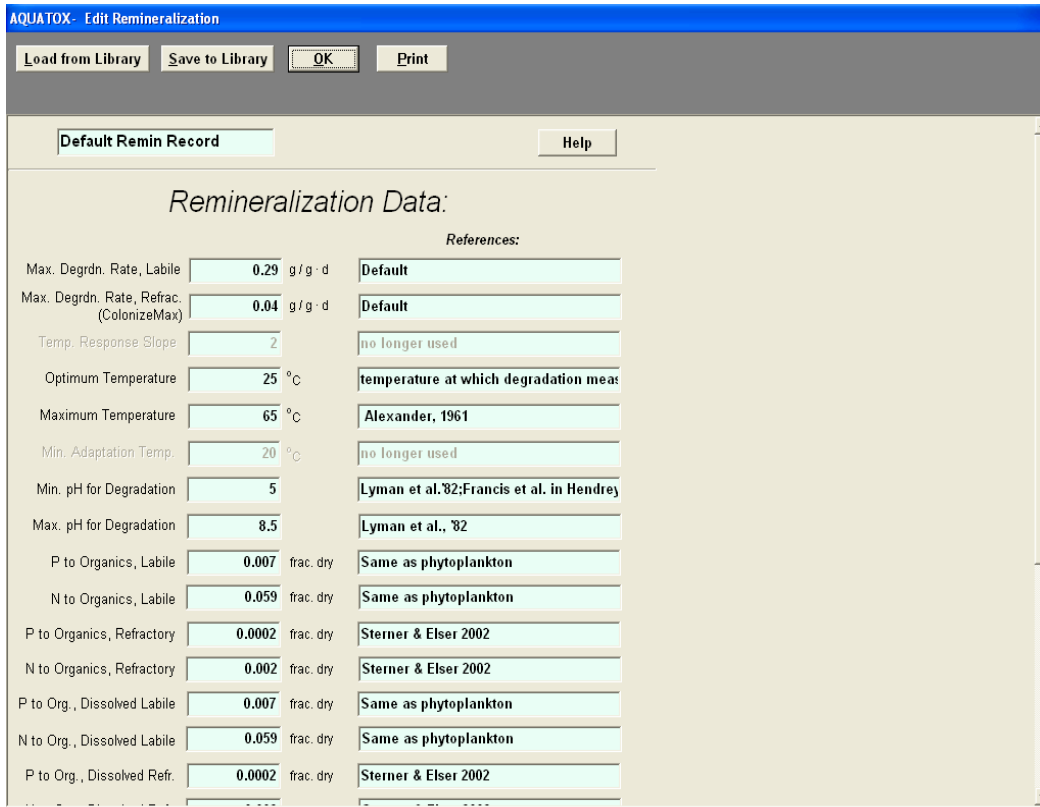
Alıcı ortamların modellenmesinde kullanılan matematiksel modellerde kullanılan katsayılar benzer olmalarına rağmen uygulanan su ortamına göre çok farklı değerler almaktadırlar. Bu kapsamda kalibrasyon ve verifikasyon çalışmalarına başlamadan önce literatür taraması yapılarak Aquatox modelinde kullanılan katsayıların maksimum ve minimum değerleri belirlenmiş olup, bu aralıklarda kalarak katsayılar tespit edilmiştir.

6.1 Bazı Su Kalite Modellerinde Kullanılan Katsayıların Maksimum ve Minimum Katsayılarının Değerleri

Aquatox Modelinde model katsayıları Şekil 6.1’de sitedeki reminalizasyon menüsünde verilmiştir. Şekil 6.2’de reminalizasyon menüsünde, Aquatox Modelindeki parametreler için verilen model katsayılarına ve literatürdeki maksimum ve minumum değerlere aşağıda detaylı olarak değinilmiştir.



Şekil 6.1 Aquatox'da Site Menüsü



Şekil 6.2 Aquatox'da Remineralizasyon Menüsü

Boegman organik madde ayrışma hızını Erie Gölü için ortalama 0.12 gün^{-1} olarak almıştır.

Toerien ve Cavari(1982), Organik madde ayrışma hızını maksimum 0.50 gün⁻¹ ve minimum 0.32 almıştır. Carney ve Colwell (1976)'da Organik madde ayrışma hızını maksimum 0.63 gün⁻¹ ve minimum 0.11 almıştır. Wright (1975)'de Organik madde ayrışma hızını maksimum 0.43 gün⁻¹ ve minimum 0.01 almıştır (Çelik, S,A, 2005).

Birleşmiş Milletler yiyecek ve tarım organizasyonun temiz sulardaki balık kültürü raporunda en düşük O₂ solunum hızı 0.5 mg O₂ g-1h-1 ve en yüksek 20 mg O₂ g-1 h-1 alınmıştır (Birleşmiş Milletler Yiyecek ve Tarım Organizasyonu,WEB sayfası).

Amerika Ulusal Haliç Rezerve Sisteminin dere ve nehirlerde yaptığı bir araştırmada en düşük solunum hızı 0.096 gO₂ m-2 h-1 ve maksimum 1.35 gO₂ m-2 h-1 arasında değişmektedir (Amerika Ulusal Haliç Rezerve Sistemi, WEB sayfası).

Ayrışmaya dirençli organik azot dönüşüm katsayısını Baca ve diğerleri maksimum 0.04 almıştır. Minimum ayrışmaya dirençli organik azot dönüşüm katsayısı Brandes tarafından 0.001 alınmıştır (Çelik, S,A, 2005).

Çözülebilir organik azot dönüşüm katsayısını Nyholm ve diğerleri maksimum 1.8 ve Brown ve diğerleri tarafından 0.4 alınmıştır. Minimum çözülebilir organik azot dönüşüm katsayısı Brown ve diğerleri 0.001 alınmıştır (Çelik, S,A, 2005).

Ayrışmaya dirençli organik fosfor dönüşüm katsayısını Jorgenson ve diğerleri maksimum 0.8 almıştır. Minimum ayrışmaya dirençli organik fosfor dönüşüm katsayısı Brandes tarafından 0.001 alınmıştır (Çelik, S,A, 2005).

Çözülebilir organik fosfor dönüşüm katsayısını Thomann ve diğerleri tarafından maksimum 0.22 olarak alınmıştır.

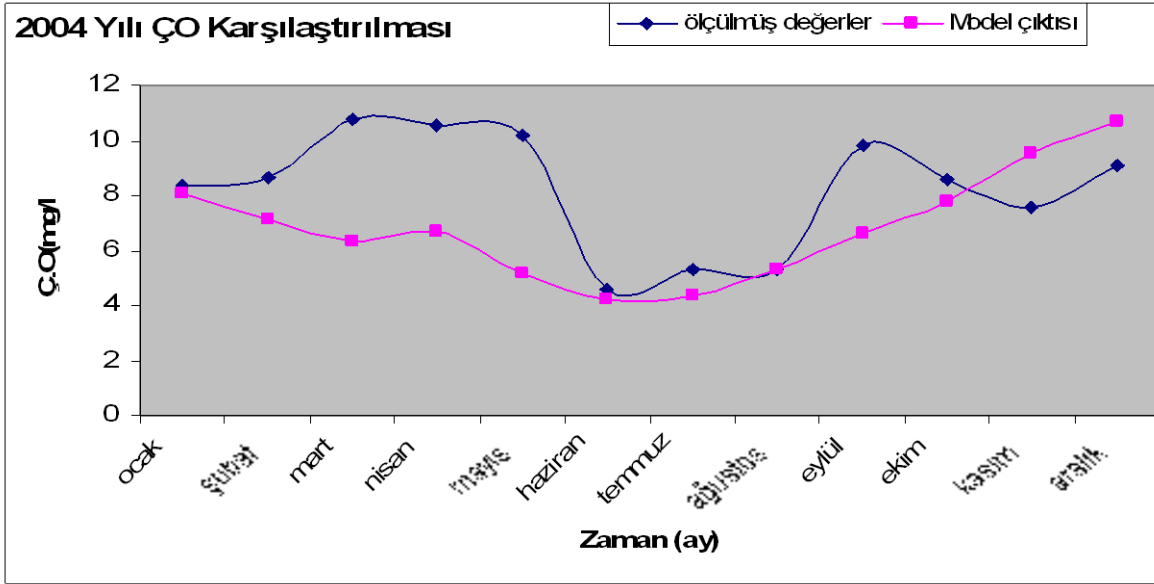
Nitrifikasyon hızı maksimum Wezernak tarafından 15.8 ve Koltz tarafından 9 olarak alınmıştır. Nitirfikasyon hızı minimum 0.001 olarak Collins ve Wlosinski tarafından alınmıştır (Çelik, S,A, 2005).

Sedimentasyon hızı, Elsinore Gölünde maksimum 0.042 mm/gün olarak bulunmuştur. Aynı Gölde minumum sedimentasyon hızı 0.0077 mm/gün olarak bulunmuştur. Aynı çalışmada Canyon Gölünde maksimum sedimentasyon hızı yukarıdaki değerin iki katı olarak tespit edilmiştir (Kirby M, 2004).

Nainital Gölünde yapılan çalışmada sedimantasyon hızı minimum 0.015 mm/gün ile maksimum 0.04 mm/gün arasında değişmektedir. Bhimtal gölünde yapılan çalışmada maksimum 0.042 mm/gün ve minimum 0.01 mm/gün olarak tespit edilmiştir. Dal Gölünde yapılan çalışmada maksimum 0.047 mm/gün ve minimum 0.003 mm/gün olarak bulunmuştur(Kumar vd., 2007).

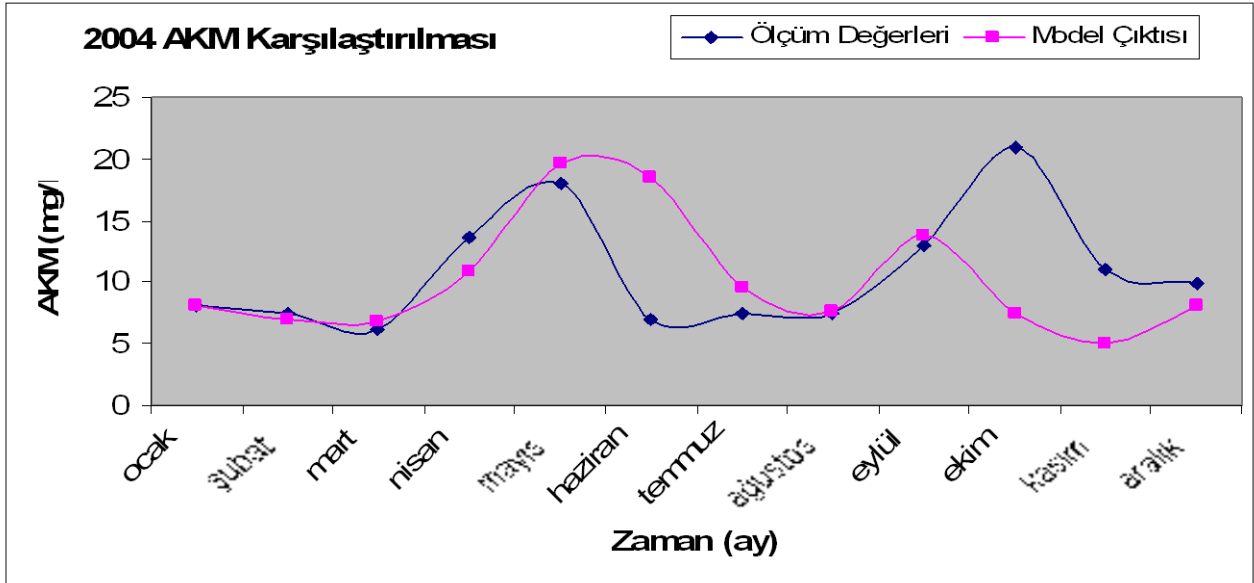
6.2 Kalibrasyon ve Verifikasyondan Önce Simülasyon Sonuçlarının Gerçek Değerlerle Karşılaştırılması

Kalibrasyon ve verifikasyondan önce Aquatox Modelinin simülasyon sonuçları 2004 yılı ölçüm değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar Şekil 6.3 ile Şekil 6.8 arasında gösterilmiştir.



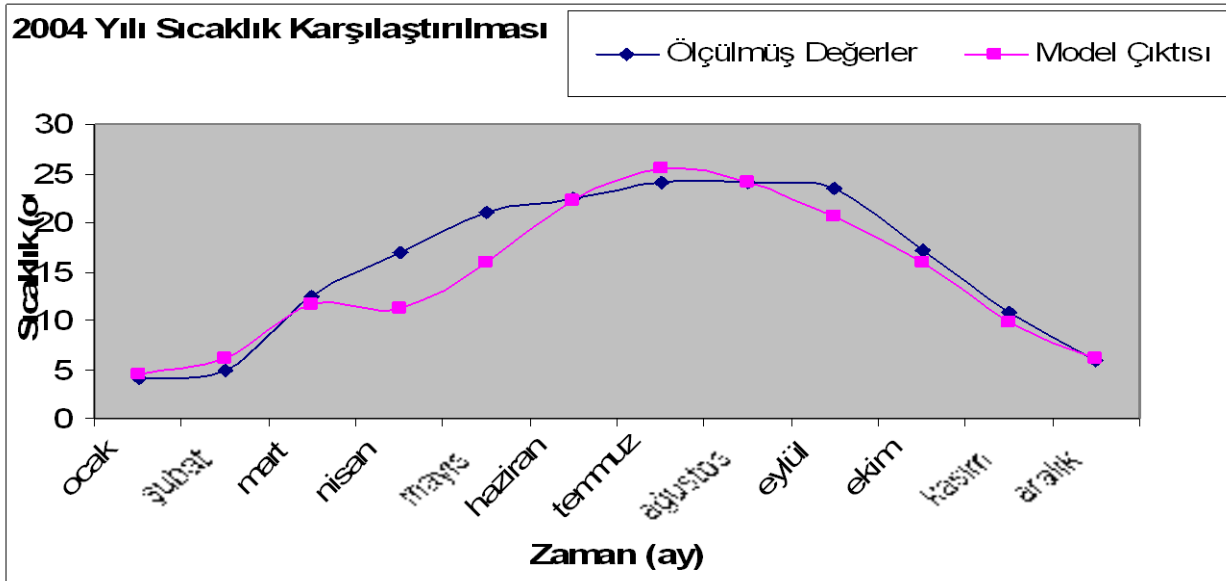
Şekil 6.3 2004 Yılı Çözünmüş Oksijen İçin Ölçülmüş Değerler ve Model Çıktısının Karşılaştırılması

Şekil 6.3'den de görüldüğü gibi hem ölçülmüş hem de model sonuçlarında çözünmüş oksijen değerleri kış ve bahar aylarında yükselmekte yaz aylarında ise düşmektedir. Özellikle yaz aylarında model sonuçları ile gerçek değerler arasında neredeyse bire bir uyum gözükmemektedir. Aquatox modelinde biomasın solunum hızı değiştirilerek ölçülmüş değere biraz daha yaklaşım sağlama imkânı vardır.



Şekil 6.4 2004 Yılı Askıda Katı Maddeler İçin Ölçülmüş Değerler ve Model Çıktısının Karşılaştırılması

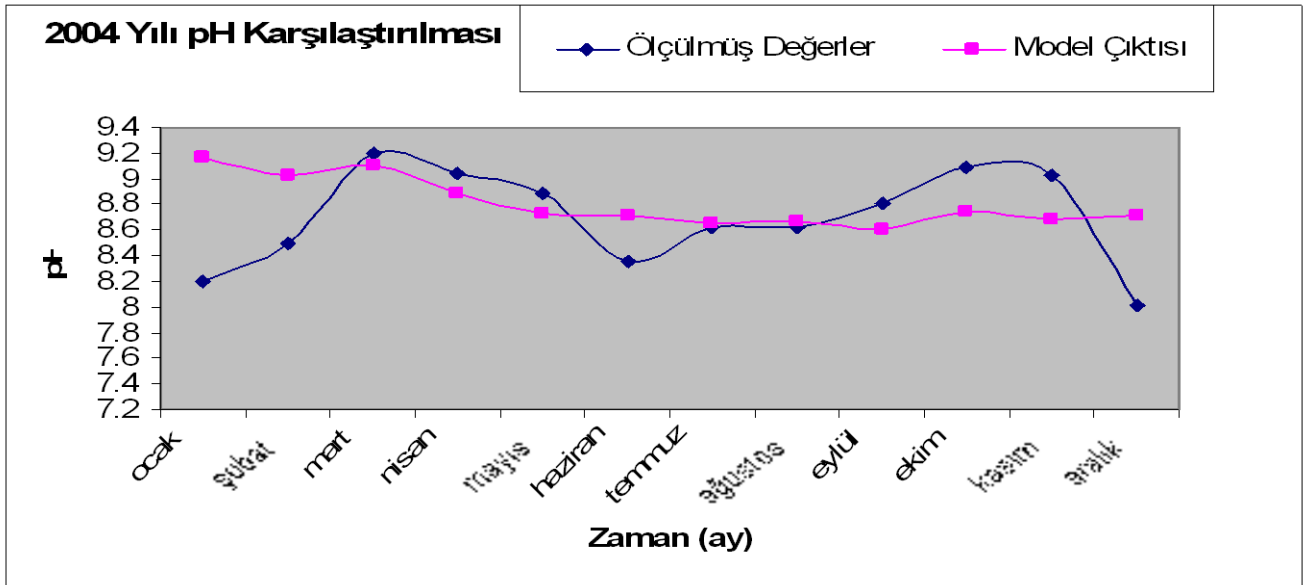
Şekil 6.4 den de görüldüğü gibi ölçüm değerleri ile model sonuçları arasında çok yakın bir uyum vardır. Aquatox Modelinin Askıda Katı Maddeler için gerçek ölçüm datalarına çok yakın değerler verdiği Şekil 6.4’de görülmektedir.



Şekil 6.5 2004 Yılı Sıcaklık için ölçülmüş değerler ve model çıktısının karşılaştırılması

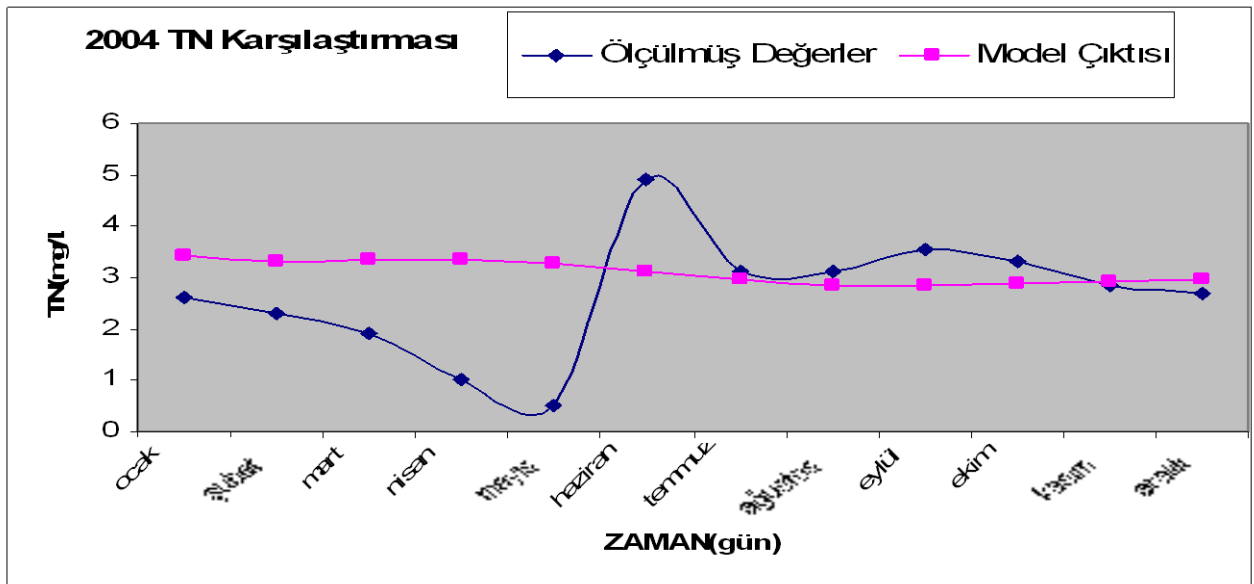
Şekil 6.5 den de görüldüğü gibi ölçüm değerleri ile model sonuçları arasında çok yakın bir

uyum vardır.



Şekil 6.6 2004 Yılı pH için ölçülmüş değerler ve model çıktısının karşılaştırılması

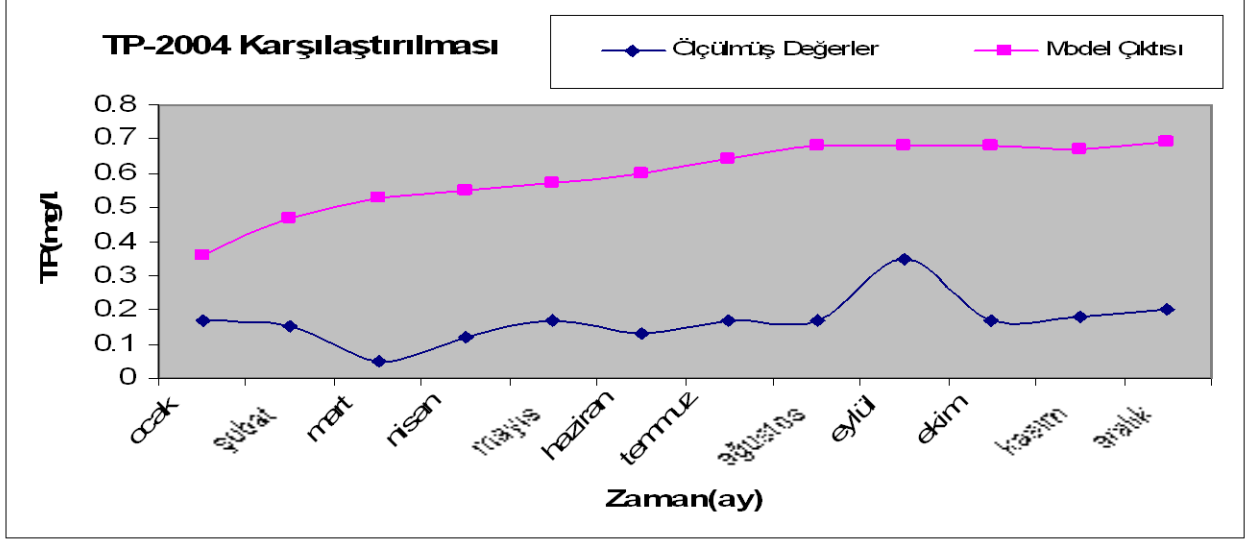
Şekil 6.6'dan görüldüğü gibi pH için model çıktıları ölçülmüş değerler arasında kalmaktadır.



Şekil 6.7 2004 Yılı TN için ölçülmüş değerler ve model çıktısının karşılaştırılması

Şekil 6.7'den görüldüğü gibi Model çıktısı 3.2 mg/L'den başlamaktadır. Bunun nedeni Toplam azotun 2002 yılı için Mogan Gölüne dökülen tüm derelerin herhangi bir ayının

ortalaması olan 3.2 mg/L değeri girdi olarak alınmasından dolayıdır. Dolayısıyla model, başlangıç değerini 3.2 seviyeden almakta daha sonra şekilden de görüldüğü gibi yılın yarısından sonra ölçülmüş değerlere çok yakın değerlerde simülasyon sonuçlarından görülmektedir.



Şekil 6.8 2004 Yılı Toplam Fosfor için ölçülmüş değerler ve model çıktısının karşılaştırılması

Şekil 6.8 den görüldüğü gibi ölçülmüş değerler ile model çıktısı oldukça uyumsuzdur. Bu uyumsuzlukların nedenlerine aşağıda detaylı değinilmiştir.

AKM, Sıcaklık ve pH parametreleri bakımından Aquatox Modelin son derece uyumlu olduğu, ancak Çözünmüş Oksijen, Toplam Azot ve Toplam Fosfor bakımından Aquatox uygulamalarında kullanılan hiperötrofik Göl olan Clear Gölü için verilen katsayıları başlangıç değerleri için kullanılmıştır.

Bu doğrultuda ilk olarak Aquatox Modelinin askıda ve çözülebilir organik madde modülünde partiküller organik madde oranı % 10'dan % 5'e düşürülmüştür. Ayrışmaya dirençli organik madde oranı ise %90'dan %95'e çıkarılmıştır. Bu değişiklik Şekil 6.9'da gösterilmiştir.

AQUATOX - Edit State Variable Data

Susp. and dissolved detritus

Initial Condition:

☐ Input is Organic Matter
☐ Input is Organic Carbon
☒ Input is Biochemical Oxygen Demand

Initial Condition % **Particulate** % **Refractory**
 129 mg/L dry 5 95

Inflow Loadings:

☐ Use Const. Conc. of
 9 mg/L dry

☒ Use Dynamic Conc. of

All Loadings:

% **Particulate** % **Refractory**
 5 95

Multiply Inflow Loading By:

1

Date	Loading
15.01.2002	125
14.02.2002	263
15.03.2002	245
14.04.2002	101
14.05.2002	217
15.06.2002	251.9

mg/L dry

Notes:

Loadings from Point Sources

☐ Use Const. Loading of 0 g / d
☒ Use Dynamic Loadings

Loadings in Units of Organic Matter g / d

Date	Loading

+ - Change

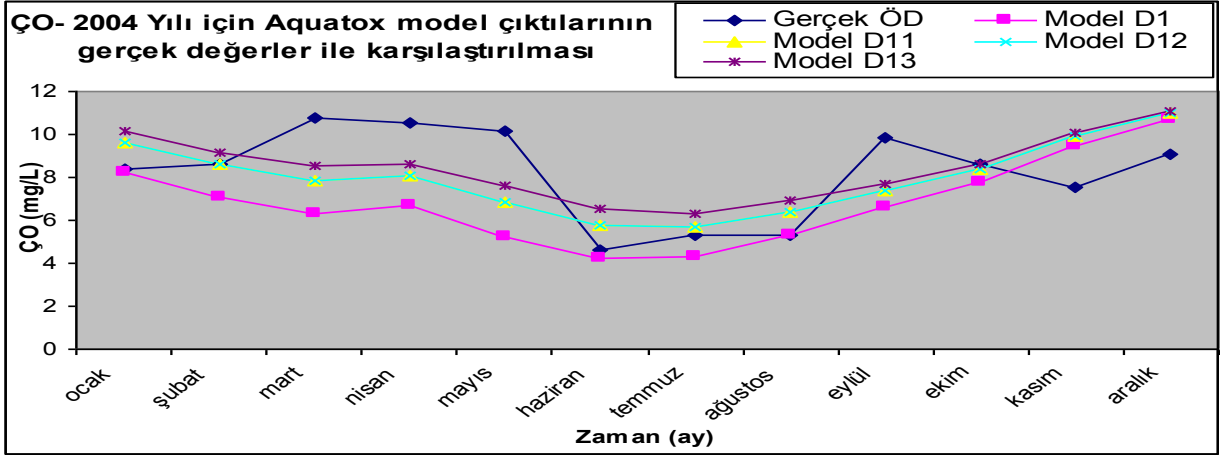
Multiply loading by 1

N.P.S. ☒ O.K. ☒ Cancel

Şekil 6.9 Askıda ve Çözünmüş Organik Madde Giriş Modülü

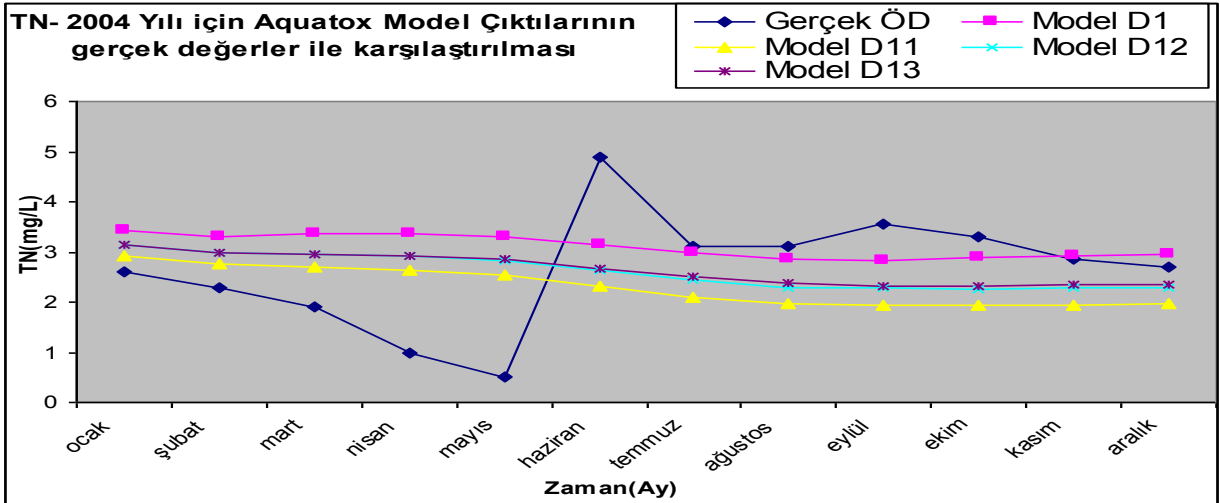
Kalibrasyonun ve verifikasyonun ilk safhasında çözülebilir ve ayrışmaya dirençli organik maddelerin maksimum ayrışma hızları sırasıyla 0.29 g/g-gün ve 0.04 g/g-gün sabit alınarak oksijen solunum hızı ve organik madde içerisindeki azot ve fosforun dönüşüm katsayıları değiştirilmiştir. Tüm bu adımlara aşağıda detaylı olarak değinilmiştir.

Sonraki adımda Oksijen solunum hızı 0.575 g O₂ g-1h-1(D1)'den 0.35 g O₂ g-1h-1'ye(D11) düşürülmüştür. 2. adımda 0.3 g O₂ g-1h-1(D12) ve 3. adımda 0.25 g O₂ g-1h-1(D13) alınmıştır. Tüm bu denemelerin neticeleri ve gerçek değerler ile karşılaştırılmaları Şekil 6.10'da gösterilmiştir.



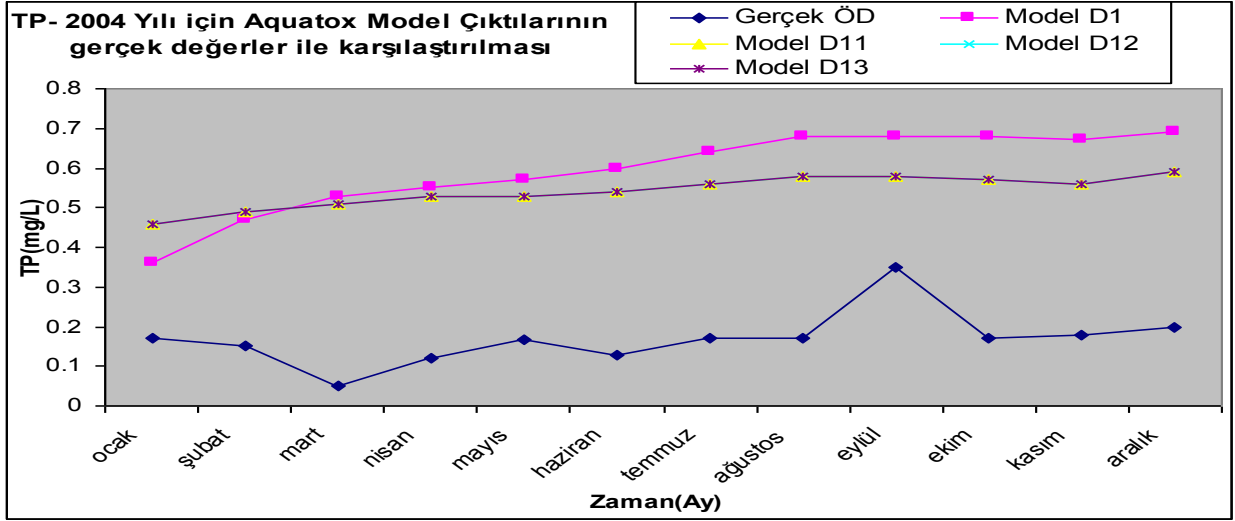
Şekil 6.10 I. Safha ÇO-2004 yılı Aquatox model çıktılarının gerçek değerler ile karşılaştırılması

Çözülebilir organik azot dönüşüm katsayısı birinci denemede 0.059 ve ayrışmaya dirençli organik azot dönüşüm katsayısı 0.002 alınmıştır(D1). Çözülebilir organik azot dönüşüm katsayısı ikinci denemede 0.0059 ve ayrışmaya dirençli organik azot dönüşüm katsayısı 0.0001 alınmıştır(D11). Çözülebilir organik azot dönüşüm katsayısı üçüncü(D12) ve dördüncü(D13) denemede 0.015 ve ayrışmaya dirençli organik azot dönüşüm katsayısı 0.0025 alınmıştır. Tüm bu denemelerin neticeleri ve gerçek değerler ile karşılaştırmaları Şekil 6.11’de gösterilmiştir.



Şekil 6.11 I.Safha TN-2004 Yılı Aquatox model çıktılarının gerçek değerler ile karşılaştırılması

Çözülebilir organik fosfor dönüşüm katsayısı birinci denemede(D11) 0.007 ve ayrışmaya dirençli organik fosfor madde dönüşüm katsayısı 0.0002 alınmıştır. Çözülebilir organik fosfor dönüşüm katsayısı ikinci(D12) ve üçüncü(D13) denemelerde 0.001 ve ayrışmaya dirençli organik fosfor dönüşüm katsayısı ise 0.0001 alınmıştır. Tüm bu denemelerin neticeleri ve gerçek değerler ile karşılaştırmaları Şekil 6.12’de gösterilmiştir.



Şekil 6.12 I. Safha TP - 2004 Yılı Aquatox model çıktıları ile gerçek değerlerin karşılaştırılması

Tüm bu denemelerin uygun aralıkta kalıp kalmadığının belirlenebilmesi için daha öncede belirtildiği gibi relativ hata kullanılmıştır. Relativ hata hesaplamasının formülasyonu aşağıda verilmiştir.

$$R = \frac{|Y_c - Y_m|}{Y_m}$$

Burada Y_c: Geçerlilik periyodunda ortalama hesaplanmış değer,

Y_m: Geçerlilik periyodunda kullanılan ortalama ölçülmüş değerdir.

R relativ hatayı vermektedir. Jorgenson’a göre relativ hatanın 100 ile çarpılmış hali;

- %3<100*R<%10 çok iyi,
- %10<100*R<%27 kabul edilebilir,

- $100 \cdot R > \%27$ kabul edilmez.

Yukarıda verilen Çözünmüş Oksijen ve Toplam Azot için birinci safhadaki denemeleri neticesinde hesaplanan relativ hataları Çizelge 6.1 ve 6.2’de sırasıyla verilmiştir. Toplam fosfor için herhangi bir relativ hata uyumlaşmanın az olması sebebiyle hesaplanmamış olup, uyumlaşmama nedenleri daha sonra detaylı olarak açıklanmıştır.

