

KÖYCEĞİZ GÖLÜ SU KALİTESİ YÖNETİMİ İÇİN EGÖLEM MODELİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

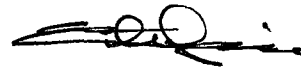
Çevre Müh. Tarık Tolga ÜSTÜN

75172

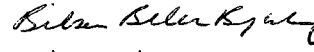
Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 28 Ağustos 1998

Tezin Savunulduğu Tarih : 1 Ekim 1998

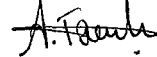
Tez Danışmanı : Prof. Dr. İ. Ethem GÖNENÇ

 04.10.1998

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Bilsen Beler BAYKAL

 4.10.1998

Doç. Dr. Ayşegül Baysal TANIK

 4.10.1998

EKİM 1998

ÖNSÖZ

Bir gölün ekolojisinde sonsuz sayıda parametre etkili olur diyebiliriz. Ekolojik bir modelin sağlıklı olabilmesi için çok çeşitli, peryodik, doğru bilgiye gereksinim vardır. Veri toplama çalışmalarım sırasında, ülkemizde gereğinin çok altında çalışma yapıldığını, ölçüm ve verilerin çok yetersiz olduğunu gördüm. Elinde biraz sağlıklı ve peryodik ölçüm olan bazı devlet kurumlarının ise bu bilgiye, akademik çalışma için kullanılacak olmasına rağmen anormal fiyatlar biçtiğine şahit oldum. Bazı çok değerli bilgilerin ise yayımlanamama ya da yanlış kütüphanecilik yönetimi sonucu raflarında tozlandığına içim acıdı. Bugün Avrupa ve Amerika’da birçok istatistiksel bilgiye ulaşmak, internet sayesinde bir bilgisayar tuşuna basmak kadar kolay iken, ülkemizde bir işkence yöntemi olarak tarihe geçeceğinden korkarım. Bu akademik çalışmada asıl amaca yönelik harcanan efordan ve zamandan daha fazlası, sıradan istatistiksel bilgilere ulaşmak için harcanmıştır.

Tez çalışmalarım boyunca bilgi ve deneyimi ile beni yönlendiren danışman hocam Sayın Prof. Dr. İ. Ethem GÖNENÇ’e, Köyceğiz Gölü Havzası ve alt havzaların belirlenmesinde yardımını ve değerli zamanını esirgemeyen Çevre Müh. Öcal Fazıl ÜÇ’e, çalışma bölgesine ait haritaların sayısallaştırılmasına katkılarından dolayı Harita Müh. Funda ÇAKIR’a, her zaman desteğini arkamda hissettiğim Çevre Müh. Osman SEVİMLİTÜRK’e, Çevre Teknolojisi Ltd. ve Proses Mühendislik Ltd. çalışanlarına teşekkür ederim.

26.8.1998

Tanık Tolga ÜSTÜN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SEMBOL LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ	xii
ÖZET	xiv
SUMMARY	xv
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Anlam ve Önemi	1
1.2 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	2
BÖLÜM 2 KÖYCEĞİZ GÖLÜ VE DRENAJ ALANI	4
2.1 Çalışma Alanı	4
2.2 Topoğrafik Yapı	4
2.3 Jeolojik ve Jeomorfolojik Yapı	5
2.4 Köyceğiz ve Çevresinde Genel İklim Yapısı	6
2.5 Hidrolojik ve Hidrojeolojik Yapı	8
2.6 Arazi Kullanımı ve Toprak Özellikleri	11
2.7 Sosyodemografik Yapı ve Nüfus	12
BÖLÜM 3 KİRLETİCİ KAYNAKLAR VE ATIK YÜKLERİ	15
3.1 Noktasal Kirletici Kaynaklar	15
3.1.1 Evsel Atıksular	15
3.2 Yayılı Kirletici Kaynaklar	16
3.3 Köyceğiz Gölü Su Kalitesi	18

BÖLÜM 4 EGÖLEM MODELİNİN YAPISI VE ÖZELLİKLERİ	20
4.1 Modelin Anlam ve Önemi	20
4.2 Ekolojik Model Kavramı	22
4.3 EGÖLEM Modelinde Kullanılan Bağıntılar	33
BÖLÜM 5 VERİ ANALİZİ	49
5.1 Meteorolojik Veriler	49
5.1.1 Denge Sıcaklığı Yöntemi	49
5.1.2 Isı Bütçesi Yöntemi	50
5.2 Geometrik Veriler	55
5.3 Hidrolik Veriler	58
5.3.1 Rüzgar Yöntemi	58
5.3.2 Stabilite Yöntemi	59
5.3.3 Gölden Su Çıkışı	61
5.3.4 Göle Su Girişi	63
5.3.5 Su Kütleri Dengesi	73
5.4 Su Kalite Verileri	77
BÖLÜM 6 MODELİN KALİBRASYONU VE DOĞRULAMASI	80
6.1 Modelleme Adımları	80
6.2 Kalibrasyonda Kullanılan DeneySEL Veriler	81
6.3 Kalibrasyon Sonuçları	82
BÖLÜM 7 SONUÇ VE ÖNERİLER	113
KAYNAKLAR	115
EKLER	117
ÖZGEÇMİŞ	119

SEMBOL LİSTESİ

C	: Termal Enerji
V	: Hidrolik Eleman Hacmi
A	: Hidrolik Eleman Alanı
Δz	: Hidrolik Eleman Kalınlığı
Qz	: Düşey Adveksiyon
D	: Difüzyon Katsayısı
Qi	: Yatay Debi Girişi
Q ₀	: Yatay Debi Çıkışı (m ³ /sn)
Ci	: Giriş Termal Enerji veya Konsantrasyon
S	: Kaynak ve Kuyu
θ	: Sıcaklık
ρ	: Yoğunluk
qsz	: Radyasyon Yoğunluğu
Vs	: Çökelme Hızı
K	: Havalanma Hız Katsayısı
Kd ₁ , Kd ₂	: Bozunma, Kimyasal Dönüşüm Hız Katsayıları
G	: Gelişme Hızı
S	: Solunum Hızı
Ö	: Ölüm Hızı
F	: Gelişme ile Alışveriş ve Serbest Kalan Ürünler Arasındaki İlişki Faktörü
E	: Gelişme ile Atıklar Arasındaki İlişki Faktörü

q_n	: Hava-Su Ara Yüzeyindeki Net Isı Enerjisi Transferi
q_{sn}	: Net Güneş Enerjisi Akışı
q_{at}	: Net Atmosferik Radyasyon Akışı
q_{ws}	: Su Yüzeyi Radyasyon Akışı
q_e	: Buharlaşma Isı Akışı
q_h	: Hassas Isı Akışı
q_o	: Atmosferde Yatay Bir Düzlemde Radyasyon Yoğunluğu
$f(A)$	: Hava Sütunu Özelliklerine Bağlı Atmosferik Kayıp Faktörü
R_l	: Su Yüzeyinde Yansıma
C	: Havanın Bulutluluk Ölçütü
I_o	: Güneş ve Dünya Arasında Ortalama Uzaklık İçin Atmosferdeki Radyasyon Sabiti
R	: Gerçek Dünya-Güneş Uzaklığının Ortalama Değere Oranı
α	: Enlem; Güneş Batışı Ve Yerel Güneş Saat Açısının Bir Fonksiyonu Olarak Radyasyon Yüksekliğinin Radyan Cinsinden İfadesi
C_{at}	: Amprik Katsayı
σ	: Stefan-Boltzman Sabiti
ϵ_w	: Su Yüzeyi Radyasyon Emişinin Gerçek Siyah Bir Kütlenin Emişine Oranı
E	: Buharlaşma
u	: Rüzgar Hızı
N	: Buharlaşma Katsayısı
P	: Atmosferik Basınç
g	: Yerçekimi İvmesi
$f(Ri)$	: Richardson Sayı Fonksiyonu
β	: Radyasyon Oranı

η	: Radyasyona Bağlı Katsayı
F	: Balık Konsantrasyonu
t	: Zaman
FG	: Balık Büyüme Oranı
Z	: Zooplankton
ZG	: Zooplankton Büyüme Oranı
B	: Bentik Hayvanların Konsantrasyon Eşitliği
P	: Alg Konsantrasyonu
PG	: Alg Büyüme Oranı
DET	: Detritus Konsantrasyonu
DS	: Detritus Çökme Hızı
S	: Organik Çökeltinin Konsantrasyon Eşitliği
KDET	: Detritus Bozunma Oranı
SS	: İnorganik Askıda Katıların Konsantrasyonu
SETL	: Çökme Oranı
SSOL	: İnorganik Çökeltinin Konsantrasyon Eşitliği
A	: Alg Konsantrasyonu
E	: Koliform Bakterisi Konsantrasyonu
KE	: Bozunan Koliform Bakterisi Oranı
L	: Son BOİ Konsantrasyonu
KL	: BOİ Bozunma Oranı
W	: Rüzgar Hızı
α_j, β_j	: Sıcaklığa Bağlı Amprik Katsayılar
Hn	: Net Isı Transfer Oranı

T_e	: Denge Sıcaklığı
I	: Işık Yoğunluğu
D_c	: Etkili Difüzyon Katsayısı
$E_{KRİTİK}$	: Su Kolonu Kritik Stabilitesi
E	: Su Kolonu Stabilitesi
A_2, A_3	: Amprik Sabitler
D_{min}	: Minimum Etkili Difüzyon Katsayısı
R_c	: Yeryüzüne Ulaşan Güneş Işınları Şiddeti
R_l	: Yeri Isıtan Güneş Işınları Şiddeti
E_a	: Kritik Buharlaştırma Yüksekliği
e_a	: Sıcaklığın Bir Fonksiyonu Olarak Buhar Basıncı
e	: Havadaki Gerçek Buhar Basıncı
n/D	: Güneşlenme Oranı
N	: Nisbi Nem
u_2	: Yerden 2 m. Yükseklikteki Rüzgar Hızı
Δ	: Çeşitli Sıcaklıklarda Doygun Buhar Basıncı Eğrisine Çiziler Teğetin Eğimi
Q	: Debi
i	: Yağış Yüksekliği
A	: Alan

ŞEKİL LİSTESİ

		<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1	Köyceğiz Gölü ve Su Toplama Havzası Haritası	9
Şekil 4.1	Egölem Modeli'nde Kalite ve Ekolojik İlişkiler	21
Şekil 4.2	Ekolojik İlişkiler	45
Şekil 4.3	Egölem Modeli'nde Hidrolik Yapının Kavramsal Gösterimi	46
Şekil 6.1	Köyceğiz Havzası Temmuz 1992 Sıcaklık Dağılımı	83
Şekil 6.2	Köyceğiz Havzası Temmuz 1992 Çözünmüş Oksijen Dağılımı	83
Şekil 6.3	Köyceğiz Havzası Temmuz 1992 NH ₃ -N Dağılımı	84
Şekil 6.4	Köyceğiz Havzası Temmuz 1992 NO ₃ -N Dağılımı	84
Şekil 6.5	Köyceğiz Havzası Temmuz 1992 NO ₂ -N Dağılımı	85
Şekil 6.6	Köyceğiz Havzası Temmuz 1992 PO ₄ -P Dağılımı	85
Şekil 6.7	Köyceğiz Havzası Eylül 1992 Sıcaklık Dağılımı	86
Şekil 6.8	Köyceğiz Havzası Eylül 1992 Çözünmüş Oksijen Dağılımı	86
Şekil 6.9	Köyceğiz Havzası Eylül 1992 NH ₃ -N Dağılımı	87
Şekil 6.10	Köyceğiz Havzası Eylül 1992 NO ₃ -N Dağılımı	87
Şekil 6.11	Köyceğiz Havzası Eylül 1992 NO ₂ -N Dağılımı	88
Şekil 6.12	Köyceğiz Havzası Eylül 1992 PO ₄ -P Dağılımı	88
Şekil 6.13	Köyceğiz Havzası Şubat 1993 Sıcaklık Dağılımı	89
Şekil 6.14	Köyceğiz Havzası Şubat 1993 Çözünmüş Oksijen Dağılımı	89
Şekil 6.15	Köyceğiz Havzası Şubat 1993 NH ₃ -N Dağılımı	90
Şekil 6.16	Köyceğiz Havzası Şubat 1993 NO ₃ -N Dağılımı	90