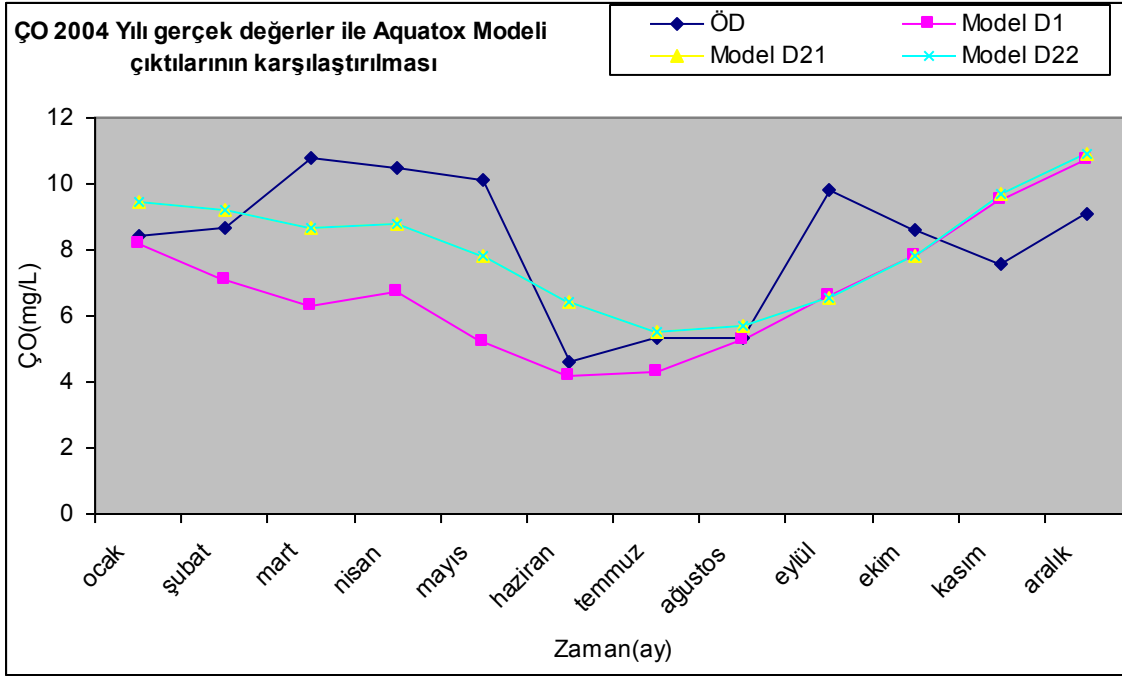
Çizelge 6.1 Çözünmüş Oksijen için hesaplanan relativ hata değerleri

	D11	D12	D13	D14
100*R	21.6	23.2	23.2	21.5

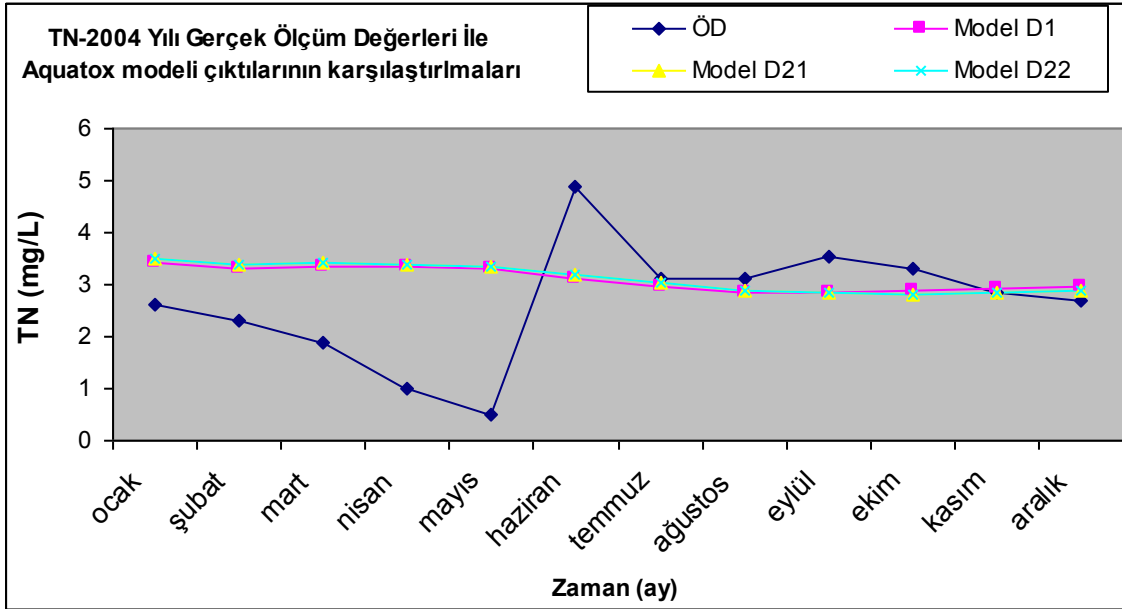
Çizelge 6.2 Toplam Azot için hesaplanan relativ hata değerleri

	D11	D12	D13	D14
100*R	24.5	34.14	30.2	28.9

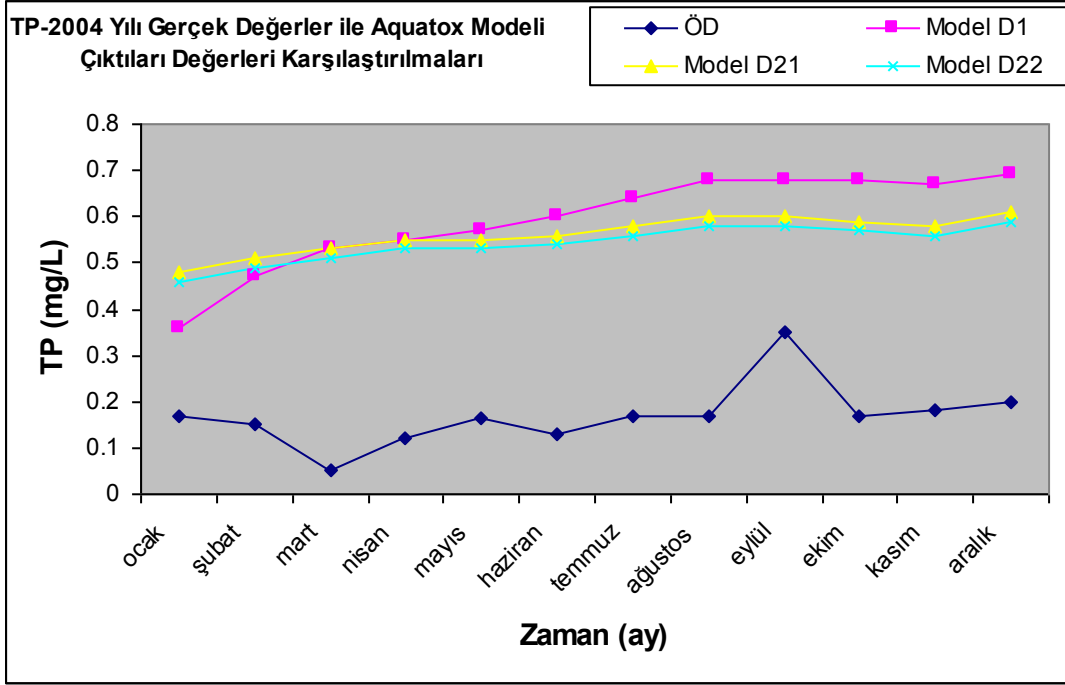
Kalibrasyonun ve verifikasyonun ikinci safhasının ilk adımında çözülebilir ve ayrışmaya dirençli organik maddelerin maksimum ayrışma hızları sırasıyla 0.1g/g-gün ve 0.01 g/g-gün alınmıştır. İkinci safhanın birinci adımında(D21) oksijen solunum hızı 0.575 g O₂ g-1h-1’den 0.5 g O₂ g-1h-1’ye düşürülmüştür. Çözülebilir organik azot dönüşüm katsayısı 0.07 ve ayrışmaya dirençli organik azot dönüşüm katsayısı 0.005 olarak alınmıştır. Organik madde içerisindeki fosforun dönüşüm katsayıları için Clear lake de kullanılan katsayılar alınmıştır. İkinci safhanın ikinci adımında(D22) çözülebilir ve ayrışmaya dirençli organik maddelerin maksimum ayrışma hızları, oksijen solunum hızı ve Organik azot dönüşüm katsayısı yukarıdaki gibi alınmıştır. Sadece organik madde içerisindeki çözülebilir ve ayrışmaya dirençli fosfor dönüşüm katsayıları sırasıyla 0.001 ve 0.0001 olarak alınmıştır. Tüm bu çalışmalar neticesindeki simülasyonların gerçek değerler ile karşılaştırılması Şekil 6.13, Şekil 6.14 ve Şekil 6.15’de gösterilmiştir.



Şekil 6.13 II.Safha ÇO-2004 Yılı Aquatox model çıktıları ve gerçek değerlerin karşılaştırılması



Şekil 6.14 II.Safha TN- 2004 Yılı Aquatox model çıktıları ve gerçek değerlerin karşılaştırılması



Şekil 6.15 II.Safha TP-2004 Yılı Aquatox model çıktıları ve gerçek değerlerin karşılaştırılması

Yukarıda verilen Çözünmüş Oksijen ve Toplam Azot için ikinci safhadaki denemeler neticesinde hesaplanan relativ hataları Çizelge 6.3 ve 6.4’de sırasıyla verilmiştir. Toplam fosfor için herhangi bir relativ hata uyumlaşmanın az olması sebebiyle hesaplanmamış olup, uyumlaşmama nedenleri aşağıda açıklanmıştır.

Çizelge 6.3 Çözünmüş Oksijen için hesaplanan relativ hata değerleri

	D1	D21	D22
100*R	21.6	18.5	18.5

Çizelge 6.4 Toplam Azot için hesaplanan relativ hata değerleri

	D1	D21	D22
100*R	24.5	24.5	24.5

Çizelge 6.3 ve 6.4'den de görüldüğü gibi Toplam Azot ve Çözünmüş Oksijen parametreleri için verilen D21 ve D22 model neticelerine göre hesaplanan relativa hata değerleri kabul edilebilir aralıkta çıkmıştır.

Tüm bu sonuçlara göre Aquatox Modeli Sıcaklık, pH, Askıda Katı Madde, Çözünmüş Oksijen ve Toplam Azot parametreleri için Aquatox Modeli kalibre edilmiştir. Özellikle D22 Aquatox Modeli denemesi neticesinde elde edilen simulasyonlar sonuçlarının gerçek değerler ile karşılaştırılmasında hesaplanan relativ hata değerleri kabul edilebilir aralıkta çıkmıştır.

Yukarıda bahsedildiği gibi Toplam Fosfor haricinde diğer parametreler için relativ hata hesaplanarak modelin kalibrasyonu ve verifikasyonu yapılmıştır. Toplam fosfor simülasyonlarının 2004 yılı ölçüm değerleri ile karşılaştırıldığında uyumsuz olduğu gözükmiştir. Bu uyumsuzlaşmanın nedenlerine bakmak için öncelikle Aquatoxda fosforun diferansiyel denkleminde ve Mogan Gölü sedimanının yapısına bakmak gerekmektedir.

Fosfor tatlı sularda ilk üretimi kontrol eden anahtar bir element olup, sedimandan fosforun salınımı su kalitesini etkileyebilmektedir. Göl ve göletlerin ötrofikasyonunda sedimanın fosforu tutması veya sedimanda fosfor salınımının gerçekleşmesi, bazı koşullara bağlıdır. Sedimandan fosforun göl suyuna salınımı; fosforun hareketinde etkili olan redoks potansiyeli, pH, sıcaklık, mikrobiyal faaliyetler ve demir bileşikler gibi bazı çevresel parametreler ile fosfor taşınımını etkileyen difüzyon, türbülans ve biyotürbülans gibi birtakım proseslere bağlıdır (Boström vd., 1988).

Fosfor sedimandan aerobik veya anaerobik koşullarda salınabilmektedir. Bu mekanizma özellikle sığ ve tabakalaşmayan göller için önem taşımaktadır. Sedimandan anaerobik göl suyuna olan fosfor salınımı genellikle aerobik suya olan salınımdan daha fazla olabilmektedir. Sediman-su arası fosfor değişimi oksidasyon-redüksiyon (redoks) reaksiyonlarından etkilenmektedir. Besin elementince zengin verimli göllerde sediman üstü su anoksiktir. Bu tür koşullarda sediman üstündeki 0-5mm'lik oksijenli mikrozon tabaka kaybolmakta ve suya fosfor salınımı gerçekleşmektedir (Wetzel, 1983). Nürnberg'in 1984 yılında, 20 adet gölde yürüttüğü çalışmada anaerobik fosfor salınımının 0,8-48 mg/m²/gün arasında değiştiğini, ortalama değer 16mg/m²/gün olduğunu saptamıştır.

Kuzey Amerika'daki ötrofik göl ve rezervuarlarda yapılan bir çok çalışmada sedimandan su

kolonuna P'nin geçiş hızı aerobik şartlarda; 4.5-5.71 mg m⁻² gün⁻¹ ve anerobik şartlarda 2.0-32.0 mg m⁻² gün⁻¹ olarak ölçülmüştür(Sen S, vd., 2006).

Butternut Gölünde yapılan bir çalışmada sedimandan fosfor salınım hızı aerobik şartlarda 0.300-1.817 mg/m²/gün ve anaerobik şartlarda 4.777-7.509 mg m⁻² gün⁻¹ olarak tespit edilmiştir (Rose, B. and Robertson, Dale., 2007).

Aqautox modelinde fosfor döngüsünde ayrışma, boşaltım ve asimilasyon oldukça önemli olup, aşağıdaki gibi formülüze edilmektedir.

$$\frac{dPhosphate}{dt} = Loading * FracAvail + Excrete + Decompose - Assimilation_{Phosphate} - Washout + -TurbDiff$$

$$Excrete = \sum_{Biota} Org2Phosphate * Excretion_{Biota}$$

Burada;

Excrete, biyotaların boşaltımından meydana gelen fosfat miktarı (g/m³"d) olup, genellikle sedimanda anaerobik ayrışmadan sonra özellikle sedimanın üst kısmına yüksek miktarda fosfat salınımını hesaplamakta ve özellikle anaerobik şartlarda hesaplanan fosfor miktarı çok daha fazla olmaktadır.

Mogan Gölünde sediman birikimi uzun yıllar devam eden atıksu deşarjı ve araziden yağımur sularıyla göle giren besi maddeleri ve askıda katı maddenin çok büyük etkisi olmuştur. Gölde yer yer bataklıklaşma, su içi yüksek bitkilerinde de aşırı artış ve yayılış başlamış, göldeki sığılaşma hız kazanmıştır. Göldeki sediman ve besin maddelerinin artışı ile bataklıklaşma ve ötrofikasyon hakim şekle dönüşmüştür. Dolayısıyla Magan Gölü dip çamurunda yoğıun bir anaerobik ayrışma olmaktadır.

Yukarıdaki denklemden g r ld ğı gibi Mogan Gölünde dip çamurundan suya yüksek miktarda fosfat salınım Biyotolar tarafından yapılmaktadır. Bu yüzden simulasyon neticesinde çıkan toplam fosfor değıerleri hiçbir zaman gerçek değıerlere yaklaşmamaktadır. Ayrıca bu durumda gerçek ölçüm değıerlerinin söz konusu gölün su seviyesinin 30 cm altında gerçekleşmiş olması ve özellikle g l sedimanın üst kısmını temsil etmemesi önemli rol oynamaktadır.

Tüm denemeler neticesinde hesaplanan relativ hata değerleri olan Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.4'den de görüldüğü gibi Deneme 2.1 ve Deneme 2.2 Aquatox Modelleri ile bundan sonraki adımlara devam edilmiştir.

Bu doğrultuda öncelikle kalibrasyon ve verifikasyonu yapılan Aquatox Modelinin Mogan Gölü için giriş şartları Şekil 6.16'da verilmiştir.

AQUATOX-- Initial Conditions Entry Screen

State Variables' Initial Conditions:

Print

	Init. Cond.	Units
NH3 & NH4+	0.2	mg/L
NO3	2.1	mg/L
Tot. Sol. P	0.15	mg/L
CO2	0.7	mg/L
Oxygen	9.7	mg/L
TSS	44.2	mg/L
R detr sed	3612	g/m2 dry
L detr sed	36.487	g/m2 dry
R detr diss	86.1527	mg/L dry
L detr diss	4.5344	mg/L dry
R detr part	4.5344	mg/L dry
L detr part	0.2387	mg/L dry
BuryRDetr	2	Kg/cu.m
BuryLDetr	2	Kg/cu.m
Peri, Navicula	0.09	g/m2 dry
Peri, Fragilar	0.24	g/m2 dry
Peri High-Nut	1.48	g/m2 dry
Phyto, Green	0.81	mg/L dry
Phyt, Blue-Gre	5.73	mg/L dry
Copepod	4.65	mg/L dry
Rotifer, Brach	13.158	mg/L dry
Rotifer, Kerat	1.14	mg/L dry
Water Vol	13500000	cu.m
Temp	6	deg. C
Wind	0	m/s
Light	0	Ly/d
pH	7	pH

Help OK

Şekil 6.16 Kalibrasyon ve verifikasyonu yapılan Aquatox Modelinin Mogan Gölü için sabit durumdaki giriş konsantrasyonları

Şekil 6.16 dan da görüldüğü gibi kalibrasyonu ve verifikasyonu yapılan Aquatox Modeli için 26 adet parametre için sabit durumda giriş değişkenleri görülmektedir. Ayrıca bu giriş değişkenlerine ilave olarak her bir parametre için aylık bazda giriş değerleri söz konusu modele girilmiştir. Diğer modeller ile karşılaştırma yapıldığında en fazla giriş parametresi Aquatox Modeli için meydana getirilmiştir. Dolayısıyla en iyi neticeler Aquatox Modelinde alınmıştır. Ayrıca çalışmada kullanılan model neticelerine bakıldığında giriş değişkenlerine karşı en duyarlı model Aquatox Modeli olmuştur. Kalibrasyonu ve verifikasyonu yapılan Aquatox Modelinde Mogan Gölü için meydana getirilen model katsayıları Çizelge 6.5'de verilmiştir.

Çizelge 6.5 Aquatox Modelinde Mogan Gölü İçin Meydana Getirilen Katsayılar

	Değer	Birim	Referanslar
Ayrışabilir Maddeler İçin Mak. Ayrışma Hızı	0.1	g/g-gün	Varsayılan
Ayrışmaya dirençli Maddeler İçin Mak. Ayrışma Hızı	0.01	g/g-gün	Varsayılan
Ayrışma İçin Minimum pH	5		Varsayılan
Ayrışma İçin Maksimum pH	8.5		Varsayılan
Ayrışabilir Organik Madde İçinde P	0.001	Kuru-oran	Varsayılan
Ayrışabilir Organik Madde İçinde N	0.07	Kuru-oran	Varsayılan
Ayrışmaya dirençli Organik Madde İçinde P	0.0001	Kuru-oran	Varsayılan
Ayrışmaya dirençli Organik Madde İçinde N	0.005	Kuru-oran	Varsayılan
Çözülmüş Ayrışabilir Organik Madde İçinde P	0.001	Kuru-oran	Varsayılan
Çözülmüş Ayrışabilir Organik Madde İçinde N	0.07	Kuru-oran	Varsayılan
Çözülmüş Ayrışmaya dirençli Organik Madde İçinde P	0.0001	Kuru-oran	Varsayılan
Çözülmüş Ayrışmaya dirençli Organik Madde İçinde N	0.005	Kuru-oran	Varsayılan
O ₂ : Biomass, Solunum	0.5	Oran	Varsayılan
O ₂ : N, Nitirfikasyon	4.57	Oran	Scavia '80
Sedimentasyon Hızı (KSed)	0.15	m/gün	Collins & Wlosinski '83 (0.69)
Askıda ayrışabilir, ıslak-kuru	5	Oran	Varsayılan
Askıda ayrışmaya dirençli, ıslak-kuru	5	Oran	Varsayılan
Sedimanda ayrışabilir, ıslak-kuru	5	Oran	Varsayılan
Sedimanda ayrışmaya dirençli, ıslak-kuru	5	Oran	Varsayılan

Çizelge 6.5’de görülen katsayılar Mogan Gölü için Aquatox Modelinde meydana getirilmiştir. Aquatox Modelinde daha öncede bahsedildiği gibi girdi dataları 2002 yılı verilerinden meydana getirilmiştir. 2004 yılının tamamı kalibrasyon ve verifikasyonda kullanılmıştır. Kalibrasyon ve verifikasyon safhasında yukarıda verilen katsayılar meydana getirilmiştir. Kalibrasyon ve verifikasyon yapılmadan önce literatürden maksimum ve minimum katsayılar belirlenmiştir. Kalibrasyon ve verifikasyon yapılırken bu literatür değerleri arasında kalınmıştır.

Çizelge 6.5 de görülen katsayılar Mogan Gölünde makro parametreler için meydana getirilmiştir. Mikro parametrelerin özellikle toksik organik maddelerin Mogan Gölüne etkisi bir sonraki adımda incelenmiş ve Aquatox Modeli kullanılarak geleceğe dönük simülasyonlar yapılmıştır. Özellikle Mogan Gölü havzasında alınan bazı önlemlerin Mogan Gölü su kalitesine etkisi Aquatox Modeli ile tayin değerlendirilmiştir. Dahası 2000/60/EC sayılı Su Çerçeve Direktifinde kastedilen iyi su durumuna ulaşmak için öngörülen organik maddelerin Çevre Kalite Standartlarının(ÇKS) tayini için Aquatox Modeli, Mogan Gölünde kullanılmıştır.

7. TEHLİKELİ MADDELERİN MOGAN GÖLÜNE ETKİSİ ve ÇEVRESEL KALİTE STANDARTLARININ BELİRLENMESİ

7.1 Tehlikeli Maddelerin Mogan Gölüne Etkisi

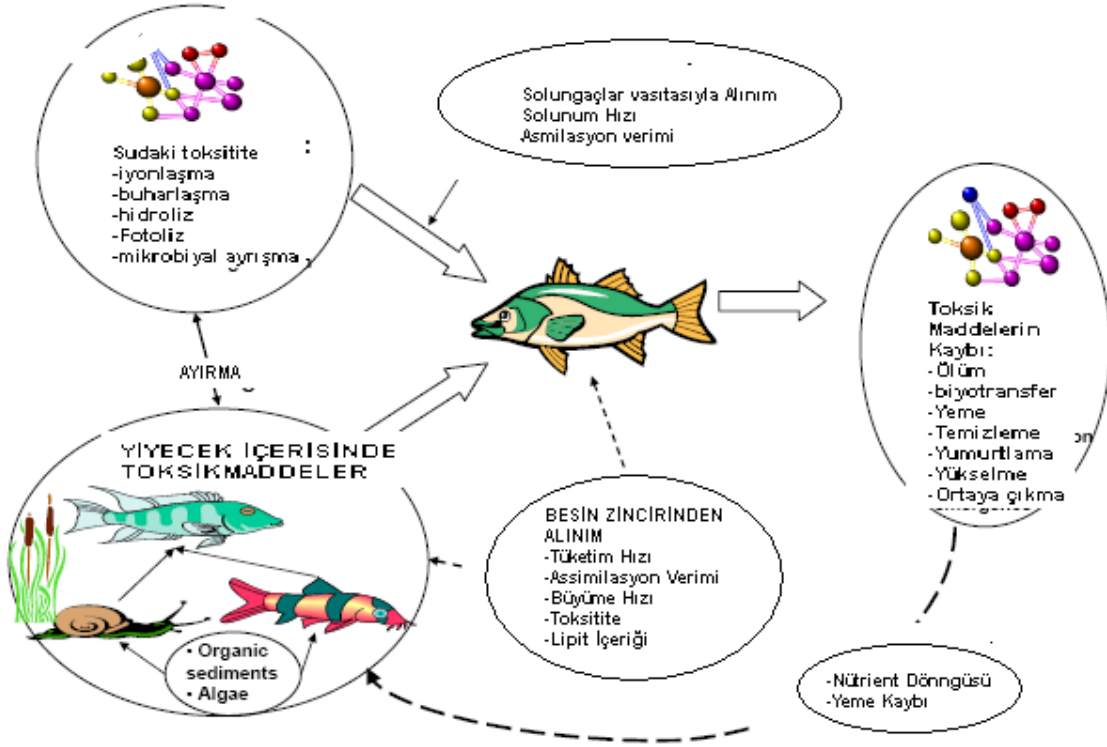
Bu bölümde Mogan Gölü için kalibrasyonu ve verifikasyonu yapılan Aquatox Modeli kullanılarak bazı toksik organik maddelerin Mogan Gölüne etkisi incelenmiştir. Ayrıca bu toksik maddeler için maksimum izin verilebilir konsantrasyonlar tayin edilmiş ve bu konsantrasyonlar, 2000/60/EC sayılı Su Çerçeve Direktifininin kardeş direktifinde yer alan Çevresel Kalite Standartları ile karşılaştırılmıştır.

Aquatoxda su, sediman ve biyota arasında ayrışmakta olan kimyasallar ve ayrışma hızları tahmin edilmektedir. Özellikle Toksik organik maddelerin ayrışması, biyo-transformasyon fotoliz, hidroliz ve uçucular AQUATOX da modellenmektedir.

Özellikle Aquatoxda toksik organik maddeler, maksimum ayrışma hızı sonradan azalan alt optimum sıcaklık, pH ve çözünmüş oksijen altında modellenmektedir. Aynı zamanda fotoliz ışık bölümlene faktörünün kullanılması, buharlaşma, hava ve su arasında oksijen havalandırılmasına dayanan hava ve su transfer hızlarında dikkate alınmaktadır.

Aquatoxda biyolojik birikme Şekil 7.1'de gösterilmiştir. Dengede olmayan konsantrasyon organizmaların biyo enerjilerinin bir fonksiyonu ve kimyasalların ve yayılmanın fonksiyonu olarak eliminasyon, desorpsiyon ve sorpsiyona bağlı olarak kinetik denklemler ile temsil edilmektedir.

AQUATOXDA BİYOLOJİK BİRİKME



Şekil 7.1 Aquatoxda Biyolojik Birikme

Aquatoxda suda, sedimanda, bitkilerde ve sucul canlılarda bulunacak toksik maddelerin diferansiyel denklemleri ile ilgili daha önce detaylı bilgi verilmiştir. Toksik maddelerin sudaki kütlesinin değişimi, toksik maddelerin sedimandan suya hareketi, ayrışabilir sediman organik madde bölümündeki ayrışmanın neticesi, sedimandaki ayrışmış veya parçalanmış bölümlerin sorpsiyonu ve desorpsiyonu, alg ve makrobitkilerin alımı, sucul organizmaların ve solungaçların alımı, organizmalar tarafından maddelerin alımı ve epilimnion ve hipelimnion arasında türbülans ile difüzyon ile temsil edilmektedirler.

Aquatoxda mikroorganizmaların yalnızca organik maddeleri değil aynı zamanda ekosistem içinde petrol türevleri, çözücüler ve pestisitleride enerji kazanmak için ayrıştırdıkları varsayılmaktadır. Aquatoxda ayrışan kirleticiler sucul ortamda veya organik maddeler içinde veya sedimanda birikmesine bakılmaksızın modellenmektedir.

Birçok modelden farklı olarak Aquatox, bir alt eko toksikoloji modeli içererek organizma içerisinde verilen kronik ve akut toksik etkilerini incelemektedir.

Şekil 7.2’de görüldüğü gibi Aquatox Modeli özellikle toksik organik maddeler için bir kütüphaneye sahiptir. Bu kütüphane; her bir kimyasalın CAS numarasından moloküler ağırlığı, Henry kanunu sabitesi, oktonal su bölünme katsayısı, anaerobik ve aerobik mikrobiyal ayrışma katsayısı vs, tüm özellikleri içermektedir. Aquatox her bir kimyasalın sucul ortama etkisini modellerken tüm bu özellikleri dikkate almaktadır. Şekil 7.2’de “Toxicity Data” işaretlendiğinde her bir kimyasal için toksitite özellikleri Şekil 7.3’de olduğu gibidir.

AQUATOX - Edit Chemical

◀ ▶ 🔍 ⌂ Cancel Save Print GridMode Acrolein

Note: These parameters are provided as examples. It is the responsibility of the user to verify their applicability for a specific application.

Chemical: **Acrolein** Find New Help

Chemical Properties and Fate Data:

CAS Registry No. **107-02-8** Chemical is a Base ☐ **Toxicity Data**

Molecular Weight **56.1**

Dissociation Constant **0** pKa **References:**

Solubility **208000** ppm **Verscheuren '83**

Henry's Law Constant **4.4E-6** atm·m³/mol **Howard '89**

Vapor Pressure **220** mm Hg **Verscheuren '83**

Octanol-Water Partition Coefficient **-0.1** (log) **Hansch '85**

Days to Reach Equilibrium: **(Uncalculable)**
(Calculated Using Octanol-Water Partition Coefficient)

Calculate Sed/Detritus Water Partition Coefficient dynamically using pH, pKa and LogKOW ☐ at pH 7, KPSED would be: **(Uncalculable)** L/kg OC

OR, Enter override value for KPSED **0.5** L/kg OC **calc. from ARS Pesticide Properties Db**

Activation Energy for Temperature **18000** cal/mol **default Lyman, Reehl, Rosenblatt, 1982.**

Rate of Anaerobic Microbial Degradation **0.01** 1/d **rough est. based on www.inchem.org EHC**

Max. Rate of Aerobic Microbial Degradation **0.008** 1/d **unsubstantiated**

Uncatalyzed hydrolysis constant **0** 1/d **Mabey et al. '82**

Acid catalyzed hydrolysis constant **0** L/mol·d **"**

Şekil 7.2 Aquatox'un Kimyasal Kütüphanesi

Chemical Toxicity Parameters -- Acrolein

Animal Toxicity Data **Add an Animal Toxicity Record** **Print** *To delete a record, press <Ctrl> * *Drift Threshold only relevant to zoobenthos*

Animal name	LC50 (ug/L)	LC50 exp. time (h)	LC50 comment	K2 Elim. rate const (1/d)	K1 Uptake const (L/kg d)	BCF (L/kg)	Biotmsfm. rate (1/d)
Trout	74	96	ECOTOX	3.288E+00	0	0	0
Bass	160	96	ECOTOX	7.769E+00	0	0	0
Bluegill	90	96	ECOTOX	0E+00	0	0	0
Minnow	27	96	ECOTOX	7.636E+02	0	0	0
Carp	250	96	ECOTOX	1.765E+00	0	0	0
Catfish	385.343	96	Regr. on Carp [Common carp(Cyprinus carpio)]	6.161E+00	0	0	0
White sucker	14	96	ECOTOX	4.087E+00	0	0	0
Walleye	29.508	96	Regr. on Trout [Rainbow trout(Oncorhynchus my]	4.329E+00	0	0	0
Yellow perch	175.016	96	Regr. on Trout [Rainbow trout(Oncorhynchus my]	6.238E+00	0	0	0
Daphnia	83	48	ECOTOX	5.203E+02	0	0	0
Copepod	279.548	48	Regr. on Daphnia [water flea(Daphnia magna)]	4.016E+03	0	0	0
Amphipod	180	96	ECOTOX	3.693E+03	0	0	0
Snail	368	96	ECOTOX	4.746E+01	0	0	0

Plant Toxicity Data **Add a Plant Toxicity Record** **Print** *K1, BCF entered on a dry weight basis.*

Plant name	EC50 photo (ug/L)	EC50 exp. time (h)	EC50 dislodge (ug/L)	EC50 comment	K2 Elim. rate const (1/d)	K1 Uptake Const (L/kg d)	BCF
Greens	170	24	0	ECOTOX	96	0	0
Diatoms	170	24	0	same as greens	96	0	0
Bluegreens	117	24	0	ECOTOX	96	0	0
Macrophytes	0	0	0		0.6329	0	0

Note: K1 and BCF values are only relevant when non-default program behavior is selected within a simulation.

K1, BCF entered on a dry weight basis.

Estimate Animal K2s using Kow Estimate Plant K2s using Kow Perform fish regressions

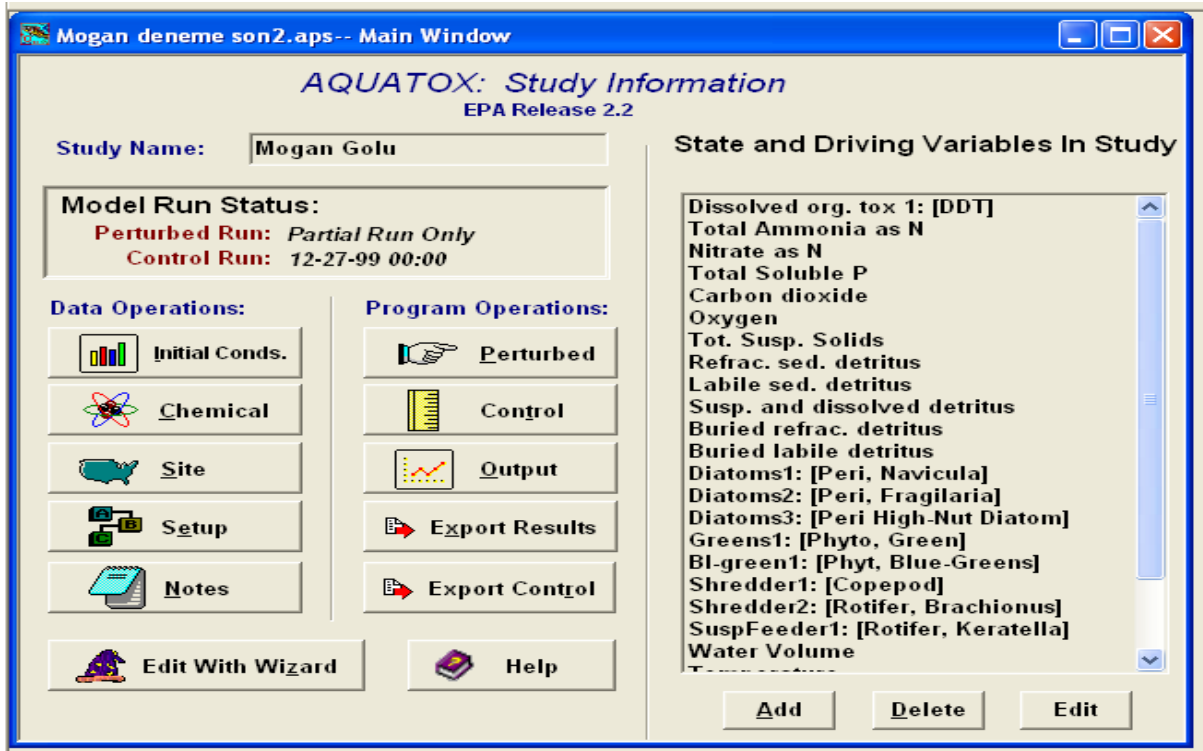
Estimate plant LC50s using EC50 to LC50 ratio Perform invertebrate regressions

Estimate animal EC50s using LC50 to EC50 ratio **Help** **X Cancel** **✓ O.K.**

Şekil 7.3 Aldrin için toksisite özellikleri

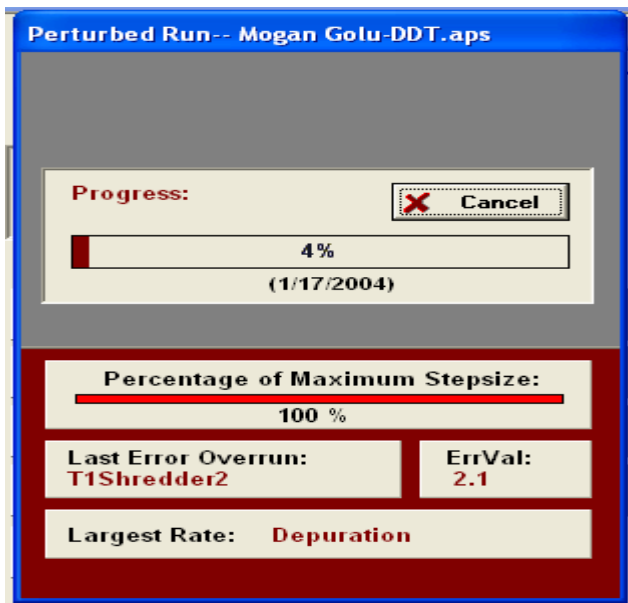
Şekil 7.3'den de görüldüğü gibi her bir kimyasal için LC50, EC50, K1, K2 ve BCF dahil tüm toksite özellikleri verilmektedir. Dolayısıyla tüm bu özellikler her bir kimyasalın sucul ortamlara etkisini modellerken dikkate alınmaktadır.

Aquatox Modelinin kalibrasyonu ve verifikasyonu yapıldıktan sonra toksik organik maddelerin modellenmesi safhasına geçilmiştir. Bunun için Aquatox'un kütüphanesinde bulunan herhangi bir toksik madde Mogan Gölü için Aquatoxda meydana getirilen ara yüzeye eklenmiştir. Şekil 7.4'de görüldüğü gibi öncelikle DDT ile ilgili bir çalışma yapılmıştır.



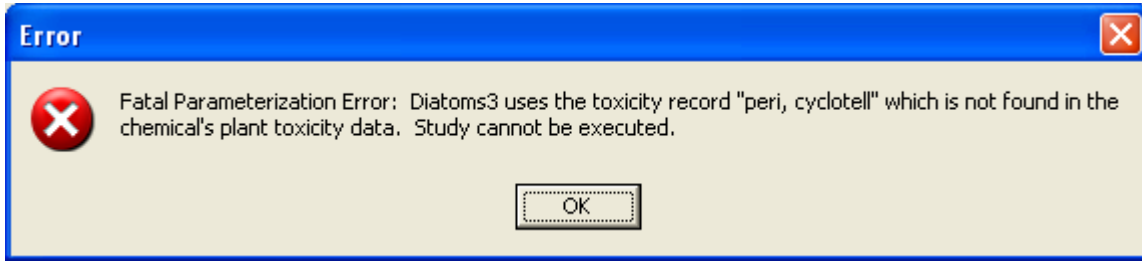
Şekil 7.4 Aquatox Modeli ana ara yüzeyine toksik bir organik madenin eklenmesi

Daha sonra DDT için giriş konsantrasyonu girilerek Perturbed butonuna basılarak Model Şekil 7.5’de görüldüğü gibi çalıştırılmıştır.



Şekil 7.5 Aquatox Modeline toksik bir organik madenin eklenmesinden sonra modelin çalıştırılması

Toksik madde eklenen Model çalıştırıldıktan sonra Şekil 7.6'da görülen bir hata meydana gelmiştir.



Şekil 7.6 Model çalışırken meydana gelen hata

Şekil 7.5'de görülen hata Şekil 7.6'da görüldüğü gibi düzeltilmiştir. Şekil 7.7'de görüldüğü gibi Toxicity record Diatoms olarak değiştirildikten sonra model çalıştırılmıştır.

AQUATOX- Edit Plant

Load from Library Save to Library OK Print Peri High-Nut Diatom

Plant: Peri High-Nut Diatom Periphyton Linkage Help

Plant Type: Periphyton Toxicity Record: Diatoms
Taxonomic Group: Diatoms Edit All Toxicity Records

Plant Data:

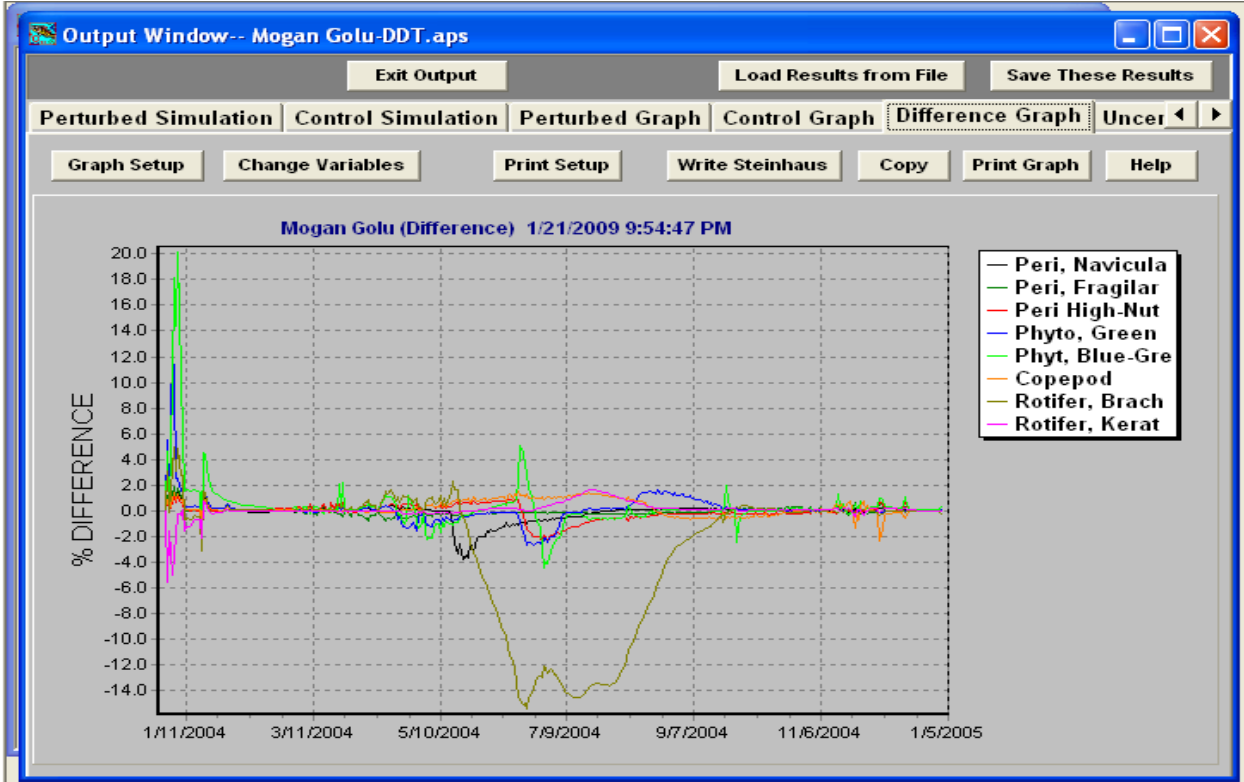
Saturating Light	22.5	Ly / d	Hill, 1996 64 (22.5)
P Half-saturation	0.1	mg / L	Borchard; Collins & Wlosinski '83, p. 33 0
N Half-saturation	0.2	mg / L	Collins & Wlosinski '83, p. 36, EcoTox=0.
Inorg. C Half-saturation	0.054	mg / L	C & W '83, p. 39 (greens) = 0.054
Temp. Response Slope	1.8		
Optimum Temperature	20	°C	Collins & Wlosinski '83, p. 43 = 20
Maximum Temperature	35	°C	
Min Adaptation Temp.	2	°C	2
Max. Photosynthetic Rate	2.06	1 / d	Collins & Wlosinski '83; EcoTox 1-96 = 2.
Photorespiration Coefficient	0.026	unitless	" 0.026
Resp Rate at 20 deg. C	0.08	g / g-d	Riley and von Aux, 1949, cited in C. & W.
Mortality Coefficient	0.001	g / g-d	calibrated
Exponential Mort. Coeff.	0.01	g / g-d	
P - Organics	0.007	frac. div	Sternier & Elser 2002

References:

Şekil 7.7 Edit plant ara yüzeyi

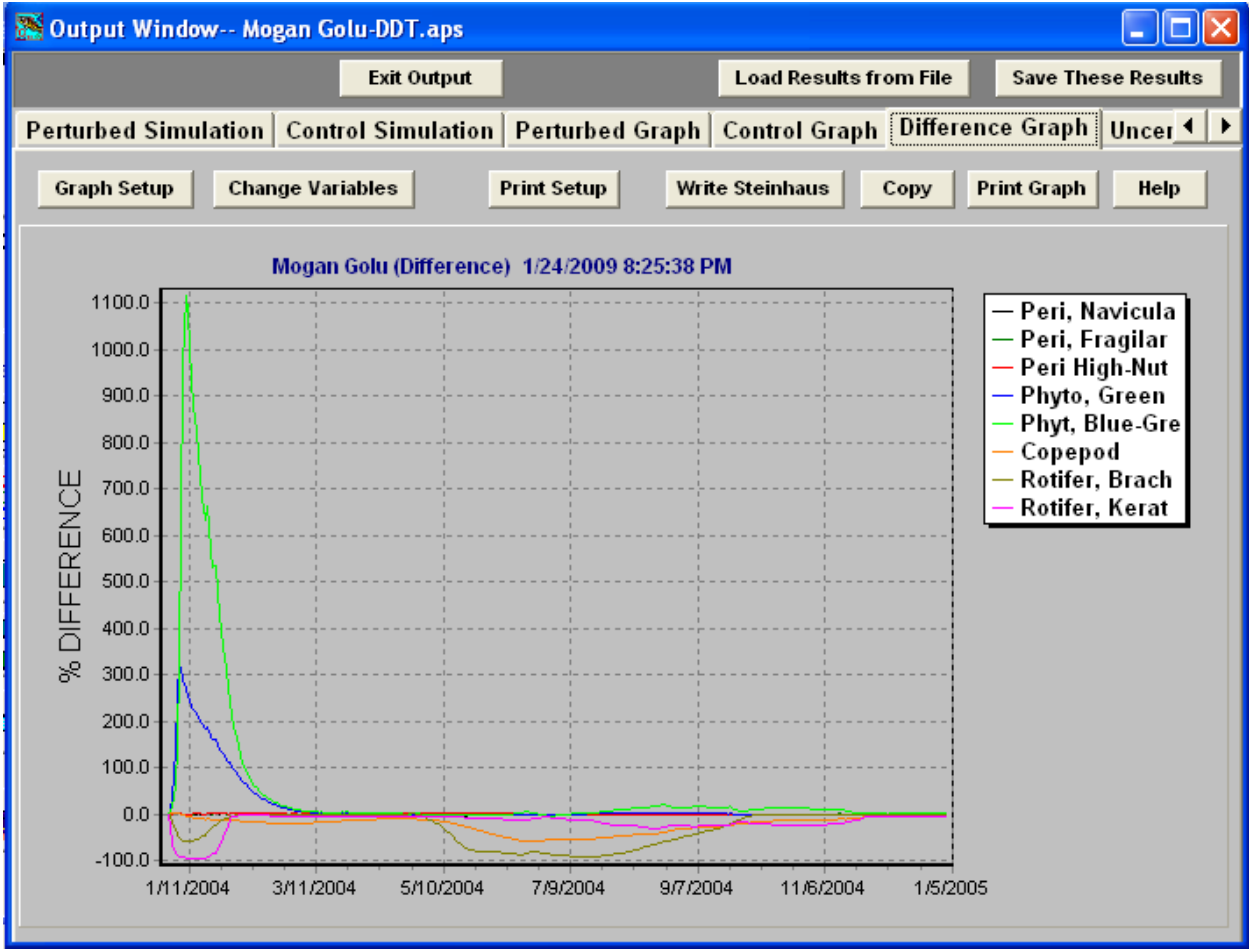
Aquatox Modeline DDT için çeşitli giriş konsantrasyonunda denemeler yapılmıştır. Öncelikle 0.5 ug/L denenmiş ve bu konsantrasyon değerinin Mogan Gölündeki Fitoplanktonlara ve

Zooplanktonlara etkisi Şekil 7.8’de gösterilmiştir.



Şekil 7.8 0.5 ug/L’lik Giriş konsantrasyonuna sahip DDT’nin Mogan Gölü Bileşenlerine etkisi

Şekil 7.8’den görüldüğü gibi 0.5 ug/L DDT Mogan Gölüne verildiğinde ilk olarak bu konsantrasyona Rotifer, Kerat % 4 azalma ile tepki vermektedir. Daha sonra Rotifer, Brach özellikle yaz aylarında su seviyesinde azalma olması ile birlikte %14 azalmış, ancak Mogan Gölüne yağışlar ile su gelmesiyle Rotifer, Brach tekrar eski halini almıştır. Diğer bileşenlerde herhangi bir değişiklik olmadığı, dolayısıyla 0.5 ug/L DDT konsantrasyonuna her hangi bir tepki vermemişlerdir. Daha sonra DDT için değişik konsantrasyonlar denenmiş en belirgin farklılık Şekil 7.9’den da görüldüğü gibi 4 ug/L’lik giriş konsantrasyonunda meydana gelmiştir.



Şekil 7.9 4 ug/L’lik Giriş Konsantrasyonuna Sahip DDT’nin Mogan Gölü Bileşenlerine Etkisi

Şekil 7.9’den da görüldüğü gibi özellikle zooplankton türlerinden olan Copepod, Rotifer, Brach ve Rotifer, Kerat 4 ug/L’lik DDT giriş konsantrasyonuna karşı sürekli tepki halindedirler. Simülasyonun ilk ayında Rotifer, Kerat % 95 ve Rotifer, Brach % 60 ve Copepod % 6 azalmıştır. Daha sonra ilkbahar yağışlarıyla azalmalarda büyük iyileşmeler görülmüş, ancak yağışların azalmasıyla azalmalar tekrar artmış olup, tepki yıl boyunca devam etmiştir. Dolayısıyla Mogan Gölünde maksimum izin verilebilir giriş DDT konsantrasyonu 4 ug/L dir. Bu konsantrasyon daha sonraki adımda DDT için alıcı ortam kalite standardı belirlenirken kullanılmıştır. Ayrıca Mogan Gölünde DDT’ye karşı en hassas tür Rotifer, Kerat olmuştur.

DDT en çok bilinen bir klorlu hidrokarbon insektisit türüdür. Aqutox Modeli kütüphanesinden DDT’nin fitoplanktonların % 50 sini öldüren doz olan EC50 ve Zooplanktonların % 50’sini öldüren doz olan LC50 konsantrasyonlarına bakıldığında EC50’nin LC50’den yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum Şekil 7.10’da gösterilmiştir. Şekil 7.10 da fitoplanktonlar,

zooplanktonlara göre daha dayanıklı olduğu görülmüştür. Bu durum Mogan Gölüne de yansımıştır. Mogan Gölünde DDT'nin simülasyona dâhil edilmesinden sonra zooplanktonlarda azalma görülmüş, buna karşın fitoplanton türlerinin DDT'nin etkisine karşı daha dayanıklı oldukları hatta artıkları görülmüştür.

Chemical Toxicity Parameters -- DDT

Animal Toxicity Data **Add an Animal Toxicity Record** **Print** To delete a record, press <Ctrl> Drift Threshold only relevant to zoobenthos

Animal name	LC50 (ug/L)	LC50 exp. time (h)	LC50 comment	K2 Elim. rate const (1/d)	K1 Uptake const (L/kg d)	BCF (L/kg)	Biotransf. rate (1/d)
▶ Trout	8.7	96	Mayer and Ellersieck, 1986	7.688E-04	0	0	0
Bluegill	8.6	96	Mayer and Ellersieck, 1986	7.77E-02	0	0	0
Bass	1.5	96	Mayer and Ellersieck, 1986	4.399E-03	0	0	0
Catfish	17.3	96	Mayer and Ellersieck, 1986	1.952E-03	0	0	0
Minnow	12.4	96	Mayer and Ellersieck, 1986	1.25E-02	0	0	0
Daphnia	4.7	48	Mayer and Ellersieck, 1986	8.759E+00	0	0	0
Chironomid	100	48	ECOTOX	3.359E-01	0	0	0
Stonely	7	96	Mayer and Ellersieck, 1986	9.129E-02	0	0	0
Amphipod	1.8	96	Mayer and Ellersieck, 1986	1.57E+00	0	0	0
Carp	12	96	ECOTOX	7.505E-04	0	0	0
Walleye	4.6	96	ECOTOX	1.84E-03	0	0	0
White sucker	2.555	96	Regr. on Trout (Rainbow trout)(Uncorhynchus my	1.738E-03	0	0	0
Yellow perch	1.5	96	ECOTOX	2.652E-03	0	0	0

Plant Toxicity Data **Add a Plant Toxicity Record** **Print** K1, BCF entered on a dry weight basis.

Plant name	EC50 photo (ug/L)	EC50 exp. time (h)	EC50 dislodge (ug/L)	EC50 comment	K2 Elim. rate const (1/d)	K1 Uptake Const (L/kg d)	BCF
▶ Greens	85000	336	0	AQUIRE	0.6198	0	0
Diatoms	85000	336	0		0.6198	0	0
Bluegreens	22000	336	0	AQUIRE	0.6198	0	0
Macrophytes	0	0	0		0.0403	0	0

Note: K1 and BCF values are only relevant when non-default program behavior is selected within a simulation.

K1, BCF entered on a dry weight basis.

Estimate Animal K2s using Kow Estimate Plant K2s using Kow Perform fish regressions

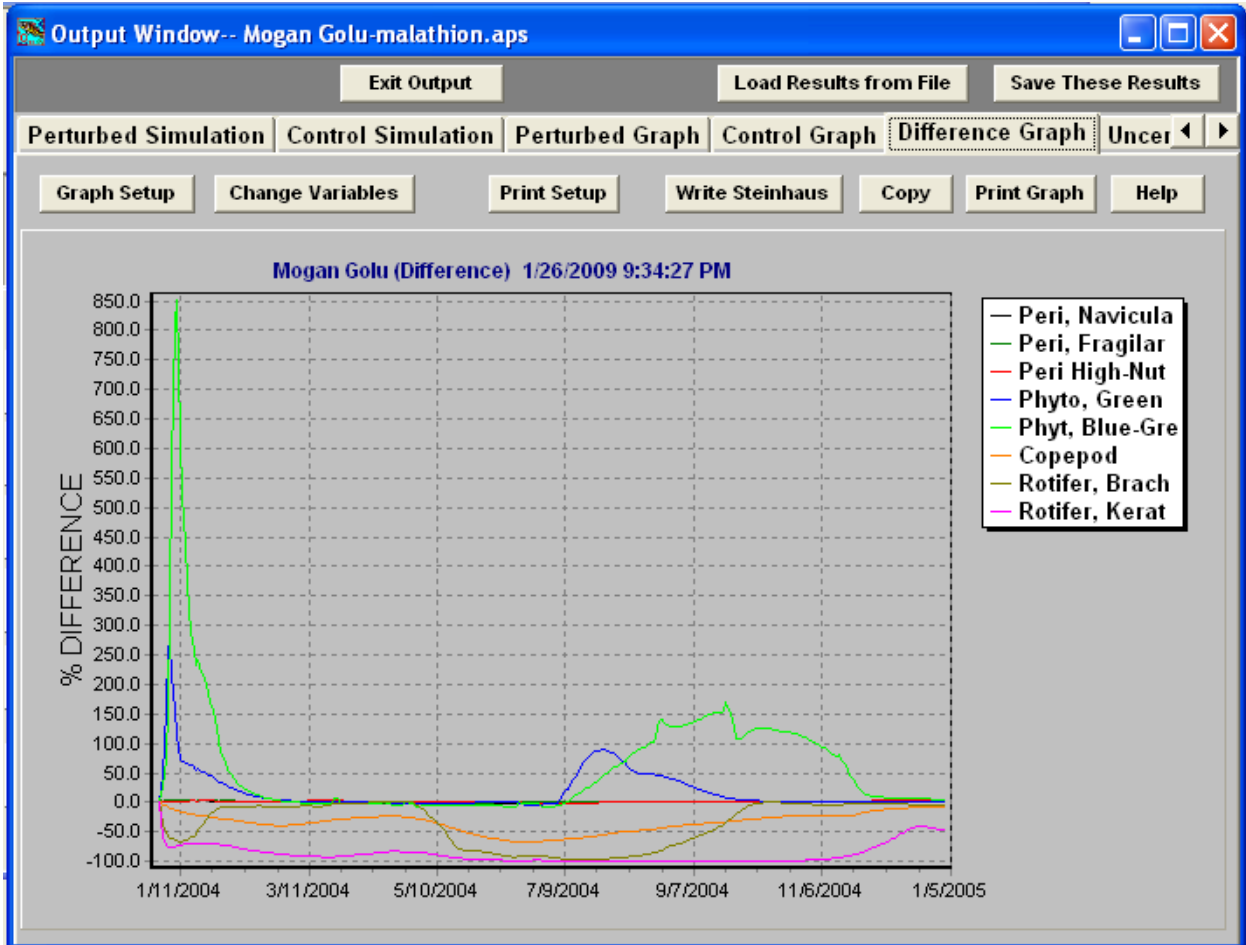
Estimate plant LC50s using EC50 to LC50 ratio Perform invertebrate regressions

Estimate animal EC50s using LC50 to EC50 ratio **Help** **Cancel** **O.K.**

Şekil 7.10 DDT için EC50 ve LC50 değerleri

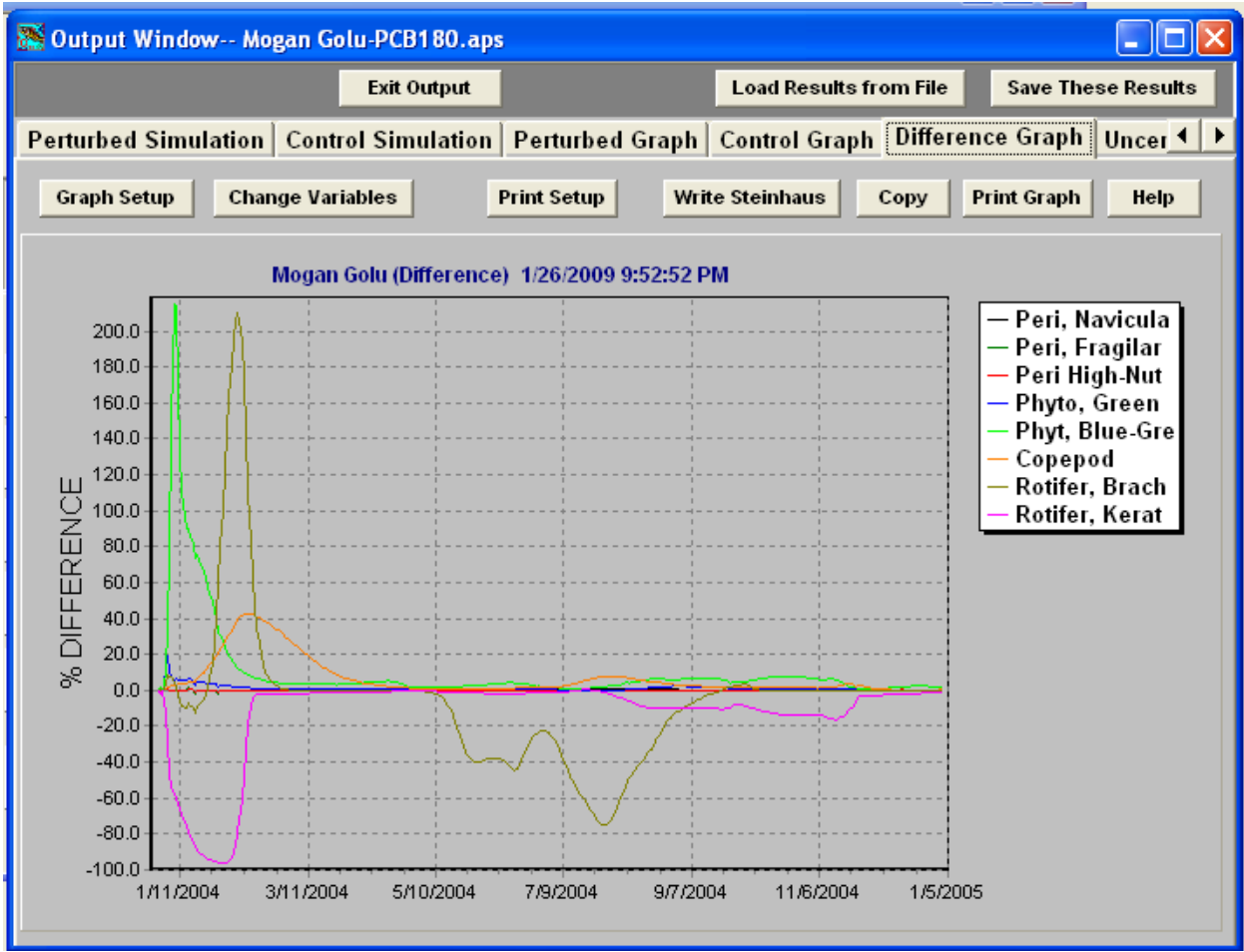
Tüm bu işlemler DielDIRIN, Simazin, Karbofuran, PCB180, Pentoklorofenol, Malathion, Tefluthrin, PCB101, Fluridone, Alachor, DDT, Parathion, EPTC, PCB110 ve Chlordane için yapılmış ve bu maddelerin Mogan Gölüne etkileri incelenmiştir.

Bunlardan Simazin, Malthion, Parathion ve PCB 180'in Mogan Gölündeki Biotolara etkileri Şekil 7.11-Şekil 7.15 arasında verilmiştir.



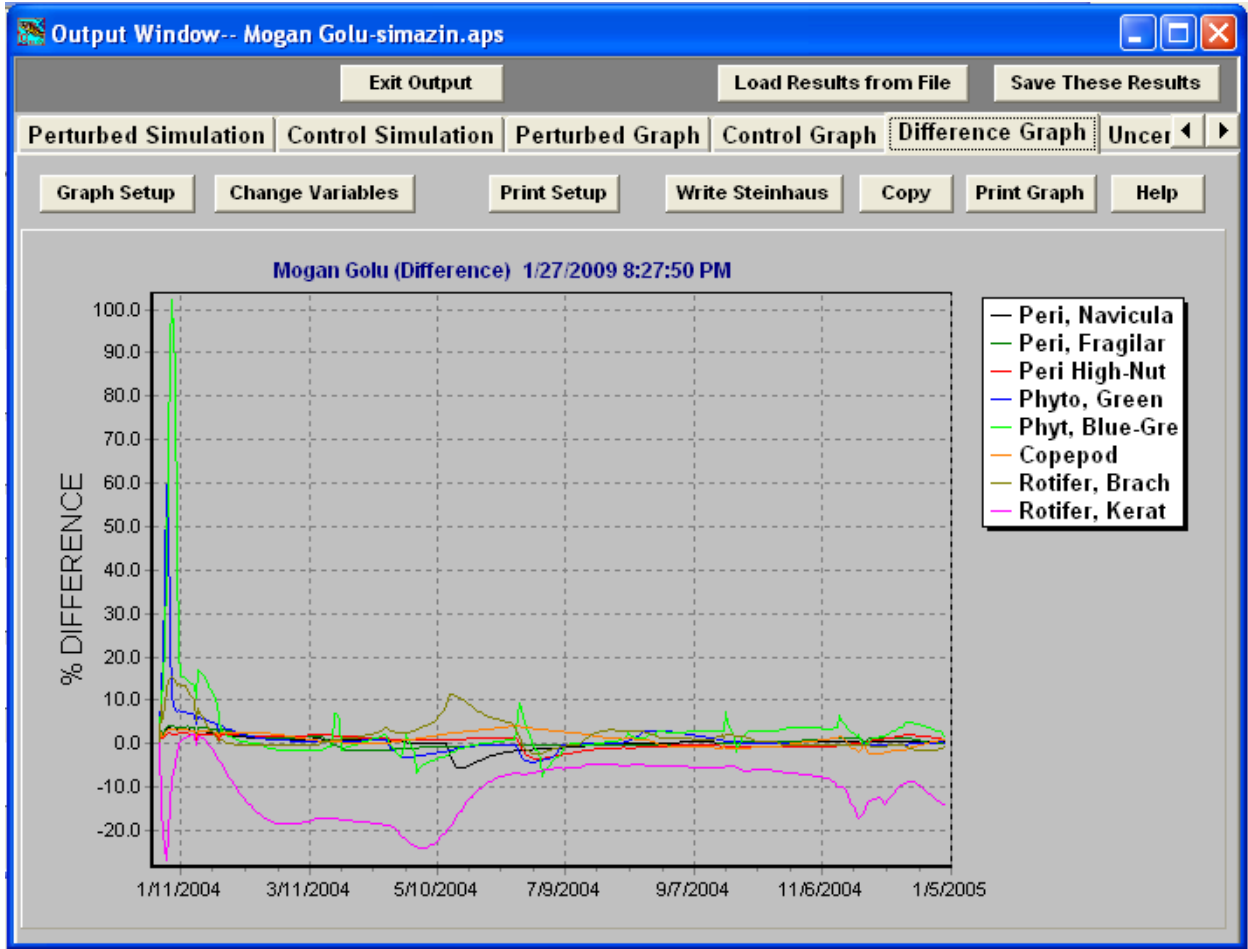
Şekil 7.11 0.5 ug/L'lik Giriş Konsantrasyonuna Sahip Malathion'un Mogan Gölünde bulunan Biyotalara Etkisi

Şekil 7.11'den görüldüğü gibi 0.5 ug/L'lik giriş konsantrasyona sahip Malathion ile bir yıllık similasyon yapıldığında zooplanktonların sürekli azalım eğiliminde olduğu fitoplanktonların ise kısmen artış eğiliminde olduğu görülmüştür. Mogan Gölünde Malathiona karşı en hassas tür Rotifer Kerat olmuştur.



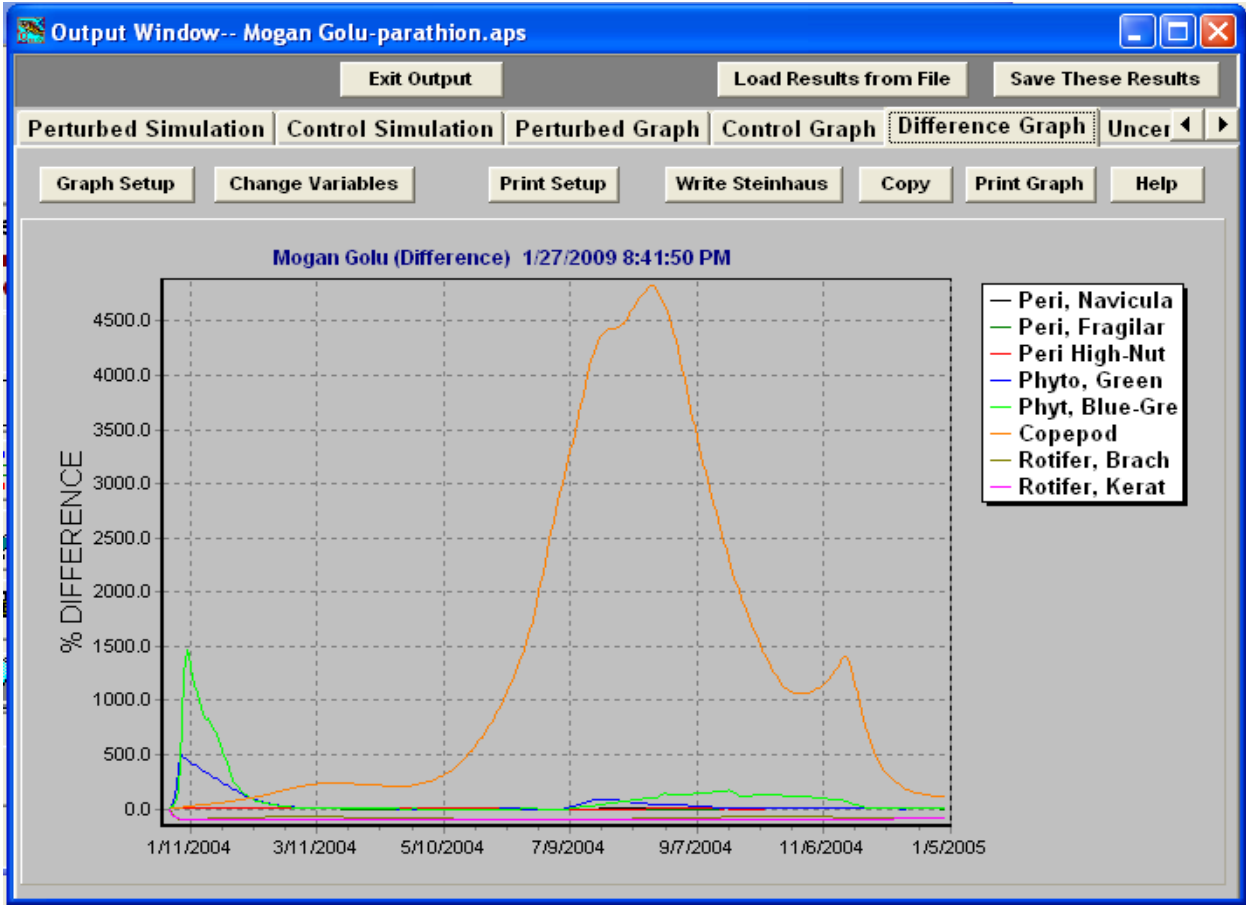
Şekil 7.12 5 ug/L'lik Giriş Konsantrasyonuna Sahip PCB180'in Mogan Gölünde bulunan biyotalara etkisi

Şekil 7.12'den görüldüğü gibi PCB 180 similasyon sistemine katıldıktan sonra Rotifer Kerata % 100'e yakın bir azalma olmuş, ancak daha sonra yıl boyunca azalma çok az olarak devam etmiştir. Rotifer Brach'da önce artma daha sonra yaz aylarında ciddi oranda azalma görülmüştür. Zooplanktonun bir türü olan Copepod'da sürekli artma görülmüştür. Diğer bütün fitoplanton türlerinde ise artma görülmüştür. Mogan Gölünde PCB 180'e karşı en hassa tür Rotifer, Brach olmuştur.



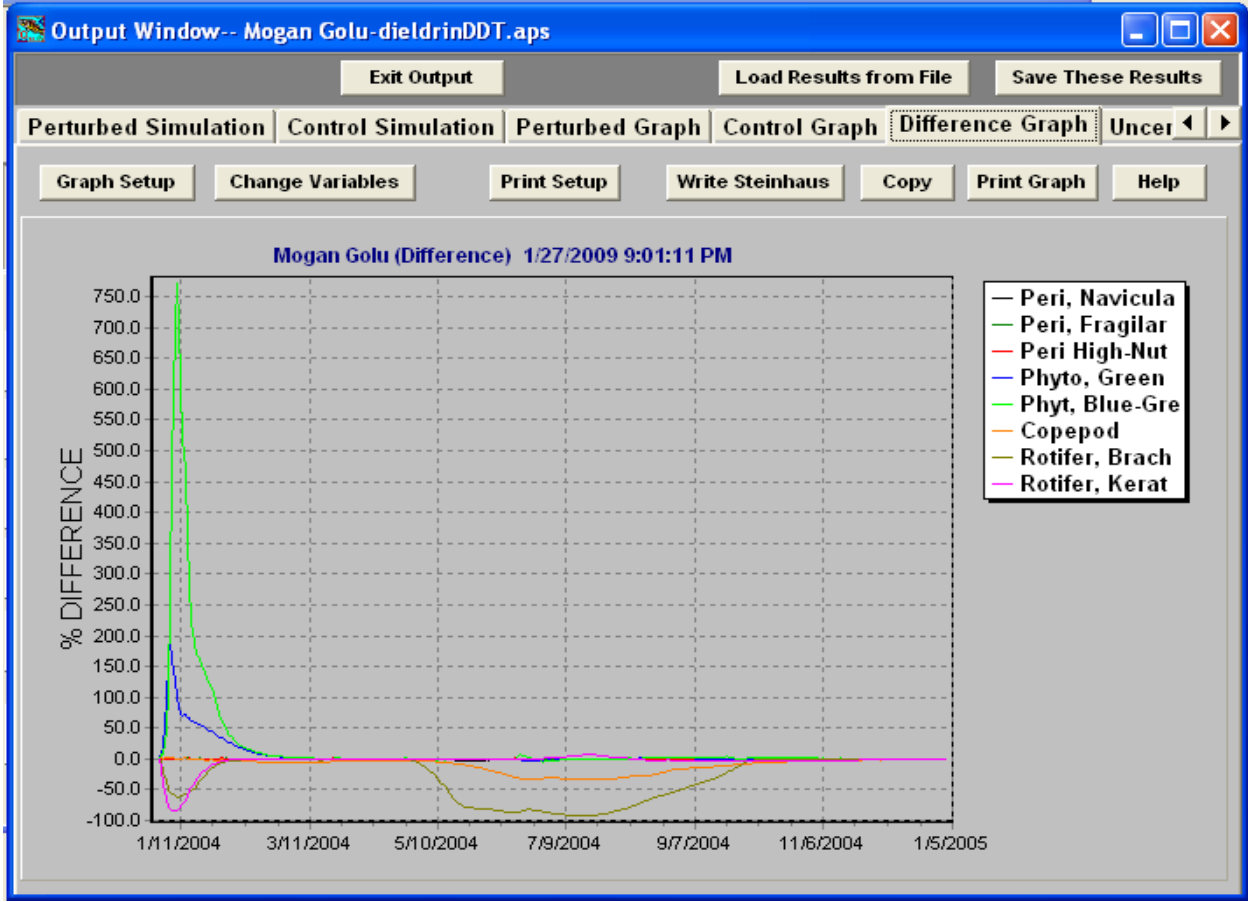
Şekil 7.13 6500 $\mu\text{g/L}$ 'lik Giriş Konsantrasyonuna Sahip Simazin'in Mogan Gölünde bulunan biyotalara etkisi

Şekil 7.13'den de görüldüğü gibi Rotifer Kerat'dan başka tüm fitoplanktonlar ve zooplanktonlar Simazin'e karşı inişli ve çıkışlı bir tepki vermişlerdir. Rotifer Kerat ilk tepki olarak % 20 azalarak tepki vermiş ve yıl boyunca sürekli azalım devam etmiştir. Mogan gölünde Simazine karşı en hassas tür Rotifer Kerat olmuştur.



Şekil 7.14 0.5 ug/L'lik Giriş Konsantrasyonuna Sahip Parathion'un Mogan Gölünde bulunan biotalara etkisi

Şekil 7.14'den de görüldüğü gibi 0.5 ug/L'lik parathion giriş konsantrasyonundan sonra Rotifer, brach ve Rotifer, kerat'da %90'a yakın bir azalma yıl boyunca devam etmiştir. Copepod aşırı büyüme şeklinde tepki vermiştir. Özellikle yeşil alg ve mavi yeşil algler yine artma şeklinde tepki vermişlerdir. Mogan Gölünde Simazine karşı en hassas türler Rotifer Kerat ve Rotifer Brach olmuştur.



Şekil 7.15 2 ug/L'lik Giriş Konsantrasyonuna Sahip DDT'nin ve 7.5 ug/L'lik Giriş Konsantrasyonuna Sahip Diieldrin ile Birlikte Mogan Gölünde bulunan biotalara etkisi

Bu çalışmada hem DDT hem de Diieldrin beraber simülasyon sistemine dahil edildiği için daha az giriş konsantrasyonları ile çalışılmıştır. Buna rağmen Şekil 7.15'den de görüldüğü gibi zooplankton türleri azalma eğiliminde olup, fitoplankton türleri ise artma eğiliminde tepki vermişlerdir.