Şekil 6.17	Köyceğiz Havzası Şubat 1993 NO ₂ -N Dağılımı	91
Şekil 6.18	Köyceğiz Havzası Şubat 1993 PO ₄ -P Dağılımı	91
Şekil 6.19	Köyceğiz Havzası Nisan 1993 Sıcaklık Dağılımı	92
Şekil 6.20	Köyceğiz Havzası Nisan 1993 Çözünmüş Oksijen Dağılımı	92
Şekil 6.21	Köyceğiz Havzası Nisan 1993 NH ₃ -N Dağılımı	93
Şekil 6.22	Köyceğiz Havzası Nisan 1993 NO ₃ -N Dağılımı	93
Şekil 6.23	Köyceğiz Havzası Nisan 1993 NO ₂ -N Dağılımı	94
Şekil 6.24	Köyceğiz Havzası Nisan 1993 PO ₄ -P Dağılımı	94
Şekil 6.25	Köyceğiz Havzası Temmuz 1993 Sıcaklık Dağılımı	95
Şekil 6.26	Köyceğiz Havzası Temmuz 1993 Çözünmüş Oksijen Dağılımı	95
Şekil 6.27	Köyceğiz Havzası Temmuz 1993 NH ₃ -N Dağılımı	96
Şekil 6.28	Köyceğiz Havzası Temmuz 1993 NO ₃ -N Dağılımı	96
Şekil 6.29	Köyceğiz Havzası Temmuz 1993 NO ₂ -N Dağılımı	97
Şekil 6.30	Köyceğiz Havzası Temmuz 1993 PO ₄ -P Dağılımı	97
Şekil 6.31	Sultaniye Havzası Temmuz 1992 Sıcaklık Dağılımı	98
Şekil 6.32	Sultaniye Havzası Temmuz 1992 Çözünmüş Oksijen Dağılımı	98
Şekil 6.33	Sultaniye Havzası Temmuz 1992 NH ₃ -N Dağılımı	99
Şekil 6.34	Sultaniye Havzası Temmuz 1992 NO ₃ -N Dağılımı	99
Şekil 6.35	Sultaniye Havzası Temmuz 1992 NO ₂ -N Dağılımı	100
Şekil 6.36	Sultaniye Havzası Temmuz 1992 PO ₄ -P Dağılımı	100
Şekil 6.37	Sultaniye Havzası Eylül 1992 Sıcaklık Dağılımı	101
Şekil 6.38	Sultaniye Havzası Eylül 1992 Çözünmüş Oksijen Dağılımı	101
Şekil 6.39	Sultaniye Havzası Eylül 1992 NH ₃ -N Dağılımı	102
Şekil 6.40	Sultaniye Havzası Eylül 1992 NO ₃ -N Dağılımı	102

Şekil 6.41	Sultaniye Havzası Eylül 1992 NO ₂ -N Dağılımı	103
Şekil 6.42	Sultaniye Havzası Eylül 1992 PO ₄ -P Dağılımı	103
Şekil 6.43	Sultaniye Havzası Şubat 1993 Sıcaklık Dağılımı	104
Şekil 6.44	Sultaniye Havzası Şubat 1993 Çözünmüş Oksijen Dağılımı	104
Şekil 6.45	Sultaniye Havzası Şubat 1993 NH ₃ -N Dağılımı	105
Şekil 6.46	Sultaniye Havzası Şubat 1993 NO ₃ -N Dağılımı	105
Şekil 6.47	Sultaniye Havzası Şubat 1993 NO ₂ -N Dağılımı	106
Şekil 6.48	Sultaniye Havzası Şubat 1993 PO ₄ -P Dağılımı	106
Şekil 6.49	Sultaniye Havzası Nisan 1993 Sıcaklık Dağılımı	107
Şekil 6.50	Sultaniye Havzası Nisan 1993 Çözünmüş Oksijen Dağılımı	107
Şekil 6.51	Sultaniye Havzası Nisan 1993 NH ₃ -N Dağılımı	108
Şekil 6.52	Sultaniye Havzası Nisan 1993 NO ₃ -N Dağılımı	108
Şekil 6.53	Sultaniye Havzası Nisan 1993 NO ₂ -N Dağılımı	109
Şekil 6.54	Sultaniye Havzası Nisan 1993 PO ₄ -P Dağılımı	109
Şekil 6.55	Sultaniye Havzası Temmuz 1993 Sıcaklık Dağılımı	110
Şekil 6.56	Sultaniye Havzası Temmuz 1993 Çözünmüş Oksijen Dağılımı	110
Şekil 6.57	Sultaniye Havzası Temmuz 1993 NH ₃ -N Dağılımı	111
Şekil 6.58	Sultaniye Havzası Temmuz 1993 NO ₃ -N Dağılımı	111
Şekil 6.59	Sultaniye Havzası Temmuz 1993 NO ₂ -N Dağılımı	112
Şekil 6.60	Sultaniye Havzası Temmuz 1993 PO ₄ -P Dağılımı	112
Şekil A.1	Psikometrik Diyagram	117
Şekil B.1	Logaritmik Tabanda, Efektif Difüzyon Katsayısı'na Karşılık Gelen Yoğunluk Gradyanı	118

TABLO LİSTESİ

		<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1	Muğla ve Fethiye Meteoroloji İstasyonları'nda Ölçülen Bazı Meteorolojik Parametrelerin Ortalama Değerleri	7
Tablo 2.2	Köyceğiz Gölü, Su Toplama Havzası ve Alt Havzaların Sayısal Harita Ortamında Hesaplanmış Yüzey Alanları	10
Tablo 2.3	Köyceğiz Gölü Havzası'nda Arazi Kullanımı	12
Tablo 2.4	Köyceğiz Gölü Havzası İçinde Kalan Yerleşimlerin Nüfusları	14
Tablo 3.1	Köyceğiz Gölü Havzası'ndan Kaynaklanan Evsel Kirlilik Yükleri	16
Tablo 3.2	Yayılı Kaynaklardan Gelen Birim N ve P Yükleri	17
Tablo 5.1	Sıcaklığa Bağlı Ampirik Katsayılar	51
Tablo 5.2a	Meteorolojik Veriler	54
Tablo 5.2b	Meteorolojik Veriler	54
Tablo 5.3a	Köyceğiz Havzası Geometrik Verileri	56
Tablo 5.3b	Köyceğiz Havzası Geometrik Verileri	57
Tablo 5.4a	Sultaniye Havzası Geometrik Verileri	57
Tablo 5.4b	Sultaniye Havzası Geometrik Verileri	58
Tablo 5.5	Hidrolik Veriler	60
Tablo 5.6	Köyceğiz Gölü Yüzeyinden Aylık Buharlaşma Miktarı	63
Tablo 5.7	Çeşitli Araziler İçin Belirlenen Akış Katsayıları	64
Tablo 5.8	Yuvarlak Alt Havzası'nda Akışa Geçen Yağış Debisi	66
Tablo 5.9	Kargıcak Alt Havzası'nda Akışa Geçen Yağış Debisi	66
Tablo 5.10	Kocaöz Alt Havzası'nda Akışa Geçen Yağış Debisi	67

Tablo 5.11	Hamitköy Alt Havzası'nda Akışa Geçen Yağış Debisi	67
Tablo 5.12	Namnam Alt Havzası'nda Akışa Geçen Yağış Debisi	68
Tablo 5.13	Köyceğiz Havzası'nın Diğer Alt Havzalarında Akışa Geçen Yağış Debisi	68
Tablo 5.14	Çakmak Alt Havzası'nda Akışa Geçen Yağış Debisi	69
Tablo 5.15	Değirmen Alt Havzası'nda Akışa Geçen Yağış Debisi	69
Tablo 5.16	Çamlıdüz Alt Havzası'nda Akışa Geçen Yağış Debisi	70
Tablo 5.17	Sultaniye Havzası'nın Diğer Alt Havzalarında Akışa Geçen Yağış Debisi	70
Tablo 5.18	Köyceğiz Gölü Yüzeyine Düşen Yağış Miktarı	71
Tablo 5.19	Köyceğiz Gölü Su Toplama Havzası'ndaki Yerleşimlerin Tahmini Nüfusları ve Evsel Atıksu Miktarı	73
Tablo 5.20a	Köyceğiz Havzası Su Kütlesi Dengesi	75
Tablo 5.20b	Sultaniye Havzası Su Kütlesi Dengesi	76
Tablo 5.21	Köyceğiz Gölü Havzası'ndan Kaynaklanan Azot Yükleri	77
Tablo 5.22	Köyceğiz Gölü Havzası'ndan Kaynaklanan Fosfor Yükleri	78
Tablo 5.23	Köyceğiz Gölü'ne Giren Kaynaklardaki Azot ve Fosfor Konsantrasyonları	79

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Köyceğiz Gölü'ndeki kalite değişimlerini karakterize edebilen ve gelecekteki koşulları yansıtan senaryolarla simülasyon yapabilen EGÖLEM bilgisayar model programının kullanımıdır. EGÖLEM derinlik boyunca değişimi simule edebilen tek boyutlu ekolojik bir modeldir. Tezin bölümleri, kullanılan ekolojik model için gerekli veri düzenine uygun olarak oluşturulmuştur.

Bölüm I'de içme ve kullanma amaçlı kaynakların, su kalitesi değişimlerinin izlenmesi ve yönetim planlarının geliştirilmesinde model kullanımı ve EGÖLEM Modeli'nin tarihçesi incelenmiştir.

II. bölüm'de Köyceğiz Havzası'nın topoğrafik, hidrolojik, hidrojeolojik, iklim ve sosyodemografik yapısı incelenerek ekolojiyi oluşturan ana öğeler belirlenmiştir. 1/25000 ölçekli haritalardan yararlanılarak Köyceğiz Gölü ve su toplama havzası, göle akan büyük akarsular ve bu akarsuların su toplama havzaları çıkartılmış ve sayısallaştırılmak suretiyle bilgisayar ortamına atılmıştır. Sayısal harita ortamı sayesinde Köyceğiz Gölü Havzası'na ve alt havzalara ait tüm alanlar hassas bir şekilde hesaplanmıştır.

III. bölümde havza içinde bulunan kirletici kaynaklar ve bu kaynakların nitelikleri, kirlilik yükleri belirlenmiştir. Köyceğiz Gölü'nde halihazır su kalitesi incelenmiştir. T.C. Çevre Bakanlığı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ve Alman Teknik Standartlar Yöntemi ile yapılan sınıflandırma sonucunda Köyceğiz Gölü'nün su kalitesi II. Sınıf bulunmuştur. Gölün trofik durumunun mezotrofik olduğu tespit edilmiştir.

Bölüm IV'de ise "Ekolojik Model" kavramı ele alınarak, kullanılan EGÖLEM Modeli'nde kullanılan süreç ve mekanizmaların genel denklem ve ifadelerine yer verilmiştir.

Bölüm V'de modelde kullanılan yöntemlerin Köyceğiz Gölü'ne uygunluğunun tespiti ve seçimi yapılmıştır. Eldeki veriler modelde kullanılmaya uygun hale getirilmiştir. Su kütlesi dengesi oluşturulmuştur. Göle giren kaynaklardaki su kalitesi ve göl içi başlangıç koşulları çeşitli ölçüm sonuçlarından ve yaklaşımlardan yararlanılarak belirlenmiştir.

Bölüm VI'da modelin kalibrasyonu ve doğrulaması yapılmıştır. Gerçek ölçüm sonuçları ile simülasyon sonuçları grafikler halinde gösterilerek karşılaştırılmıştır.

Bölüm VII'de bu model çalışmasından elde edilen sonuçlar ve modelin devamına yönelik çalışmalara ışık tutabilecek öneriler verilmektedir.

EGÖLEM MODEL FOR WATER QUALITY MANAGEMENT OF LAKE KÖYCEĞİZ

SUMMARY

The aim of this study is to use of an ecological model called EGÖLEM for water quality and ecosystem management in Lake Köyceğiz. By an ecological based simulation model, the case of Lake Köyceğiz is studied and principles of modelling with management objectives are presented in detail.

In Chapter I the aim and scope of this study and the history of model is briefly given. This Model is created by US. Army Corps. Engineers and is firstly used for management of surface water basin in USA in the name of WQRRS (Water Quality for River Reservoir Systems). Afterwards it is improved and adapted to PC by Gönenç at. al. (ITU Environmental Eng. Dep.) The model can simulate water quality in one dimension which is depth.

Chapter II includes the introduction of project area and the characteristics of the drainage basin that are necessary in running the simulation model. The project area is located at the SW-corner of Turkey and is of great importance for promotion of tourism. The application of such a model requires preliminary studies concerning the topographical, hydrological, hydrogeological status of the water catchment area. Lake Köyceğiz and its water catchment area, the rivers in and their sub basins are defined by using maps scaled 1/25000 and become numerical in PC. All water sources discharging into the lake are determined in terms of flowrates and are evaluated on the basis of water quality parameters.

The significant factors affecting the water quality of the lake are land use, soil properties, flora and fauna of the catchment area. This direct effect is clearly observed during the hydraulic calculations. Mass balance studies show the major water source feeding the Lake Köyceğiz is groundwater.

In Chapter III, the pollution sources and their characteristics are evaluated. During the evaluation step, domestic wastewater and pollution sources arisen by agricultural activities are determined to be the two basic pollution sources affecting the lake. The major idea used during the application of the model is to access the effects of these two pollution sources on Lake Köyceğiz. Water quality of the lake Köyceğiz is discussed. Recent studies related to the water quality of the lake state is mesotrophic status. This observation is very important in the determination of time intervals required for setting the boundary conditions.