7.2 Çevresel Kalite Standartlarının Belirlenmesi

Su kaynakları yönetimi açısından günümüzde önde çıkan yaklaşım bütüncül havza yönetimidir. Bütüncül havza yönetimin temel maksadı havzanın su kalitesi ve miktarıda dahil tüm yönleri ve kaynakları ile tanımlanması ve böylelikle daha doğru ve sürdürülebilir kararların verilmesidir.

AB'nin su politikalarının değişimi uzunca bir süredir devam etmektedir. Literatürde üç büyük gelişim halinde incelenen AB Su Politikalarının gelişimi 2000 yılında benimsenen "Su Çerçeve Direktifi" (2000/60/EC) ile farklı bir boyut kazanmıştır. Avrupa Birliği'nin su politikasının

"anayasası" olarak kabul edilen Direktif önemli yenilikler içermesinin yanında şimdiye kadar olan su politikalarının çerçevesini belirlemesi açısından da önem taşımaktadır.

Avrupa Su Hukuku'nun **birinci gelişimi** 1975-80 arasında gerçekleşmiş ve bu süreçte "Çevresel Kalite Standartları (ÇKS)" ve "Emisyon Limit Değerleri" tespit edilmiştir. 1980-1995 yıllarını kapsayan **ikinci gelişim** ise, 1991 tarihli "Kentsel Atıkların Ele Alınması Direktifi" ve "Nitratlar Direktifi", 1996'da benimsenen "Entegre Kirlenmenin Önlenmesinin Kontrolü için Direktif" ve 1998'de benimsenen "İçme Suyu Direktifi" önemli gelişmelerdir. **Üçüncü ve son gelişim** ise, 1995'ten günümüze kadar geçen süredir ve bu dönemde su politikaları ile ilgili temel bir yeniden ele alışın gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca, yine 1995'ten itibaren, birçok ve dağınık kanun yerine, daha bütünsel ve kapsamlı bir yasa öngörülmüştür. Bu kapsamda Su Çerçeve Direktifi için hazırlıklar başlatılmış ve 1995 ortasından 2000 yılına kadar sürmüştür. 22 Kasım 2000'de Su Çerçeve Direktifi yürürlüğe girmiştir.

Direktifin başlıca ilkesi, iyi su kalitesini hedeflemektedir. Direktif, bu temel ilkedен hareketle yeni ve bütüncül bir yaklaşım öngörmektedir (Madde 10). Avrupa'daki bütün suların korunması ve durumlarının iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. Direktif, farklı sektörler için farklı politikalar geliştirmekten çok, Avrupa su politikasını tek bir yasal çerçeveye kavuşturmaktadır. Dolayısıyla, ekolojik ve su durumu değerlendirmesine bütüncül bir bakış açısı getirilmiştir. **Direktifin değindiği temel kavramlar şu şekilde özetlenebilir: nehir havzası planlaması, 'nehir havzaları bölgesi' yaklaşımı, entegre su yönetimi, tehlikeli maddelerin meydana getirdiği kirliliğin önlenmesi, halkı bilgilendirme, istişare, ekolojik kalite, sürdürülebilir su kaynakları, tehlikeli atıklar, ekonomik analizler, mali araçlar ve maliyetin karşılanması. Direktifin temel amacı, 4. maddede ifadesini bulan "tüm Avrupa sularının en geç 2015 itibariyle 'iyi duruma' getirilmesidir.** Direktife göre, bu amaca yönelik olarak bütün çevresel amaçlar koordine edilmelidir (Madde 4). Direktifte her tür su yapısı için (yüzey suyu, yeraltı suyu, kıyı suları ve korunan alanlar) farklı hedefler tespit edilmiştir. Yüzey suları, hem kimyasal, hem de ekolojik olarak 'iyi durumda' olmalıdır. Yeraltı suları ile ilgili olarak su çekiminin su toplanması ile dengeli olması ve yeraltı sularının kimyasal olarak iyi durumda olması gerekmektedir. Korunan alanlarla ilgili olarak da diğer direktiflerle uyumlu adımlar atılmalıdır. SÇD Madde 8'de yüzey suları, yeraltı suları ve koruma alanlarının durumlarının izlenmesi için yapılması gerekenler verilmektedir. Öncelikle hedeflere ulaşmada iyi bir analiz yapmak önem arz etmektedir. Böylelikle alınacak önlemlere ilişkinde iyi bir temel oluşturur.

Bu önlemlerin uygulanması hedeflere ulaşılacağıının garantisidir. SÇD'ye göre iyi su kalitesine ulaşmak için mutlaka öncelikli ve tehlikeli maddelerin izlenmesi önem arz etmektedir. Bu maksatla her bir tehlikeli maddeler için ÇKS'lerin belirlenmesi gerekmektedir.

Çalışmanın bu safhasında Mogan Gölünde Tehlikeli Maddelerin özümleme kapasitesi göz önüne alınarak ÇKS'ları bulunmuştur. Daha sonra bulunan bu standartlar 2008/105/EC sayılı Çevre Kalite Standartları direktifinde verilen ÇKS ile karşılaştırılmıştır.

Hollanda'da ulusal ve uluslar arası Çevre Kalite Standartları kapsamında çevresel risklerin türetilmesi isimli rehber göre Çevre Kalite Standartları (ÇKS) Maksimum İzin Verilebilir Konsantrasyona (MİK)'a eşittir (Vlaardingen, van P.L.A ve Verbruggen E.M.J, 2007)

Bu rehber dokümana göre ÇKS üç yol ile tayin edilir

- 1- Değerlendirme Faktörü (DF) kullanarak,
- 2- Hassas tür dağılımı kullanarak,
- 3- Modellenmiş Ekosistem Çalışmaları kullanarak

tayin edilmektedir.

➤ Değerlendirme Faktörü (DF) kullanıldığında;

Eğer kısa bir süre için bir trofik seviyenin (balık, daphina ve alg) kronik toksitesi var is bu durumda;

$$\text{ÇKS} = L(E)C50/1000(DF)$$

Eğer bir uzun vadeli trofik seviye için Daphina veya balığın gözlemlenmeyen kronik bir konsantarsyonu veya EC10 var ise bu durumda;

$$\text{ÇKS} = L(E)C50/100$$

Eğer iki trofik seviyeyi yansıtan türlerden uzun vadeli Daphina veya balık veya alg in gözlemlenmeyen kronik bir konsantarsyonu veya EC10 var ise bu durumda;

$$\text{ÇKS} = L(E)C50/50$$

Eğer üç trofik seviyeyi yansıtan türlerden uzun vadeli Daphina veya balık veya alg in gözlemlenmeyen kronik bir konsantarsyonu veya EC10 var ise bu durumda;

$$\text{ÇKS} = L(E)C50/10$$

olarak hesaplanmaktadır.

➤ Duyarlı tür dağılımı kullanarak

$$\text{ÇKS} = \frac{5\%SSD(50\%c,i,)}{DF} = \frac{HC_{5,ortalama}}{DF}$$

Burada ;

HC₅ = türlerin % 5'ini etkileyen tehlikeli madde konsantrasyonu

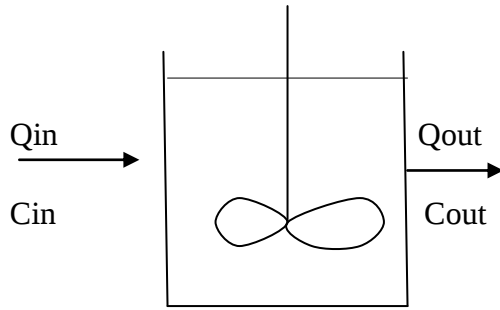
DF = 1-5 arasında alınmaktadır

Üçüncü bir metot ise modellenmiş ekosistem çalışmalarını kullanmak olup, bu çalışmada bu metot kullanılmıştır. Bu metot ile özellikle sucul ekosistemin tüm bileşenleri sisteme dahil edilmekte ve atık özümleme kapasitesi dikkate alınmaktadır. Aquatox Modelinde toksik maddelerin etkisini belirlemeden önce makro parametreler, ekolojik ve hidrolojik parametreler dikkate alınarak kalibrasyon ve verifikasyon yapıldığı ve daha sonra toksik maddelerin biyotalara etkisi de dikkate alındığı için bu model ile ÇKS belirlemek en doğru bir bilimsel metot olarak varsayılmaktadır.

Yukarıda bahsedildiği gibi herhangi bir sucul ortamda ÇKS'ı maksimum izin verilebilir konsantrasyona eşittir. Mogan Gölünde özellikle ayrışmaya dirençli organik toksik maddeler için Aquatox Modeli ile maksimum izin verilebilir konsantrasyonlar hesaplanmıştır. Maksimum izin verilebilir giriş konsantrasyonu için eşik değer herhangi bir veya birkaç sucul bileşenin modelleme süresi boyunca etkilendiği konsantrasyondur. Bu giriş konsantrasyonları kullanılarak her bir toksik organik madde için Mogan Gölündeki sabit durum konsantrasyonu bulunabilmektedir. Bulunan bu değer Mogan Gölünde Maksimum izin verilebilir konsantrasyona ve/veya ÇKS'na eşit olmaktadır.

Mogan Gölünde Maksimum izin verilebilir konsantrasyonu hesaplamak için öncelikle Sabit durum formülasyonunu kullanmak gerekmektedir.

Steven C. Chapra, yüzey suyu Kalitesi modeli kitabında (1997) tamamıyla tam karışımli modelde kütle dengesi ve sabit durum konsantrasyonunu aşağıdaki gibi hesaplamıştır.



Birikim= Giriş – Çıkış (+-) Reaksiyonlarla meydana gelen

Birikim = Giriş – Çıkış – Reaksiyon - Çökelme

$$\text{Birikim} = \frac{\partial M(Vc)}{\partial t} = V \frac{dc}{dt}$$

Yükleme (giriş) = $w(t) = Q_{in} \cdot C_{in}$

Çıkış = $Q_{out} \cdot C_{out}$

Burada;

Q = debi

V = hacim

C = konsantrasyon

Doğal sular, kirleticileri temizlemek için genellikle birinci derece reaksiyonla temsil edilirler.

Reaksiyon = kVc

k = birinci derecede reaksiyon katsayısıdır.

Çökelme kayıpları sediman su ara yüzeyi boyunca kütle akımı olarak formüle edilmektedir.

Çökelme = $k_s Vc$

K_s : birinci derece çökelme hızı katsayısı olup, çökelme hızının derinliğe oranıdır (V_s/H).

V hacim olup çökelme alanı ile derinliğin çarpımıdır ($As \cdot H$)

$$\text{Çökelme} = V_s \cdot As \cdot c$$

$$\text{Birikim} = V \frac{dc}{dt} = Q_{in}C_{in} - Q_{out}C_{out} - kVc - V_s As C$$

Sabit Durum Konsantrasyonu

$$\frac{dc}{dt} = 0$$

Gerekli düzenlemeler yapılırsa ve çökelme ihmal edilir ise

$$C = \frac{Q_{in}C_{in}}{Q_{out} + kV}$$

Yukarıda verilen formülasyon kullanılarak Mogan Gölünde Aquatox Modeli ile maksimum giriş konsantrasyonları bulunan toksik organik maddeler için maksimum izin verilebilir konsantrasyonlar hesaplanmıştır.

$$Q_{in} = 32002 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$Q_{out} = 21286 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$V = 13500000 \text{ m}^3$$

$k = 0.01 \text{ g/g gün}$ Mogan Gölünün kalibrasyonu ve verifikasyonu neticesinde ayrışmaya dirençli organik maddeler için bulunan maksimum ayrışma hızı katsayısı

Çizelge 7.1’de bazı toksik maddelerin Mogan Gölü için verilen maksimum izin verilen konsantrasyonlar verilmiştir.

Çizelge 7.1 Bazı Toksik Maddelerin Mogan Gölü İçin Verilen Maksimum İzin Verilen Konsantrasyonları

Toksik Organik Maddeler	Maksimum Konsantrasyonları (ug/L)	Giriş Maksimum İzin Verilebilir Konsantrasyonu – ÇKS (ug/L)
Dieldrin	15	3.1
Simazin	6500	1331
Carbofuran	30	6.1
PCB 180	5	1.02
Malathion	0.5	0.1
Tefluthrin	0.5	0.1
PCB 101	5	1.02
Fluridone	1	0.2
Pentachloropenol	7500	1536
DDT	4	0.82
Parathion	0.5	0.1
EPTC	5000	1024
PCB 110	3	0.61
Chlordane	20	4.1
Alochlor	4000	819

2008/105/EC sayılı Çevresel Kalite Standartı (ÇKS) direktifi 24 Aralık 2008 tarihinde yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. ÇKS direktifinde 33 adet öncelikli maddelerin ÇKS değerleri verilmiştir. Tüm Üye Ülkeler su ortamlarında bu ÇKS'ları uygulamak zorundadır. Avrupa Birliği komisyonu ÇKS belirlerken genellikle Değerlendirme Faktörü veya Hassas Tür Dağılımını kullanmaktadırlar. Çizelge 7.2'de 2008/105/EC sayılı direktifte verilen ÇKS'ı ile Mogan Gölünde Aquatox Modelinde verilen ÇKS'ı karşılaştırılmıştır.

Çizelge 7.2 Bazı Toksik Maddelerin 2008/105/EC sayılı direktifte verilen ÇKS'ı ile Mogan Gölünde Aquatox Modelinde verilen ÇKS'ı

Toksik Organik Maddeler	Maksimum İzin Verilebilir Konsantrasyonu – ÇKS (ug/L)	2008/105/EC Sayılı ÇKS Direktifi
Dieldrin	3.1	0.01
Simazin	1331	4
Carbofuran	6.1	
PCB 180	1.02	
Malathion	0.1	0.5
Tefluthrin	0.1	
PCB 101	1.02	
Fluridone	0.2	1
Pentachloropenol	1536	1
DDT	0.82	0.025
Parathion	0.1	
EPTC	1024	
PCB 110	0.61	
Chlordane	4.1	
Alochlor	819	0.7

Çizelge 7.2'den de görüldüğü gibi 2008/105/EC sayılı direktifte verilen ÇKS'ının çok daha sınırlayıcı olduğu görülmüştür. Başka bir ifadeyle Aquatox Modeli neticeleri ile karşılaştırıldığında çok küçük kalmaktadır. 2008/105/EC sayılı direktifte ÇKS'lar, Değerlendirme Faktörü (DF) kullanarak ve hasas tür dağılımı kullanarak bulunmuştur. Oysa Aquatox Modelinde Sucul ortamın tüm bileşenleri, aynı zamanda atık özümleme kapasiteside dahil kimyasalın da tüm özellikleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla Aquatox Modeli ile bulunan ÇKS'lar hem daha büyük hem de daha uygulanabilir olmaktadır.

8. MOGAN GÖLÜNDE SU KALİTESİNİN İYİLEŞMESİ İÇİN AQUATOX MODELİ İLE YAPILAN SENERYOLAR

Yerli V.S. vd tarafından yapılan çalışmada Mogan Gölüne dökülen dereler, göle Toplam Azot, Toplam Fosfat, Toplam Çözünmüş Katı Madde ve sedimanı getirmektedir. Çalışmanın devamında Mogan Gölü hipertrofik olarak bulunmuştur.

Dünyadaki göllere, nehirlere ve okyanuslara N ve P yüklenmesi yoğun insan popülasyonu, çiftlik hayvanları popülasyonundan ve arazi kullanımından kaynaklanmaktadır. Nütrientlerin sınırlandırılması sadece karasal ekosistemler için değil aynı zamanda temiz sularda bulunan alg ve damarlı bitkiler için ve de deniz ekosistemleri için güçlü etki göstermektedirler. Çizelge 8.1’de nütrientlerin büyüme sınır değerleri, alıcı ortamlar için verilmektedir (Smith V.H, vd.,1999).

Çizelge 8.1 Nütrientler İçin Büyüme Sınır Değerleri(Smith V.H, vd.,1999).

	Trofik Durum	TN (mg/L)	TP (mg/L)	Klorofil a (mg/L)	SD (m)
Göller	Oligotrofik	<0.35	<0.01	<0.0035	<4
	Mezotrofik	0.35-0.65	0.1-0.3	0.0035-0.009	2-4
	Ötrofik	0.65-1.2	0.03-0.1	0.009-0.025	1-2
	Hiperötrofik	>1.2	>0.1	>0.25	<1
Dereler				Askıda Klorofil-a (mg/L)	Bentik Klorofil-a (mg/m ⁻²)
	Oligotrofik	<0.7	<0.025	<0.01	<20
	Mezotrofik	0.7-1.5	0.025-0.075	0.01-0.03	20-70
	Ötrofik	>1.5	>0.075	>0.03	>70
Deniz				Klorofil a (mg/L)	SD (m)
	Oligotrofik	<0.26	<0.01	<0.001	>6
	Mezotrofik	0.26-0.35	0.01-0.03	0.001-0.003	3-6
	Ötrofik	0.35-0.40	0.03-0.04	0.003-0.005	1.5-3
	Hiperötrofik	>0.4	>0.04	>0.005	<1.5

Bütün çalışılan göllerde yapılan gözlemlerde alg biyomasi ve nutrient yüklemesi arasında güçlü etkiler vardır. Ötrofik Göller mavi yeşil alglerle (cyanobacteria) karakterize edilirler. Bunlar toksik bileşenler üretirler ve bazıları kobra yılanından daha toksik olabilmektedirler. N ve P nin sucul ortamlarda etkisini belirlemek için bazı modeller kullanılmaktadır. İlk kütle denge yaklaşımları Vollenweider (1968) tarafından geliştirilmiştir. Son kırk yıldır birçok model geliştirmiştir.

Mart 2000 tarihinde Hollanda'nın den Haag kentinde toplanan "2. Dünya Su Forumu", Dünya su krizini uluslararası gündemin üst sıralarına taşımıştır. Konferans, gıda güvenliği ve çevresel güvenliğin sağlanması için "su güvenliği" hedefini ortaya atmıştır. Forum'un anahtar mesajı "Su herkesi ilgilendirir" argümanıdır. Yoksulluk ve su güvenliği ilişkisi, sürdürülebilir kalkınma ile ilgili uluslararası tartışmalarda odak noktalardan biri haline gelmiştir. Bu forumla "Bütünleşik su kaynakları yönetimi" "etkin su yönetimi'nin çerçevesi halini almıştır. Bu noktada su kaynakları yönetiminin "***havza bazlı yönetim***" esasına dayanması gerekliliği ortaya çıkmıştır (Çiçek N, vd., 2008).

Havza bazlı yönetim sisteminin karar vericilere destek verecek olan en önemli araç modelleme sistemleridir. Bu bölümde Mogan Gölü Havzası için kalibrasyonu ve verifikasyonu yapılan Aquatox Modeli karar verici destek sistemi olarak kullanılmıştır. Özellikle ötrofikasyona sebebiyet veren nütrientler için geleceğe yönelik senaryolar üretilecek ve bu senaryolara bağlı olarak önlemler ile ilgili planlamalar yapılarak su kalitesindeki iyileşme süreci ile ilgili bir takım alternatifler ortaya konulmuştur.

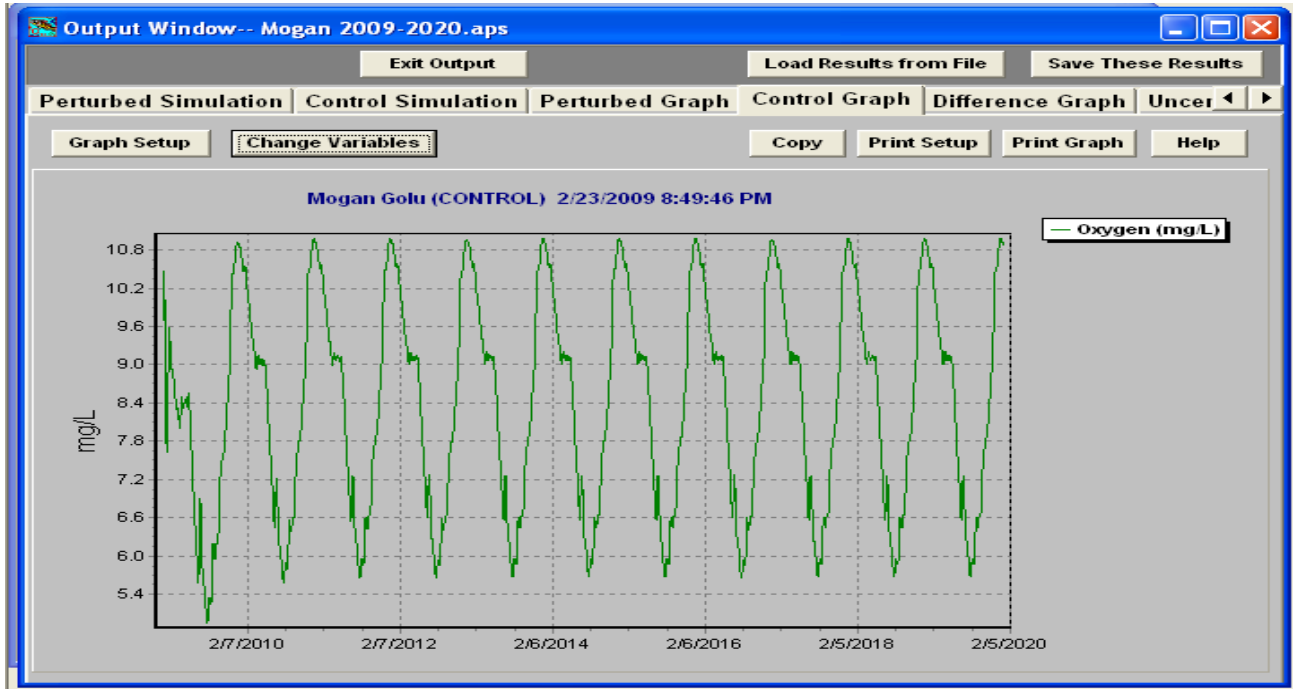
Geçmiş yıllarda Mogan Gölü Hipertofik bir göl olarak tespit edilmiş ve 2002 yılından beri Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Referans Laboratuvarı tarafından yapılan ölçümlerin Çizelge 8.1 ile karşılaştırılması neticesinde hiperötrofik durumun devam ettiği görülmüştür.

Çalışmanın bu safhasında özellikle nütrientlerin giderimi için yapılacak çalışmalar, Mogan Gölünün su kalitesini iyileştirmesi açısından Aquatox Modeli ile yapılan simülasyonun neticelerine göre Mogan Gölü havzası yönetiminde önlemler programında kullanılmıştır. Bilindiği gibi Bölüm 7 de mikro parametrelerin Mogan Gölüne etkisi incelenmiş olup, bu bölümde özellikle makro parametrelerin etkisini azaltmak için hangi tedbirlerin alınması gerektiği Aquatox Modeli ile ortaya konmuştur.

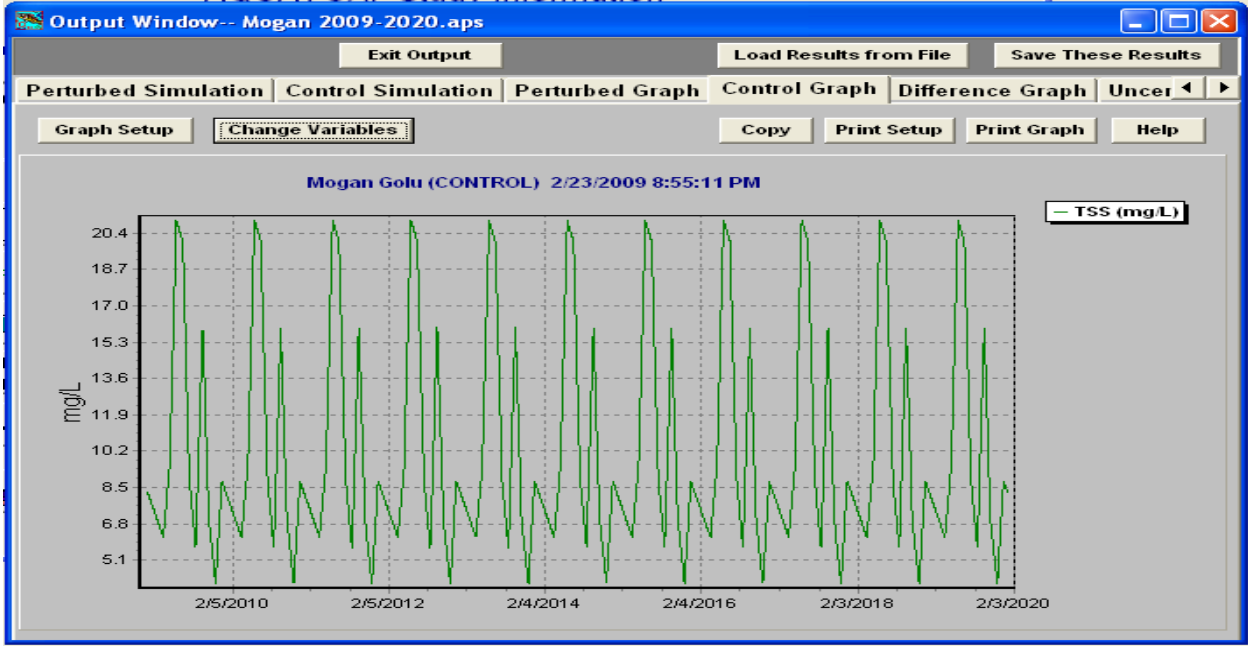
8.1 Mogan Gölünde Normal Şartlar Aynen Devam Ettiği Sürece Su Kalitesinde Meydana Gelen İyileşmeler

Çalışmanın 1. safhasında mevcut şartlarda hiçbir değişme olmadan Aquatox Modeli ile su kalitesinin iyileşme süreci ile ilgili senaryolar yapılmıştır. Öncelikle çalışmanın ilk safhasında 2009 yılından 2020 yılına kadar mevcut şartlar bu şekilde devam ettiği zaman Mogan Gölünün durumunun ne olacağı ile ilgili Aquatox Modeli ile simülasyonlar yapılmıştır.

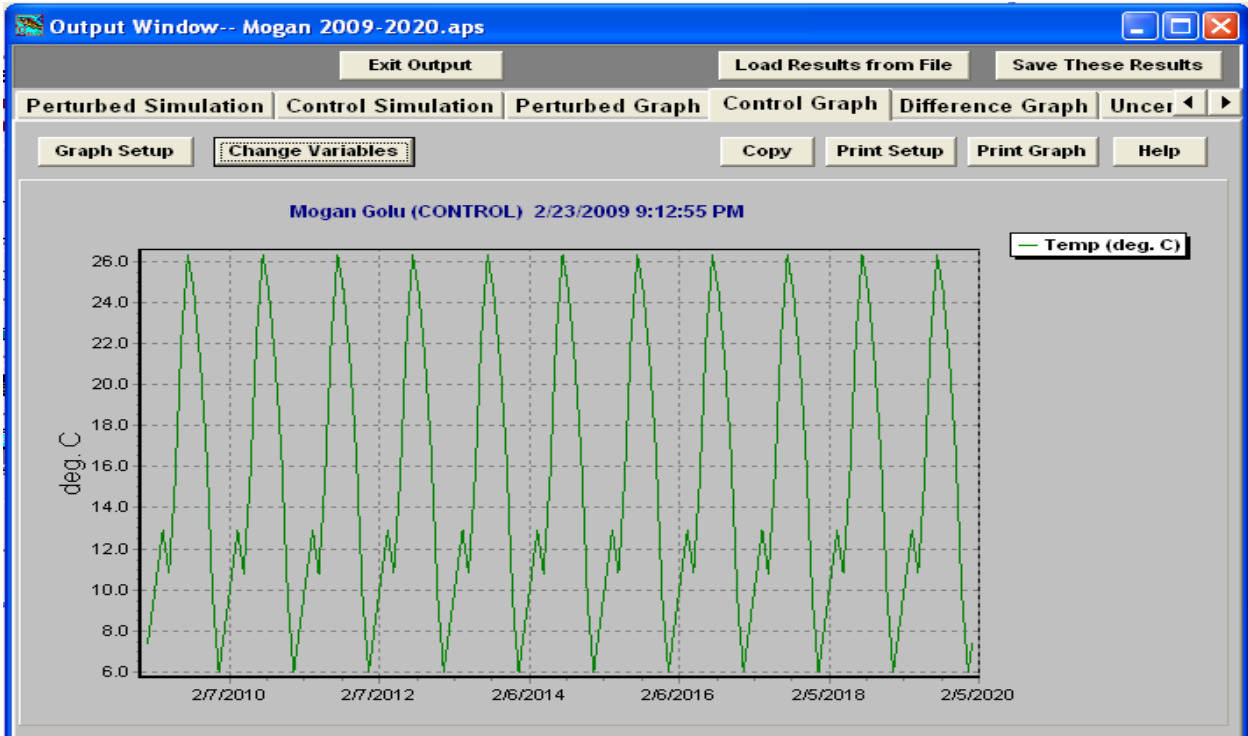
Mevcut şartlar bu şekilde devam ettiğinde 2009 yılından 2020 yılına kadar Çözünmüş Oksijen, Sıcaklık, Toplam Askıda Katı Madde ve pH'ı için verilen simülasyon neticeleri Şekil 8.1- Şekil 8.4 arasında gösterilmiştir. Suda ve sedimanda ayrışabilir ve ayrışmaya dirençli organik madde, toplam azot ve toplam fosfor için simülasyon neticeleri Bölüm 8.3'de gösterilmiştir.



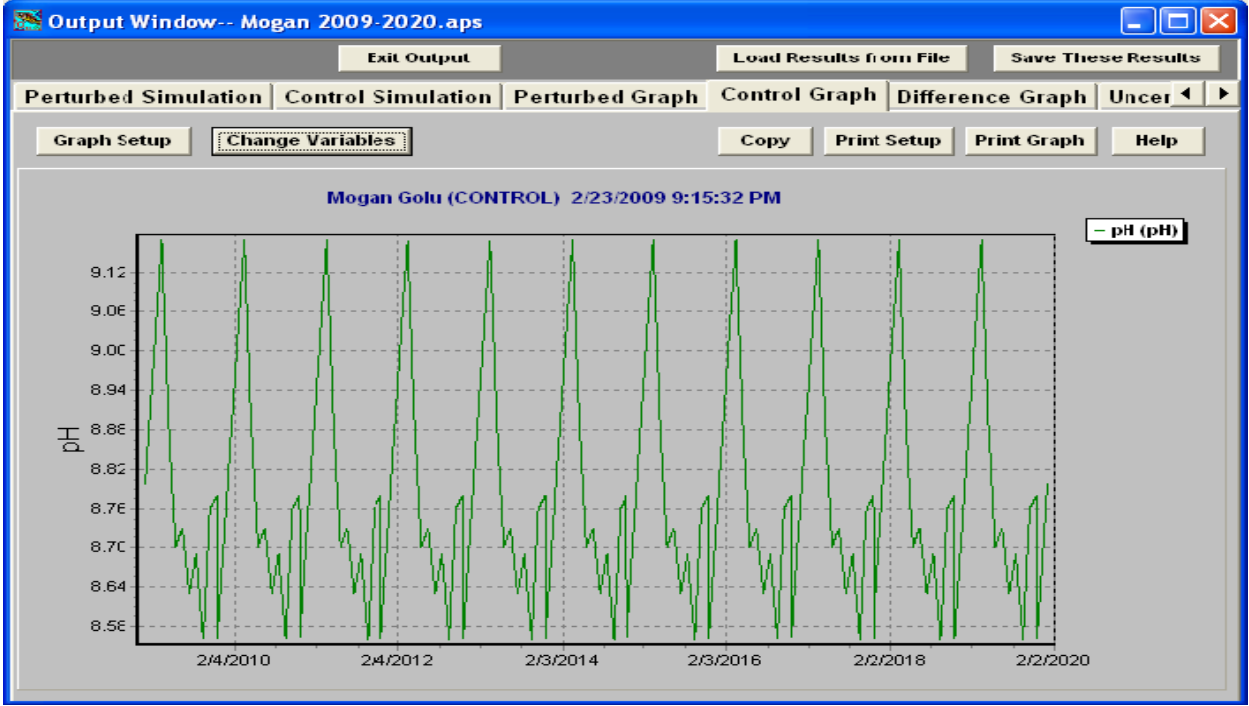
Şekil 8.1 Mogan Gölünde Çözünmüş Oksijenin 2009-2020 yılları arasındaki değişimi



Şekil 8.2 Mogan Gölünde Toplam Askıda Katı Maddenin 2009-2020 yılları arasındaki değişimi



Şekil 8.3 Mogan Gölünde Sıcaklığın 2009-2020 yılları arasındaki değişimi



Şekil 8.4 Mogan Gölünde pH'ın 2009-2020 yılları arasındaki değişimi

Yukarıdaki şekiller incelendiğinde özellikle Çözünmüş Oksijen, Sıcaklık, Toplam Askıda Katı Madde ve pH'ın aynı, yani ölçülmüş değerlere benzer oranda değiştiği görülmüştür. Misal olarak Çözünmüş Oksijen yaz aylarında genelde 5 mg/L civarında iken kış aylarında artmaktadır.

Yukarıdaki neticeler Mogan Gölünde mevcut durumlar bu şekilde devam ettiği varsayılarak elde edilmiştir. Bu sebeple Toplam Azotta sürekli bir azalma görülmüş, ancak bu azalmanın yinede suyun kalitesinin tam olarak iyileşmediği anlamına gelmektedir. 2020 yılında mevcut şartlar bu şekilde devam ettiği sürece Mogan Gölünün simülasyon neticelerinin Çizelge 8.1 ile karşılaştırıldığında hiperötrofik durumun devam ettiği görülmüştür.

8.2 Mogan Gölü Etrafına Doğal Sulak Alanı Yapıldığında Su Kalitesinde Meydana Gelen İyileşmeler

Çalışmanın 2. safhasında Mogan Gölü etrafına özellikle ana su kolları üzerine yapay sulak alanlar yapılması varsayılarak, bu sulak alanların su kalitesi üzerindeki iyileşme süreci ile ilgili senaryolar üretilmiştir.

Ülkemizde Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından yapımı başlatılan sulak alan

sistemleri 2004 yılında 21 adet olmak üzere Ankara, Adana, İzmir, Mersin, Karaman, Manisa, Isparta, Tekirdağ, Kahramanmaraş, Kilis, Uşak, Burdur, Aksaray, Tokat, Niğde illerinde yapılmıştır. Bu tesislerin 11'inde yapılan analizler sonucuna göre ortalama verimlilikleri Çizelge 8.2 'de verilmiştir. Tabloya göre, yapay sulak alan tesislerinin Türkiye ortalamasının literatürde verilen değerlerden daha düşük değerler içerdiği görülmektedir. Etken sebeplerden en önemlisinin, çok iyi çalışan tesislerin yanında hiç çalışmayan tesislerden kaynaklandığı söylenebilir. Arıtma yapamayan bu tesisler ortalama verimlerin düşük değer almasına neden olmaktadır.

Çizelge 8.2: Türkiye'de 11 adet yapay sulak alan tesisinde yapılan analizler sonucu verimlilikleri (mg/L) (Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2004)

Parametre	Ölçüm Sayısı	Ortalama Verim (%)
AKM	30	61
BOİ ₅	28	58,9
KOI	28	56,18
Top-N	6	18,17
Top-P	5	35,8

Hırvatistan'ın Krk adasında yapay sulak alanı ile yapılan arıtma neticelerinde BOİ'de % 82, AKM'de % 82, TN'de % 40 ve TP % 54 giderim elde edilmiştir. İspanyada evsel atıksuların arıtımı için tam ölçekli iki arıtma tesisinde sırasıyla BOİ'de % 87.48 ve % 81.71, AKM'de % 66.51 ve % 74.26, TN'da % 97 ve % 66.81 ve TP'da % 92.55 ve % 68.14 giderim elde edilmiştir. Fransa'da yapılan düşey akışlı bir sulak alanın arıtma verimleri KOİ için % 71, AKM için %79 ve TKN için % 69 giderim sağlanmıştır. Yunanistan'da doğal arıtma tesislerinin ortalama verimleri KOİ için % 74-79, AKM için % 77-99 ve TKN için % 84-93 arasında olmuştur (Korkusuz E.A., 2003).

TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi Kampüsünde yapılan bir çalışmada özellikle Iris ve Canna bitkileri KOİ ve TN giderimi için çok iyi performans göstermişlerdir. Tesisin ortalama giderim performansları sırasıyla KOİ için % 88, AKM için % 97, TKN için % 85, TN için % 83 ve PO₄⁻P için % 60 dır (Ayaz S, vd., 2001). Yine aynı kampüste yüzeyaltı akışlı (YAAS)

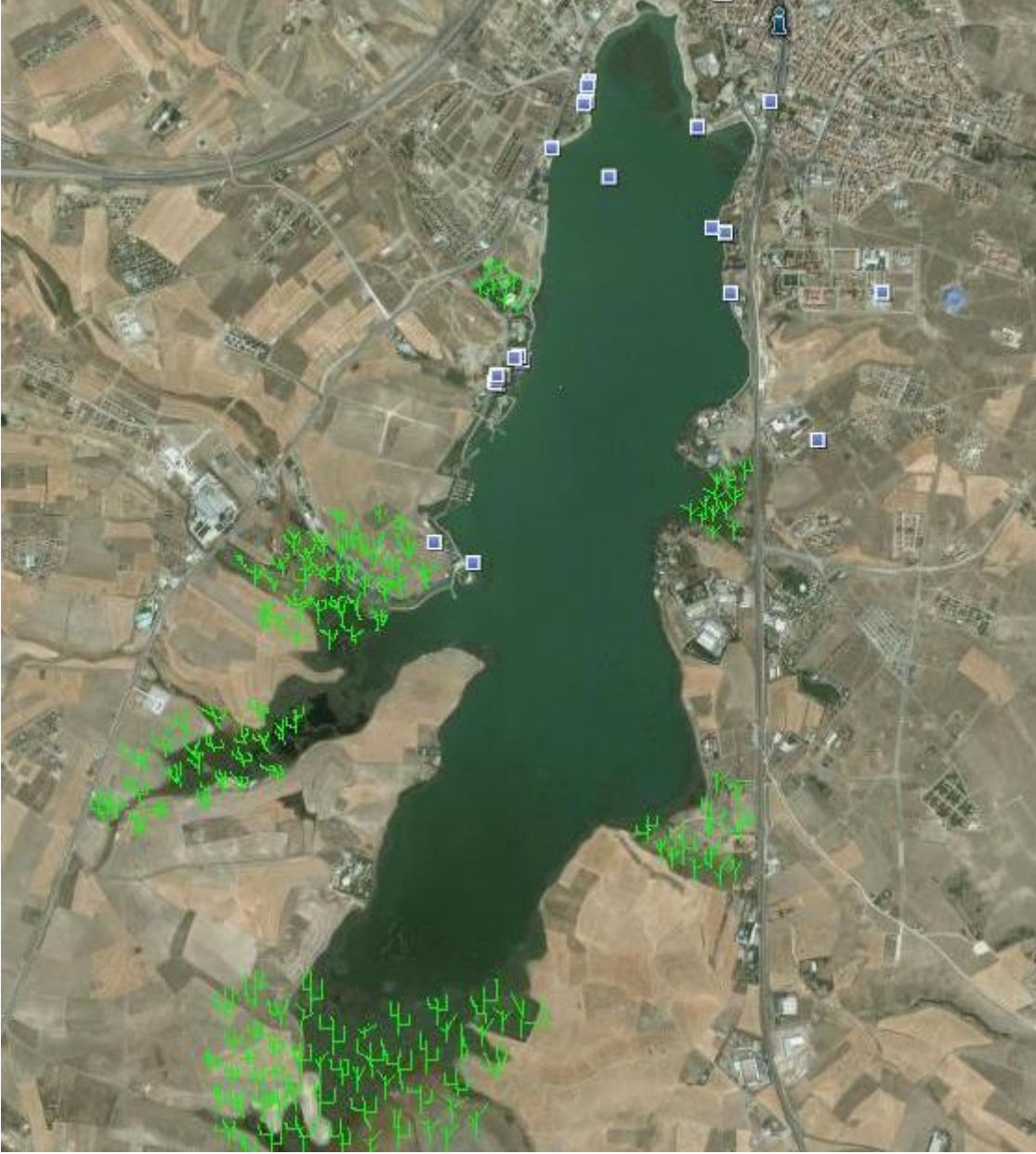
ve serbest yüzey akışlı (SYAS) sulak alan sistemlerinin $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ve $\text{NO}_3^-\text{-N}$ arıtma verimleri sırayla; %73 ve %57, %37 ve %58 olarak bulunmuştur (Tunçsiper B ve Akça L., 2006).

İtalya’da yapılan 4 bölgede yapılan kamış yani sazlıklar kullanılarak oluşturulan yapay sulak alanı arıtma tesislerinde arıtma verimleri sırasıyla AKM için % 99, % 48, % 42 ve % 87, KOI için %96, % 62, % 75 ve % 87, NH_4^+ için % 89, % 42, % 72 ve % 45, NO_3^- için % 30, % 82 ve % 29 ve P-PO_4^- için % 22, % 52, % 17 ve % 35 olarak tespit edilmiştir (Conte,G., vd.).

Baltnik ve Day (2000) tarafından yapılan bir doğal arıtma çalışmasında fosfatta (%3-50), NO_3^- (%32-95) ve AKM’(%48-91) arasında giderim elde edilmiştir.

K. Knox vd.(2008) tarafından Californida yapılan bir çalışmada; otlakları ve çayırları sulamak için kullanılan alanlardan geri dönen sular için bir doğal sulak inşa edilmiş ve bu sulak alanların sediman, nitrat, toplam azot ve toplam fosfor için verimleri sırasıyla, % 77, 60, 35 ve 42 dir.

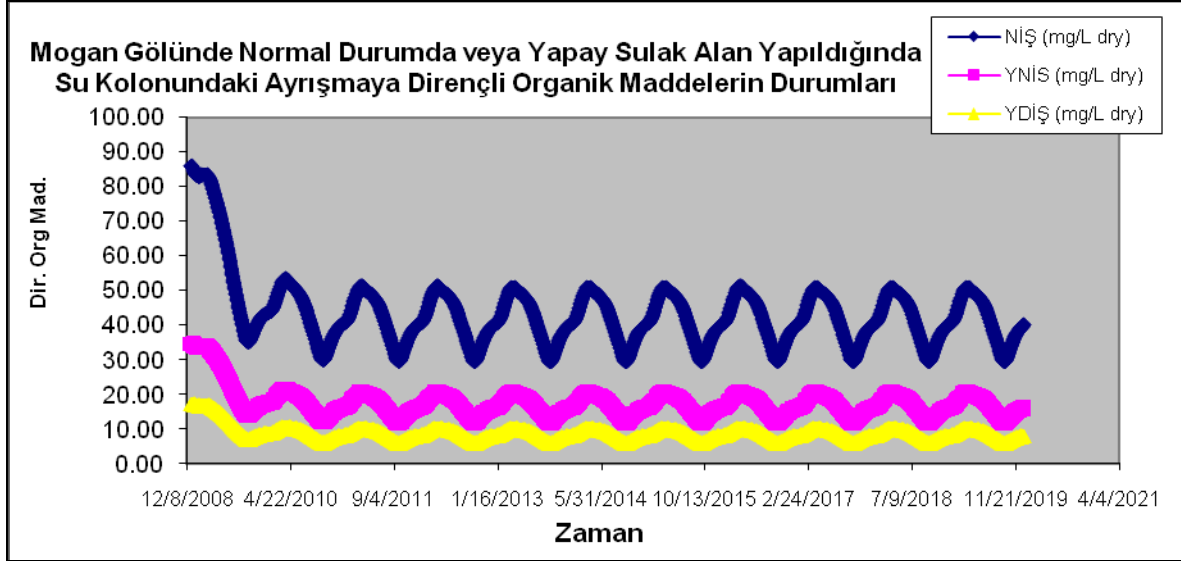
Çalışmanın 2. safhasında Mogan Gölünün ana dere yataklarında Şekil 8.5’den görüldüğü gibi yapay sulak alanlar yapıldığında su kalitesindeki iyileşmeler görülmüştür. Bu doğrultuda yapılacak olan serbest yüzey akışlı yapay sulak alanları normal şartlarda ve iyi şartlarda işletildiği zaman su kalitesindeki iyileşme süreçleri görülmüştür. Normal işletme şartlarında (YNIŞ) BOI için % 60, AKM için % 50, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ için %30, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ için % 25 ve P-PO_4^- için % 20 giderim sağlanacağı varsayılarak girdi yükleri ayarlanmıştır. Daha iyi işletme şartlarında(YDİŞ) BOI için % 80, AKM için % 70, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ için % 40, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ için %35 ve P-PO_4^- için % 30 giderim sağlanacağı varsayılarak girdi yükleri ayarlanmıştır.



Şekil 8.5 Mogan Gölünde Önerilen Serbest Yüzey Akışlı Yapay Sulak Alanlar

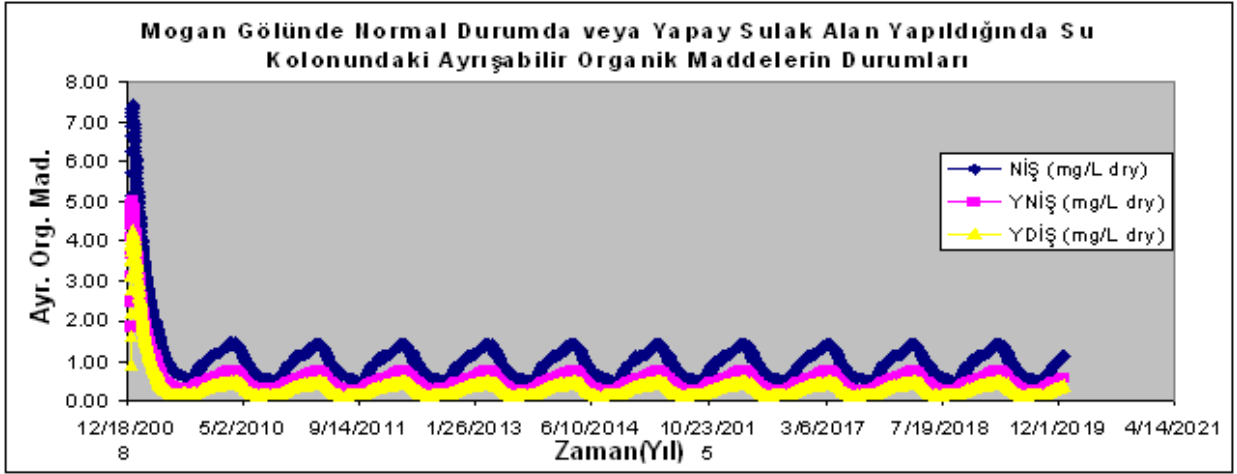
Ayrıca yalnız derelerden gelen su ile değil aynı zamanda göl ortamından su geri devir ettirilerek yapay sulak alanlara verilmesi su kalitesinin daha kısa sürede iyileşmesi açısından önemlidir. Bitki olarak Iris ve Cana bitkilerinin TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi Kampüsü'nde yapılan bir çalışmada KOI ve TN gideriminde iyi bir performans göstermesi ve sazlıkların İtalya'da yapılan çalışmalarda iyi bir performans göstermesi açısından kullanılması önerilmektedir.

Mogan Gölünde Şekil 8.5’de verilen serbest yüzey akışlı yapay sulak alanları yapıldıktan sonra Normal İşletme Şartlarında(YNİŞ) ve Daha İyi İşletme Şartlarında(YDİŞ) Organik Madde, Toplam Azot ve Toplam Fosfor parametrelerinin 2009 yılından 2020 yılları arasındaki simülasyonları yapılmıştır. Mevcut şartlar bu şekilde devam ettiğinde, YNİŞ ve YDİŞ şartlarında elde edilen simülasyon neticelerinin parametre bazında karşılaştırılmaları Şekil 6-Şekil 11 arasında gösterilmiştir.



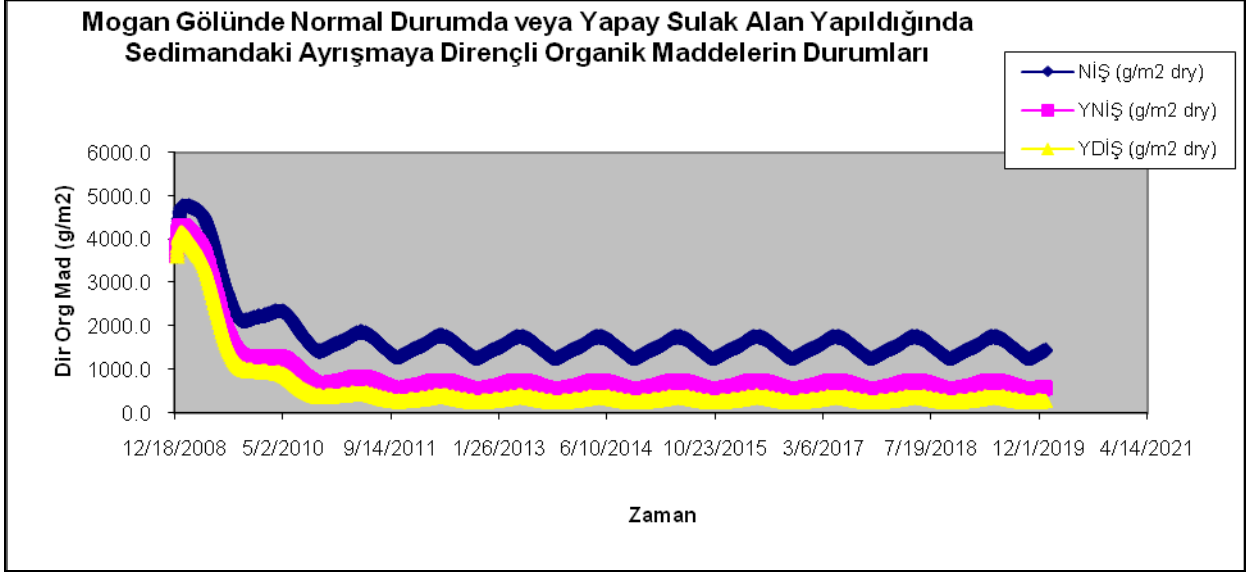
Şekil 8.6 Mogan Gölünde Normal Durumda veya Yapay Sulak Alan Yapıldığında Su Kolonundaki Ayrışmaya dirençli Organik Maddelerin Durumu

Şekil 8.6’dan da görüldüğü gibi Mogan Gölünde herhangi bir iyileşme tedbiri alınmadığında, 2020 yılında su kolonunda ayrışmaya dirençli organik maddelerin konsantrasyonu 30-50 mg/L arasında değişmektedir. Söz konusu Gölün etrafına yapay sulak alanlar yapıldığında 2020 yılında ayrışmaya dirençli organik madde konsantrasyonu 10-20 mg/L arasında değişmektedir. Ancak yapay sulak alanlar, daha iyi şartlarda işletilebilir ise 2020 yılında suda ayrışmaya dirençli organik madde konsantrasyonu 5-10 mg/L’ye kadar inmektedir. Normal şartlar (NİŞ) bu şekilde devam ettiğinde ve yapay sulak alan yapıldığında, normal işletme şartlarında (YNİŞ) ve daha iyi işletme şartlarında(YDİŞ) NİŞ’e göre giderim yüzdeleride ortalama % 60-80 arasında değişmektedir. Yukarıdaki şekilden de görüldüğü gibi su kolonundaki organik maddelerde 2020 yılında bile çok az giderim olduğu görülmektedir. Bu durum yine Mogan Gölü dip çamurunda çok yoğun birikim ve organik kirliliğin olduğunu göstermektedir.



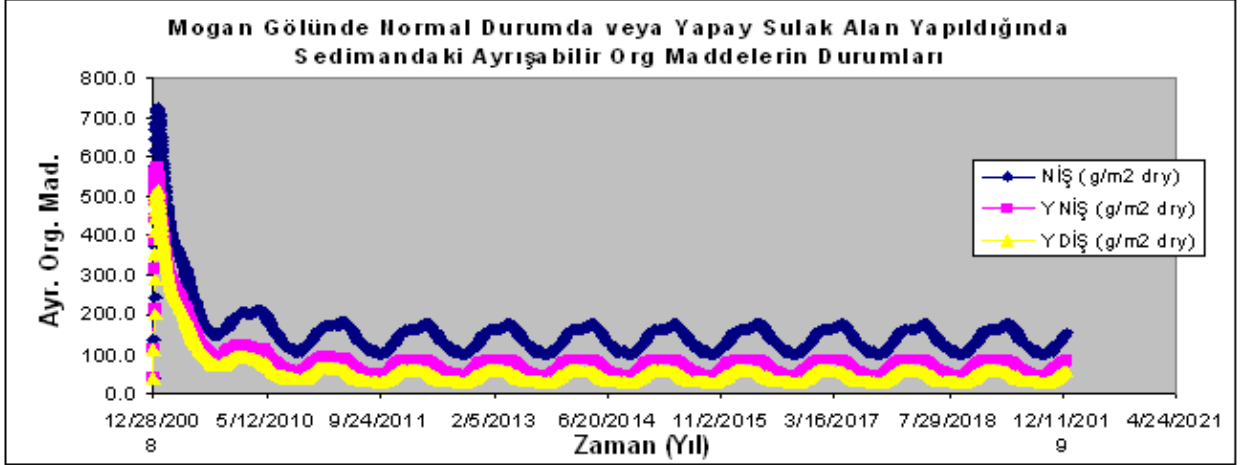
Şekil 8.7 Mogan Gölünde Normal Durumda veya Yapay Sulak Alan Yapıldığında Su Kolonundaki Ayrışabilir Organik Maddelerin Durumu

Şekil 8.7’den de görüldüğü gibi Mogan Gölünde herhangi bir iyileşme tedbiri alınmadığında, 2020 yılında su kolonunda ayrışabilir organik madde konsantrasyonu 1-2 mg/L arasında değişmektedir. Söz konusu Gölün etrafına yapay sulak alanlar yapıldığında 2020 yılında ayrışabilir organik madde konsantrasyonu 0.5-1.0 mg/L arasında değişmektedir. Ancak yapay sulak alanlar, daha iyi şartlarda işletilebilir ise 2020 yılında suda ayrışabilir organik madde konsantrasyonu 0-0.5 mg/L’ye kadar inmektedir. Normal şartlar (NİŞ) bu şekilde devam ettiğinde ve yapay sulak alan yapıldığında, normal işletme şartlarında (YNİŞ) ve daha iyi işletme şartlarında(YDİŞ) NİŞ’e göre giderim yüzdeleri de ortalama % 50-70 arasında değişmektedir. Tüm bu sonuçlar su kolonunda ayrışabilir organik maddelerin ayrışmaya dirençli organik maddelere göre oldukça az olduğunu göstermektedir. Ayrışmaya dirençli organik maddelerin kaynağının tarım ilaçları ve göl tabanındaki sediman olduğu öngörülmektedir.



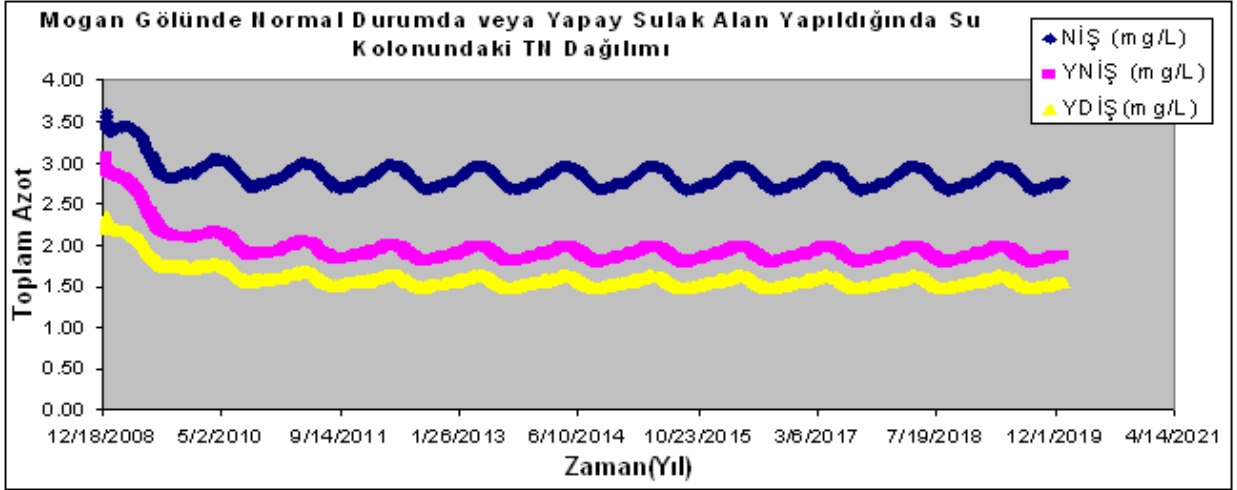
Şekil 8.8 Mogan Gölünde Normal Durumda veya Yapay Sulak Alan Yapıldığında Sedimandaki Ayrışmaya dirençli Organik Maddenin Durumu

Şekil 8.8’den de görüldüğü gibi Mogan Gölünde herhangi bir iyileşme tedbiri alınmadığında, 2020 yılında sedimandaki ayrışmaya dirençli organik madde konsantrasyonu 1500-2000 g/m² arasında değişmektedir. Söz konusu Gölün etrafına serbest yüzey akışlı yapay sulak alanlar yapıldığında 2020 yılında ayrışmaya dirençli organik madde konsantrasyonu 500-1000 g/m² arasında değişmektedir. Ancak yapay sulak alanlar, daha iyi şartlarda işletilebilir ise 2020 yılında sedimanda ayrışmaya dirençli organik madde konsantrasyonu 0-500 g/m² arasında değişmektedir. Normal şartlar (NİŞ) bu şekilde devam ettiğinde ve yapay sulak alan yapıldığında, normal işletme şartlarında (YNIŞ) ve daha iyi işletme şartlarında (YDİŞ) NİŞ’e göre giderim yüzdeleri de ortalama % 56-74 arasında değişmektedir. Ayrıca yukarıdaki şekil Mogan Gölü dip çamurunda yoğun bir organik kirlenme olduğunu göstermektedir.



Şekil 8.9 Mogan Gölünde Normal Durumda veya Yapay Sulak Alan Yapıldığında Sedimandaki Ayrışabilir Organik Maddelerin Durumu

Şekil 8.9'dan da görüldüğü gibi Mogan Gölünde herhangi bir iyileşme tedbiri alınmadığında, 2020 yılında sedimandaki ayrışabilir organik madde konsantrasyonu 150-200 g/m² arasında değişmektedir. Söz konusu Gölün etrafına yapay sulak alanlar yapıldığında 2020 yılında sedimanda ayrışabilir organik madde konsantrasyonu 100 g/m² civarında değişmektedir. Ancak yapay sulak alanlar, daha iyi şartlarda işletilebilir ise 2020 yılında sedimanda ayrışabilir organik madde konsantrasyonu 50 g/m² civarında değişmektedir. Normal şartlar (NİŞ) bu şekilde devam ettiğinde ve yapay sulak alan yapıldığında, normal işletme şartlarında (YNİŞ) ve daha iyi işletme şartlarında (YDİŞ) NİŞ'e göre giderim yüzdeleri sırasıyla ortalama % 50-66 arasındadır. Tüm bu sonuçlar sedimanda ayrışabilir organik maddelerin ayrılmaya dirençli organik maddelere göre oldukça azaldığını göstermektedir. Sedimandaki ayrışabilir organik maddelerin azalmasına rağmen varlığını hala koruduğu görülmektedir.



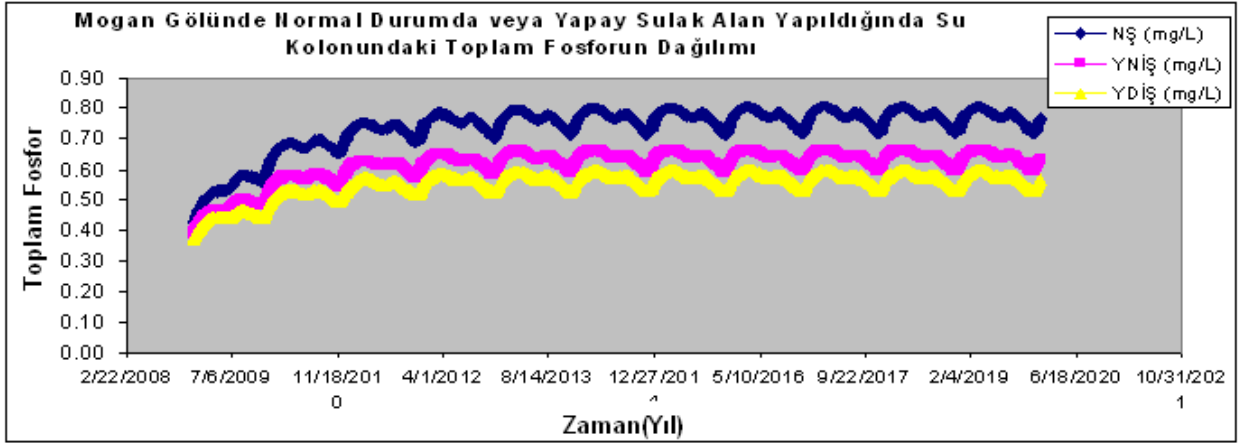
Şekil 8.10 Mogan Gölünde Normal Durumda veya Yapay Sulak Alan Yapıldığında Su Kolonundaki Toplam Azotun Değişimi

Şekil 8.10'dan da görüldüğü gibi Mogan Gölünde herhangi bir iyileşme tedbiri alınmadığında, 2020 yılında su kolonunda toplam azot konsantrasyonu 2.65-2.85 mg/L arasında değişmektedir. Söz konusu Gölün etrafına yapay sulak alanlar yapıldığında 2020 yılında su kolonunda toplam azot konsantrasyonu 1.75-1.95 mg/L arasında değişmektedir. Ancak yapay sulak alanlar, daha iyi şartlarda işletilebilir ise 2020 yılında suda azot konsantrasyonu 1.45-1.6 mg/L'ye kadar inmektedir. Normal şartlar (NİŞ) bu şekilde devam ettiğinde ve yapay sulak alan yapıldığında, normal işletme şartlarında (YNİŞ) ve daha iyi işletme şartlarında(YDİŞ) NİŞ'e göre giderim yüzdeleri de sırasıyla % 32-44 arasında değişmektedir. Bu sonuçlar ile su kolonunda toplam azotun YDİŞ şartları bu şekilde devam eder ise Çizelge 8.1 ile karşılaştırıldığında Mogan Gölünün hiperötrofik durumdan ötrofik duruma doğru iyileştiği görülmektedir. Ayrıca şartların bu şekilde devam etmesi durumunda ötrofik durumdan mezotrofik duruma doğru iyileşmenin olacağı öngörülmektedir.

Şekil 10'a bakıldığında mevcut şartlar bu şekilde devam ettiğinde Toplam Azotta sürekli bir azalma görülmüş, ancak bu azalma yinede suyun kalitesinin tam olarak iyileşmediği anlamına gelmektedir. 2020 yılında mevcut şartlar bu şekilde devam ettiği sürece Mogan Gölünün simülasyon neticelerinin Çizelge 8.1 ile karşılaştırıldığında hiperötrofik durumun devam ettiği görülmüştür.

Champlain Gölünde yapılan bir çalışmada azot ve fosforun sedimandan yapılan salınım

hızlarının oksik ve anaoksik şartlarda karşılaştırmışlar ve anoksik şartlarda oksik şartlardan çok daha yüksek olduğunu görmüşlerdir. Oksik şartlardaki salınım hızları ihmal edilecek kadar az olmuştur. Anoksik şartlarda salınım hızları azot için $1.9 \text{ mg/m}^2\text{g}$ ve fosfor için $0.8 \text{ mg/m}^2\text{g}$ olarak bulunmuştur (James, W. F vd, 2000). Şekil 8.10'dan görüldüğü gibi Mogan Gölünde 2020 yılına kadar yapılan simülasyonda Toplam Azotta çok az oranda azalmanın nedeni Mogan Gölü dip çamurunda anoksik şartlar olduğu için çamurdan suya azot salınımının sürekli devam etmesinden kaynaklandığının söylenmesi mümkündür. Mevcut durumda Mogan Gölünün en önemli kirlenme kaynağı tarım alanlarından gelen azot, fosfor ve tarım ilaçlarıdır. Yani söz konusu Gölün kirlenme kaynağının sınırlı olmasına rağmen toplam azotta çok az azalma olması dip çamurundan su kolonuna sürekli azot salınımı varlığının bir göstergesi olmasından kaynaklandığı varsayılmıştır.



Şekil 8.11 Mogan Gölünde Normal Durumda veya Yapay Sulak Alan Yapıldığında Su Kolonundaki Toplam Fosforun Değişimi

Şekil 8.11'den de görüldüğü gibi Mogan Gölünde herhangi bir iyileşme tedbiri alınmadığında, 2020 yılında su kolonunda toplam fosfor konsantrasyonu $0.70\text{-}0.80 \text{ mg/L}$ arasında değişmektedir. Söz konusu Gölün etrafına yapay sulak alanlar yapıldığında 2020 yılında su kolonunda toplam fosfor konsantrasyonu $0.60\text{-}0.66 \text{ mg/L}$ arasında değişmektedir. Ancak yapay sulak alanlar, daha iyi şartlarda işletilebilir ise 2020 yılında suda fosfor konsantrasyonu $0.52\text{-}0.60 \text{ mg/L}$ 'ye civarında değişmektedir. Normal şartlar (NİŞ) bu şekilde devam ettiğinde ve yapay sulak alan yapıldığında, normal işletme şartlarında (YNIŞ) ve daha iyi işletme şartlarında (YDİŞ) NİŞ'e göre giderim yüzdeleri sırasıyla % 17-25 arasında değişmektedir. Bu sonuçlar, su kolonunda toplam fosforun tüm önlemler alınsa bile hala artmaya devam

ettiğini göstermektedir. Bölüm 6.2’de den de bahsedildiği gibi Mogan Gölü çamurundan suya büyük oranlarda fosfor çıkışı vardır. Mogan Gölü çamuru anoksik olduğu için bu salınım oldukça fazla olmaktadır. Dolayısıyla 2014 yılına kadar su ortamında fosfor artışının sebebi anoksik şartlarda çamurdan suya fazla oranda fosfor çıkmasının devam etmesinden kaynaklandığı öngörülmektedir. Bu neticeler Mogan Gölünde çamur birikiminin uzun zamanlı olduğunun kanıtıdır. Ayrıca bu neticeler Mogan Gölünde sınırlayıcı parametrenin fosfor olduğunu göstermektedir.

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Mogan Gölü birçok kimyasal, biyolojik ve hidrolojik parametrelerin bulunabilirliğinden dolayı seçilmiştir.

Çalışma safhasında Aquatox, WASP ve Pamolare modelinin alt modülleri kullanılmıştır. Girdi olarak 2002 yılındaki kimyasal, biyolojik ve hidrolojik parametreleri kullanılmıştır. 2004 yılının tamamı simülasyonda kullanılmıştır.

Pamloare 3 Modeli versiyonun göller için uygulanan tek tabaka, çift tabaka ve yapısal olarak dinamik model olan alt versiyonları mevcuttur. Tüm bu versiyonlar çalışmada denenmiştir. Ayrıca yeni geliştirilen Pamolare 2-Sığ Göller İçin Yapısal Olarak Dinamik Modelde çalışmada kullanılmıştır.

Mogan Gölünün simülasyonu neticeleri 2004 ve 2005 yılı ölçüm değerleri ile karşılaştırıldığında en iyi neticeyi Auatox modeli vermiştir. Bölüm 6'da gösterildiği gibi Aquatox Modeli simülasyon neticelerinin 2004 yılı Mogan Gölü Ölçülmüş değerleri ile karşılaştırıldığında Sıcaklık, pH, Askıda Katı Madde parametreleri açısından gerçeğe oldukça yakın değerler elde edilmiştir. Çözünmüş Oksijen ve Toplam Azot'un karşılaştırılmalarında relativ hataları hesaplanmış olup, özellikle Toplam Azot kabul edilebilir aralıkta çıkmış, ancak çözünmüş oksijen çok azda olsa kabul edilebilir aralığı aşmıştır. Bu sebeple kalibrasyon ve verifikasyon çözünmüş oksijen ve Toplam Azot için yapılmıştır. Toplam Fosfor 2004 yılı ölçüm değerleri ile karşılaştırıldığında herhangi bir uyum görülmemiştir. Ancak hem WASP hem de Aquatox Modelinde Toplam Fosfor simülasyonunda artış görülmüştür.

Aquatox Modelinde organik maddelerin sekiz kısma ayırarak modele girdi olarak alınması, hem su kolonunda hem de sedimandaki organik türlerin doğru bir şekilde hesaplanıp söz konusu Modele girdi olarak alınması ve yine birçok modelden farklı olarak Karbondioksitin girdi olarak sisteme dahil edilmesi Aquatox Modelinin Mogan Gölüne uygulanmasında iyi netice vermesi sebepleri arasında yer almıştır.

Mogan gölünde ölçülemeyen bazı parametreler için Aquatox'un teknik dokümanında ve literatürde verilen bazı formüllerin kullanılması, söz konusu gölde ölçülmüş biyolojik türlerin topluluk bazında değil tür bazında modele girilmesi ve Aquatox Modelinde tüm kimyasal parametrelerin ve sucul bileşenlerin kütüphanelerinin mevcut olması da Aquatox Modelinin

Mogan Gölüne uygulanmasında iyi netice vermesine sebebiyet vermiştir. Yine Aquatox Modeli simülasyon neticeleri, söz konusu Modelin giriş parametrelerine karşı çok az duyarlı olduğunu göstermiştir.

Pamolare modeli ve versiyonlarının Aquatox Modeli ile karşılaştırıldığında girdi parametrelerinin az olması, giriş değerlerinin yıllık ortalamaları içermesi ve biyolojik türlerin grup bazında girdi oluşturulması gibi nedenlerden dolayı, söz konusu model ve versiyonları Mogan Gölüne uygulandığında iyi neticeler alınamamıştır.

Su Kalite Analizi Simülasyon (Benzeşim) Programı (WASP) Modelinin çok fazla giriş parametresine ihtiyaç duyması ve bağlamında çok fazla ölçüm datası istemesi ve bilinmeyen bazı parametreler için ampirik formüllerin kullanılmaması gibi nedenlerden dolayı söz konusu model Mogan Gölüne uygulandığında iyi neticeler alınamamıştır.

Su kalitesi modellerinin hepsi modellenen ortamlarla ilgili sucul ortamlara göre değişen, kinetik ve stokiyometrik model katsayıları içermektedirler. Herhangi bir modelin herhangi bir sucul ortama uygulanabilmesi için modelin kinetik ve stokiyometrik katsayıların sucul ortamı temsil eden özellikte olması gerekmektedir. Bu nedenle Aquatox Modeli ile kalibrasyon ve verifikasyon safhasından önce söz konusu modelde kalibrasyonu ve verifikasyonu yapılacak parametrelerin literatürlerde kullanılan maksimum ve minimum değerleri derlenmiştir. Toplam Fosfor haricinde diğer parametreler için relativ hata hesaplanarak modelin kalibrasyonu ve verifikasyonu yapılmıştır.

Kalibrasyonu ve verifikasyonu yapılan Mogan Gölünde tüm parametreler için katsayılar bulunmuş olup, Bölüm 6'da verilmiştir. Misal olarak çözülebilir ve ayrışmaya dirençli organik maddelerin maksimum ayrışma hızları sırasıyla 0.1g/g-gün ve 0.01 g/g-gün olarak bulunmuştur.

Toplam Fosforun uyumsuz çıkmasının en önemli nedeni fosforun diferansiyel denklemine bakıldığında Biyotaların boşaltımından meydana gelen fosfat miktarı artı olarak denkleme yer almasından ve Mogan Gölü sediman tabanında anoksik ortamın söz konusu olduğundan Aquatox modelinin simülasyonunda Toplam Fosfor sürekli artmıştır. Şayet Mogan Gölünde fosfor için yapılan ölçümlerin sedimanın üst kısmında yapılsaydı ölçüm değerleri ile simülasyon sonuçlarının uyumlu olacağı sonucu ortaya çıkmıştır.

Mogan Gölü için kalibrasyonu ve verifikasyonu yapılan Aquatox Modelinde bazı toksik organik maddelerin Mogan Gölüne etkisi incelenmiştir. Aquatox'un kütüphanesinde bulunan Dieldrin, Simazin, Carbofuran, PCB 180, Malathion, Tefluthrin, PCB 101, Fluridone, Pentachloropenol, DDT, Parathion, EPTC, PCB 110, Chlordane ve ALOCHLOR gibi toksik organik maddelerin Mogan Gölündeki fitoplankton ve zooplanktonlara bir yıl boyunca etkileri görülmüştür.