In Chapter IV, the application of the model at present, the concept of an ecological model and general structure of the EGÖLEM Model are described. The ecological model is mainly based on the concept of conservation of mass and on similar kinetic relationships. Conservation of mass equation is adapted to every element including hydraulic element forming the lake ecosystem. Each element is in close relationship with other elements present in the system. This expression may be stated as

$$\begin{aligned} \text{Mass Transfer} = & \text{Advection} + \text{Diffusion} + \text{Input} - \text{Output} \pm \text{Sedimentation} \pm \\ (\text{Energy Transfer}) & \text{Aeration} - \text{Decomposition} \pm \text{Chemical Transformation} \pm \\ & \text{Biological Transformation} \pm \text{Respiration} \pm \text{Photosynthesis} \pm \\ & \text{Respiration Products} \end{aligned}$$

This expression may be converted into mathematical form as:

$$\underbrace{V \frac{\partial C}{\partial t}}_1 = \underbrace{\Delta z \cdot Q_z \frac{\partial C}{\partial z}}_2 + \underbrace{\Delta z A_z D \frac{\partial^2 C}{\partial z^2}}_3 + \underbrace{Q_i \cdot C_i}_4 - \underbrace{Q_o \cdot C}_5 \pm \underbrace{V \cdot S}_6$$

(1) Mass Transfer

(2) Advection (Vertical variation)

(3) Diffusion

(4) Horizontal Input

(5) Horizontal Output

(6) Sink and Source

where V is the sink and source for abiotic materials may be expressed as:

$$S = \underbrace{V_s \cdot \frac{\partial C}{\partial z}}_1 + \underbrace{K_2 \cdot (C^* - C)}_2 - \underbrace{Kd_1 \cdot C}_3 + \underbrace{Kd_2 \cdot C}_4 - \underbrace{\sum G_n \cdot F_n \cdot K_n}_5 + \underbrace{\sum G_n A_n K_n}_6 + \underbrace{\sum S_n \cdot F_n \cdot A_n \cdot K_n}_6 + \underbrace{\sum \ddot{O}_n \cdot K_n}_7$$

- (1) Sedimentation
- (2) Aeration
- (3) Decomposition
- (4) Chemical Transformation
- (5) Biotic Changes
- (6) Biotic By-products
- (7) Decay Products

Similar expression can also be given for biotic materials as;

S : Sedimentation + Growth, respiration and decay + Food materials

The above listed expressions are, on the whole, the main approaches taken into consideration. This model uses thermal energy and temperature together with biotic;

- Fish (Three different types)
- Benthic animals
- Zooplankton
- Phytoplankton (two different types)
- Coliform Bacteria

and, abiotic;

- Detritus
- Organic sediments (or sedimented detritus)
- Inorganic suspended matter
- Dissolved phosphate
- Dissolved ammonia, etc.

Parameter and is able to simulate these parameters.

In the model, phytoplanktons are based in the heart of the ecological processes. The trophic relationship between phytoplankton and nutrients control mechanism governing the water quality criteria of the lake.

For the achievement of the mineralization, nitrification, biochemical oxidation and respiration processes, O_2 through natural aeration and dissolved O_2 present in the water as a result of photosynthesis is used. The end product of respiration is CO_2 and is used by the algae. In the model, the lake is identified in terms of finite elements in vertical direction. These elements are characterized in the model in terms of their thickness, surface areas and their volumes. For each element it is assumed that water body is of completely mixed type and that variations in only vertical direction are considered.

Thus, the variations in horizontal directions and sideways are ignored. Input and output data can be supplied to each element in the model. All the relationships mentioned above can be solved by finite elements procedure and the variations of the required parameter can be calculated in terms of date and time. The EGÖLEM software prepared to serve for the purpose of this study contains main and 19 subroutine programs.

In Chapter V, the evaluation of data received by the application of the model are represented. The data is used in the software is listed under five groups; meteorological data, geometrical data, hydraulic data, quality parameters and others.

Meteorological data is used to calculate the thermal transfer of water surface. In the model one of the two calculation procedures may be used. These are named as Heat Budget Method and Equilibrium Temperature Method. In the equilibrium temperature method, if the water clearness and decomposition of element thickness is the main part of the radiation along the element surface errors may be seen during the estimation of surface temperature. It is recommended to use heat budget method if the average Secchi Disc depth is greater than the element thickness. The meteorological data used in model is average of Fethiye and Muğla Stations' measurements.

Two methods can be used for determining the diffusion in the lake. These are Wind Method and Stability Method. If the wind is the dominant turbulent mixing force in reservoir, wind method is useful. The stability method of computing the effective diffusion coefficients is appropriate for most deep, well stratified reservoirs and shallower reservoirs where wind mixing is not the dominant turbulent mixing force. Stability method is used in model for the Lake Köyceğiz is well stratified reservoir. This method is based on the assumption that mixing will be at a minimum when density gradient or water column stability is at a maximum.

In Model, Lake Köyceğiz is evaluated two different lakes. One is Köyceğiz Basin, the other is Sultaniye Basin. The thickness of vertical layer selected 1 m.

There are 9 inputs to Köyceğiz Basin. 6 are rivers, 1 is rain fall in lake surface, 1 is domestic wastewater and 1 is groundwater. Only one output is to Sultaniye Basin.

Sultaniye Basin have 8 inputs. 4 are rivers, 1 is rain fall in lake surface, 1 is domestic wastewater and 1 is groundwater and one is from Köyceğiz Basin. Only one output is Dalyan Channel.

Some of the quality values of water sources are collected from literature, some of them are determined by using unit pollutant loads.

Chapter VI include the the calibration and verification studies of model. In water quality modelling study of Lake Köyceğiz, the quality measurements in 1992-1993 are used. In the calibration part of model, the simulation results are correlated with experimental data to come out with the coefficients symbolizing the lake. The processes and mechanisms controlling the model and its coefficients are checked with experimental data in 1993.

Chapter VII is the final part. As a result of this study, EGÖLEM Model can be used in Lake Köyceğiz for long term basis to observe the future water quality variations by evaluating two different lakes of Köyceğiz Basin and Sultaniye Basin.



BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Anlam ve Önemi

Dünyadaki hızlı nüfus artışı ve sanayileşme çevre kirliliğini de beraberinde getirmiştir. Günümüzde gittikçe artan bir kirlenmeyle karşı karşıya kalan yüzeysel su kaynaklarının korunması ve yönetimi çeşitli yaklaşımlarla çözülmeye çalışılmaktadır. Bu yaklaşımlarda modelleme çalışmaları yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Modelleme çalışmaları sayesinde bir yüzeysel su kaynağının hangi koşullarda nasıl davranacağı önceden kestirilebilmektedir.

Su havzası içinde, havzanın özelliklerine uygun olarak yapılan çeşitli arazi kullanım planları sonucunda ortaya çıkabilecek atık yüklerinin, rezervuar/göl su kalitesi ve ekolojisine yapacağı olası etkilerin önceden belirlenmesi ve buna göre ya planlarda gerekli değişikliklerin yapılması ya da bu planın uygulanması halinde alınacak önlemlerin saptanması büyük önem taşımaktadır. Bunu yapabilmek için yöneticilerin elindeki en önemli araç modellerdir.

Alıcı ortamlarda modellemenin amaçları aşağıda maddeler halinde verilmiştir;

1. Halihazırda, su kalitesi ve kantitesi hakkında bilgi temini, (Su kalitesi verilerinin toplanması) ve gereken ek bilgilerin belirlenmesi.
2. Su kaynağında, mevcut veya gelecekte yapılması olası deşarjların su kalitesini bozucu zararlı etkisinin saptanması.
3. Su kaynağının yönetiminde düzenleme yapılması.
4. Su kalitesi amaçlarını gerçekleştirirken kabul edilebilecek koşulların hesap edilmesi.

5. Kirlenmeyi önleme stratejisinin geliştirilmesi ve formülasyonu.
6. Su kalitesinin ölçümü için bir metodolojinin geliştirilmesi.
7. Su kaynağında denetim ve işletme gereksiniminin ortaya konması.
8. Arıtma sistemlerinin tasarımında optimum seçeneklerin oluşturulması.
9. Su kalitesi ölçüt ve standartlarının hazırlanması ve gerekli değişikliklerin yapılması.
10. Yararlı kullanımların saptanması.
11. Fayda-maliyet analizleri için veri sağlama.

1.2 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Bu çalışma, turistik ve ekolojik açıdan oldukça büyük öneme sahip olan Köyceğiz-Dalyan Göl ve Lagünü'nün korunmasına yönelik çalışmalara temel hazırlamak amacıyla Köyceğiz Gölü'ndeki su kalite değişimlerini karakterize edebilen ve gelecekteki koşulları yansıtan senaryolarla simülasyon yapabilen bir bilgisayar model programının veri tabanının oluşturulması ve kalibrasyonunun yapılmasıdır. Bunun için kullanılan EGÖLEM Modeli tek boyutlu ekolojik bir modeldir.

İlk olarak Amerika Birleşik Devletleri Ordu Araştırma Merkezi Mühendisleri tarafından oluşturulan bu model WQRRS (Water Quality for River Reservoir Systems) adıyla Amerika'da su havzalarının yönetiminde kullanılmış olup, rezervuar ve göllerde derinlik boyunca su kalitesi ve ekolojik değişimi simüle edebilen bir yazılımdır. Daha sonra Gönenç vd. (İ.T.Ü. Çevre Müh. Böl.) tarafından geliştirilerek PC'ye adapte edilmiş ve EGÖLEM Modeli adıyla çeşitli çalışmalarda kullanılmıştır. Yazılımın dili FORTRAN'dır.

Bu modelde, Köyceğiz Gölü'nün su kalite değişimini ifade eden katsayılar belirlenmeye çalışılmıştır. Eldeki verilerin yetersizliği nedeniyle modelin sonuçlarının hassasiyetinde verilerin hassasiyeti direkt olarak etkili olmuştur. Bazı parametreler yeterli hassasiyette iken bazı parametreler için uzun yıllara ait ortalama değerler kullanılmış, bazı parametreler için ise çeşitli yaklaşım ve kabuller yapılmak yoluna gidilmiştir. Köyceğiz Gölünde 1992-1993 yıllarında yapılan kalite ölçümleri[1] kullanılarak modelin kalibrasyonu yapılmıştır.



BÖLÜM 2

KÖYCEĞİZ GÖLÜ VE DRENAJ ALANI

2.1 Çalışma Alanı

Köyceğiz Gölü ve su toplama havzası Türkiye'nin güneybatısında, Ege Bölgesi'nde bulunan Muğla İli sınırları içinde, Köyceğiz-Dalyan Özel Çevre Koruma Bölgesi'nde yer almaktadır. Köyceğiz-Dalyan Özel Çevre Koruma Alanı kendine özgü bir tarihsel, kültürel ve ekolojik değere sahiptir. Bu bölge İztuzu Plajı'nda yuva yapan deniz kaplumbağası *Caretta caretta*, antik bir Karya kenti olan Kaunos ve kükürtlü su kaynakları bulunan Köyceğiz Gölü ile tanınır. [2] Köyceğiz Gölü'nü Ege Denizi'ne bağlayan 14 km uzunluğunda ve 1,5-2 m derinliğindeki kanal üzerinde çok sayıda dalyan bulunur. Gölün yüzey alanı yaklaşık 54,5 km², drenaj alanı yaklaşık 1072,7 km²'dir.

2.2 Topografik Yapı

Köyceğiz Gölü'nün güneyinde Dalyan İlçesi, İztuzu ve Akdeniz bulunmaktadır. Havzanın kuzey kısmı orman ve fundalıklarla kaplıdır. Göl güney ve güneydoğudan geniş tarım toprakları, kuzey ve batıdan tepelerle çevrilidir. Bölgenin en yüksek noktası gölün batısında kalan Ülemez Dağı'dır (937 m.).