Mogan Gölünde Dieldrine en hassas tür Rotifer Brach, Simazine en hassas tür Rotifer, Kerat, PCB 180'e en hassas tür Rotifer, Malathion'a en hassas türler Rotifer, Kerat ve Copepod, Tefluthrin'e en hassas türler Rotifer, Kerat ve Copepod, PCB 101'e en hassas türler Rotifer, Kerat ve Rotifer, Brach, Fluridone'e en hassas türler Copepod ve Rotifer, Brach, Penteaklorofenola en hassas tür Rotifer, Brach, DDT'ye en hassas tür Rotifer, Brach, Parathion'a en hassas türler Rotifer, Kerat ve Rotifer, Brach, Chlordane'e en hassas türler Rotifer, Brach ve Copepod ve ALOCHLOR'a en hassas türler Rotifer, Brach ve Copepod olmuştur. Tüm bu sonuçlar Mogan Gölünde bulunan zooplanktonların tehlikeli maddelere karşı fitoplanktonlara nazaran son derece hassas olduğunu göstermiştir. Fitoplanktonların ise genellikle toksik maddeleri alarak büyüdükleri belirli bir süre sonra ise azalma eğiliminde tepki verdikleri görülmüştür.

Yukarıda verilen toksik maddeler için Mogan Gölünde maksimum izin verilebilir konsantrasyonlar belirlenmiştir. Maksimum izin verilebilir konsantrasyonlar Çevresel Kalite Standartları(ÇKS) ile aynı manaya geldiği için 2008/105/EC sayılı Çevresel Kalite Standartları direktifinde verilen Çevresel kalite Standartları ile karşılaştırılmıştır.

Model ile bulunan ÇKS'ı genelde söz konusu direktifte verilenlerden daha yüksek çıkmıştır. Sanayilerin atıksu deşarjlarında alıcı ortam standartlarına bağlı olarak oluşturulan deşarj standartlarının uygulanması günümüzde yaygınlaşmaktadır. Dolayısıyla model ile bulunan ÇKS'ı alıcı ortamların tüm bileşenlerini göz önüne aldığı için daha doğru bir bilimsel yaklaşım olmuştur. Bu neticeler aynı zaman Model kullanılmasının hem zaman hem de ekonomik açıdan daha uygulanabilir bir metot olduğunu göstermiştir.

Tüm araştırmalar Mogan Gölünün hiperötrofik bir durumda olduğunu göstermiştir. Bu doğrultuda, Aquatox Modeli ile ötrofikasyona sebebiyet veren nütrientler için geleceğe yönelik senaryolar yapılmış ve bu senaryolara bağlı olarak önlemler ile ilgili planlamalar

yapılarak su kalitesindeki iyileşme süreci ile ilgili bir takım alternatifler ortaya konmuştur. Tüm şartlar bu şekilde devam ettiğinde ve söz konusu gölün etrafına serbest yüzey akışlı yapay sulak alan yapıldığında ve yapay sulak alanın normal ve daha iyi işletme şartlarında 2009 yılından 2020 yılına kadar Çözünmüş Oksijen, Sıcaklık, Toplam Askıda Katı Madde, pH, TN ve TP'nin yanı sıra suda ve sedimanda ayrışabilir ve ayrışmaya dirençli organik madde simülasyon sonuçları görülmüştür.

Simülasyon sonuçlarından Mogan Gölünde su kolonunda ve sedimanda ayrışmaya dirençli organik maddelerin ayrışabilir organik maddelere göre çok daha fazla olduğu görülmüştür. Ayrışmaya dirençli organik maddelerin kaynağının tarım ilaçları ve göl tabanındaki sediman olduğu model sonuçlarından anlaşılmıştır. Ayrıca tüm bu neticeler Mogan Gölünün özellikle son zamanlarda evsel kaynaklı kirlenmeye maruz kalmadığının da göstergesi olmuştur. Sedimandaki ayrışabilir organik maddelerin azalmasına rağmen varlığını hala koruduğu görülmüştür. Ayrıca tüm bu neticeler Mogan Gölü sedimanının yoğun bir organik kirlenmeye maruz kaldığını göstermiştir.

Mogan Gölünde herhangi bir iyileşme tedbiri alınmadığında, 2020 yılında su kolonunda toplam azot konsantrasyonu 2.65-2.85 mg/L arasında değişmektedir. Söz konusu gölün etrafına yapay sulak alanı yapıldığında 2020 yılında suda azot konsantrasyonu 1.45-1.6 mg/L'ye kadar indiği görülmüştür. Mogan Gölü etrafına Serbest yüzey akışlı Yapay sulak alanı yapılıp iyi işletilir ise Mogan Gölünün hiperötrofik durumdan ötrofik duruma doğru iyileştiği görülmüştür. Ayrıca şartların bu şekilde devam etmesi durumunda ötrofik durumdan mezotrofik duruma doğru iyileşmenin olacağı öngörülmektedir.

Toplam Fosforun yapay sulak alan yapılsa bile 2020 yılında artmaya devam ettiği görülmüştür. Tüm bu neticeler Mogan Gölünde çamur birikiminin uzun zamanlı olduğunun kanıtıdır. Ayrıca bu neticeler Mogan Gölünde sınırlayıcı parametrenin fosfor olduğunu göstergesi olmuştur.

Nihai olarak Aquatox Modeli entegre havza yönetiminde önemli bir yönetim aracı olarak kullanılması tavsiye edilmektedir.

KAYNAKLAR

- A. Park, R., and S.Clough, J., (2004), “Modeling Environmental Fate and Ecological Effects in Aquatic Ecosystem”, Volume 2: Technical Documentation, U.S. Environmental Protection Agency Office of Water Office of Science and Technology..
- A. Park, R., and S.Clough, J., (2004), “Modeling Environmental Fate and Ecological Effects in Aquatic Ecosystem” Volume 1:User’s Manual, U.S. Environmental Protection Agency Office of Water Office of Science and Technology.
- A. Park, R., and S.Clough, J., (2004), “Modeling Environmental Fate and Ecological Effects in Aquatic Ecosystem” Volume 3:Model Validation Reports Manual, U.S. Environmental Protection Agency Office of Water Office of Science and Technology.
- Ayaz, S.Ç. and Akça, L., (2001), “Treatment of Wastewater by Natural Systems”. *Environment International*, Vol: 26 (3), pg. 189-195.
- A. K. Knox, R. A. Dahlgren, K. W. Tate, and E. R. Atwill. (2008), Efficacy of Natural Wetlands to Retain Nutrient, Sediment and Microbial Pollutants. *Journal of Environmental Quality* Volume 37 September–October
- Blahnik, T., and J. Day. (2000). The effects of varied hydraulic and nutrient loading rates on water quality and hydrologic distributions in a natural forested treatment wetland. *Wetlands* 20:48–61.
- Boström, B., Andersen, J.M., Fleischer, S. and Jansson, M., (1988), Exchange of phosphorus across the sediment-water interface, *Hydrobiologia*, 170 :229-244.
- Christensen, N., Paaby, H., and Holten- Andersen, J.,(1993), *Environmental and Society –The State of the Environment in Denmark*. Professional report no. 93, National Environmental Research Institute,
- Chapra C. S., (1997), “Surface Water-Quality Modeling”, The McGraw-Hill Companies.Inc., New York
- Çevre Kirliliğini Önleme ve Kontrol Genel Müdürlüğü, (2003), “Mogan – Eymir Gölleri ve Çevresi Su Kirliliği İnceleme Raporu”, Çevre Referans Laboratuvarı, Ankara.
- Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, (2004), “Türkiye’de 11 Adet Yapay Sulak Alan Tesisinde Yapılan Analizler Sonucu”, Ankara
- Çiçek, N., Karaaslan Y., (2008), “Türkiye’de AB’ye Uyumlu Su Havzası Yönetim Stratejisi Ve Su Çerçeve Direktifi”, Fatih Üniversitesi Çevre Kongresi, (2008), İstanbul
- Çilek A.S., (2005), “Yüzeysel Su Kalitesi Modellerinde Besi Maddesi Döngülerinin Simülasyonlarında Kullanılan Model Katsayıları İçin Veri Tabanı Tasarımı ve Geliştirilmesi”, Yüksek Lisan Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Dinç H, (2001) “Pamolare Model For Water Quality Management of Sapanca Lake” Degree of Master of Science in The Department of Environmental Engineering of The Middle East Technical University, Ankara

- Dişli, E., (2007), Eymir-Mogan Gölleri Arasında Yeraltısuyu Akım ve Kütle Taşınım Modeli, H.Ü. Doktora Tezi, 168 s., Ankara
- Edmondson, Yvette H., (1986), The role of prediction in limnology. pp. 1143-1159 *Limnol. Oceanogr.* 31(5).
- Fujii M., (2006), "The Treatment Technology Of Industrial Waste Water and Seweage,"The textbook of JICA-KITA, Revised edition.
- Gönenç I.E., Baykal B.B., Ince O., ve Aşıkoğlu O.. "Ecosystem Modeling of Coastal Lagoons for Sustainable", International Journal of Salt Lake Research, (6), 91-105
- G. Conte, N. Martinuzzi, L. Giovannelli, F. Masi ve B. Pucci, "Constructed Wetlands For Wastewater Treatment In Central Italy", A.R.P.A.T. (Regional Environmental Protection Agency) - Dept. of Prato – Via Vittorio Veneto 9 – Prato (Italy).
- James, W. F., Barko, J. W., and Eakin, H. L. (2000), "Macrophyte management via mechanical shredding: Effects on water quality in Lake Champlain (Vermont-NewYork)," *APCRP Technical Notes Collection* (ERDC TN-APCRP-MI-05), U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS.
- Jorgensen, S.E., (2001), (Unpublished-Obtained by personal Contact) Loose Copies of Draft "Traning Package on Eutrophication Management)
- Jensen, J. P., P. Kristensen ve E. Jeppesen., (1990), "Relationship between nitrogen loading and in-lake nitrogen concentrations in shallow Danish lakes" *Verh. Internat. Verein. Limn.* 24 pp. 201-204f
- Jorgenson, S.E., (1994), "Fundamentals of Ecological Modelling" Elsevier S.
- Küçük İ, Angı E.A, (2001), "Mogan ve Eymir Gölleri Havzasının Hidrometerolojik Özellikleri", Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Ankara
- Kirby, M., (2004), "Changing Sedimentation Rates during the Last Three Centuries at Lake Elsinore", Riverside County, California
- Korkusuz, A.E., (2003), "Manual Of Practice On Constructed Wetlands For Wastewater Treatment And Reuse In Mediterranean Countries", The MED-REUNET II Project financed by the EC (Project No: INCO-CT-2003-502453) and lead by the AGBAR FOUNDATION, Spain has supported Dr. Elif Asuman Korkusuz for her research in Technical University of Crete (TUC), Chania, Greece.
- Kumar, B., (2007), "Sedimentation Rate In North Indian Lakes Estimated Using 37cs And 210pb Dating Techniques", Roorkee 247 667, India
- Menden-Deuer S. and J. Lessard E., (2000), Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms, and other protist plankton, *Limnol. Oceanogr.* 45(3): 59-769
- "Mogan Gölü Kurtarma Projesi Planlama Raporu" DSİ Genel Müdürlüğü, Etüd ve Plan Dairesi Başkanlığı, Ankara, 1994.

- Mullin, M., P. R. Sloan, ve R. W. Eppley., (1966)., “Relationship between carbon content, cell volume and area in phytoplankton”. *Limnol. Oceanogr.* 11: 307–311.
- Nürnberg, G, K., (1984), “The Prediction Of Internal Phosphorus Load İn Lakes With Anoxic Hypolimnia”, *Limnol. Oceanogr.*, 29(1) : 111-124.
- Harmancıoğlu N., (2005), “Natural environment and Anthropogenic impact on internal waters: integrated surveillance Methods for pollution asurement and risk assessment”, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu.
- Oktaş, S., Kahramanoğlu, N., İyigün E., Erbil, A., (1989), “Örnek Çalışma: Sapanca Gölü ve Havzası” DSI Gn. Md., Ankara
- Ölçüm ve Denetim Dairesi Başkanlığı, (2003), “Mogan-Eymir Gölleri ve Çevresi Su Kirliliği İnceleme Raporu”, Ankara
- Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı, (2000), “Gölbaşı Özel Çevre Koruma Bölgesi, Mogan Gölü Mevcut Durum Tespiti ve Öneriler”, Ankara.
- Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı, (1998), “Mogan Gölü Dip Çamurunun İncelenmesi Projesi”, Ankara.
- Paur, J.J., Auer, M.T., (2000), Nitrification in the Water Column and Sediment of a Hypereutrophic Lake and Adjoining River System, *Water Reaserch*, 34(4), 1247-1254.
- Planning and Management of Lakes and Reservoirs Models for Eutrophication Management, PAMOLARE Training Package Pilot Version 2.0, UNEP International Environmental Technology Centre (UNEP-DTIE-IETC), International Lake Environment Committee (ILEC).
- Rast, W., Lee, G.F., (1983), “Nutrient Loading Estimation For Lakes” *Journal Of Environmental Engiinerig* Vol. 109, No.2, pp. 502-517.
- Rose, B., Robertson, Dale., (2007), “Sediment Phosphorus Release Rate Data for Butternut Lake”, US Geological Survey Middleton, Wisconsin
- Sterner, R., W. Grover, J.P., (1998), “Algal Growth in Warm Temprature Reservoirs”:Kinetic Examination of Nitrogen, Temperature, Light, and Other Nutrients *Water Reaserch*, 32(12) 3539-3548.
- Sen, S., Brian, E., Haggard, Indrajeet, C., Kristofor, R., Brye, Thomas, A., Costello, Marty, D, M., (2006), “Sediment Phosphorus Release at Beaver Reservoir, Northwest Arkansas, USA, 2002–2003:A Preliminary Investigation”, *Water Air Soil Pollut*
- Smith V.H., Tilman G.D. Nekola J.C., (1999), “Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater,marine, and terrestrial ecosystems”, *Environmental Pollution* (100) 179-196
- Theabault, J, M., Qotbi, A., (1999), “A Model of phytoplankton Developoment in the Lot River (France)” *Simulations of Sceniros Water Reaserch*, 33(4), 1065-1079
- Thomann, R,V., (1982)., “Verification of Water Quality Models” *J. Of Environmental Engineering, Am. Soc. Civil Eng.*, Volume 108, No EE5, pp 923-941.
- Tunçsiper B. ve Akça L., (2006), “Pilot ölçekli bir yapay sulakalan sisteminin arıtma

performansının incelenmesi”, İtÜdergis/d mühendislik, Cilt:5, Sayı:3, Kısım:1, 13-22, Haziran 2006.

Uşka, S., (1993), “Mogan Gölü Limnolojik Etüt Raporu” DSİ Genel Müdürlüğü

Vlaardingen, Van P.L.A., and Verbruggen E.M.J., (2007), “Guidance For The Derivation Of Environmental Risk Limits Within The Framework Of ‘International And National Environmental Quality Standards For Substances In The Netherlands(Ins)’ National Institute For Public Health And The Environment.

Vollenweider, R. A., 1975. Input-output models with special reference to the phosphorus loading concept in limnology. *Schweitz Z. Hydrol.*, 37 pp. 53-84

Yerli, V, S., (2002), “Mogan Gölü Havzası Biyolojik Zenginlikleri ve Ekolojik Yönetim Planı” Çevre ve Orman Bakanlığı, Özel Çevre Koruma Kurumu

WHO Regional Office for Europe & European Commission, Eutrophication and Health, <http://europa2002.eu.int>,

2000/60/EC, Su Politikası Alanında Topluluk Faaliyeti için bir çalışma Çerçevesi Oluşturan 23 Ekim 2000 tarihli Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin 2000/60/EC Sayılı Direktifi.

2008/105/EC, 16 Aralık 2008 tarihli Su Politikaları Alanında Çevresel Kalite Standartı Direktifi.

<http://www.fao.org/docrep/field/003/R7740E/R7740E12.htm>

<http://nerrs.noaa.gov/Monitoring/Synthesis7.html>

EKLER

Ek 1 Göl yakın çevresindeki meteorolojik parametrelerin uzun dönem ortalamaları

Aylık Ortalama Toplam Yağışlar ve Yıllık Ortalama Toplam Yağış (mm)

İstasyon	Kot	Gözlem		Temmu											
		Süresi	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran z	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Top.	
İkizce ZAR	900	1931-1981	53,50	40,40	43,84	45,00	48,64	30,82	12,38	5,00	18,48	21,18	29,23	51,09	399,57
İkizce	925	1964-1994	49,65	33,69	37,59	46,49	48,41	32,34	11,28	8,53	10,29	26,01	34,70	47,04	384,02
Gölbaşı		1994-1995	27,50	13,40	91,70	125,00	33,00	2,10	0,80	1,60	5,10	38,10	11,40	20,90	370,60
Eymir		1994-1995	30,30	12,90	81,90	64,50	28,50							22,60	-
Gölbaşı		1999-2001	19,00	47,35	38,50	42,40	43,77	23,77	11,80		18,77	26,30	24,60	35,30	331,56
AÜ AE		1999-2001	13,97	88,60	38,27	38,43	32,03	27,67	18,47	19,47	9,03	10,97	22,07	30,80	349,78
Culuk		1999-2001	8,77	18,53	27,90	53,50	31,13	19,23	17,67	35,57	11,53	26,13	22,83	29,13	301,92
Tepeyurt		1999-2001	19,90	27,83	36,47	52,37	54,67	36,83	17,57	30,07	11,30	31,53	23,43	52,17	394,14

Aylık Ortalama Toplam Buharlaşma ve Yıllık Ortalama Toplam Buharlaşma (mm)

İstasyon	Kot	Gözlem Süresi	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Top.
Gölbaşı		1999-2001				73,4	119,0	154,1	256,0	246,3	126,6	66,2	24,1		1065,58

Culuk	1999-2001	99,3	142,3	206,9	332,4	271,6	173,3	117,5	61,0	1404,27
-------	-----------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	---------

Aylık ve Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C)

İstasyon	Kot	Gözlem		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık ort.
		Süresi														
Gölbaşı		1999-2001	1,1	2,0	7,1	11,0	14,1	18,7	23,8	22,1	16,9	11,3	6,0	1,7		11,32
Culuk		1999-2001	-1,7	-0,6	4,8	10,0	13,1	17,7	22,9	20,9	11,5	12,0	6,7	1,9		9,94

Aylık ve Yıllık Ortalama Nem (%)

İstasyon	Kot	Gözlem		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Ort.
		Süresi														
Gölbaşı		1999-2001	81,8	76,5	65,7	63,8	59,9	56,0	45,6	49,6	57,4	67,8	76,0	85,2		65,44
Culuk		1999-2001	83,7	79,3	64,7	61,1	57,3	35,3	40,8	47,0	45,8	57,5	65,5	81,4		59,95

Aylık ve Yıllık Ortalama Güneş Radyasyonu (w/m²)

İstasyon	Kot	Gözlem		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Top.
		Süresi														
Gölbaşı		1999-2001	67,0	103,1	164,3	216,0	250,3	222,7	296,8	252,1	216,9	149,4	93,8	49,9		173,53
Culuk		1999-2001	86,9	137,6	192,7	229,1	280,4	304,6	321,7	274,4	230,9	163,3	109,3	76,1		200,58

Ek 2 Mogan Gölüne giren akımlar

2000 SU YILI

İSTASYONLAR			Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
ÇÖLOVASI	Ort.Debi	(m³/sn)	0,080	0,096	0,086	0,077	0,192	0,281	0,411	0,167	0,091	0,017	0,059	0,016
YAVRUCAK	Top.Akım	(m³)	214.704	247.795	230.342	206.928	464.054	753.408	1.065.571	446.947	237.082	44.237	159.322	40.522
YAVRUCAK DERE	Ort.Debi	(m³/sn)	0,031	0,054	0,086	0,090	0,200	0,298	0,351	0,180	0,097	0,009	0,000	0,006
YAVRUCAK	Top.Akım	(m³)	82.944	138.672	230.170	240.192	484.963	797.213	910.742	481.248	252.115	25.056	0	15.120
SU KESEN DERE	Ort.Debi	(m³/sn)	0,013	0,020	0,021	0,025	0,057	0,097	0,118	0,055	0,022	0,001	0,000	0,002
GÖLBAŞI	Top.Akım	(m³)	33.955	51.581	57.542	66.182	137.290	259.286	307.066	147.485	56.678	3.715	0	5.184
BASPINAR DERE	Ort.Debi	(m³/sn)	0,044	0,045	0,074	0,072	0,081	0,082	0,103	0,029	0,019	0,002	0,026	0,014
OGULBEY	Top.Akım	(m³)	117.850	116.640	198.202	192.845	209.952	219.629	266.976	77.674	49.248	5.357	69.638	36.288
GÖLCÜK DERE	Ort.Debi	(m³/sn)	0,040	0,049	0,052	0,029	0,027	0,026	0,044	0,011	0,013	0,007	0,001	0,004
MENFEZ1	Top.Akım	(m³)	107.985	127.689	138.788	78.323	66.508	68.356	114.218	28.406	33.590	19.779	3.794	9.465
GÖLCÜK DERE	Ort.Debi	(m³/sn)	0,0000	0,0025	0,0082	0,0015	0,0010	0,0012	0,0018	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
MENFEZ2	Top.Akım	(m³)	0	6.449	21.910	4.132	2.419	3.110	4.752	691	0	0	0	0
TATLIM D-ERE	Ort.Debi	(m³/sn)	0,004	0,011	0,014	0,009	0,015	0,014	0,005	0,001	0,003	0,002	0,001	0,000
HACILAR	Top.Akım	(m³)	9.386	28.955	36.451	24.408	35.770	37.498	13.444	3.473	7.690	5.098	2.419	0
KALDIRIM DERE	Ort.Debi	(m³/sn)	0,003	0,007	0,003	0,006	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0005
HACILAR	Top.Akım	(m³)	7.014	19.195	8.475	16.857	1.843	0	0	0	0	0	0	1.296
KUMLUK DERE	Ort.Debi	(m³/sn)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0004	0,002
HACIHASAN	Top.Akım	(m³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.182	4.579
ÇOLAKPINAR DERE	Ort.Debi	(m³/sn)	0,005	0,016	0,032	0,010	0,015	0,020	0,008	0,010	0,003	0,002	0,001	0,000
BESIHANE	Top.Akım	(m³)	13.001	40.263	86.021	26.092	35.327	52.343	20.575	27.953	8.912	5.184	2.506	0
YAĞLIPINAR DERE	Ort.Debi	(m³/sn)	0,0002	0,003	0,008	0,004	0,010	0,007	0,004	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001
YAĞLIPINAR	Top.Akım	(m³)	518	8.455	21.079	11.650	23.498	18.617	11.284	3.905	0	0	0	1.296

KUMLU DERE	Ort.Debi	(m³/sn)	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
NUROL MAKİNA	Top.Akım	(m³)	2.678	2.765	5.011	2.678	4.838	5.357	3.629	2.678	2.592	2.678	2.592	0
KUTRİT DERE	Ort.Debi	(m³/sn)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,0002	0,000	0,000	0,000	0,000
KARAYOLU	Top.Akım	(m³)	0	0	0	0	0	1.987	5.892	467	0	0	0	0
BAĞ DERE	Ort.Debi	(m³/sn)	0,000	0,0002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
KARAYOLU	Top.Akım	(m³)	0	432	2.246	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KEPİR DERE	Ort.Debi	(m³/sn)	0,004	0,006	0,011	0,005	0,011	0,009	0,001	0,004	0,010	0,004	0,001	0,000
VİLAYET EVİ	Top.Akım	(m³)	10.368	16.231	29.216	14.403	26.093	24.192	3.128	10.504	26.705	10.469	3.024	0
TOPLAMDA	Ort.Debi	(m³/sn)	0,224	0,311	0,398	0,330	0,611	0,837	1,052	0,460	0,260	0,045	0,091	0,044
TOPLAMDA	Ort.Debi	(m³/gün)	19354	26870	34387	28512	52790	72316	90893	39744	22464	3888	7862	3802
GİREN AKIM	Top.Akım	(m³)	600.403	805.122	1.065.454	884.690	1.478.558	2.240.996	2.727.276	1.231.432	674.610	121.574	244.477	113.749

2001 SU YILI

İSTASYONLAR			Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
ÇÖLOVASI	Ort.Debi	(m³/sn)	0,042	0,049	0,091	0,083	0,392	0,930	0,891	1,051	0,512	0,004	0,005	0,053
YAVRUCAK	Top.Akım	(m³)	112.493	126.317	243.302	223.344	982.022	2.490.566	2.308.435	2.815.430	1.327.104	11.232	14.256	136.339
YAVRUCAK DERE	Ort.Debi	(m³/sn)	0,006	0,035	0,042	0,049	0,049	0,307	0,592	0,365	0,175	0,026	0,005	0,008
YAVRUCAK	Top.Akım	(m³)	15.725	89.597	112.234	132.192	122.774	820.973	1.533.859	976.579	454.378	69.466	14.515	21.168
SU KESEN DERE	Ort.Debi	(m³/sn)	0,003	0,011	0,014	0,015	0,015	0,080	0,153	0,093	0,032	0,001	0,001	0,001
GÖLBAŞI	Top.Akım	(m³)	6.739	27.734	38.189	39.830	37.584	214.963	397.008	248.573	82.253	2.851	2.678	2.592
BASPINAR DERE	Ort.Debi	(m³/sn)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,06	0,02	0,00	0,00	0,01
OGULBEY	Top.Akım	(m³)	64.282	41.472	50.890	56.246	50.112	66.960	137.376	171.418	46.656	5.357	5.357	18.144
GÖLCÜK DERE	Ort.Debi	(m³/sn)	0,004	0,006	0,005	0,005	0,005	0,006	0,007	0,011	0,012	0,004	0,007	0,018

MENFEZ1	Top.Akım (m³)	10.588	15.379	13.392	13.392	13.046	16.934	19.008	28.443	30.104	10.402	18.929	45.763
GÖLCÜK DERE	Ort.Debi (m³/sn)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MENFEZ2	Top.Akım (m³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TATLIM D-ERE	Ort.Debi (m³/sn)	0,000	0,0001	0,001	0,0003	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001
HACILAR	Top.Akım (m³)	0	173	4.006	910	1.736	5.357	5.184	6.221	6.073	2.678	1.728	1.490
KALDIRIM DERE	Ort.Debi (m³/sn)	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,00003	0,000	0,000	0,000	0,00035	0,001
HACILAR	Top.Akım (m³)	3.655	1.182	4.572	3.024	1.822	3.429	86	0	0	0	950	2.592
KUMLUK DERE	Ort.Debi (m³/sn)	0,000	0,001	0,002	0,001	0,0003	0,002	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
HACIHASAN	Top.Akım (m³)	0	1.772	6.603	2.402	864	6.533	8.378	0	0	0	0	0
ÇOLAKPINAR DERE	Ort.Debi (m³/sn)	0,001	0,002	0,002	0,0004	0,002	0,002	0,003	0,004	0,003	0,002	0,002	0,002
BESIHANE	Top.Akım (m³)	1.702	5.294	4.784	1.170	4.666	5.357	7.551	11.388	7.171	5.357	5.357	5.184
YAĞLIPINAR DERE	Ort.Debi (m³/sn)	0,0003	0,001	0,001	0,001	0,0004	0,001	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000	0,0003
YAĞLIPINAR	Top.Akım (m³)	851	2.592	2.392	1.492	907	2.678	3.417	4.355	1.740	0	0	705
KUMLU DERE	Ort.Debi (m³/sn)	0,0003	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,002	0,002	0,001	0,000	0,0004	0,001
NUROL MAKİNA	Top.Akım (m³)	851	2.592	2.392	1.492	0	1.927	5.344	5.357	3.481	0	940	3.178
KUTRT DERE	Ort.Debi (m³/sn)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000
KARAYOLU	Top.Akım (m³)	0	0	0	0	0	0	1.578	4.355	1.740	0	0	0
BAĞ DERE	Ort.Debi (m³/sn)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000
KARAYOLU	Top.Akım (m³)	0	0	0	0	0	0	1.578	4.355	1.740	0	0	0
KEPİR DERE	Ort.Debi (m³/sn)	0,000	0,001	0,002	0,001	0,000	0,001	0,003	0,004	0,002	0,001	0,002	0,001
VİLAYET EVİ	Top.Akım (m³)	0	1.772	6.603	2.402	0	1.927	7.710	11.388	5.126	3.249	5.216	1.745
TOPLAMDA	Ort.Debi (m³/sn)	0,081	0,122	0,183	0,178	0,485	1,358	1,712	1,601	0,759	0,041	0,026	0,092
TOPLAMDA	Ort.Debi (m³/gün)	6998	10541	15811	15379	41904	117331	147917	138326	65578	3542	2246	7949
GİREN AKIM	Top.Akım (m³)	216.885	315.876	489.358	477.897	1.215.533	3.637.606	4.436.511	4.287.859	1.967.567	110.592	69.926	238.901

2002 SU YILI

İSTASYONLAR		Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
ÇÖLOVASI	Ort.Debi (m³/sn)	0,067	0,111	0,223	0,213	0,125	0,079	0,061	0,113	0,000	0,000	0,000	0,000
YAVRUCAK	Top.Akım (m³)	179.885	287.021	597.629	571.363	301.968	212.371	157.680	301.795	0	0	0	0
YAVRUCAK DERE	Ort.Debi (m³/sn)	0,028	0,040	0,052	0,055	0,051	0,080	0,028	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000
YAVRUCAK	Top.Akım (m³)	74.995	103.680	138.240	146.102	122.947	215.222	72.835	40.090	0	0	0	0
SU KESEN DERE	Ort.Debi (m³/sn)	0,007	0,021	0,036	0,037	0,030	0,033	0,016	0,075	0,003	0,001	0,000	0,000
GÖLBAŞI	Top.Akım (m³)	18.058	54.605	95.126	99.274	72.835	87.437	42.422	199.670	7.517	2.592	0	0
BASPINAR DERE	Ort.Debi (m³/sn)	0,01	0,03	0,03	0,04	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OGULBEY	Top.Akım (m³)	32.141	69.984	85.709	96.422	48.384	8.035	54.432	5.357	5.184	5.357	5.357	5.184
GÖLCÜK DERE	Ort.Debi (m³/sn)	0,022	0,021	0,032	0,020	0,013	0,010	0,007	0,013	0,002	0,000	0,000	0,000
MENFEZ1	Top.Akım (m³)	59.307	55.719	85.740	54.460	31.559	26.859	19.306	34.571	5.184	0	0	0
GÖLCÜK DERE	Ort.Debi (m³/sn)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MENFEZ2	Top.Akım (m³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TATLIM DERE	Ort.Debi (m³/sn)	0,002	0,002	0,007	0,023	0,003	0,001	0,004	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000
HACILAR	Top.Akım (m³)	5.357	5.184	18.749	61.603	7.258	2.678	10.368	4.018	2.592	0	0	0
KALDIRIM DERE	Ort.Debi (m³/sn)	0,001	0,001	0,011	0,002	0,004	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
HACILAR	Top.Akım (m³)	2.678	2.592	29.462	5.357	9.677	0	5.184	0	0	0	0	0
KUMLUK DERE	Ort.Debi (m³/sn)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
HACIHASAN	Top.Akım (m³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ÇOLAKPINAR DERE	Ort.Debi (m³/sn)	0,002	0,002	0,009	0,006	0,002	0,002	0,005	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000
BESIHANE	Top.Akım (m³)	5.357	5.184	24.106	16.070	346	5.357	12.960	5.357	2.592	0	0	0

YAĞLIPINAR DERE	Ort.Debi	(m³/sn)	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
YAĞLIPINAR	Top.Akım	(m³)	2.678	0	0	0	0	2.678	0	2.678	0	0	0	0
KUMLU DERE	Ort.Debi	(m³/sn)	0,002	0,002	0,002	0,003	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,002	0,001	0,001
NUROL MAKİNA	Top.Akım	(m³)	5.357	5.184	5.357	8.035	0	2.678	2.592	0	1.296	5.357	2.678	1.296
KUTRT DERE	Ort.Debi	(m³/sn)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
KARAYOLU	Top.Akım	(m³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BAĞ DERE	Ort.Debi	(m³/sn)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
KARAYOLU	Top.Akım	(m³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KEPİR DERE	Ort.Debi	(m³/sn)	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
VİLAYET EVİ	Top.Akım	(m³)	5.803	5.184	5.357	5.357	4.838	2.678	5.184	5.357	2.592	1.339	2.009	2.592
TOPLAMDA	Ort.Debi	(m³/sn)	0,146	0,229	0,405	0,397	0,250	0,211	0,148	0,224	0,010	0,005	0,004	0,004
TOPLAMDA	Ort.Debi	(m³/gün)	12614	19786	34992	34301	21600	18230	12787	19354	864	432	346	346
GİREN AKIM	Top.Akım	(m³)	391.616	594.336	1.085.475	1.064.044	604.305	565.995	382.964	598.893	26.957	14.645	10.044	9.072

Ek 3 Eymir Gölüne Giren Akımlar

2000 SU YILI

İSTASYONLAR		Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
MOGAN REG.	Ort.Debi (m³/sn)	0,061	0,137	0,198	0,265	0,699	0,544	0,885	0,413	0,041	0,022	0,001	0,002
MOGAN REG.	Ort.Debi (m³/gün)	5270	11837	17107	22896	60394	47002	76464	35683	3542	1901	86	173
ÇIKTISI	Top.Akım (m³)	163.654	356.321	530.265	708.572	1.690.457	1.456.324	2.294.631	1.105.425	105.621	59.836	3.842	4.218
KIŞLAK DERE	Ort.Debi (m³/sn)	0,000	0,000	0,000	0,004	0,037	0,130	0,106	0,015	0,001	0,000	0,000	0,000
EYMİR	Top.Akım (m³)	0	0	0	11.397	89.231	348.803	274.311	40.073	2.867	0	0	0
TOPLAMDA	Ort.Debi (m³/sn)	0,061	0,137	0,198	0,269	0,736	0,674	0,991	0,428	0,042	0,022	0,001	0,002
GİREN AKIM	Top.Akım (m³)	163.654	356.321	530.265	719.969	1.779.688	1.805.127	2.568.942	1.145.498	108.488	59.836	3.842	4.218

2001 SU YILI

İSTASYONLAR		Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
MOGAN REG.	Ort.Debi (m³/sn)	0.053	0.045	0.045	0.158	0.416	0.399	1.714	1.580	0.797	0.066	0.077	0.011
MOGAN REG.	Ort.Debi (m³/gün)	4579	3888	3888	13651	35942	34474	148090	136512	68861	5702	6653	950
ÇIKTISI	Top.Akım (m³)	141.610	116.640	120.528	423.706	1.042.416	1.067.904	4.442.774	6.817.824	2.066.602	176.515	207.101	28.166

KIŞLAK DERE	Ort.Debi (m³/sn)	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,020	0,020	0,005	0,000	0,000	0,000
EYMİR	Top.Akım (m³)	0	0	2.678	2.678	2.506	2.678	51.840	53.568	12.960	0	0	0
TOPLAMDA	Ort.Debi (m³/sn)	0,053	0,045	0,046	0,159	0,417	0,400	1,734	2,565	0,802	0,066	0,077	0,011
GİREN AKIM	Top.Akım (m³)	141.610	116.640	123.206	426.384	1.044.922	1.070.582	4.494.614	6.871.392	2.079.562	176.515	207.101	28.166

2002 SU YILI

İSTASYONLAR		Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
MOGAN REG.	Ort.Debi (m³/sn)	0.009	0.014	0.083	0.120	0.001	0.001	0.003	0.005	0.004	0.0002	0.000	0.000
MOGAN REG.	Ort.Debi (m³/gün)	778	1210	7171	10368	86	86	259	432	346	17	0	0
ÇIKTISI	Top.Akım (m³)	23.501	36.374	222.394	322.618	2.419	3.888	8.467	13.824	10.800	518	0	0
KIŞLAK DERE	Ort.Debi (m³/sn)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
EYMİR	Top.Akım (m³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOPLAMDA	Ort.Debi (m³/sn)	0,009	0,014	0,083	0,120	0,001	0,001	0,003	0,005	0,004	0,000	0,000	0,000
GİREN AKIM	Top.Akım (m³)	23.501	36.374	222.394	322.618	2.419	3.888	8.467	13.824	10.800	518	0	0