Pleistosen'de, Akdeniz ve çevresinde görülen yağışlı dönem sonunda, bugün bölgede yazın kuruyan ve yağışlı dönemde su içeren akarsuların, oldukça geniş yatakları vardır. Bu yağışlı dönemde dik yamaçlardan körfeze inen suların getirdikleri malzemeler, körfezi hızla doldurmuş, bu dolma sonucu kısmen bataklık kısmen kuru ovalar ortaya çıkmıştır. Bu olayı özellikle Namnam ve Kargıcak Çayları'nın göle açılma bölgelerinde görmek mümkündür. Daha sonra akarsular, oluşan ovalardan

geçerek körfeze dökülmeye başlamıştır. Akarsular, getirdikleri malzemelerle körfezi doldurmaya devam etmiş ve o dönemlerde yaklaşık 210 km²'lik bir alana sahip olan Köyceğiz Gölü'ne dönüşmüştür. Pleistosen'den sonra buzul sonrası dönemde Akdeniz 100 m kadar yükselmiş ve deltalar su altında kalmıştır. Daha sonra çay ve derelerin yataklarında ve göle dökülme yerlerinde değişiklikler belirmiş ve bugünkü topografya ortaya çıkmıştır. [1]

Köyceğiz Gölü çevresindeki Hamit, Köyceğiz, Yuvarlak ve Dalyan Ovaları, delta ovalarıdır. Bütün ovalar Pleistosen'de ortaya çıkmışlardır ve halen Namnam, Kargıcak ve Yuvarlak Çay'ın getirdiği alüvyonlarla ağır da olsa büyümeye devam etmektedir. [1]

2.3 Jeolojik ve Jeomorfolojik Yapı

Köyceğiz-Dalyan bölgesi birçok jeolojik olay sonucunda bugünkü yapısına ulaşmıştır. Bölgedeki dağların, ovaların hemen bitiminde dik bir şekilde yerleşmiş olması, havzanın tektonik bir depresyon alanı olduğunu göstermektedir. Köyceğiz Gölü çevresinin Anadolu'nun önemli deprem bölgeleri arasında yer alması ve yüksek şiddette depremler olması, şiddetini yitirmiş olmakla beraber tektonik hareketlerin hala devam etmekte olduğunu gösterir. Bölgede iki önemli fay hattı bulunmaktadır. Bunlardan birisi Köyceğiz Gölü'nün güneyinde, güneybatıdan kuzeydoğuya uzanmaktadır. Bu fay hattı üzerinde Sultaniye Kaplıcası bulunmaktadır. Bu fay hattında ayrılan küçük bir fay hattı ise güneydoğu yönünde, kanal girişinden Marmarlı Havalisi'ne kadar uzanmakta olup üzerinde Velibey, Rıza Çavuş ve Kokargirme olarak bilinen sıcak ve soğuksu kaynakları kanal kenarında, Marmarlı Kaynağı ise daha iç kısımda yer almaktadır. İkinci fay hattı Köyceğiz Gölü'nün içinden geçer ve güney-kuzeybatı yönünde uzanır. [1]

Bölgedeki dağlar zerpantin, peridotit ve kalkerden oluşmuştur. Çevredeki akarsular, kaynak suları ve göl suyunun iyonik bileşimi bu yapılardan etkilenmektedir. Sülfatın özellikle mesozoik kalkerli bölgelerden kaynaklandığı görülmektedir. [1]

Köyceğiz Gölü, jeolojik yapısı nedeniyle iki havzaya bölünmüştür. Büyük olan Köyceğiz Havzası kuzeyde, daha küçük olan Sultaniye Havzası ise güneyde yer alır. Gedova ve Yanburun mevkiileri arasında kalan boğazda bulunan yükselti, bu iki havzayı ayıran doğal bir engeldir. Bu engelin yüksekliği, Gedova'dan Yanburun'a doğru 2 m'den 13 m'ye kadar inmektedir. Bu yükseltinin yanburun önünde yer alan 11 -13 m derinlikteki çöküntü kısmı bir boğaz şeklinde iki havzanın su kütlesinin bu derinlikte karışmasını sağlamaktadır. [1]

2.4 Köyceğiz ve Çevresinde Genel İklim Yapısı

Bölgede tipik Akdeniz İklimi görülür. Bölgeye en yakın, hem kuzey-güney hem de doğu-batı doğrultularında Köyceğiz Gölü ve Havzası'ndan yaklaşık eşit mesafede bulunan Muğla Meteoroloji İstasyonu ve Fethiye Meteoroloji İstasyonu ortalama verilerine göre Köyceğiz Gölü ve çevresinde yıllık ortalama hava sıcaklığı 16,7 °C, yılın en sıcak ayı ortalama 26,8 °C ile temmuz, en soğuk ayı ise ortalama 7,9 °C ile ocak'tır. [3]

Muğla Meteoroloji İstasyonu ve Fethiye Meteoroloji İstasyonu ortalama verilerine göre Köyceğiz Gölü ve Havzası'nda yıllık toplam yağış miktarı 1031,1 mm.'dir. En yağışlı ay aralık, en kurak ay ise ağustostur. Aralık ayındaki ortalama yağış miktarı 250,5 mm., ağustos'da ise 4,4 mm'dir. [3]

Kış aylarında Toroslar'ın yüksek yerlerinde sıcaklıktaki değişiklik nedeniyle ortaya çıkan yüksek basınçtan, Akdeniz'deki alçak basınca doğru olan hava hareketleri, doğu sektörlü rüzgarların frekansında bir artış yaratmaktadır. Yaz aylarında ise kuzey sektörlü rüzgarlar hakimdir. Denizle karanın farklı derecede ısınması nedeniyle bölgede öğleye doğru başlayarak denizden karaya doğru esen ve şiddetini gittikçe artırarak akşama kadar devam eden (saat 11.00-18.00 arası) rüzgarlar görülmektedir. [1]

Muğla ve Fethiye istasyonlarında ölçülen bazı meteorolojik parametrelerin ortalamaları (Tablo 2.1)'de verilmiştir.

Tablo 2.1 Muğla ve Fethiye Meteoroloji İstasyonları'nda Ölçülen Bazı Meteorolojik Parametrelerin Ortalama Değerleri

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Muğla Meteoroloji İstasyonu												
Sıcaklık (°C)	5,4	6,1	8,3	12,5	17,5	22,5	26,0	25,7	21,5	15,8	10,8	7,1
Bağıl Nem (%)	67	74	68	63	58	46	39	40	47	61	74	79
Yağış Miktarı (mm)	261,7	181,2	120,4	64,1	48,6	21,9	6,8	7,3	18,5	75,4	123,1	279,1
Yağışlı Gün Sayısı	17,1	13,4	11,1	8,7	7,5	3,4	1,3	1,1	2,5	7,1	10,3	16,1
Güneşlenme Süresi (st)	3,47	4,55	6,12	7,35	9,27	9,62	12,25	11,46	10,09	7,24	5,30	3,54
Güneş Işınları Şiddeti (cal/cm ²)	151,45	209,05	298,40	368,47	450,28	515,17	496,80	462,13	371,44	269,51	184,75	141,47
Rüzgar Hızı (m/sn.)	3,2	3,4	3,4	3,3	3,0	3,7	4,0	3,8	3,4	2,7	2,6	3,1
En Güçlü Rüzgar Yönü	N, NE	SSE	NE	SE	S	SSW	NE	NNE	ESE	WSW	NE	SW
Fethiye Meteoroloji İstasyonu												
Sıcaklık (°C)	10,3	11,3	13,1	16,4	20,7	25,0	27,6	27,5	24,2	19,3	15,0	11,8
Bağıl Nem (%)	74	73	70	76	68	62	58	61	64	71	76	75
Yağış Miktarı (mm)	211,8	145,6	88,4	35,7	27,5	4,1	4,0	1,5	14,3	71,0	120,7	221,2
Yağışlı Gün Sayısı	15,0	12,0	9,4	6,4	4,4	1,1	0,3	0,3	1,4	6,0	8,8	14,6
Güneşlenme Süresi (st)	5,59	5,48	6,33	7,80	7,42	10,30	10,83	10,77	9,77	7,39	5,68	4,21
Güneş Işınları Şiddeti (cal/cm ²)	223,51	293,11	384,41	492,54	500,42	538,33	593,25	537,60	474,57	333,42	228,03	176,72
Rüzgar Hızı (m/sn.)	1,2	1,4	1,5	1,5	1,4	1,5	1,6	1,4	1,3	1,2	1,0	1,2
En Güçlü Rüzgar Yönü	SSE	ESE	SSE	WSW	E	NNW	NE	SW	WSW	NNW	SSW,SW	SSE

2.5 Hidrolojik ve Hidrojeolojik Yapı

1/25000'lik haritalardan yararlanılarak Köyceğiz Gölü ve su toplama havzası, göle akan büyük akarsular ve bu akarsuların su toplama havzaları çıkartılmış ve sayısallaştırılmak suretiyle bilgisayar ortamına atılmıştır. Sayısallaştırma sonucu oluşan harita (Şekil 2.1)'de görülmektedir. Sayısal harita ortamı sayesinde Köyceğiz Gölü Havzası'na ve alt havzalara ait tüm alanlar hassas bir şekilde hesaplanmıştır. Hesap sonuçları (Tablo 2.2)'de verilmiştir. Köyceğiz Gölü ve su toplama havzası toplam alanı, 1127,2 km², Köyceğiz Gölü yüzey alanı 54,5 km²'dir. Köyceğiz Gölü drenaj alanı ise 1072,7 km²'dir. Göl uzunluğu yaklaşık 12 km'dir.

Köyceğiz Havzası'nın derinliği göl tabanının ortalarında 25 m civarında olup, maksimum derinlik Bağ Adası önünde saptanan 55 m'dir. Daha küçük olan Sultaniye Havzası'nın derinliği ise göl tabanının ortalarında 28 m civarında olup, maksimum derinlik Kirsele Adası yakınlarında 30 m'dir. [1]

Gölü besleyen başlıca akarsular şunlardır;

Köyceğiz Havzası'na dökülenler

- Yuvarlak Çay
- Kargıcak ve Yangı Dereleri
- Kocaöz Çayı
- Hamitköy Toplama Kanalı
- Namnam Çayı

Sultaniye Havzası'na dökülenler

- Çamlıdüz Deresi
- Değirmendere
- Çakmak Deresi

Tablo 2.2 Köyceğiz Gölü, Su Toplama Havzası ve Alt Havzaların Sayısal Harita Ortamında Hesaplanmış Yüzey Alanları

Havza Adı	Yüzey Alanı (m ²)
Köyceğiz Havzası	
Akçakavak I	11489281
Karanlık	14406265
Yuvarlak	113544495
Erekli	14629723
Zeytinalanı	15070955
Kargıcak ve Yangı	78864988
Kocaöz	43943494
Karaoğlu	4821494
Hamitköy	10677354
Açıkgeren	4447022
Namnam	604485065
Kemiklisu	1576214
Toplam	1014052350
Göl Yüzeyi	38562575
Sultaniye Havzası	
Akçakavak II	10833955
Karnıklı	3807202
Çakmak	13442263
Değirmen	10801169
Çamlıdüz	17453730
Kirsele	2286481
Toplam	58624800
Göl Yüzeyi	15903493

Bu akarsuların en büyükleri Namnam ve Yuvarlak Çay ile Kargıcak deresidir. Gölde tek çıkış ise Ege Denizi'ne bağlanan 14 km uzunluğunda, 1-2 m derinliğindeki kanaldır.

Köyceğiz gölü temelde yeraltı suyu kaynakları ile beslenmektedir. Yeraltı suyu hidrolik eğimi Köyceğiz Gölü'ne denize ve Dalyan Kanalı'na doğrudur. Mevsimlik yeraltı suyu değişimleri, mayıs ve kasım ayları arasında 0.05-6.55 m arasındadır. Bölgedeki ovaların yeraltı suyu boşalımı, suni boşalım ve denize yeraltı suyu akışı olmak üzere iki şekilde gerçekleşmektedir. [1]

Köyceğiz Gölü Türkiye’de bilimsel olarak tanımlanmış ilk meromitmik göldür. Meromitmik bir gölde üstteki su kütlesi, alttaki su kütlesi ile karışmayıp yalıtılmış bir durumda kalmaktadır. Köyceğiz Gölü’nün denizden ayrılan bir körfezden ortaya çıktığı ve alttaki su tabakasının tuzlu su olduğu gözönüne alınırsa bu göldeki meromiksisin kalıcı bir meromiksis olduğu söylenebilir. Meromiksis sınıflandırmasında Köyceğiz Gölü’nün ektogenik ve krenojenik meromiksis olduğu söylenebilir. Ektogenik meromiksiste bazı dış etkenlerle tatlı su içeren bir gölde tuzlu suyun alt tabakaya ya da tuzlu su içeren bir gölde tatlı suyun üst tabakaya girişi söz konusudur. Her iki durumda da üstteki yani miksolimniondaki su kütlesinin yoğunluğu, alttaki yani monilimniondakine göre daha düşüktür. Krenojenik meromiksis bir göl içinde bulunan kaynaklardan göle karışan tuzlu suyun, alt bölgede birikimi sonucunda ortaya çıkan meromiksis tipidir. [1]

Gölde özellikle yeraltısuyu kaynaklarının etkin olduğu ilkbahar-yaz döneminde birbirine çok yakın derinliklerde fiziksel ve kimyasal veriler yönünden farklı su tabakaları görülmektedir. Kasım-ocak aylarını kapsayan dönemde ise yeraltısuyu kaynaklarının etkisinin azalması nedeni ile bu tabakalar ortadan kalkmaktadır. [1]

Gölün tek çıkışı olan Dalyan Kanalı’nda, sağlıklı bir tek debi ölçüm çalışmasına rastlanmıştır. Bu çalışma 1998 yılı haziran ayında Gönenç vd. (İ.T.Ü. Çevre Müh. Böl.) tarafından yapılmıştır. Ay içerisinde çeşitli zamanlarda yapılan ölçümler sonucunda Dalyan Kanalı haziran ayı ortalama debisi $60 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak tespit edilmiştir.[4].

2.6 Arazi Kullanımı ve Toprak Özellikleri

Göl, kanal, bataklık, sazlık, kumluk, kıyı ve sığla ormanı gibi değişik ekosistemlerden oluşan sulak bir alandır. Çevredeki tepe ve dağlar makilikler ve çam ormanları ile kaplıdır. Gölün üzerinde bazıları çamlarla kaplı adacıklar bulunmaktadır. Güneydoğu, doğu ve kuzey kıyıları geniş sazlıklarla kaplıdır. Göl ve delta geniş tarım topraklarıyla çevrilidir. Pamuk, susam, mısır, turuncgiller ve buğday başlıca tarımsal ürünlerdir. Zeytinlikler daha yüksek noktalarda bulunur.

Özellikle sebze seracılığı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Bölgede Güneybatı Anadolu ve Rodos Adası'na özgü olan sığıladan oluşan ormanlar bulunur. Sığıla'dan çıkarılan yağ ilaç ve parfüm endüstrisinde kullanılmaktadır.

Köyceğiz Gölü Havzası'nda arazi kullanımı getirilen yaklaşımda tüm alt havzalar ayrı Namnam Çayı Alt Havzası ise ayrı olarak değerlendirilmiştir. Bunun nedeni Namnam Çayı Alt Havzası'nın diğer tüm alt havzaların alanları toplamından büyük olması ve ağırlıklı olarak orman alanlarıyla kaplı olmasıdır. Diğer alt havzalar için yapılan genelleme Namnam Çayı Alt Havzası'nı temsil etmemektedir. Arazi kullanım oranları harita çalışmalarında edinilen tecrübe sonucu yaklaşık olarak belirlenmiştir. Kesin değerler olarak kabul edilmemelidir.

Tablo 2.3 Köyceğiz Gölü Havzası'nda Arazi Kullanımı

Arazi Kullanım Kategorisi	Alan (ha)	Kara Alanı (%)
Namnam Çayı Alt Havzası		
Orman Alanı	45336	75
Sazlık	3022	5
Tarım Alanı	4232	7
Yerleşim Alanı	4232	7
Kayalık Alan	3627	6
Toplam Alan	60449	100
Diğer Alt Havzalar		
Orman Alanı	18234	49
Sazlık	6698	18
Tarım Alanı	5581	15
Yerleşim Alanı	5581	15
Kayalık Alan	1116	3
Toplam Alan	37210	100

2.7 Sosyo Demografik Yapı ve Nüfus

Havza içerisindeki en büyük yerleşim Köyceğiz ile merkezidir. Ayrıca çok sayıda köy bulunmaktadır. Bu köylerden bir kısmı Ula İlçesi sınırları içerisindeydir. Yönetim statüsünün ile merkezi oluşu nedeniyle, kamu hizmetleri Köyceğiz'de yoğunlaşmıştır. Köyceğiz'de yönetim (kamu) hizmetlerinde çalışan personel sayısı

yaklaşık 700 kişidir. Bunların büyük çoğunluğu belediyede, orman işletmesinde, eğitim ve sağlık hizmetlerinde istihdam edilmektedir.

Bölge ekonomisi geleneksel olarak tarım sektörüne dayanmaktadır. Son yıllarda, özellikle bahçecilik ve seracılık alanında ileri tekniklerin kullanıldığı bu sektörde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir.

Nüfus artışının fazla yüksek olmadığı durgunluk yaşanan bir dönemden sonra, doksanlı yıllarada tamamen turizme dayalı hızlı bir artış gözlenmiştir. Bölge ile ilgili yayınlar ve Dalaman Havalimanı'nın yapılması bu gelişmeyi körüklemiştir. Ekonomisi doğrudan doğruya turizme bağlı olmayan Köyceğiz'de nüfus artış oranı orta düzeyde olmakla birlikte gittikçe artma eğilimi göstermektedir. Geçmiş yıllara ait nüfus verileri Köyceğiz ve Dalyan nüfus artış hızının Muğla İli'nin toplam nüfus artış hızından daha düşük olduğunu göstermektedir. 1985-1990 yılları arasında yıllık ortalama nüfus artış hızı ise Köyceğiz Gölü Havzası'nda 0.013 olarak belirlenmiştir. Aynı dönemde Muğla İli nüfus artış hızı ise 0.029 olmuştur. Bölgede ekonominin tarıma dayalı olması nedeniyle kırsal nüfusun toplam nüfus içindeki payı kentsel nüfustan daha yüksektir. [5]

Tarım ve turizmin yanısıra Köyceğiz'de imalat sektörü nispeten biraz daha fazla gelişmiştir. Tarım ve belediye araçları üreten Köytaş fabrikası bölgedeki orta ölçekli en büyük tesistir. Ayrıca Köyceğiz ve Dalyan'da tarım donanım üretimi, pamuk işleme, gıda sanayi alanlarında faaliyet gösteren küçük ölçekli tesisler ve tamir bakım atölyeleri de bulunmaktadır.

Köyceğiz Gölü Havzası içinde kalan yerleşimlerin 1980-1990 yılı nüfus sayım sonuçları (Tablo 2.4)'de verilmiştir. [5,6,7]

Tablo 2.4 Köyceğiz Gölü Havzası İçinde Kalan Yerleşimlerin Nüfusları

YERLEŞİMLER	1980	1985	1990
Köyceğiz Havzası			
Köyceğiz	5346	6232	6406
Beyobası	1747	1955	2235
Döğüşbelen	1319	1337	1582
Hamitköy	874	970	1039
Köyceğiz	865	811	876
Toparlar	1578	1766	2231
Yangı	1579	1715	2059
Zeytinalanı	915	1200	1345
Armutçuk	351	339	297
Çiçekli	260	225	197
Karaböğürtlen	1306	1389	1403
Kavakçalı	391	339	416
Kıyra	609	665	492
Kızılyaka	1593	1732	1482
Sarayyanı	667	646	668
Toplam	19400	21321	22708
Sultaniye Havzası			
Kavakarası	757	775	755
Kürkçüler	270	311	378
Toplam	1027	1086	1153

BÖLÜM 3

KİRLETİCİ KAYNAKLAR VE ATIK YÜKLERİ

3.1 Noktasal Kirletici Kaynaklar

Köyceğiz Gölü Su Toplama Havzası'ndaki kara kökenli kirletici kaynaklar şu şekilde tanımlanabilir;

Noktasal Kaynaklar

- Evsel Kirletici Kaynaklar

Yayılı Kaynaklar

- Tarım ve Orman Alanlarından Gelen Kirleticiler
- Yerleşim Alanları Yağmur Suları Drenajları
- Katı Atık Depolama Sahalarından Gelen Kirleticiler

3.1.1 Evsel Atıksular

Köyceğiz Gölü'nün kirlenmesinde payı olan evsel kirleticiler, yerleşim alanları, rekreasyon alanları ve turistik tesislerden kaynaklanmaktadır.

Köyceğiz Gölü Su Toplama Havzası'ndan kaynaklanan evsel kaynaklı kirlilik yükleri 1990 yılı için (Tablo 3.1)'de verilmiştir.

Kirlilik yüklerinin hesabında kullanılan birim kirletici yükleri;

BOİ₅ : 60 g/kişi.gün
 AKM : 90 g/kişi.gün
 Toplam N : 12 g/kişi.gün
 Toplam P : 3 g/kişi.gün

olarak kabul edilmiştir. [8]

Tablo 3.1 Köyceğiz Gölü Havzası'ndan Kaynaklanan Evsel Kirlilik Yükleri (kg/gün)

Yıl	Nüfus	BOİ ₅	AKM	Toplam N	Toplam P
1990	23861	1432	2148	286	72

Köyceğiz İlçe Merkezi'nde İller Bankası tarafından 1975 yılında merkezi kısmının inşaatına başlanmış fakat yarım bırakılmış bir kanalizasyon şebekesi mevcuttur. Ev bağlantıları yapılmadığı için işlevini yerine getirememiş ve zaman içinde sürüntü malzemeleri ile dolarak kullanılmaz hale gelmiştir. Köyceğiz'de henüz herhangi bir atıksu toplama ve arıtma sistemi bulunmamaktadır. Köyceğiz merkez yerleşiminde sızdırmaz, kırsal bölgelerde ise sızdırmalı foseptikler yolu ile atıksular uzaklaştırılmaktadır.

Bölgede, Köyceğiz İlçesi merkez yerleşimindeki birkaç küçük tamirhane ve bakım atölyesi dışında herhangi bir endüstriyel atıksu kaynağı yoktur. Bu tamirhane ve atölyelerden kaynaklanan endüstriyel atıksular ihmal edilecek kadar az miktardadır.

3.2 Yayılı Kirletici Kaynaklar

Köyceğiz Gölü Havzası'nda arazi kullanımı (Tablo 2.3)'de görüldüğü gibi ağırlıklı olarak orman alanı ve tarım arazisidir. Köyceğiz Gölü'nün su kalitesinin olumsuz yönde değişmesinde evsel atıklardan öteye tarım ve orman arazisinden gelen kirletici yükler etkilidir. Bu kirlilik türlerinden özellikle tarımsal alanda kullanılan gübre ve pestisit kaynağı olduğu N ve P parametreleri oldukça etkindir. Yayılı kaynaklardan

gelen yüklerin hesaplanması ve değerlendirilmesi bu tip kaynağın yapısı itibariyle oldukça zordur. (Tablo 3.2)'de literatürde Antropojen etkilerden uzak bölgelerdeki yağmur sularının getirdiği azot ve fosfor yükleri verilmiştir. [9]

Tablo 3.2 Yayılı Kaynaklardan Gelen Birim N ve P Yükleri (kg/ha.yıl)

	Orman Alanı	Yeşil Alan	Tarım Alanı	Yerleşim
Toplam N	2	5	10	3
Toplam P	0.05	0.1	0.3	0.5

Yapılan çalışmada modelde kullanılacak yayılı kaynak yüklerinin hesaplanması için gerekli olan alanlar göle ait drenaj havzasındaki alanlardır. Bu alanlardan gelecek kirlilik yükleri yüzeysel akışla meydana gelmektedir. Harita üzerinden hesaplanan alanlar birim kirlitici yüklerle çarpılarak göle giren kirlilik yükleri bulunmuştur. Yük hesabı yaparken aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$C = C_1 \cdot A \quad (3.1)$$

Burada;

C : Yük (kg/yıl)

C₁ : Birim Yük (kg/ha.yıl)

A : Alan (ha)

3.3 Köyceğiz Gölü Su Kalitesi

Modellemenin esas amacı gelecekteki su kalitesinin belirlenmesi ve su kalitesinin korunması için gerekli önlemlerin alınması sağlanmaktır. Bu modelin işletilmesindeki esas amacın göl içerisindeki süreç ve mekanizmaları tanımlayabilmenin yanı sıra, su kalitesi olduğu düşünülürse; şu andaki su kalitesini belirlemek büyük önem taşımaktadır. Sınıflandırma için iki ayrı yöntem kullanılmıştır. Bunlar Türkiye’de kıta içi yüzeysel suların sınıflandırılması için kullanılan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ile sınıflandırma yöntemi ve son zamanlarda kullanılmaya başlanan Alman Kökenli Teknik Standartlar Yöntemi ile sınıflandırmadır. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ile yapılan sınıflandırma sadece gölde ölçülen su kalite değerlerine dayanmaktadır. Ölçüm yapıldığı andaki değerler ile ilgilenmekte ve o anki durumu yansıtmaktadır. Uzun vadede yönlendirici olmaktan uzaktır. Bu yüzden son zamanlarda bu yönteme ek olarak Teknik Standartlar Yöntemi kullanılmaktadır. Bu yeni yaklaşım çalışılan su kaynağı hakkında daha ayrıntılı bilgi vermektedir. Ayrıca gölün havzası; su kalitesi ile göl morfolojisi arasındaki ilişki, göldeki besi maddeleri ile ilgili su kalitesi değişiklikleri göle giren yüklerin etkileri ile birlikte detaylı olarak ele alınmaktadır.

Teknik standart yöntemiyle yapılan sınıflandırmada hidrografik ve territorial kriterlere bakıldığında I. Sınıf olarak bulunmuştur. Trofik kriterlerin değerlendirilmesinde, biyoüretkenlik kısmıyla ilgili yeterli veri olmadığı için değerlendirme dışı bırakılmıştır. Bu bölüm için su kalitesi II. Sınıf bulunmuş ve gölün trofik durumunun mezotrofik olduğu tespit edilmiştir. En son kısım olan tuzluluk, özel kriterler ve sağlıkla ilgili kriterlerin değerlendirilmesinde II. Sınıf bulunmuştur. [10]

Epilimniondaki amonyum değerleri incelendiğinde genelde sıfır olan verilerin bazen $0.5 \text{ mg NH}_4^+/\text{lt}$ civarına çıktığı görülmüş ve o parametre için Sınıf IIIa şeklinde bir değerlendirme yapılmıştır. Bu yöntem için bütün değerlendirmeler göz önüne alındığında Köyceğiz Gölü’nün su kalitesi II. Sınıf bulunmuştur. [10]

Tuzluluk , özel kriterler ve sağlık ilgilil kriterler, ayrıca üst tabaka (ilk 10 m) ve alt tabaka gözönüne alınarak ayrı ayrı değlerlendirme yapılmıştır. Çok farklı bir sonuç bulunmamakla birlikte parametrelerin değışim aralıklarında farklılıklar görölmüştür.