Ek 4 Sabit ve Katsayı Değerleri

Parametreler	Sembol	Şartlar	Değer	Birim	Aralık	JØRGENSEN	TSUN O
Parametrenin Oranı							
P: Chl.a, Diatom	M1P		1.3	mgP/mgC hl.a	1.3		1.3
P: Chl.a, Blue-green Algae	M2P		1.3	mgP/mgC hl.a	1.3		1.3
P: Chl.a, Other Phytoplankton	M3P		1.3	mgP/mgC hl.a	1.3		1.3
P: Dry Weigh, Zooplankton	ZP		0.013	mgP/mgD W	0.01		0.013
P: COD, Dissolved Organics	CP		0.013	mgP/mgC OD	0.01		0.013
P: Dry Weigh, Sediment	DP		0.01	mgP/mgD W			0.01
N: Chl.a, Diatom	M1N		10	mgN/mgC hl.a	10		10
N: Chl.a, Blue-green Algae	M2N		10	mgN/mgC hl.a	10		10
N: Chl.a, Other Phytoplankton	M3N		10	mgN/mgC hl.a	10		10
N: Dry Weight, Zooplankton	ZN		0.1	mgN/mg DW	0.077		0.1
N: COD, Dissolved Organics	CN		0.1	mgN/mgC OD	0.077		0.1
N: Dry Weigh, Sediment	DN		0.1	mgN/mg DW			0.1
N: Dry Weigh, Sediment	DC		1	mgCOD/ mgDW			1
DO: Diatom	M1DO		100	mgO ₂ /mg Chl.a	100		100
DO: Blue-green Algae	M2DO		100	mgO ₂ /mg Chl.a	100		100
DO: Other Phytoplankton	M3DO		100	mgO ₂ /mg Chl.a	100		100
DO: Dissolved Organics	CDO		1	mgO ₂ /mg COD	1		1
Zooplankton: Diatom	M1Z		100	mgDW/m gChl.a	77		100
Zooplankton: Blue-green Algae	M2Z		100	mgDW/m gChl.a	77		100
Zooplankton: Other Phytoplankton	M3Z		100	mgDW/m gChl.a	77		100
DO: Zooplankton	ZDO		1	mgO ₂ /mg DW	1		1
Detritus: Diatom	M1D		100	mgDW/m gChl.a	77		100
Detritus: Blue-green algae	M2D		100	mgDW/m gChl.a	77		100
Detritus: Other phytoplankton	M3D		100	mgDW/m gChl.a	77		100
Ürün Katsayısı							
Respiration of Diatom	Y _{M1D}		0.6	-	0.6		0.6

	Respiration of Blue-green algae	Y_{M2D}	0.6	-	0.6	0.6
	Respiration of Other phytoplankton	Y_{M3D}	0.6	-	0.6	0.6
	Respiration of Zooplankton	Y_{ZD}	0.65	-	0.65	0.65
	Predation of Diatom	Y_{M1Z}	0.6	-	0.6	0.6
	Predation of Blue-green algae	Y_{M2Z}	0.6	-	0.6	0.6
	Predation of Other phytoplankton	Y_{M3Z}	0.6	-	0.6	0.6
	Extinction of Sunlight					
	Extinction Coefficient, Water		16	$(1/m) \cdot (m^3 / gChl.a)$	16	16
	Extinction Coefficient, Algal		0.13	1/m	0.12-0.14	0.13
	Extinction Coefficient, Diatom					
Diatom	Optimum Solar Radiation	I_{optM1}	11.5	$MJ/(m^2 \cdot d)$	10-15	11.5
	Optimum Temperature	$optM1$	17		12-20	17
	Maximum Growth Rate	$M1$	3	1/d	1-5	3
	Half Saturation Constant, P	K_{pM1}	0.002	mgP/L	0.001-0.005	0.002
	Half Saturation Constant, N	K_{nM1}	0.025	mgN/L	0.01-0.05	0.025
	Mortality Rate	k_{dM1}	0.11	1/d	0.05-0.4	0.11
	Temperature Constant	$M1$	1.02	-	1.01-1.05	1.02
	Optimum Solar Radiation	I_{optM2}	13.9	$MJ/(m^2 \cdot d)$		13.9
	Optimum Temperature	$optM2$	25	$^{\circ}C$		25
	Maximum Growth Rate	$M2$	3	1/d		3
Blue-green Algae	Half Saturation Constant, P	K_{pM2}	0.002	mgP/L		0.002
	Half Saturation Constant, N	K_{nM2}	0.025	mgN/L		0.025
	Mortality Rate	k_{dM2}	0.11	1/d		0.11
	Temperature Constant	$M2$	1.02	-		1.02
	Optimum Solar Radiation	I_{optM3}	13.9	$MJ/(m^2 \cdot d)$	12-18	13.9
	Optimum Temperature	$optM3$	25	$^{\circ}C$	16-28	25
	Maximum Growth Rate	$M3$	3	1/d	1-5	3
	Half Saturation Constant, P	K_{pM3}	0.002	mgP/L	0.005-0.1	0.01
	Half Saturation Constant, N	K_{nM3}	0.025	mgN/L	0.05-0.4	0.15
	Mortality Rate	k_{dM3}	0.11	1/d	0.05-0.25	0.11
Other Phytoplankton	Temperature Constant	$M3$	1.02	-	1.01-1.05	1.02
	Optimum Solar Radiation	I_{optM3}	13.9	$MJ/(m^2 \cdot d)$	12-18	13.9
	Optimum Temperature	$optM3$	25	$^{\circ}C$	16-28	25
	Maximum Growth Rate	$M3$	3	1/d	1-5	3
	Half Saturation Constant, P	K_{pM3}	0.002	mgP/L	0.005-0.1	0.01
	Half Saturation Constant, N	K_{nM3}	0.025	mgN/L	0.05-0.4	0.15
	Mortality Rate	k_{dM3}	0.11	1/d	0.05-0.25	0.11
	Temperature Constant	$M3$	1.02	-	1.01-1.05	1.02
	Maximum Growth Rate	F_{mZ}	0.1	$L/(d \cdot mgD W)$	0.1-1.0	0.1
	Half Saturation Constant	K_{mZ}	0.06	mgChl.a/L	0.01-0.1	0.06
Zooplankton	Mortality Rate	k_{dZ}	0.05	1/d	0.01-0.25	0.05
	Temperature Constant	z	1.02	-	1.01-1.05	1.02
	Maximum Growth Rate	F_{mZ}	0.1	$L/(d \cdot mgD W)$	0.1-1.0	0.1
	Half Saturation Constant	K_{mZ}	0.06	mgChl.a/L	0.01-0.1	0.06
	Mortality Rate	k_{dZ}	0.05	1/d	0.01-0.25	0.05
	Temperature Constant	z	1.02	-	1.01-1.05	1.02
	Maximum Growth Rate	F_{mZ}	0.1	$L/(d \cdot mgD W)$	0.1-1.0	0.1
	Half Saturation Constant	K_{mZ}	0.06	mgChl.a/L	0.01-0.1	0.06
	Mortality Rate	k_{dZ}	0.05	1/d	0.01-0.25	0.05
	Temperature Constant	z	1.02	-	1.01-1.05	1.02
Detritus	Sedimentation Velocity	v_{sD}	0.2	m/d	0.02-0.5	0.2
	Decomposition Rate	k_{dD}	0.04	1/d	0.01-0.5	0.04
	Temperature Constant, D		1.02	-	1.01-1.05	1.02
	Decomposition					
	Sedimentation Velocity	v_{sD}	0.2	m/d	0.02-0.5	0.2
	Decomposition Rate	k_{dD}	0.04	1/d	0.01-0.5	0.04
	Temperature Constant, D		1.02	-	1.01-1.05	1.02
	Decomposition					
	Sedimentation Velocity	v_{sD}	0.2	m/d	0.02-0.5	0.2
	Decomposition Rate	k_{dD}	0.04	1/d	0.01-0.5	0.04
Dissolved Organic	Decomposition Rate	k_{dC}	0.04	1/d	0.01-0.5	0.04
	Temperature Constant, C		1.02	-	1.01-1.05	1.02
	Decomposition					
	Decomposition Rate	k_{dC}	0.04	1/d	0.01-0.5	0.04
	Temperature Constant, C		1.02	-	1.01-1.05	1.02
	Decomposition					
	Decomposition Rate	k_{dC}	0.04	1/d	0.01-0.5	0.04
	Temperature Constant, C		1.02	-	1.01-1.05	1.02
	Decomposition					
	Decomposition Rate	k_{dC}	0.04	1/d	0.01-0.5	0.04
	Temperature Constant, C		1.02	-	1.01-1.05	1.02

Floatation of Sediment						
Release Rate	k_{srD}	DO $\leq$ 0.20	mgDW/($m^2 \cdot d$)			20
		DO $>$ 0.20	mgDW/($m^2 \cdot d$)			20
Oxygen Consumption Rate by Sediment						
Oxygen Consumption Constant	k_{DO}	DO $<$ 0.900	mgO ₂ /($m^2 \cdot d$)			900
		DO=0.0	mgO ₂ /($m^2 \cdot d$)	0		0
Half Saturation Constant, DO	K_{DO}	0.3	mgO ₂ /L			0.3
Temperature Constant, DO Decomposition		1.02	-			1.02
Selection of Release Rate from Sediment 1: Method (a), 2: Method (b)						
Release Rate from Sediment(a)						
Release Rate, Phosphorus	k_{srAP}	DO $\leq$ 0.6	mgP/($m^2 \cdot d$)			6
		DO $>$ 0.6	mgP/($m^2 \cdot d$)			0.6
Release Rate, Nitrogen	k_{srAN}	DO $\leq$ 0.34	mgN/($m^2 \cdot d$)			34
		DO $>$ 0.34	mgN/($m^2 \cdot d$)			3.4
Release Rate, Dissolved Organics	k_{srAC}	DO $\leq$ 0.200	mgCOD/($m^2 \cdot d$)			200
		DO $>$ 0.200	mgCOD/($m^2 \cdot d$)			200
Release Rate from Sediment(b)						
Fraction Ratio, Phosphorus	f_{sedP}	0.6	-			0.6
Release Rate, Phosphorus	k_{srP}	DO $\leq$ 0.05	1/d	0.01-0.5	0.1	0.05
		DO $>$ 0.005	1/d		0.01	0.005
Fraction Ratio, Nitrogen	f_{sedN}	0.7	-			0.7
Release Rate, Nitrogen	k_{srN}	DO $\leq$ 0.05	1/d	0.01-0.5	0.1	0.05
		DO $>$ 0.005	1/d		0.01	0.005
Fraction Ratio, Dissolved Organics	f_{sedC}	0.5	-			0.5
Release Rate, Dissolved Organics	k_{srC}	DO $\leq$ 0.05	1/d	0.01-0.5	0.1	0.05
		DO $>$ 0.005	1/d		0.01	0.005

Ek 5 Model Çalışmasında Kullanılan Mogan Gölünde Ölçülmüş Fiziksel ve Kimyasal Veriler
Aralık 2001

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechi i D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ -P	Toplam P	Klorofil-a
		°C	µS/cm	mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	Mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	7.0	6.4	1779	1067	9.20	83.00	1.30	1.00	8.00	196	49	33	24.4	12.9	0.02	0.17	0.1	0.95	20.2	-	0.01	20.2
MG2	7.0	5.8	1772	1063	9.60	86.00	0.70	1.00	8.80	284	42	28	20.7	10.9	0.02	0.13	0.1	0.95	21.5	< 0,01	0.76	19.4
MG3	7.0	6	1767	1060	9.70	88.00	1.30	0.75	8.80	217	18	12	8.9	4.7	0.02	0.12	0.3	1.49	21.5	0.40	0.09	18.9
MG4	7.0	6.5	1881	1129	9.70	88.00	1.40	0.75	10.40	230	57	38	28.1	14.8	0.02	0.23	0.2	1.26	24.0	0.04	0.08	22
MG5	7.0	5.9	1833	1100	10.30	94.00	1.40	1.00	10.40	235	62	41	30.3	16.0	0.01	0.12	0.5	1.83	20.2	0.04	0.18	24.6

Mart 2002

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ -P	Toplam P	Klorofil-a
		°C	µS/cm	mg/L	Mg/L	%	%O	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	Mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	9.14	13	2340	1404	10.70	113.00	1.00	1.15	6.06	377	39.8	31	22.9	12.1	0.03	0.05	0.4	1.67	21.24	0.03	0.0376	3.3
MG2	9.15	13.2	2350	1410	11.00	118.00	1.00	1.25	5.70	408	40.5	32	23.7	12.5	0.03	0.04	0.5	1.83	16.56	0.03	0.0556	3.3
MG3	9.17	12.9	2410	1446	10.90	115.00	1.10	1.07	6.18	419	38.2	30	22.2	11.7	0.04	0.04	0.3	1.42	16.80	0.03	0.0494	1.1
MG4	9.17	13.5	2400	1440	11.10	121.00	1.10	1.40	5.28	415	45.8	36	26.6	14.0	0.03	0.07	0.2	1.26	11.16	0.05	0.0758	7.7
MG5	9.16	14.2	2400	1440	10.90	119.00	1.10	1.05	5.46	401	40.6	32	23.7	12.5	0.02	0.10	0		14.16	0.02	0.0620	3.3

Nisan 2002

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ -P	Toplam P	Klorofil-a
		°C	µS/cm	mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	Mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	8.82	10.2	2290	1374	5.70	57.00	1.00	0.75	20.00	234	42.4	30	22.2	11.7	0.02	0.19	0.1	0.95	18.05	0.05	0.1834	9.9
MG2	8.77	10	2295	1377	6.40	64.00	1.00	0.75	6.00	208	42.5	30	22.2	11.7	0.02	0.28	0.1	0.95	18.10	0.01	0.1007	5.5
MG3	8.89	10.8	2340	1404	6.90	70.00	1.00	0.75	9.5	149	42.6	30	22.2	11.7	0.02	0.32	0.1	0.95	15.05	0.01	0.0838	16.5
MG4																						
MG5	8.90	10.4	2320	1392	7.10	70.00	0.90	0.75	3.00	110	43.4	34	25.2	13.2	0.02	0.16	0.8	2.22	11.20	0.03	0.0987	8.8

Mayıs 2002

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ -P	Toplam P	Klorofil-a
		°C	µS/cm	mg/L	mg/L	%	%O	M	Mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	8.66	15.1	2210	1324	7.28	86.50	1.00	0.80	55	674	55.9	37	27.4	14.4	0.02	0.06	0.5	2.00	21.40	0.04	0.1241	29.7
MG2	8.72	15.2	2230	1338	7.95	94.60	1.00	0.80	18	748	55.4	37	27.4	14.4	0.02	0.12	0.8	2.30	9.10	0.05	0.0803	38.5
MG3	8.70	15.4	2240	1340	7.75	90.30	1.00	0.90	21	728	53.4	36	26.6	14.0	0.02	0.03	0.7	2.00	9.30	0.04	0.1856	34.1
MG4																						
MG5	8.62	15.4	2140	1285	7.43	88.90	0.90	1.00	9	710	55.4	37	27.4	14.4	0.02	0.06	0.5	1.70	20.20	0.04	0.0991	25.3

Haziran 2002

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ -P	Toplam P	Klorofil-a
		°C	µS/cm	mg/L	mg/L	%	%O	M	mg/L	Mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	8.69	22.7	2230	1341	7.70	97.00	1.00	1.00	13	159	53.2	35	25.9	13.6	0.02	0.06	0.8	2.60	55.80	0.18	0.1180	27.5
MG2	8.73	22.4	2230	1339	9.30	121.00	1.00	0.80	13	136	55.9	37	27.4	14.4	0.03	0.06	0.7	2.40	71.70	0.12	0.1724	27.5
MG3	8.73	22.2	2210	1326	9.60	126.00	1.00	0.70	20	131	55.7	37	27.4	14.4	0.02	0.07	0.6	2.40	79.10	0.06	0.0873	37.4
MG4																						
MG5	8.69	22.1	2210	1325	9.20	119.00	1.00	0.70	18	126	55.4	37	27.4	14.4	0.02	0.14	0.6	2.60	93.30	0.12	0.1355	39.6

Temmuz 2002

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ -P	Toplam P	Klorofil-a
		°C	µS/cm	mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	8.61	23.9	2280	1369	4.00	53.00	1.00	1.20	5.72	259	54.8	37	27.4	14.4	0.02	0.05	1	5.50	36.80	0.06	0.0841	12.1
MG2	8.59	25.5	2300	1371	4.20	57.00	1.00	1.40	8.86	248	55.4	37	27.4	14.4	0.01	0.07	0.9	5.50	33.20	0.04	0.0621	11
MG3	8.63	26.3	2300	1382	4.70	67.00	1.00	0.90	8.88	236	55.8	37	27.4	14.4	0.01	0.05	1.5	5.10	40.30	0.04	0.0811	13.2
MG4																						
MG5	8.64	26.6	2300	1383	5.10	73.00	1.00	0.95	0.67	295	55.7	37	27.4	14.4	0.01	0.04	1.4	5.70	53.00	0.03	0.0721	16.5

Ağustos 2002

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ -P	Toplam P	Klorofil-a
		°C	µS/cm	mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	8.69	24.9	2440	1463	6.90	91.00	1.10	0.80	5.28	246	55.4	37	27.4	14.4	0.01	0.08	1.1	1.10	16.90	0.01	0.1036	17.6
MG2	8.74	24.8	2440	1465	8.00	108.00	1.10	0.90	4.43	252	55.8	37	27.4	14.4	0.01	0.05	1.5	1.50	23.20	0.02	0.0363	23.1
MG3	8.69	24.5	2450	1467	6.30	84.00	1.10	0.80	5.66	243	55.7	37	27.4	14.4	0.01	0.15	1.1	1.10	17.60	0.05	0.1482	19.8
MG4																						
MG5	8.73	24.4	2450	1468	6.90	93.00	1.10	0.80	2.34	285	52	35	25.9	13.6	0.02	0.05	1.6	1.60	19.10	0.03	0.0800	28.6

Eylül 2002

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ -P	Toplam P	Klorofil-a
		°C	µS/cm	mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	8.44	21.6	2510	1504	3.50	45.00	1.20	1.15	34	310	55.9	38	28.1	14.8	0.01	0.02	0.6	3.20	16.90	0.07		35.2
MG2	8.57	21.6	2510	1507	6.50	83.00	1.20	1.00	16	360	55.8	37	27.4	14.4	0.01	0.15	2.4	2.90	23.20	0.03		22
MG3	8.56	21	2520	1510	7.20	92.00	1.20	1.00	16	336	55.7	37	27.4	14.4	0.02	0.05	0.6	3.30	17.60	0.03		22
MG4																						
MG5	8.5	21	2520	1509	8.10	102.00	1.20	1.10	12	241	55.6	37	27.4	14.4	0.01	0.06	0.8	2.50	19.10	0.04		26.4

Ekim 2002

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ -P	Toplam P	Klorofil-a
		°C	µS/cm	mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	8.68	17.1	2570	1540	5.80	66.00	1.20	1.00	8	221	55.5	37	27.4	14.4	0.01	0.14	0.01	2.30	53.90	0.07	0.4730	89.1
MG2	8.76	16.9	2569	1541	8.10	94.00	1.20	1.25	13	193	50.1	33	24.4	12.9	0.00	0.10	0.01	1.50	29.70	0.09	0.423	23.1
MG3	8.76	16.7	2570	1542	8.10	93.00	1.20	1.30	7	220	55.4	37	27.4	14.4	0.01	0.36	0.01	1.80	30.50	0.08	0.1260	23.1
MG4																						
MG5	8.73	16.2	2590	1554		99.00	1.20	1.30	13	250	55.4	37	27.4	14.4	0.01	0.14	0.01	2.60	31.50	0.05	0.2243	18.7

Kasım 2002

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ -P	Toplam P	Klorofil-a
		°C	µS/cm	mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	Mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	8.72	10.4	2580	1599	11.00	110.00	1.20		1	230	57.1	38	28.1	14.8	0.01	0.05	0.7	1.80	2.90	0.02	0.1575	26.4
MG2	8.82	10	2590	1608	11.10	111.00	1.20		10	237	57	38	28.1	14.8	0.01	0.02	0.6	3.20	2.60	0.07	0.3188	57.2
MG3	8.78	9.6	2600	1612	10.80	105.00	1.20		4	230	57.2	38	28.1	14.8	0.01	0.02	0.2	1.60	1.73	0.09	0.1070	19.8
MG4																						
MG5	8.81	9.4	2610	1616	10.80	105.00	1.20		5	216	55.8	37	27.4	14.4	0.03	0.09	0.5	2.50	1.70	0.02	0.0302	22

Aralık 2004

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ - P	Toplam P	Klorofil- a
		°C	µS/cm	mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	8.00	6.4	3360	2251.2	8.18	73.58	1.30	1.00	10.50		60.5	40.3	29.8	15.7	0.02	0.16	0.15	2.15		0.02	0.15	26.5
MG2	8.1	5.8	3330	2231.1	9.90	89.10	0.70	1.00	9.40		56.5	37.7	27.9	14.7	0.02	0.15	0.12	2.63		0.01	0.49	30.25
MG3	8.01	6	3280	2197.6	8.65	77.81	1.30	0.75	9.90		43.5	29.0	21.5	11.3	0.02	0.14	0.32	2.17		0.06	0.15	29.4
MG4	7.98	6.5	3270	2190.9	8.36	75.24	1.40	0.75	10.20		61.5	41.0	30.3	16.0	0.02	0.21	0.25	2.66		0.04	0.12	21.35
MG5	7.98	5.9	3260	2184.2	8.23	74.03	1.40	1.00	9.70		67	44.7	33.1	17.4	0.01	0.14	0.52	2.82		0.08	0.18	26.6

Mart 2004

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ - P	Toplam P	Klorofil- a
		°C	µS/cm	mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	Mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	9.12	12	2340	1400	10.50	112.00	1.00	1.15	6.07		39.4	29	21.5	11.3	0.03	0.05	0.3	1.8		0.025	0.0370	3.3
MG2	9.11	14	2350	1420	10.60	116.00	1.00	1.25	5.90		42	34	25.2	13.2	0.03	0.04	0.6	1.67		0.035	0.0560	3.3
MG3	9.20	12.5	2410	1450	10.80	111.00	1.10	1.07	6.20		39	32	23.7	12.5	0.04	0.04	0.4	1.9		0.04	0.0500	1.1
MG4	9.25	14.5	2400	1430	11.05	120.00	1.10	1.40	5.15		47	38	28.1	14.8	0.03	0.07	0.24	1.65		0.03	0.0800	7.7
MG5	9.10	14	2400	1440	10.80	118.00	1.10	1.05	5.40		41	34	25.2	13.2	0.02	0.10	0.3	1.75		0.02	0.0600	3.3

Nisan 2004

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ - P	Toplam P	Klorofil- a
		°C	µS/cm	mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	8.95	16.8	2775	1859.25	9.57	110.9	1.6	1.00	5.04		61.2	41	30.3	16.0			0.38	0.9			0.10	4.4
MG2	8.96	17.6	2775	1859.25	10.44	132.4	1.6	1.00	5.95		56.5	38	28.1	14.8			0.25	0.6			0.11	2.8
MG3	9.04	16.9	2795	1872.65	10.51	126.8	1.5	1.00	13.6		57.5	38	28.1	14.8			0.43	1.0			0.120	27.5
MG4	9.06	17.9	2785	1865.95	9.99	116.0	1.5	0.80	12.6		61	41	30.3	16.0			0.43	1.0			0.121	24.2
MG5	8.99	18.0	2785	1865.95	9.86	115.7	1.5	0.40	9.7		56.5	38	28.1	14.8			0.38	0.9			0.103	11

Mayıs 2004

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ - P	Toplam P	Klorofil- a
		°C	µS/cm	mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	8.79	21.3	3210	2150.7	9.03	115.3	1.6		2		76	51	37.7	19.9			0.34	0.8			0.189	6.6
MG2	8.89	20.5	3200	2144	10.21	130.6	1.6		6		70	47	34.8	18.3			0.20	0.5			0.187	12.1
MG3	8.89	21.0	3220	2157.4	10.15	123.8	1.6		18		70	47	34.8	18.3			0.20	0.5			0.166	38.5
MG4	8.89	20.2	3170	2123.9	9.21	116.8	1.5		52		72	48	35.5	18.7			0.66	1.5			0.132	25.3
MG5	8.86	20.9	3160	2117.2	7.63	74.1	1.5		22		76	51	37.7	19.9			0.43	1.0			0.112	20.9

Haziran 2004

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ - P	Toplam P	Klorofil- a
		°C	µS/cm	Mg/L	mg/L	%	%O	M	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	8.59	23.70	2840.00	1172.50	6.78	88.25	1.40	1.00	11.00		77.50	52	38.5	20.3			1.50	3.30			0.49	20.90
MG2	8.44	23.05	2820.00	1169.50	5.42	69.75	1.40	1.03	9.50		75.00	50	37.0	19.5			1.69	3.70			0.09	4.95
MG3	8.36	22.50	2800.00	1165.00	4.58	59.20	1.40	1.50	7.00		72.00	48	35.5	18.7			2.28	4.90			0.13	6.05
MG4	8.34	22.40	2790.00	1160.00	3.81	50.75	1.30	1.30	6.00		67.00	45	33.3	17.5			1.74	3.80			0.14	4.95
MG5	8.36	22.10	2785.00	1162.50	3.69	46.50	1.35	1.15	8.00		95.00	63	46.6	24.5			1.84	4.00			0.12	4.95

Temmuz 2004

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ - P	Toplam P	Klorofil- a
		°C	µS/cm	mg/L	Mg/L	%	%O	M	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	8.57	24.05	2900.00	1194.50	4.63	61.60	1.40	1.97	24		73	49	36.3	19.1			1.50	3.3			0.089	24.20
MG2	8.55	24.00	2900.00	1197.00	4.71	62.70	1.40	2.05	2		78	52	38.5	20.3			1.69	3.7			0.081	14.85
MG3	8.62	24.00	2910.00	1200.50	5.31	70.65	1.40	0.85	7.50		78.00	52	38.5	20.3			1.40	3.10			0.17	17.05
MG4	8.74	24.0	2920	1204	8.13	108.60	1.4	0.75	6.50		71.00	47	34.8	18.3			1.40	3.10			0.20	13.20
MG5	8.82	24.1	2920	1210	10.84	145.95	1.4	0.60	1.5		68	45	33.3	17.5			1.31	2.9			0.179	4.4

Ağustos 2004

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ - P	Toplam P	Klorofil- a
		°C	µS/cm	mg/L	Mg/L	%	%O	M	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	9.36	24.60	3090.00	1272.50	15.19	208.33	1.50	0.80	18.00		80.50	54	40.0	21.0			1.29	2.85			0.35	30.25
MG2	9.03	23.65	3045.00	1256.00	8.36	108.97	1.50	0.80	9.00		72.00	48	35.5	18.7			1.52	3.35			0.37	19.25
MG3	8.81	23.45	3030.00	1253.50	9.84	126.10	1.50	0.65	13.00		75.50	50	37.0	19.5			1.62	3.55			0.35	21.00
MG4	8.78	22.85	3015.00	1251.00	7.48	97.17	1.50	0.60	10.00		66.50	44	32.6	17.1			1.36	3.00			0.26	18.15
MG5	8.71	22.55	3020.00	1252.50	5.72	76.37	1.50	0.85	15.00		68.50	46	34.0	17.9			1.07	2.40			0.32	9.35

Eylül 2004

Örnek no	Ph	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ - P	Toplam P	Klorofil- a
		°C	µS/cm	mg/L	mg/L	%	%O	M	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	9.45	18.20	2895.00	1939.65	10.36	125.57	1.25	0.25	20.00		81.50	54	40.0	21.0			1.38	3.05			0.18	31.35
MG2	9.28	17.50	2825.00	1892.75	9.79	113.17	1.40	0.30	21.00		73.50	49	36.3	19.1			1.36	3.00			0.14	20.90
MG3	9.09	17.05	2830.00	1896.10	8.61	100.73	1.40	0.20	21.00		72.50	48	35.5	18.7			1.50	3.30			0.17	28.05
MG4	9.01	17.30	2835.00	1899.45	7.31	88.53	1.40	0.25	23.00		66.00	44	32.6	17.1			1.38	3.05			0.17	26.95
MG5	9.06	19.40	2855.00	1912.85	8.29	100.63	1.40	0.35	22.00		67.00	45	33.3	17.5			1.31	2.90			0.16	19.80

Ekim 2004

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ - P	Toplam P	Klorofil- a
		°C	µS/cm	Mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	9.25	14.70	3380.00	1556.00	10.04	110.77	1.65	0.60	17.50		110.50	74	54.8	28.8			1.40	3.10			0.19	34.10
MG2	9.15	14.85	3315.00	1524.00	9.77	106.03	1.60	0.80	13.50		73.50	49	36.3	19.1			0.89	2.00			0.19	29.70
MG3	9.02	15.40	3260.00	1498.50	6.67	72.57	1.60	0.80	13.50		65.50	44	32.6	17.1			1.10	2.45			0.17	24.20
MG4	8.93	14.85	3231.00	1490.50	5.56	61.17	1.60	1.00	11.50		66.50	44	32.6	17.1			1.10	2.45			0.15	26.40
MG5	8.58	14.85	3245.00	1491.50	5.04	53.37	1.60	1.25	8.50		62.50	42	31.1	16.4			1.07	2.40			0.18	22.55

Kasım 2004

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ - P	Toplam P	Klorofil- a
		°C	µS/cm	mg/L	mg/L	%	%O	M	Mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	9.01	9.65	3365.00	2254.55	7.18	71.10	1.60	0.80	14.00		71.50	48	35.5	18.7			1.52	3.35			0.18	31.90
MG2	9.14	10.25	3330.00	2231.10	8.80	87.90	1.60	1.00	8.50		67.50	45	33.3	17.5			1.98	4.30			0.18	30.25
MG3	9.02	10.75	3280.00	2197.60	7.57	77.13	1.60	0.97	11.00		66.50	44	32.6	17.1			1.29	2.85			0.18	35.20
MG4	8.96	11.00	3265.00	2187.55	6.94	70.13	1.60	1.20	9.50		68.50	46	34.0	17.9			1.86	4.05			0.15	25.30
MG5	8.96	11.05	3260.00	2184.20	6.09	61.73	1.60	1.30	10.50		69.50	46	34.0	17.9			1.74	3.80			0.17	28.05

Aralık 2005

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ - P	Toplam P	Klorofil- a
		°C	µS/cm	mg/L	Mg/L	%	%O	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	8.00	8.0	3370	2257.9	8.17	77.0	1.6	0.80	10		60	40	29.6	15.6			0.93	2.1			0.1	27.35
MG2	8.07	8.0	3330	2231.1	9.18	87.3	1.6	1.00	9.9		55.5	37	27.4	14.4			1.31	2.9			0.139	30.05
MG3	8.01	8.4	3280	2197.6	8.64	83.2	1.6	0.97	9.4		42	28	20.7	10.9			1.03	2.3			0.128	29.25
MG4	8.95	8.7	3260	2184.2	8.36	80.0	1.6	1.20	10.2		62.5	42	31.1	16.4			1.12	2.5			0.106	20.35
MG5	8.95	8.5	3260	2184.2	8.22	78.4	1.6	1.30	9.7		66	44	32.6	17.1			1.17	2.6			0.176	25.5

Mart 2005

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ - P	Toplam P	Klorofil- a
		°C	µS/cm	mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	8.93	12.2	2690	1802.3	10.15	104.0	1.4	0.30	7.04		62.2	41	30.3	16.0			0.93	2.1			0.11	2.2
MG2	8.93	13.4	2700	1809	10.25	104.8	1.4	0.50	7.95		64	43	31.8	16.7			0.75	1.7			0.13	4.4
MG3	8.96	13.1	2725	1825.8	11.16	125.7	1.4	0.60	6.1		63	42	31.1	16.4			0.84	1.9			0.10	2.2
MG4	8.95	14.8	2720	1822.4	10.10	102.4	1.4	1.00	5.6		61	41	30.3	16.0			0.75	1.7			0.091	4.95
MG5	8.85	15.2	2715	1819.1	9.64	97.0	1.4	1.00	3.7		57.5	38	28.1	14.8			0.89	2.0			0.126	3.3

Nisan 2005

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ - P	Toplam P	Klorofil- a
		°C	µS/cm	mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	8.75	12.20	3040.0	2036.80	9.57	100.77	1.40	0.30	9.00		152.50	103	76.2	40.1			0.80	1.80			0.20	0.55
MG2	8.76	13.65	3050.0	2043.50	9.84	103.93	1.40	0.50	6.00		83.00	55	40.7	21.4			0.84	1.90			0.20	4.95
MG3	8.74	14.25	3040.0	2036.80	11.04	119.20	1.40	0.60	5.00		84.50	56	41.4	21.8			0.80	1.80			0.17	2.20
MG4	8.63	14.80	3040.0	2036.80	12.43	134.67	1.40	1.00	6.00		80.50	54	40.0	21.0			1.05	2.35			0.16	2.20
MG5	8.63	16.30	3030.0	2030.10	8.38	95.50	1.40	1.00	2.00		75.00	50	37.0	19.5			0.68	1.55			0.19	2.75

Mayıs 2005

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ - P	Toplam P	Klorofil- a
		°C	µS/cm	mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	Mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	8.79	21.40	3210.00	2150.70	8.62	112.37	1.60	1.00	3.00		79.50	53	39.2	20.6			0.36	0.85			0.18	6.05
MG2	8.85	20.80	3200.00	2144.00	8.98	113.70	1.60	1.00	6.00		70.50	47	34.8	18.3			0.23	0.55			0.18	7.15
MG3	8.88	21.10	3200.00	2144.00	8.41	102.03	1.55	1.00	20.00		73.00	49	36.3	19.1			0.32	0.75			0.18	33.00
MG4	8.88	20.75	3170.00	2123.90	8.16	102.63	1.50	0.80	36.00		73.50	49	36.3	19.1			0.45	1.05			0.15	24.75
MG5	8.87	21.35	3165.00	2120.55	7.71	89.87	1.50	0.40	18.00		74.00	49	36.3	19.1			0.36	0.85			0.13	19.80

Haziran 2005

Örne k no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Topla m N	Bulanıklık	PO ₄ -P	Topla m P	Klorofil- a
		°C	µS/cm	mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/ L	mg/L	mg/L
MG1	8.98	7.50	3185.00	2133.95	5.39	69.27	1.60		25.00		97.50	65	48.1	25.3			2.08	4.50		0.13	7.70	
MG2	8.95	7.50	3185.00	2133.95	5.27	67.10	1.60		52.00		89.00	59	43.7	23.0			3.24	6.80		0.19	9.35	
MG3	8.92	7.50	3180.00	2130.60	5.15	64.83	1.60		39.00		87.50	58	42.9	22.6			1.84	4.00		0.20	38.50	
MG4	8.91	7.50	3175.00	2127.25	5.13	64.30	1.50		63.00		99.50	66	48.8	25.7			1.84	4.00		0.16	30.25	
MG5	8.84	7.50	3170.00	2123.90	4.07	50.57	1.50		23.50		89.50	60	44.4	23.4			1.76	3.85		0.12	23.65	

Temmuz 2005

Örne k no	Ph	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Toplam N	Bulan ıklık	PO ₄ - P	Toplam P	Klorofil- a
		°C	µS/cm	mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	9.22	19.7	3140	1274	10.33	145.5	1.5	0.80	18		92.5	62	45.9	24.1			1.60	3.5			0.243	19.25
MG2	9.01	19.2	3110	1692.3	7.14	91.2	1.5	0.80	37		76	51	37.7	19.9			2.28	4.9			0.297	21.45
MG3	8.86	19.1	3100	1693.3	8.02	102.7	1.5	0.65	40		78	52	38.5	20.3			1.84	4.0			0.282	35.2
MG4	8.83	18.9	3095	1691.3	7.28	94.2	1.5	0.60	49		80.5	54	40.0	21.0			1.69	3.7			0.216	20.35
MG5	8.78	18.6	3095	1686.95	5.82	77.0	1.5	0.85	22.5		76.5	51	37.7	19.9			1.74	3.8			0.2315	17.05

Ağustos 2005

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ - P	Toplam P	Klorofil- a
		°C	µS/cm	Mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	Mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	9.33	24.35	3090.00	1272.00	15.19	209.00	1.50	0.80	18.00		80.50	54	40.0	21.0			1.29	2.85			0.35	30.25
MG2	9.02	23.45	3045.00	1256.00	8.36	108.97	1.50	0.80	9.00		72.00	48	35.5	18.7			1.52	3.35			0.37	19.25
MG3	8.88	23.45	3030.00	1253.00	9.84	126.10	1.50	0.65	13.00		75.50	50	37.0	19.5			1.62	3.55			0.35	21.00
MG4	8.73	22.95	3015.00	1251.00	7.48	97.17	1.50	0.60	10.00		66.50	44	32.6	17.1			1.36	3.00			0.26	18.15
MG5	8.69	22.65	3020.00	1250.50	5.72	76.37	1.50	0.85	15.00		26.50	18	13.3	7.0			1.07	2.40			0.32	9.35

Eylül 2005

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ - P	Toplam P	Klorofil- a
		°C	µS/cm	Mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	9.35	18.0	2900	1943	12.00	140.0	1.2		22		80	53	39.2	20.6			1.45	3.2			0.19	25.2
MG2	9.25	19.2	2825	1893	10.40	123.6	1.3	0.30	20		73	49	36.3	19.1			1.55	3.4			0.15	22.8
MG3	9.05	16.5	2815	1886	8.25	94.8	1.3		20		73	49	36.3	19.1			1.60	3.5			0.171	33
MG4	9.15	18.1	2870	1923	6.37	67.5	1.3	0.25	25		66	44	32.6	17.1			1.40	3.1			0.170	28.5
MG5	8.95	20,1	2785	1866	11.35	148.3	1.2	0.35	23		71	47	34.8	18.3			1.31	2.9			0.142	21.2