[10]



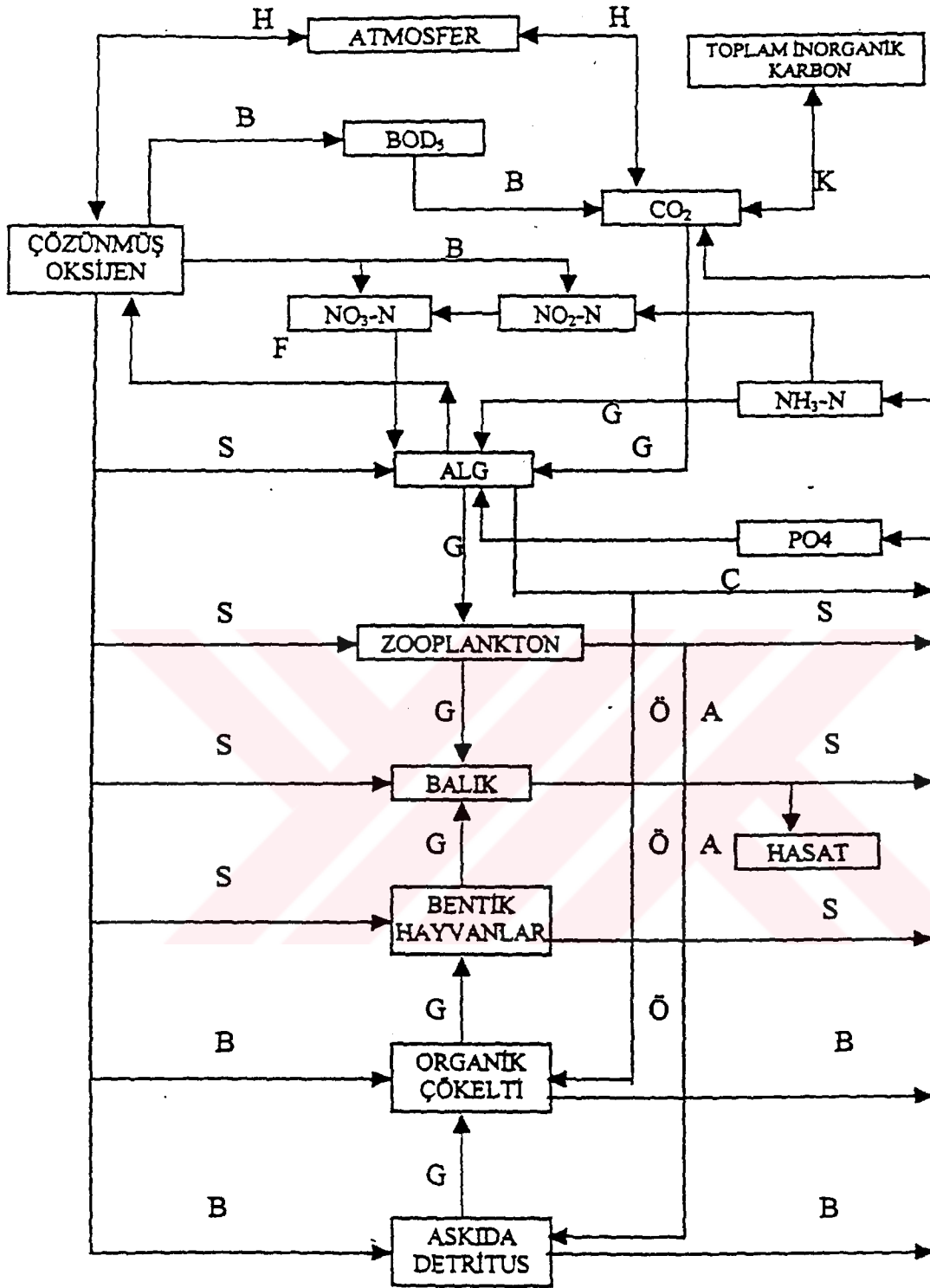
BÖLÜM 4

EGÖLEM MODELİNİN YAPISI VE ÖZELİKLERİ

4.1 Modelin Anlam ve Önemi

Son yıllarda su kaynakları yönetimi kavramında önemli değişiklikler olmuş ve yönetim bir bilim ve sanat uygulamasına dönüştürülmüştür. Sorunların nitelik ve niceliklerindeki artan karmaşıklıklar, çözüm için yeni yaklaşımlara gidilmesini zorunlu hale getirmiştir. Bu gereksinimi karşılamak için günümüzde en çok başvurulan teknik, su kaynakları sisteminin matematik modellemesidir. Bu teknik meteoroloji, hidroloji, akışkanlar mekaniği, limnoloji, ekoloji, kimya, biyoloji ve mikrobiyoloji gibi bilim dalları arasında disiplinlerarası işbirliğini gerektirmektedir. Ancak bu işbirliği, sayesinde su kaynaklarında etkileşim içindeki tüm süreç ve mekanizmaların ve bunlar sonucu kantite ve kalitede oluşan değişimlerin ekosistem bütününde incelenmesi olanaklıdır. Bu işbirliğinin ortaya çıkarttığı matematik model yöneticilere, su kaynağını yönetimi için önerilen çeşitli planlamaları kontrol ve değerlendirme şansı yaratmaktadır. [11]

Su ekosistemi fiziksel, kimyasal ve biyolojik etmenlerin biraraya gelmesiyle oluşmuştur. Hava, toprak, diğer su kaynakları ve insan etkinliklerinden kaynaklanan girdiler bu ekosistemi etkilemekte ve/veya değiştirmektedir. Sistemdeki biota, gelişme, bozunma, ölüm hızlarını etkileyen sıcaklık, toksik maddeler, ışık gibi çevre etmenlerine ve hücre sentezleri için gerekli besin maddelerine karşı duyarlıdır. Ayrıca çeşitli trofik kademelerde bunların birbirine dönüşümü (besin maddelerinin alg kütlelerine, alglerin zooplanktona, zooplanktonların balıklara ve sonunda insana dönüşümü) söz konusudur. [11] (Şekil 4.1).



H : Havalanma B : Bakteriyel Bozunma A : Atık
 H : Kimyasal Dönüşüm G : Gelişme Ö : Ölüm
 F : Fotosentez S : Solunum Ç : Çökme

Şekil 4.1 EGÖLEM Modeli'nde Kalite ve Ekolojik İlişkiler

4.2 Ekolojik Model Kavramı

Ekolojik model kavramsal olarak kütlenin korunumu yasası ve kinetik ilkelere dayandırılır. Sistemin diğer elemanlarıyla etkileşim içinde olan her bir eleman ve hidrolik element için kütle korunum bağıntısı yazılır. Bu hidrolik elemente diğer elementlere olan transferler, çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerin transferlerinin toplamı olarak gözönüne alınmaktadır. Diğer bir deyişle, Şekil 4.1 kullanılarak biyotik ve abiyotik maddeler için;

Kütle değişimi* = Adveksiyon + Difüzyon + Giriş - Çıkış ± Çökelme ± Havalanma - Bozunma ± Kimyasal Dönüşüm ± Biyolojik Değişim** ± Solunum ± Fotosentez ± Solunum Atıkları

*Enerji transferi

**Gelişme, ölüm, yem olma

yazılabilir.

Matematiksel ifadesiyle genel bağıntı: [12]

$$\underbrace{V \frac{\partial C}{\partial t}}_1 = \underbrace{\Delta z \cdot Q_z \frac{\partial C}{\partial z}}_2 + \underbrace{\Delta z A_z D \frac{\partial^2 C}{\partial z^2}}_3 + \underbrace{Q_i \cdot C_i}_4 - \underbrace{Q_o \cdot C}_5 \pm \underbrace{V \cdot S}_6 \quad (4.1)$$

(1) Kütle transferi

(2) Adveksiyon (düşey değişim)

(3) Difüzyon

(4) Yatay giriş

(5) Yatay çıkış

(6) Kaynak ve kuyu

olup, termal enerji için:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \left[\underbrace{-h_{wz}}_1 + \underbrace{h_{dz}}_2 + \underbrace{h_i}_3 - \underbrace{h_0}_4 + \underbrace{h_{sz}}_5 \right] \quad (4.2)$$

(1) Dikey ısı

(2) Difüze olan ısı

(3) Giren ısı

(4) Çıkan ısı

(5) Radyasyon

Sıcaklık için : [12]

$$V \frac{\partial (V \cdot \theta)_z}{\partial t} = \underbrace{Q_z \cdot \theta}_1 + \underbrace{A_z D \frac{\partial^2 \theta}{\partial z}}_2 + \underbrace{Q_i \cdot \theta_i}_3 - \underbrace{Q_0 \cdot \theta}_4 + \underbrace{\frac{1}{cp} \int q_{sz} \cdot A_z \cdot \Delta_z}_5 \quad (4.3)$$

(1) Adveksiyon

(2) Difüzyon

(3) Giren ısı

(4) çıkan ısı

(5) Güneş Radyasyonu

Abiyotik maddeler için kaynak ve kuyu :

$$S = \underbrace{Vs \cdot \frac{\partial C}{\partial z}}_1 + \underbrace{K_2 \cdot (C^* - C)}_2 - \underbrace{Kd_1 \cdot C}_3 + \underbrace{Kd_2 \cdot C}_4 - \underbrace{\sum G_n \cdot F_n \cdot K_n}_5 + \underbrace{\sum G_n A_n K_n}_6 + \underbrace{\sum S_n \cdot F_n \cdot A_n \cdot K_n}_6 + \underbrace{\sum \ddot{O}_n \cdot K_n}_7 \quad (4.4)$$

- (1) Çökelme
- (2) Havalanma
- (3) Bozunma
- (4) Kimyasal dönüşüm
- (5) Biotik alışveriş
- (6) Biotik yan ürünler katkısı
- (7) Ölüm katkısı

Biotik maddeler için kaynak ve kuyu :

$$S = \underbrace{Vs \cdot \frac{\partial C}{\partial z}}_1 + \underbrace{C \cdot (G - S - \ddot{O})}_2 - \underbrace{\sum G_n \cdot K_n \cdot F_n}_3 \quad (4.5)$$

- (1) Çökelme
- (2) Havalanma
- (3) Bozunma

şeklinde verilmektedir. Burada;

- C** : Termal enerji / abiotik / biotik madde (kalori/mg/l)
V : Hidrolik elemanın hacmi (m^3)
A₂ : Hidrolik elemanın yüzey alanı (m^2)
 Δz : Hidrolik elemanın kalınlığı (m)
Q_z : Düşey adveksiyon (m^3/sn)
D : Difüzyon katsayısı (m^2/sn)
Q_i : Yatay debi girişi (m^3/sn)
Q₀ : Yatay debi çıkışı (m^3/sn)
C_i : Giriş termal enerji veya konsantrasyon (kal. veya mg/l)
S : Kaynak veya kuyu (kal/sn veya mg/l.sn)
 θ : Sıcaklık ($^{\circ}C$)
C : Özgül ısı
 ρ : Yoğunluk (kg/m^3)
q_{sz} : Radyasyon yoğunluğu ($kal/m^2.sn$)
V_s : Çökelme hızı (m/sn)
K₂ : Havalanma hız katsayısı
K_{d1} : Bozunma hız katsayısı
K_{d2} : Kimyasal dönüşüm hız katsayısı
G : Gelişme hızı
S : Solunum hızı
Ö : Ölüm hızı
F : Gelişme ile alışveriş ve serbest kalan ürünler arasındaki ilişki faktörü
E : Gelişme ile atıklar arasındaki ilişki faktörü

Yukardaki bağıntılardaki tüm süreç ve mekanizmaları tanımlayan kinetik ifadelerdeki katsayılar sıcaklığa bağlı olup, meteorolojik koşullara göre zamanla ve derinlikle değişmektedir. Bu nedenle yüzeyden göl tabanına ısı dağılımının belirlenmesi çok önemlidir. [11]

YÜZEYDE ISI DEĞİŞİMİ :

Hava-su ara yüzeyindeki ısı değişimi, su kütlesinin hidromekanik davranışı yanısıra birçok meteprolojik etkene de bağlı olup şöyle tanımlanabilir; [11]

$$q_n = q_{sn} + q_{at} - q_{ws} - q_e - q_h \quad (4.6)$$

Burada;

q_n : Hava-su ara yüzeyindeki net ısı enerjisi transferi, ($\text{kal L}^{-2}\text{T}^{-1}$)

q_{sn} : Net güneş enerjisi akışı,

q_{at} : Net atmosferik radyasyon akışı,

q_{ws} : Su yüzeyi radyasyon akışı,

q_e : Buharlaşma ısı akışı

q_h : Hassas ısı akışı,

Bu bağımsız enerji akışı terimleri aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir;

NET GÜNEŞ ENERJİSİ, q_{sn} : [11]

Net güneş enerjisi radyasyonu, atmosferde algılanan radyasyonun bulutların girişimi ve su yüzeyinde oluşan yansıma sonucu oluşan kayıplardan arta kalan bakiyesidir.

[11]

$$q_{sn} = q_0 f(A) (1 - R_t) (1 - 0,65 C^2) \quad (4.7)$$

Burada,

q_0 : Atmosferde yatay bir düzlemde radyasyon yoğunluğu, ($\text{kal L}^{-2}\text{T}^{-1}$)

$f(A)$: Hava sütunun optik özelliklerine, toz ve nem yoğunluğuna bağlı atmosferik kayıp faktörü,

R_t : Su yüzeyinde yansımaya, $R = 0,03$

C : Havanın bulutluluk ölçütü, $0 < C < 1,0$

Atmosferde verilen bir nokta ve zamanda radyasyon yoğunluğu;

$$q_0 = \frac{I_0}{r^2} \sin \alpha \quad (4.8)$$

Burada,

I_0 : Güneş ve dünya arasında ortalama uzaklık için atmosferdeki radyasyon sabiti, ($\text{kal L}^{-2}\text{T}^{-1}$), $I_0 = \text{kal/cm}^2 \cdot \text{dakika}$

r : Gerçek dünya-güneş uzaklığının ortalama değere oranı, $0,9833 < r < 1,0167$ ve $0,9669 < r^2 < 1,0337$

α : Enlem; güneş batışı ve yerel güneş saat açısının bir fonksiyonu olarak, radyasyon yüksekliğinin radyan cinsinden ifadesi, $0 < \alpha < \pi/2$

ATMOSFERİK RADYASYON, q_{at} : [11]

Hava sıcaklığı, bulutluluk ve su,yüzeyi yansımalarının bir fonksiyonu olup aşağıdaki şekilde ifade edilir;

$$q_{at} = C_{at} \cdot T_z^6 (1 + 0,17 + C^2) (I - R_a) \quad (4.9)$$

Burada,

- q_{at} : Bulutlu bir gökyüzünden atmosferik radyasyon, , (kal L⁻²T⁻¹)
 C_{at} : Ampirik bir katsayı ; $0.906 \cdot 10^5 < C_{at} < 0.999 \cdot 10^5$
 σ : Stefan-Boltzman sabiti = $4.875 \cdot 10^{-8}$ kkal/m²-saat °K⁴
 T_z : $273.2 \theta_{az}$, °K ; θ_{az} = Yeryüzünden 2 metre yükseklikteki kuru hava sıcaklığı, °C,
 C : Bulutluluk ölçütü, $0 < C < 1,0$
 R_a : Atmosferik radyasyon için su yüzeyi yansımaları, $R_a \cong 0,03$

SU YÜZEYİ RADYASYONU, q_{ws} : [11]

$$q_{ws} = - \epsilon_w \alpha T_0^4 \quad (4.10)$$

Burada,

- q_{ws} : Uzun dalga su yüzeyi radyasyonu (geri);
 ϵ_w : Su yüzeyi radyasyon emisyonunun gerçek siyah bir kütlenin emisyonuna oranı,
 $\epsilon_w = 0,96$
 T_0 : $273,2 + \theta_0$, θ_0 ortalama su yüzeyi sıcaklığı, °C
 a : Stefan-Boltzman sabiti = $4.875 \cdot 10^{-8}$ kkal/m²-saat °K⁴

BUHARLAŞMA İLE ISI KAYBI, q_e : [11]

$$q_e = -p_w L E \quad (4.11)$$

- q_e : Su yüzeyinden buharlaşma ile ısı kaybı,
 ρ_w : Su yoğunluğu, (ML^{-3}) $\rho_w = 998,2 \text{ kg/m}^3$ $20^\circ C$ 'de
 L : Buharlaşma ısısı, $L = 597,1 - 0,57 \theta_0$ kal/gr
 E : Birim zamanda buharlaşan suyun derinliği, (LT^{-1})

Buharlaşmaya yönelik çok sayıda matematiksel ifade arasında, standart hava koşullarında en iyi pratik sonuçları Marcano-Harbeck formülü ile alınmaktadır;

$$E = 0,00177 u (e_0 - e_a) \quad (4.12)$$

Burada,

- E : Buharlama, parmak/gün
 u : Rüzgar hızı, mil/saat
 e_0 : Doymuş havanın buhar basıncı, mb.
 e_a : Havanın buhar basıncı, mb.

Hava kütlesinin dayanıklılığı da gözönüne alınarak yapılan modifikasyonlar.;

$$E = N \cdot \frac{P}{P_0} \cdot u \cdot (C_0 - C_a) \cdot f \cdot (R_i) \quad (4.13)$$

Burada,

- E : Birim zamanda buharlaşan su yüksekliği, m/saat
 N : Buharlaşma katsayısı,
 P : Atmosferik basınç, mb
 P_0 : Deniz yüzeyinde standart atmosferik basınç, 1013 mb.

P/P_0 : $= (1 - 0,0226 z)^{5,256}$, z : Kilometre olarak deniz yüzeyinden yükseklik,

u : Rüzgar hızı, metre/saat

C_0 : $0,622 e_0/P$, su yüzeyinde doymuş havada su buharı konsantrasyonu, kg buhar/kg hava

$F(Ri)$: Richardson sayısı fonksiyonu

$$= (1 - 22 Ri)^{0,80} \quad 0 \geq Ri \geq -1 \text{ için}$$

$$= (1 + 34 Ri)^{-0,80} \quad 0 < Ri < 2 \text{ için}$$

$$= 1 \quad Ri = 0 \text{ için}$$

$$Ri = \frac{g \cdot (\rho - \rho_0)^2}{\rho a \cdot u^2} \quad (4.14)$$

Burada,

g : Yerçekimi ivmesi (LT^{-2})

ρa : Havanın yoğunluğu (genellikle $z = 2$ metrede) (ML^{-3})

ρ_0 : Rüzgar hızı (genellikle $z = 2$ metrede) (LT^{-1})

z : Su yüzeyi üzerindeki yükseklik (L)

N değerlerinin belirli koşullardaki meteorolojik gözlemlere bağlı değerleri aşağıda verilmiştir; [11]

Havaalanı dataları için ;

$$N = 1,89 \times 10^{-6} \text{ (boyutsuz)}$$

$$z \cong 5,5 \text{ metre}$$

Kara/Göl dataları için ;

$$N = 2,26 \times 10^{-6} \text{ (boyutsuz)}$$

$$z = 2 \text{ metre}$$

Göl dataları için ;

$$N = 2,48 \times 10^{-6} \text{ (boyutsuz)}$$

$$z = 2 \text{ metre}$$

HASSAS ISI KAYBI, q_h ; [11]

Hassas ısı transferi hava ve su arasında kondüksiyon ile oluşur ve ara yüzeyde hareketli hava kütlesi tarafından konveksiyon ile uzaklaştırılır.

$$q_h = -f(Ri)\rho_w \cdot C_p \cdot N \frac{P}{P_0} \cdot u \cdot (\theta_0 - \theta_a) \quad (4.15)$$

Burada,

q_h : Zorlanmış hassas ısı akışı, ($\text{kal L}^{-2}\text{T}^{-1}$)

θ_0 : Su yüzeyi sıcaklığı, $^{\circ}\text{C}$

θ_a : Kuru hava sıcaklığı, $^{\circ}\text{C}$

C_p : Havanın sabit basınçta spesifik ısısı, ($\text{kal M}^{-1} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)

ISININ SU SÜTUNUNA NÜFUZU ; [11]

Radyasyon akışının su yüzeyine geçişi, su sütunundaki absorpsiyon ve kırılma ile ilgilidir. Saf su için absorpsiyon spektrumu, 1.2 μm 'den büyük tüm dalga boylarının birkaç cm içinde absorplandığını göstermektedir. Görülebilir radyasyon dışında (0.36 μm 'den 0.76 μm 'ye) tüm absorplama ilk metre içinde bitmektedir. Bu nedenle daha derinlere yalnızca görülebilir ışık nüfuz etmektedir. Bu aşamada Beer kanunu geçerlidir;

$$q_{sz} = q_{sn} \cdot e^{-\eta z} \quad (4.16)$$

Burada,

- q_{sz} : z derinliğinde radyasyon yoğunluğu ($\text{kal L}^{-2}\text{T}^{-1}$)
- q_{g} : Yüzeyden nüfuz eden net radyasyon yoğunluğu ($\text{kal L}^{-2}\text{T}^{-1}$)
- η : Katsayı, (L^{-1})
- z : Derinlik (L)

Deneyisel veriler bu formülün aşağıdaki ifadesini gerekli kılmıştır;

$$q_{sz} = (1-\beta) \cdot q_{sn} \cdot e^{-\eta z} \quad (4.17)$$

Burada,

- β : Net radyasyona, absorbe edilen radyasyonun oranıdır. Deneyisel veriler β ve η katsayılarının asılı katı maddelerin bir ölçüsü olduğunu göstermektedir.

4.3 EGÖLEM Modelinde Kullanılan Bağıntılar

EGÖLEM modeli yukarıdaki kavramsal yaklaşımdan hareketle geliştirilmiş, doğal veya yapay göllerde kullanılabilecek bir ekolojik göl modelidir. Model termal enerji ve sıcaklıkla birlikte biotik ve abiotik parametrelerin simülasyonunu yapmaktadır. Biotik parametreler genel matematik ifadeleri şöyledir; [11]

BALIK (3 farklı tip)

$$\frac{\partial F}{\partial t} = F(FG - FR - FM - HARVST) \quad (4.18)$$

Burada,

F : Balık konsantrasyonu

FR : Balık solunum oranı

FM : Balık ölüm oranı

HARVST : Balıkçılık veya yırtıcılar tarafından tüketilen balık miktarı

FG : Balık büyüme oranı (aşağıdaki denklemlerle açıklanmaktadır)

$$FG = FMAX \cdot \left(\frac{PREY}{FPR_2 + PREY} \right) \quad (4.18a)$$

FMAX : Maksimum balık büyüme oranı

FPR₂ : Balığın birincil av için yarı doygunluk sabiti

PREY : Toplam kullanılabilir besin (dip hayvanları, zooplankton vb.)

$$PREY = PREY_1 + \sum FPREF_n \cdot PREY_n \quad (4.18b)$$

$PREY_1$: Birincil av (örneğin zooplankton)

$FPREY_n$: İkincil av tercih unsuruna bağlı, birincil av tüketimi

$PREY_n$: İkincil av

DİP HAYVANLARI

$$\frac{\partial B}{\partial t} = B \cdot (BG - BR - BM) - BPRED \quad (4.19)$$

Burada,

B : Bentik hayvanların konsantrasyonu

$$B = BEN \cdot AV \quad (4.19a)$$

BEN : Birim alan başına bentik hayvan kütlesi

AV : Alanın hacime oranı

BG : Dip hayvanı büyüme oranı

$$BG = BMAX \left(\frac{SED}{SED_2 + SED} \right) \quad (4.19b)$$

BMAX : Dip hayvanı maksimum büyüme oranı

SED : Birim alan başına organik çökelti miktarı

SED₂ : Dip hayvanının organik çökelti ile beslenmesi için yarı doygunluk sabiti

BR : Dip hayvanları solunum oranı

BM : Dip hayvanları ölüm oranı

BPRED : Yırtıcılar tarafından tüketilen dip hayvanlarının miktarı (Örn; balık)

ZOOPLANKTON

$$\frac{\partial Z}{\partial t} = Z(ZG - ZR - ZM) - ZPRED \quad (4.20)$$

Z : Zooplankton konsantrasyonu

ZG : Zooplankton büyüme oranı

$$ZG = ZMAX \left(\frac{PREY}{ZPR_2 + PREY} \right) \quad (4.20a)$$

ZMAX : Zooplankton maksimum büyüme oranı

PREY : Değerlendirilebilir toplam besin (fitoplankton, detritus vb.)

ZPR₂ : Zooplankton'un tükettiği birincil av için yarı doygunluk sbt.

ZR : Zooplankton solunum oranı

ZM : Zooplankton ölüm oranı

ZPRED : Balık tarafından tüketilen zooplankton miktarı

FİTOPLANKTON (2 farklı tip)

$$\frac{\partial P}{\partial t} = P(PG - PR) + PS \frac{\partial P}{\partial z} - APRED \quad (4.21)$$

Burada,

P : Alg konstrasyonu

PG : Alg büyüme oranı

$$PG = P_{MAX} \left[\left(\frac{C}{C_2 + C} \right) \cdot \left(\frac{LI}{L_2 + LI} \right) \right]_{min} \quad (4.21a)$$

P_{MAX} : Maksimum fitoplankton büyüme oranı

C : Kritik besi maddesi konsantrasyonu (CO_2 , PO_4 , NH_3+NO_3 vb.)