Ekim 2005

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ - P	Toplam P	Klorofil- a
		°C	µS/cm	Mg/L	Mg/L	%	%O	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	9.19	13.9	3130	2097.1	9.54	94.7	1.1		18		75	50	37.0	19.5			1.55	3.4			0.181	27.65
MG2	9.20	14.8	3330	2231.1	9.52	94.5	1.4	0.35	13.5		69.5	46	34.0	17.9			1.74	3.8			0.163	21.3
MG3	9.04	13.7	3280	2197.6	7.88	78.2	1.4		15.5		70	47	34.8	18.3			1.64	3.6			0.181	31.9
MG4	9.06	14.6	3270	2190.9	6.69	66.4	1.4	0.30	17		67.5	45	33.3	17.5			1.69	3.7			0.166	30.2
MG5	8.96	15.6	3260	2184.2	8.61	85.5	1.4	0.35	17.5		71	47	34.8	18.3			1.50	3.3			0.159	25.45

Kasım 2005

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ - P	Toplam P	Klorofil- a
		°C	µS/cm	Mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1	9.01	9.60	3365.00	2254.55	7.14	71.10	1.60	0.80	13.00		71.00	47	34.8	18.3			1.58	3.47			0.18	31.60
MG2	9.11	10.20	3330.00	2231.10	8.78	87.90	1.60	1.00	8.00		67.33	45	33.3	17.5			1.93	4.20			0.18	28.70
MG3	9.00	10.70	3280.00	2197.60	7.57	77.13	1.60	0.97	10.33		67.33	45	33.3	17.5			1.34	2.97			0.18	31.63
MG4	8.94	11.00	3265.00	2187.55	6.93	70.13	1.60	1.20	9.67		69.67	46	34.0	17.9			1.84	4.00			0.16	27.73
MG5	8.96	11.03	3260.00	2184.20	6.08	61.73	1.60	1.30	10.67		70.00	47	34.8	18.3			1.74	3.80			0.17	27.77

Nisan 2006

Örnek no	Ph	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ -N	NO ₃ - N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ - P	Toplam P	Klorofil- a
	°C	µS/cm	mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1																						
MG2	9.02	13.0	3140	2104	8.13	84.1	1.5	1.20	6		81	54	40.0	21.0	0.33	0.002	< 1,0	0.9		0.24	< 0,5	2.2
MG3	9.05	13.2	3180	2131	8.48	89.7	1.5	1.30	8		77	51	37.7	19.9	0.17	0.002	< 1,0	1.0		0.45	< 0,5	3.3
MG4	9.09	12.0	3180	2131	9.01	92.9	1.5	0.90	7		77	51	37.7	19.9	0.12	0.002	< 1,0	0.5		0.38	0.6	4.4
MG5	9.03	13.2	3050	2044	8.35	88.7	1.5	0.70	6		82	55	40.7	21.4	0.22	0.003	< 1,0	1.3		0.60	0.7	6.6

Temmuz 2006

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ -N	NO ₃ - N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ -P	Toplam P	Klorofil- a
	°C	µS/cm	mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1																						
MG2	8.69	22.7	3200	2144	3.46	45.3	1.6	0.60	8		84	56	41.4	21.8	0.23	0.02	< 1,0	1.2		0.08	< 0,5	4.4
MG3	8.68	22.3	3190	2137	3.93	51.1	1.6	0.52	12		67	45	33.3	17.5	0.28	0.02	1.2	1.4		<0,05	< 0,5	7.7
MG4	8.68	21.5	3180	2131	3.77	47.9	1.6	0.50	21		70	47	34.8	18.3	0.18	0.02	1.3	2.1		0.06	< 0,5	14.3
MG5	8.62	211.0	3180	2131	3.73	48.4	1.5	0.42	17		83	55	40.7	21.4	0.18	0.02	1.3	1.7		0.05	< 0,5	20.9

Ekim 2006

Örnek no	pH	Sıcaklık	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzluluk	Sechii D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Toplam N	Bulanıklık	PO ₄ - P	Toplam P	Klorofil- a
		°C	µS/cm	mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	mg/L	Mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
MG1																						
MG2	8.93	18.1	3700	2479	6.60	78.1	1.8	1.10	20		69	46	34.0	17.9	0.03	0.02	< 1,0	2.1		0.31	< 0,5	6.6
MG3	8.79	18.1	3640	2439	5.05	60.2	1.8	1.00	18		64	43	31.8	16.7	0.14	0.02	1.2	1.7		< 0,5	0.7	8.8
MG4	8.81	18.2	3630	2432	3.80	45.6	1.8	0.95	19		68	45	33.3	17.5	0.31	0.02	1.9	2.6		0.21	< 0,5	16.5
MG5	8.77	17.5	3590	2405	3.62	42.2	1.8	1.00	16		66	44	32.6	17.1	0.12	0.02	1.6	2.0		0.29	< 0,5	23.1

Ek 6 Model Çalışmasında kullanılan Mogan Gölüne Dökülen Derelerin Verileri

Aralık 2001

Örnek no	pH	Sıc.	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzl.	Sec.D	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Toplam N	Bul.	PO ₄ -P	Toplam P	Klorofil-a
		°C	µS/cm	Mg/L	mg/L	%	%O	M	Mg/L	mg/L	Mg/L	Mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
Gölcük Dere	7.5	7.2	683	410	12.5	11.7	0.3		2.4	186	4	3	2.2	1.2	0.02	0.22	1.1	1.33	11.5	0.07	0.11	
Tatlım Dere	7.5	7.3	1045	627	7.9	73.7	0.3		7.2	103	34.4	15	11.1	5.8	0.04	0.08	2.1	2.2	19	0.02	0.05	
Çolakpınar Dere													0	0								
Yavrucak D.	7.5	6.3	514	308	13.5	123.6	0.1		5.6	46	13	10	7.4	3.9	0.05	0.15	5	5.3	16.5	0.65	1.2	
Çölova D.																						
Çölova K. Başpınar	7.5	12.4	1607	964	4	42	0.9		12	235	6	4	3	1.6	0.06	0.2	0.1	0.6	26.5		0.19	
D.	7.5	7.5	847	508	5	45.8	0.4		20	94	55	50	37	19.5	0.32	2.8	0.9	1.17	39		3.2	
Kumlu D.	7.5	9.6	2280	1368	9.7	96	1.6		288.8	375	26.5	23	17	9	0.02	0.55			459	2.44	6.6	
Kepir D.	7.5	12.1	1347	808	7.3	75	0.8		15.2	327	17.9	13	9.6	5.1	0.16	2.23	4.5	4.7	31.5	6.17	0.37	
Sukesen D.	7.5	8.3	700	420	16.9	105	0.3		16.8	87	14.3	11	8.1	4.3	0.04	0.56	3.4	3.5	34	0.25	0.11	
Ort.	7.5	8.8375	1127	676.625	9.6	71.6	0.5875		46	182	21.3	16.125	11.925	6.3	0.088	0.85	2.4	2.69	79.7	1.6	1.5	

Ocak 2002

Örnek no	pH	Sıcak	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuzl.	Sec. D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik	Organik	NO ₂ - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Toplam N	Bul	PO ₄ - P	Toplam P	Klorofil-a
													Madde	Karbon								
		°C	µS/cm	mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
Gölcük																						
Dere	8.35	0.1	712	427	12.7	124.1	0.1		3	93	4	3	2.2	1.2	0.01	0.05	0.5	0.87	10.04	0.01	0.02	
Yavrucak																						
D.	8.3	0.2	367	220	12.6	123.5	0.1		32	76	10	8	5.9	3.1	0.05	0.08	6.9	8	63.57	0.12	0.23	
Çölova D.	8.15	0.1	1320	792	14.4	140.7	1.1		3	629	36	15	11.1	5.8	0.02	0.04	3	3.1	1.48	0.3	0.55	
Çölova K.	8.76	9.9	1653	992	3.8	37.13	1		9	201	5	4	3	1.6	0.03	0.07	0.2	0.7	44.07	0.21	0.32	
Başpınar																						
D.	8.32	0.3	1345	807	5.2	50.32	0.4		43	120	62	57	42.2	22.2	0.25	2.2	5.4	5.9	35.88	1.55	2.96	
Kumlu D.	8.33	8.4	1158	695	12.3	119.7	0.3		16.5	160	16	13	9.6	5.1	0.25	2.19	4.9		22.1	4.6	8.7	
Kepir D.	8.1	8.1	2821	1693	7.6	74.25	1.3		3	585	23	17	12.6	6.6	0.18	0.32	6.3	7.1	4.32	0.06	0.1	
Sukesen																						
D.	8.51	2.6	496	298	11.7	113.8	0		9	22	10	8	5.9	3.1	0.04	0.1	3.1	3.2	14.04	0.11	0.22	
Ort.	8.4	3.7	1234.0	740.5	10.0	97.9	0.5		14.8	235.8	20.8	15.6	11.6	6.1	0.1	0.6	3.8	3.6	24.4	0.9	1.6	

Şubat 2002

Örnek no	pH	Sıcak.	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuz..	Sec. D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Toplam N	Bul.	PO ₄ - P	ToplP	Klorofil- a
		°C	µS/cm	Mg/L	mg/L	%	%O	m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L
Gölcük																						
Dere	8.51	3.3	839	503	12.9	107	0.2		7.77	87	16	12	8.9	4.7	0.09	0.01	0.4	0.8	4.9	0.07	0.61	
Tatlım																						
Dere	8.16	2.6	938	563	10.1	86	0.2		53.6	93	22.6	18	13.3	7	0.02	0.1	4.3	4.5	256	0.27	0.83	
Çolakpınar																						
Dere	8.3	2.2	649	389	9.7	78	0		3.78	71	36	28	20.7	10.9	0.04	0.01	5	5.3	3.5	0.19	0.32	
Yavrucak																						
D.	8.38	3.3	642	385	11.8	114	0		22.7	53	33	25	18.5	9.7	0.05	0.09	4.5	4.7	34.7	0.13	0.64	
Çölova D.	8.74	4.3	2460	1476	14.4	125	1.1		1.2	480	36	25	18.5	9.7	0.03	0.1	1.4	1.6	2.8		0	
Çölova K.	8.63	9.9	2360	1416	3.6	35	1		14.18	223	14	10	7.4	3.9	0.03	0.05	0.1	0.5	22.6		0.35	
Başpınar																						
D.	8.14	5.6	1250	750	5.3	48	0.4		7.35	108	65	50	37	19.5	0.18	2.55	0.1	0.6	5.3	1.18	1.88	
Kumlu D.	9.03	16.8	1194	716	14.8	175	0.4		7.37	108	25.8	20	14.8	7.8	0.09	2.5	0.3	0.7	11	5	8.64	
Kepir D.	7.98	9	3170	1902	7.9	76	1.5		4.49	475	54.4	40	29.6	15.6	0.12	0.62	5.2	5.6	13.5	0.6	0.96	
Sukesen																						
D.	8.76	8.5	483	290	12.4	119	0		2.42	28	44.8	35	25.9	13.6	0.04	0.08	3.1	3.2	7.7	0.1	0.17	
Ort.	8.46	6.55	1398	839	10.29	96.3	0.48	0.00	12.5	172	34.7	26.3	19.46	10.24	0.07	0.61	2.44	2.75	36.20	0.75	1.44	0.00

Mart 2002

Örnek no	pH	Sıcak.	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuz.	Sec.D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Organik Madde	Organik Karbon	NO ₂ - N	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Toplam N	Bulanık.	PO ₄ - P	Toplam P	Klorofil- a
		°C	µS/cm	mg/L	Mg/L	%	%O	M	mg/L	mg/L	Mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	Mg/L	mg/L	mg/L
Gölcük																						
Dere	8.8	14.9	901.0	541.0	9.5	106.0	0.2		0.9	74.0	52.0	13.0	9.6	5.1	0.0	0.1	1.3	1.5	14.6	0.0	0.0	
Tatlım																						
Dere	8.1	7.9	870.0	522.0	8.7	81.4	0.2		19.8	74.0	16.0	13.0	9.6	5.1	0.0	0.1	3.9	4.0	23.4	0.1	0.1	
Çolakpınar																						
Dere	8.4	8.6	637.0	382.0	10.1	96.7	0.1		1.2	35.0	19.2	15.0	11.1	5.8	0.0	0.0	1.2	1.4	13.1	0.5	0.1	
Yavrucak																						
D.	8.6	8.0	608.0	365.0	11.1	115.5	0.0		14.7	25.0	23.3	18.0	13.3	7.0	0.0	0.0	4.0	4.1	38.0	0.1	0.3	
Çölova D.	8.5	12.7	2280.0	1368.0	10.4	110.3	1.0		0.9	405.0	53.0	40.0	29.6	15.6	0.0	0.1	1.0	1.2	11.5	0.1	0.1	
Çölova K.	8.5	12.0	2260.0	1356.0	2.8	29.4	1.0		9.0	255.0	16.0	10.0	7.4	3.9	0.0	0.1	0.1	0.5	41.8	0.2	0.3	
Başpınar																						
D.	8.5	13.0	1170.0	702.0	6.0	65.1	0.4		16.8	38.0	41.1	32.0	23.7	12.5	0.8	1.2	6.8	0.6	30.2	1.0	1.5	
Kumlu D.	10.2	21.2	1191.0	715.0	16.5	209.0	0.4		43.8	35.0	42.0	33.0	24.4	12.9	0.3	0.2	5.0	5.3	34.1	2.0	2.2	
Kepir D.	7.9	13.0	2480.0	1488.0	6.2	66.0	1.1		5.7	349.0	49.8	39.0	28.9	15.2	0.2	1.0	8.5	10.5	25.1	0.4	0.8	
Sukesen																						
D.	8.0	15.0	505.0	303.0	10.0	111.2	0.0		8.1	18.0	41.0	32.0	23.7	12.5	0.1	2.2	2.7	2.8	24.1	0.0	0.4	
Ort.	8.6	12.6	1290.2	38.2	9.1	99.1	0.4		12.1	130.8	35.3	24.5	18.1	9.6	0.1	0.6	3.5	3.2	25.6	0.5	0.6	0.0

Nisan 2002

Örnek no	pH	Sıcak. °C	EC µS/cm	TDS mg/L	DO ₂ Mg/L	DO ₂ %	Tuz. %O	Sechii D. M	AKM mg/L	SO ₄ mg/L	COD Mg/L	BOD mg/L	Organik Madde mg/L	Organik Karbon mg/L	NO ₂ - N mg/L	NH ₄ - N mg/L	NO ₃ - N mg/L	Toplam N mg/L	Bulan. NTU	PO ₄ - P Mg/L	Toplam P mg/L	Klorofil- a mg/L
Gölcük																						
Dere	8.4	9.4	871.0	523.0	6.6	65.0	0.2		0.7	87.0	5.3	3.0	2.2	1.2	0.0	0.0	1.2	1.4	3.2	0.0	0.0	
Tatlım																						
Dere	8.0	5.1	925.0	555.0	5.9	51.0	0.2		1.0	75.0	6.1	4.0	3.0	1.6	0.0	0.1	5.7	6.3	8.7	0.0	0.0	
Çolakpınar																						
Dere	8.2	3.6	639.0	383.0	6.2	52.0	0.0		0.5	47.0	14.5	11.0	8.1	4.3	0.0	0.0	3.7	3.8	11.7	0.0	0.2	
Yavrucak																						
D.	8.4	4.8	627.0	376.0	6.3	56.0	0.0		20.3	32.0	16.2	12.0	8.9	4.7	0.1	0.1	4.4	4.6	53.9	0.2	0.3	
Çölova D.	8.4	7.5	2560.0	1536.0	5.3	49.7	1.1		2.7	457.0	29.0	20.0	14.8	7.8	0.0	0.1	0.1	0.6	4.0	0.0	0.1	
Çölova K.	8.5	10.2	2320.0	1392.0	1.7	15.8	1.0		1.5	216.0	7.6	5.0	3.7	1.9	0.0	0.2	0.5	0.5	30.7	0.2	0.4	
Başpınar																						
D.	8.3	6.3	1160.0	696.0	5.0	45.7	0.3		37.5	99.0	9.0	7.0	5.2	2.7	0.2	1.0	3.9	0.6	6.4	0.4	0.9	
Kumlu D.	10.9	13.5	1075.0	645.0	11.3	124.0	0.3		34.0	57.0	34.0	27.0	20.0	10.5	0.1	0.2	0.8	1.1	23.4	1.7	3.8	
Kepir D.	8.1	10.5	2328.0	1397.0	5.0	50.2	1.0		6.0	443.0	5.0	4.0	3.0	1.6	0.1	0.3	5.7	6.4	8.1	0.1	0.3	
Sukesen																						
D.	8.3	8.3	431.0	259.0	5.7	54.5	0.0		8.0	227.0	9.6	8.0	5.9	3.1	0.0	0.1	1.9	2.0	22.9	0.1	0.3	
Ort.	8.5	7.9	1293.6	776.2	5.9	56.4	0.4	0.0	11.2	174.0	13.6	10.1	7.5	3.9	0.1	0.3	2.8	2.7	17.3	0.5	0.8	0.00

Mayıs 2002

Örnek no	pH	Sıcak.	EC	TDS	DO ₂	DO ₂	Tuz..	Sec					Organik	Organik	NO ₂ -	NH ₄ -	NO ₃ -	Toplam		PO ₄ -		
		°C	µS/cm	mg/L	Mg/L	%	%O	D.	AKM	SO ₄	COD	BOD	Madde	Karbon	N	N	N	N	Bul.	P	Toplam	Klorofil-
								M	mg/L	mg/L	Mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	Mg/L	mg/L	mg/L
Gölcük																						
Dere	8.1	17.7	829.0	497.0	8.8	104.0	0.2		29.0	822.0	23.9	15.9	11.8	6.2	0.0	0.1	0.7	0.8	1.7	0.0	0.0	
Tatlım																						
Dere	7.9	10.5	1020.0	612.0	6.9	68.0	0.3		15.0	553.0	24.1	16.1	11.9	6.3	0.0	0.1	5.2	4.8	20.3	0.0	0.0	
Çolakpınar																						
Dere	8.2	11.7	661.0	396.0	8.6	88.0	0.1		11.0	42.0	35.5	23.7	17.5	9.2	0.0	0.1	2.4	2.2	38.9	0.0	0.1	
Yavrucak																						
D.	8.4	11.7	593.0	355.0	9.5	98.0	0.0		9.0	1012.0	27.9	18.6	13.8	7.2	0.1	0.0	3.4	3.7	79.1	0.1	0.2	
Çölova D.	8.4	18.2	1730.0	1057.0	9.5	112.0	0.7		8.0	233.0	55.7	37.1	27.5	14.4	0.0	0.2	0.3	1.1	19.1	0.1	0.2	
Çölova K.	8.7	13.3	2260.0	1355.0	2.9	32.0	1.0		21.0	518.0	22.8	15.2	11.2	5.9	0.0	0.0	0.2	0.3	45.2	0.2	0.3	
Başpınar																						
D.	8.1	14.7	1111.0	667.0	3.7	110.0	0.3		100.0	81.0	31.9	21.3	15.8	8.3	0.5	0.4	4.0	5.4	33.2	0.3	0.7	
Kumlu D.	10.5	28.8	1024.0	615.0	11.8	171.0	0.3		20.0	560.0	47.3	31.5	23.3	12.3	0.0	0.1	0.6	1.2	26.5	2.6	3.8	
Kepir D.	8.0	15.0	1410.0	867.0	7.3	80.0	0.5		12.0	768.0	29.8	19.9	14.7	7.8	0.1	0.4	8.2	10.1	12.0	0.1	0.4	
Sukesen																						
D.	8.7	21.1	613.0	368.0	10.8	135.0	0.0		38.0	26.0	26.7	17.8	13.2	6.9	0.1	0.2	3.1	2.6	44.2	0.1	0.2	
Ort.	8.5	16.3	1125.1	678.9	8.0	99.8	0.3	0.0	26.3	461.5	32.6	21.7	16.1	8.5	0.1	0.2	2.8	3.2	32.0	0.5	0.7	

Haziran 2002

Örnek no	pH	Sıcak. °C	EC µS/cm	TDS mg/L	DO ₂ Mg/L	DO ₂ %	Tuz. %O	Sech. D. M	AKM mg/L	SO ₄ mg/L	COD Mg/L	BOD Mg/L	Organik Madde mg/L	Organik Karbon Mg/L	NO ₂ - N mg/L	NH ₄ - N mg/L	NO ₃ - N mg/L	Toplam N mg/L	Bulan. NTU	PO ₄ - P mg/L	Toplam P mg/L	Klorofil- a mg/L
Gölcük																						
Dere	8.0	18.0	901.0	531.0	4.8	58.0	0.2		7.0	37.0	30.4	20.3	15.0	7.9	0.0	0.1	1.0	1.7	20.2	0.1	0.1	
Tatlım																						
Dere	7.9	15.5	980.0	579.0	4.5	52.0	0.3		18.0	72.0	25.9	17.3	12.8	6.7	0.0	0.1	3.1	4.2	103.4	0.0	0.1	
Çolakpınar																						
Dere	7.6	15.0	726.0	435.0	4.5	51.0	0.1		12.0	19.0	32.5	21.7	16.1	8.5	0.0	0.1	1.1	1.9	75.3	0.0	0.6	
Yavrucak																						
D.	8.3	15.8	580.0	348.0	9.6	113.0	0.0		15.0	11.0	32.4	21.6	16.0	8.4	0.0	0.1	2.6	3.9	80.6	0.1	0.2	
Çölova D.	8.0	19.6	1937.0	1162.0	3.0	38.0	0.8		20.0	102.0	55.2	36.8	27.2	14.3	0.0	0.1	0.5	1.8	116.8	0.4	0.5	
Çölova K.	8.7	14.0	2270.0	1361.0	1.3	14.0	1.0		16.0	180.0	36.0	24.0	17.8	9.3	0.0	0.0	0.2	1.4	104.7	0.3	0.2	
Başpınar																						
D.	7.9	17.5	1248.0	747.0	1.3	16.0	0.4		228.0	34.0	54.6	36.4	26.9	14.2	0.0	6.0	0.5	12.2	229.0	1.2	1.4	
Kumlu D.	9.0	28.0	1123.0	674.0	11.0	162.0	0.3		209.0	26.0	50.0	33.3	24.6	13.0	0.4	4.2	2.8	9.8	66.6	2.1	2.8	
Kepir D.	7.8	14.0	1407.0	840.0	4.2	46.0	0.5		17.0	187.0	32.2	21.5	15.9	8.4	0.3	0.4	8.4	10.4	28.9	0.2	0.4	
Sukesen																						
D.	8.8	20.8	765.0	448.0	8.7	110.0	0.1		10.0	26.0	28.5	19.0	14.1	7.4	0.2	0.2	4.5	6.0	23.0	0.2	0.3	
Ort.	8.2	17.8	1193.7	712.5	5.3	66.0	0.4	0.0	55.2	69.4	37.8	25.2	18.6	9.8	0.1	1.2	2.5	5.3	84.9	0.6	0.7	

Temmuz 2002

Örnek no	pH	Sic. °C	EC µS/cm	TDS mg/L	DO ₂ mg/L	DO ₂ %	Tuz. %O	Sec. D. M	AKM mg/L	SO ₄ mg/L	COD Mg/L	BOD mg/L	Organik Madde mg/L	Organik Karbon mg/L	NO ₂ ⁻ N mg/L	NH ₄ ⁻ N mg/L	NO ₃ ⁻ N mg/L	Toplam N mg/L	Bul. NTU	PO ₄ ⁻ P mg/L	Toplam P mg/L	Klorofil- a mg/L
Gölcük																						
Dere	7.8	18.1	860.0	508.0	3.8	49.0	0.2		3.1	7.8	36.5	24.3	18.0	9.5	18.0	0.1	0.1	3.1	14.2		0.1	
Tatlım																						
Dere	7.6	15.8	894.0	528.0	4.3	48.0	0.2		1.7	7.6	21.9	14.6	10.8	5.7	10.8	0.1	3.1	9.0	32.4	0.0	0.1	
Çolakpınar																						
Dere	7.4	14.2	674.0	398.0	7.0	76.0	0.1		1.0	7.4	19.1	12.7	9.4	4.9	9.4	0.1	4.0	6.2	37.7		0.0	
Yavrucak																						
D.	8.4	17.3	545.0	322.0	9.6	108.0	0.0		2.1	8.4	21.4	14.3	10.6	5.6	10.6	0.2	3.2	5.8	45.3	0.0	0.1	
Çölova D.	8.1	26.1		1350.0	11.3	137.0	1.0		30.8	8.1	52.9	35.3	26.1	13.7	26.1	0.1	0.4	5.6	182.4	0.2	0.3	
Çölova K.	8.5	14.2		1328.0	11.4	155.0	1.0		21.8	8.5	32.5	21.7	16.1	8.5	16.1	0.1	1.4	4.7	111.0	0.2	0.2	
Kumlu D.	9.1	32.0	1193.0	699.0	11.8	172.0	0.4		260.7	31.0	55.5	37.0	27.4	14.4	27.4	0.3	9.5	15.2	81.7	5.6	6.4	
Kepir D.	8.0	14.7	1083.0	696.0	16.3	178.0	0.3		46.9	240.0	44.8	29.9	22.1	11.6	22.1	1.6	6.3	11.8	94.9	0.5	1.0	
Sukesen																						
D.	8.7	28.4	730.0	428.0	15.1	218.0	0.1		188.9	18.0	49.8	33.2	24.6	12.9	24.6	0.3	2.6	7.9	122.0	0.2	0.3	
Ort.	8.2	20.1	854.1	695.2	10.1	126.8	0.4		61.9	37.4	37.2	24.8	18.3	9.6	18.3	0.3	3.4	7.7	80.2	1.0	0.9	

Ağustos 2002

Örnek no	pH	Sıcak. °C	EC µS/cm	TDS mg/L	DO ₂ Mg/L	DO ₂ %	Tuz. %O	Sec. D. M	AKM Mg/L	SO ₄ mg/L	COD Mg/L	BOD mg/L	Organik Madde mg/L	Organik Karbon mg/L	NO ₂ - N mg/L	NH ₄ - N mg/L	NO ₃ - N mg/L	Toplam N mg/L	Bul. NTU	PO ₄ - P mg/L	Toplam P mg/L	Klorofil- a mg/L
Gölcük																						
Dere	7.8	20.2	860.0	520.0	8.0	66.0	0.2		17.9	21.0	6.3	4.2	3.1	1.6	0.0	0.0	1.3	1.9	2.2	0.0	0.1	
Tatlım																						
Dere	7.9	18.3	761.0	458.0	7.1	86.0	0.1		6.5	41.0	1.8	1.2	0.9	0.5	0.0	0.1	2.6	2.7	6.2	0.0	0.1	
Çolakpınar																						
Dere	7.6	13.4	714.0	429.0	6.3	68.0	0.1		97.2	60.0	9.4	6.2	4.6	2.4	0.1	0.2	6.9	7.0	235.4	0.3	0.0	
Yavrucak																						
D.	8.2	22.2	692.0	418.0	8.8	113.0	0.1		25.1	31.0	29.6	19.7	14.6	7.7	0.0	0.1	0.8	1.1	68.9	0.1	0.3	
Çölova D.													0.0	0.0								
Çölova K.	8.7	16.7	2240.0	1342.0	1.8	21.0	1.0		20.0	188.0	42.1	28.1	20.8	10.9	0.0	0.1	1.1	1.2	25.9	0.2	0.2	
Başpınar																						
D.	8.1	20.8	1098.0	672.0	3.9	50.0	0.3		92.4	25.0	36.8	24.5	18.1	9.5	0.1	0.1	1.0	6.1	198.0	2.2	1.6	
Kumlu D.													0.0	0.0								
Kepir D.	8.1	18.7	1684.0	1010.0	5.0	50.0	0.7		374.4	146.0	52.1	34.7	25.7	13.5	0.4	0.9	6.9	9.6	19.2	0.6	0.6	
Sukesen																						
D.	9.4	29.0	738.0	443.0	20.8	307.0	0.1		5.3	21.0	46.1	30.7	22.7	12.0	0.3	0.2	1.4	1.4	177.3	0.6	0.6	
Ort	8.2	17.7	976.3	588.0	6.9	84.6	0.3	0.0	71.0	59.2	24.9	16.6	13.8	7.3	0.1	0.2	2.8	3.9	91.6	0.7	0.5	

Eylül 2002

Örnek no	pH	Sıcak. °C	EC µS/cm	TDS mg/L	DO ₂ Mg/L	DO ₂ %	Tuz. %O	Sech. D. m	AKM mg/L	SO ₄ mg/L	COD Mg/L	BOD mg/L	Organik Madde mg/L	Organik Karbon mg/L	NO ₂ ⁻ N mg/L	NH ₄ ⁻ N mg/L	NO ₃ ⁻ N mg/L	Toplam N mg/L	Bul. NTU	PO ₄ ⁻ P mg/L	Toplam P mg/L	Klorofil- a mg/L
Gölcük Dere Tatlım																						
Dere	8.1	13.8	928.0	556.0	6.3	68.0	0.2		11.0	73.0	16.9	11.3	8.4	4.4	0.0	0.2	0.6	2.5	6.2	0.1	0.2	
Çolakpınar																						
Dere	7.9	14.1	666.0	399.0	7.1	77.0	0.1		14.0	57.0	16.5	11.0	8.1	4.3	0.0	0.1	7.7	7.6	235.4	0.1	0.2	
Yavrucak																						
D.	8.6	14.3	660.0	396.0	8.8	97.0	0.1		35.0	24.0	22.7	15.1	11.2	5.9	0.0	0.1	4.3	4.7	68.9	0.3	0.6	
Çölova D.																						
Çölova K.																						
Başpınar																						
D.	8.3	15.6	985.0	591.0	4.4	51.0	0.3		525.0	73.0	18.7	12.5	9.3	4.9	0.2	1.5	2.7	6.0	198.0	0.6	1.3	
Kumlu D.																						
Kepir D.	7.9	15.7	2240.0	1344.0	3.0	34.0	1.0		48.0	125.0	36.6	24.4	18.1	9.5	0.4	1.4	6.9	10.6	19.2	0.5	1.2	
Sukesen																						
D.	9.4	20.8	639.0	384.0	15.6	197.0	0.1		5.0	37.0	26.5	17.7	13.1	6.9	0.1	0.1	2.4	2.7	177.3	0.2		
ort.	8.4	15.7	1019.7	611.7	7.5	87.3	0.3		106.3	64.8	23.0	15.3	11.4	6.0	0.1	0.6	4.1	5.7	117.5	0.3	0.7	

Ekim 2002

Örnek no	pH	Sic. °C	EC µS/cm	TDS mg/L	DO ₂ Mg/L	DO ₂ %	Tuz. %O	Sec.D. m	AKM mg/L	SO ₄ mg/L	COD Mg/L	BOD mg/L	Organik Madde mg/L	Organik Karbon mg/L	NO ₂ - N mg/L	NH ₄ - N mg/L	NO ₃ - N mg/L	Toplam N mg/L	Bul. NTU	PO ₄ - P mg/L	Toplam P mg/L	Klorofil- a mg/L
Gölcük																						
Dere	7.9	14.1	952.0	574.0	9.5	102.0	0.2		290.0	64.0	30.2	20.1	14.9	7.8	0.0	0.1	2.0	3.3	24.1	0.1	0.1	
Tatlım																						
Dere	8.0	12.8	994.0	594.0	7.1	75.0	0.3		13.0	83.0	28.7	19.1	14.1	7.4	0.1	0.2	1.0	2.4	48.2	0.0	0.1	
Çolakpınar																						
Dere	7.7	13.8	680.0	408.0	7.8	85.0	0.1		9.0	60.0	33.8	22.5	16.7	8.8	0.0	0.1	3.9	7.9	8.9	0.1	0.2	
Yavrucak																						
D.	8.3	10.6	595.0	358.0	9.5	95.0	0.0		1.0	34.0	39.7	26.5	19.6	10.3	0.1	0.3	2.5	6.0	590.0	0.4	0.5	
Çölova D.	8.2	13.1	2150.0	1291.0	7.1	76.0	0.9		8.0	296.0	56.3	37.5	27.8	14.6	0.0	0.2	0.3	1.5	15.6	0.2	0.3	
Çölova K.	8.6	16.2	2120.0	1270.0	2.2	26.0	0.9		24.0	191.0	38.2	25.5	18.9	9.9	0.0	0.1	1.1	2.1	53.4	0.2	0.3	
Başpınar																						
D.	8.0	13.1	1068.0	641.0	4.3	45.0	0.3		175.0	65.0	36.2	24.1	17.8	9.4	0.1	2.8	0.5	5.2	539.2	0.8	0.6	
Kumlu D.	7.8	23.1	1131.0	687.0	6.0	79.0	0.3		316.0	44.0	43.0	28.7	21.2	11.2	0.2	0.7	4.4	8.8	766.4	2.8	3.1	
Kepir D.	8.4	15.8	2280.0	1372.0	15.4	170.0	1.0		19.0	340.0	52.8	35.2	26.0	13.7	0.2	0.3	3.5	8.4	39.8	0.1	0.3	
Sukesen																						
D.	8.9	16.3	656.0	394.0	16.5	186.0	0.1		23.0	25.0	55.3	36.9	27.3	14.4	0.2	0.1	1.6	4.7	32.9	0.3	0.4	
Ort	8.2	14.9	1262.6	758.9	8.5	93.9	0.4		87.8	120.2	41.4	27.6	20.4	10.8	0.1	0.5	2.1	5.0	211.9	0.5	0.6	

Kasım 2002

Örnek no	pH	Sıcak. °C	EC µS/cm	TDS mg/L	DO ₂ Mg/L	DO ₂ %	Tuz. %O	Sech. D. m	AKM mg/L	SO ₄ mg/L	COD Mg/L	BOD mg/L	Organik Madde	Organik Madde	NO ₂ ⁻ mg/L	NH ₄ ⁻ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	Toplam N mg/L	Bul. NTU	PO ₄ ⁻ P mg/L	Toplam P mg/L	Klorofil-a mg/L
Gölcük		11.																				
Dere	8.2	1	917.0	550.0	8.3	86.0	0.2		1.0	71.0	16.3	10.8	8.0	4.2	0.0	0.0	3.0	3.6	1.0	0.1	0.1	
Tatlım																						
Dere	6.9	8.2	982.0	589.0	6.1	58.0	0.2		4.0	96.0	42.3	28.2	20.9	11.0	0.0	0.0	1.7	2.7	2.2	0.0	0.0	
Yavruca																						
k D.	8.4	5.1	666.0	399.0	8.4	74.0	0.1		95.0	34.0	41.1	27.4	20.3	10.7	0.1	0.3	5.0	6.3	29.3	0.4	0.4	
Çölova			2080.																			
D.	8.5	6.5	0	1247.0	8.6	77.0	0.9		1.1	261.0	53.3	35.5	26.3	13.8	0.0	0.0	0.3	1.8	1.0	0.0	0.2	
Çölova		14.	2090.																			
K.	8.9	1	0	1253.0	1.3	15.0	0.9		6.0	238.0	24.0	16.0	11.8	6.2	0.0	0.0	0.0	6.2	9.7	0.1	0.2	
Başpınar			1060.																			
D.	8.3	6.9	0	636.0	5.0	50.0	0.3		47.0	74.0	35.1	23.4	17.3	9.1	0.1	0.8	2.9	5.2	9.9	0.3	0.4	
		11.	4460.																			
Kepir D.	8.7	6	0		6.5	67.0	2.2		2.0	196.0	43.6	29.1	21.5	11.3	0.3	0.1	7.7	8.8	1.1	0.1	0.1	
Sukesen																						
D.	8.6	7.9	702.0	421.0	8.5	80.0	0.1		10.0	29.0	34.3	22.9	16.9	8.9	0.1	0.1	3.6	4.3	4.1	0.1	0.2	
			1619.							124.												
ort.	8.3	8.9	6	636.9	6.6	63.4	0.6	0.0	20.8	9	36.3	24.2	17.9	9.4	0.1	0.2	3.0	4.9	7.3	0.15	0.2	

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	01.05.1977	
Doğum yeri	Kahramanmaraş	
Lise	1990-1993	Gaziantep Lisesi
Lisans	1993-1998	Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1999-2003	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Müh. Anabilim Dalı
Doktora	2003-	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Müh. Anabilim Dalı

Çalıştığı kurum

1998-2000 Mimko A.Ş Proje Mühendisi
 2000-2002 YTÜ İnşaat Fakültesi Araştırma Görevlisi
 2002-2004 Ümraniye Belediyesi Çevre Mühendisi
 2004- Devam ediyor Çevre ve Orman Bakanlığı