C_2 : Alg'e faydalı kritik besin (C) için yarı doygunluk sbt.

LI : Değerlendirilebilir ışık enerjisi

L_2 : Alg'e faydalı ışık enerjisi için yarı doygunluk sbt.

PR : Alg solunum oranı

PS : Alg çökme hızı

$APRED$: Zooplankton tarafından tüketilen alg'in miktarı

KOLİFORM BAKTERİ

$$\frac{\partial E}{\partial t} = -E \cdot KE \quad (4.22)$$

Burada

E : Koliform bakterisinin konsantrasyonu

KE : Bozunan koliform bakteri oranı

ABIOTİK FAKTÖRLER

DETRİTUS

$$\frac{\partial DET}{\partial t} = DS \cdot \frac{\partial DET}{\partial z} - KDET \cdot DET + ZET + Z \cdot ZM - DGRZ + BSCOUR \quad (4.23)$$

Burada;

DET : Detritus konsantrasyonu

DS : Detritus çökme hızı

KDET : Detritus bozunma oranı

ZDET : Zooplankton atık maddesinin miktarı

Z : Zooplankton

ZM : Zooplankton ölüm oranı

DGRZ : Zooplankton tarafından tüketilen detritus

BSCOUR : Detritus havuzuna sürüklenme sonucu eltilen bentik alg

ORGANİK ÇÖKELTİ

$$\frac{\partial S}{\partial t} = -K_{DET}.S + P.P + DET.DS + \sum EXC.EXF + \sum PRED.PREDM - SGRZ$$

(5.24)

Burada,

- KDET** : Detritus bozunma oranı
S : Organik çökeltinin konsantrasyon eşitliği
PS : Alg çökme oranı
DET : Detritus konsantrasyonu
DS : Detritus çökme oranı
EXC : Atık maddesinin miktarı
EXF : Toplam atığın madde kısmı
PREDM : Avcı ölüm oranı
SGRZ : Balık, su böceği, dip algleri tarafından tüketilen çökelti

İNORGANİK ASKI MADDESİ

$$\frac{\partial SS}{\partial t} = SETL. \frac{\partial SS}{\partial z} \quad (4.25)$$

Burada,

- SS** : İnorganik askı maddelerinin konsantrasyonu
SETL : Çökme oranı

İNORGANİK ÇÖKELTİ (veya çökelmiş inorganik askıdaki maddeler)

$$\frac{\partial \text{SSOL}}{\partial t} = \text{SETL} \cdot \text{SS} \quad (4.26)$$

Burada,

SSOL : İnorganik çökeltinin konsantrasyon eşitliği

ÇÖZÜNMÜŞ FOSFAT (fosfor olarak)

$$\begin{aligned} \frac{\partial \text{PO}_4}{\partial t} = & \text{KET} \cdot (\text{DE} + \text{S}) \cdot \text{DP} + \sum \text{BIO} \cdot \text{BIOP} \\ & \left[\text{BIOR} + \text{BIOG} \left(\frac{1}{\text{BIEFF}} - 1 \right) \cdot (1 - \text{EXF}) \right] - \sum \text{A} \cdot \text{AP} (\text{AG} - \text{AR}) \end{aligned} \quad (4.27)$$

Burada,

PO_4 : Fosfat konsantrasyonu (fosfor olarak)

KDET : Detritus bozunma oranı

DET : Detritus konsantrasyonu

S : Organik çökeltinin konsantrasyon eşitliği

DP : Detritus'un fosfor kısmı

BIO : Alg hariç biota konsantrasyonu

IOP : Biotanın fosfor konsantrasyonu

BIOR : Biota solunum oranı

BIOG : Biota büyüme oranı

BIEFF : Biota sindirim verimi

- EXF : Toplam atığın madde kısmı
 A : Alg konsantrasyonu (Fitoplankton ve bentik alg)
 AP : Alg'in fosfor kısmı
 AG : Alg büyüme oranı
 AR : Alg solunum oranı

TOPLAM İNORGANİK KARBON

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} = & K_0 \cdot (CO_2^* - CO_2) + KDET \cdot (DE + S)DC + KL \cdot L \cdot LC \\ & + \sum BIO \cdot BIOC \left[BIOR + BIOG \cdot \left(\frac{1}{BIEFF} - 1 \right) (1 - EXF) \right] - \sum A \cdot AC \cdot (AG - AR) \end{aligned} \quad (4.28)$$

Burada,

- C : İnorganik toplam karbonun konsantrasyonu
 K₀ : Karbondioksit için yüzey değişim katsayısı
 CO₂ : Karbondioksit konsantrasyonu
 CO₁ : Çözülmüş karbondioksit konsantrasyonu
 KDET : Detritus bozunma oranı
 DET : Detritus konsantrasyonu
 S : Organik çökeltinin konsantrasyon eşitliği
 DC : Detritusun karbon kısmı
 KL : Bozunan BOİ'nin oranı
 L : Son BOİ konsantrasyonu
 LC : BOİ bozunmasıyla üretilmiş karbon
 BIO : Alg hariç biota konsantrasyonu
 BIOC : Biota'nın karbon kısmı
 BIOR : Biota solunum oranı

- BIOG : Biota büyüme oranı
 BIEFF : Biota sindirim verimi
 EXF : Toplam atığın madde kısmı
 A : Alg konsantrasyonu (Fitoplankton ve bentik alg)
 AC : Alg'in karbon kısmı
 AG : Alg büyüme oranı
 AR : Alg solunum oranı

ÇÖZÜNMÜŞ AMONYAK (azot olarak)

$$\frac{\partial \text{NH}_3}{\partial t} = -\text{KNH}_3 \cdot \text{NH}_3 + \text{KDET} \cdot (\text{DET} + \text{S}) \cdot \text{DN} + \sum \text{BIO} \cdot \text{BION} \quad (4.29)$$

$$\left[\text{BIOR} + \text{BIOG} \left(\frac{1}{\text{BIEFF}} - 1 \right) \cdot (1 - \text{EXF}) \right] - \sum \text{A} \cdot \text{AP} (\text{AG} \cdot \text{FNN} - \text{AR})$$

Burada,

- NH_3 : Amonyak konsantrasyonu (azot olarak)
 KNH_3 : Amonyak bozunma oranı
 KDET : Detritus bozunma oranı
 DET : Detritus konsantrasyonu
 S : Organik çökeltinin konsantrasyon eşitliği
 DN : Detritusun amonyak kısmı
 BIO : Alg hariç biota konsantrasyonu
 BION : Biota'nın amonyak kısmı
 BIOR : Biota solunum oranı
 BIOG : Biota büyüme oranı
 BIEFF : Biota sindirim verimi
 EXF : Toplam atığın madde kısmı
 A : Alg konsantrasyonu (fitoplankton ve bentik alg)

AN : Alg'in amonyak kısmı
 AG : Alg büyüme oranı
 AR : Alg solunum oranı
 FNN : Değerlendirilebilir azotun amonyak kısmı

ÇÖZÜNMÜŞ NİTRİT (azot olarak)

$$\frac{\partial \text{NO}_2}{\partial t} = \text{KNH}_3 \cdot \text{NH}_3 - \text{KNO}_2 \cdot \text{NO}_2 \quad (4.30)$$

Burada,

NO₂ : Nitrit konsantrasyonu (azot olarak)
 NH₃ : Amonyak konsantrasyonu (azot olarak)
 KNH₃ : Amonyak bozunma oranı
 KNO₂ : Nitrit bozunma oranı

ÇÖZÜNMÜŞ NİTRAT (azot olarak)

$$\frac{\partial \text{NO}_3}{\partial t} = \text{KNO}_2 \cdot \text{NO}_2 - \sum \text{A} \cdot \text{AN} \cdot \text{AG} \cdot (1 - \text{FNN}) \quad (4.31)$$

Burada,

NO₃ : Nitrat konsantrasyonu (azot olarak)
 KNO₂ : Nitrit bozunma oranı
 NO₂ : Nitrit konsantrasyonu (azot olarak)
 FNN : Değerlendirilebilir azotun amonyak kısmı

TOPLAM ALKALİNİTE, TOPLAM ÇÖZÜNMÜŞ KATILAR

$$\frac{\partial C}{\partial t} = 0 \quad (4.32)$$

Burada,

C : Koruyucu unsurun konsantrasyonu

ÇÖZÜNMÜŞ OKSİJEN

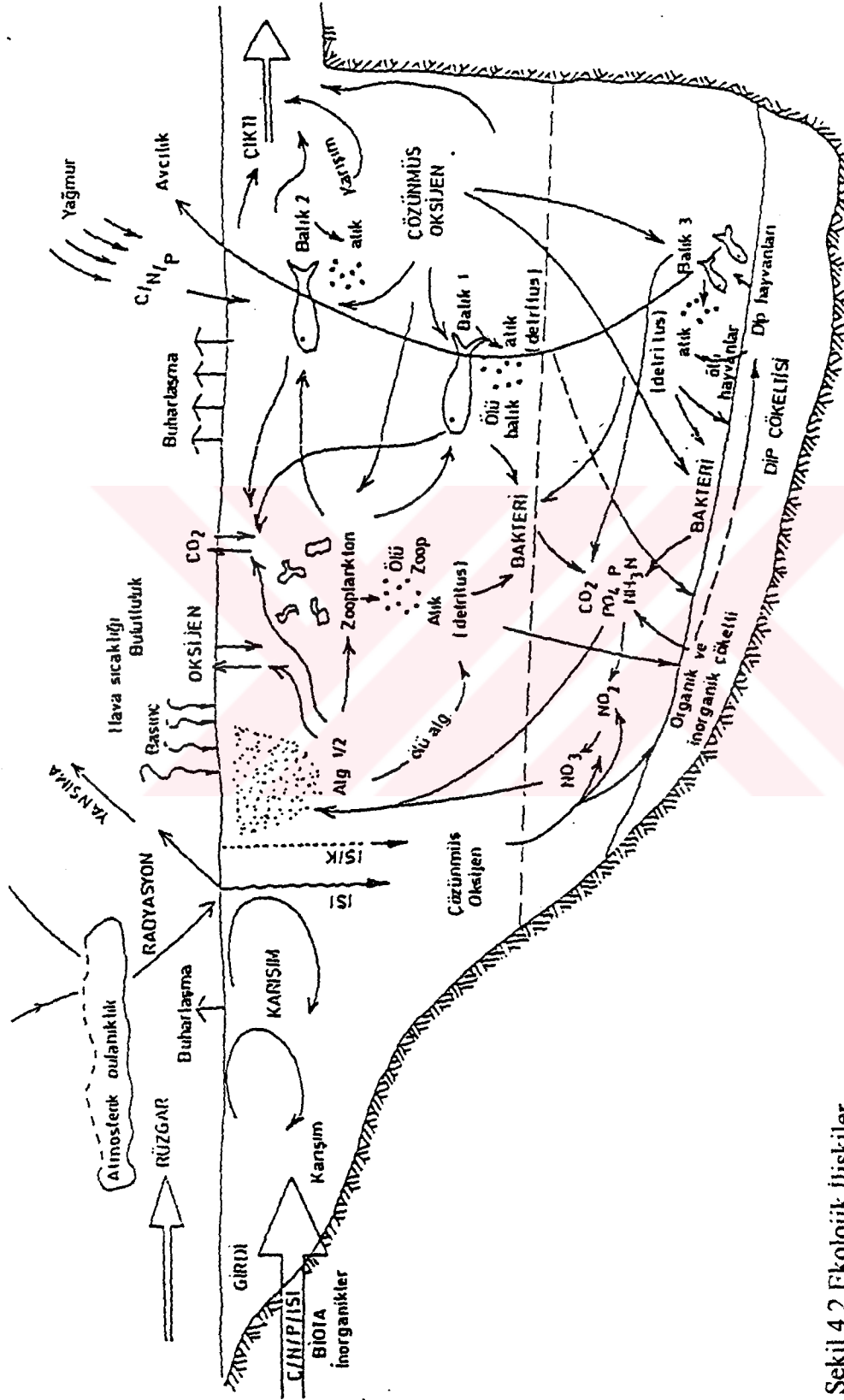
$$\begin{aligned} \frac{\partial O_2}{\partial t} = & K_0 \cdot (O_2^* - O_2) - KL \cdot L - KNH_3 \cdot NH_3 \cdot O_2 NH_3 - KNO_2 \cdot NO_2 \cdot O_2 NO_2 \\ & - KDET \cdot (DET + S) \cdot O_2 DET - \sum BIO \cdot O_2 R \left[BIOR + BIOG \cdot \left(\frac{1}{BIEFF} - 1 \right) \cdot (1 - EXF) \right] \\ & + \sum A \cdot (O_2 P \cdot AG - O_2 R \cdot AR) \end{aligned} \quad (4.33)$$

Burada,

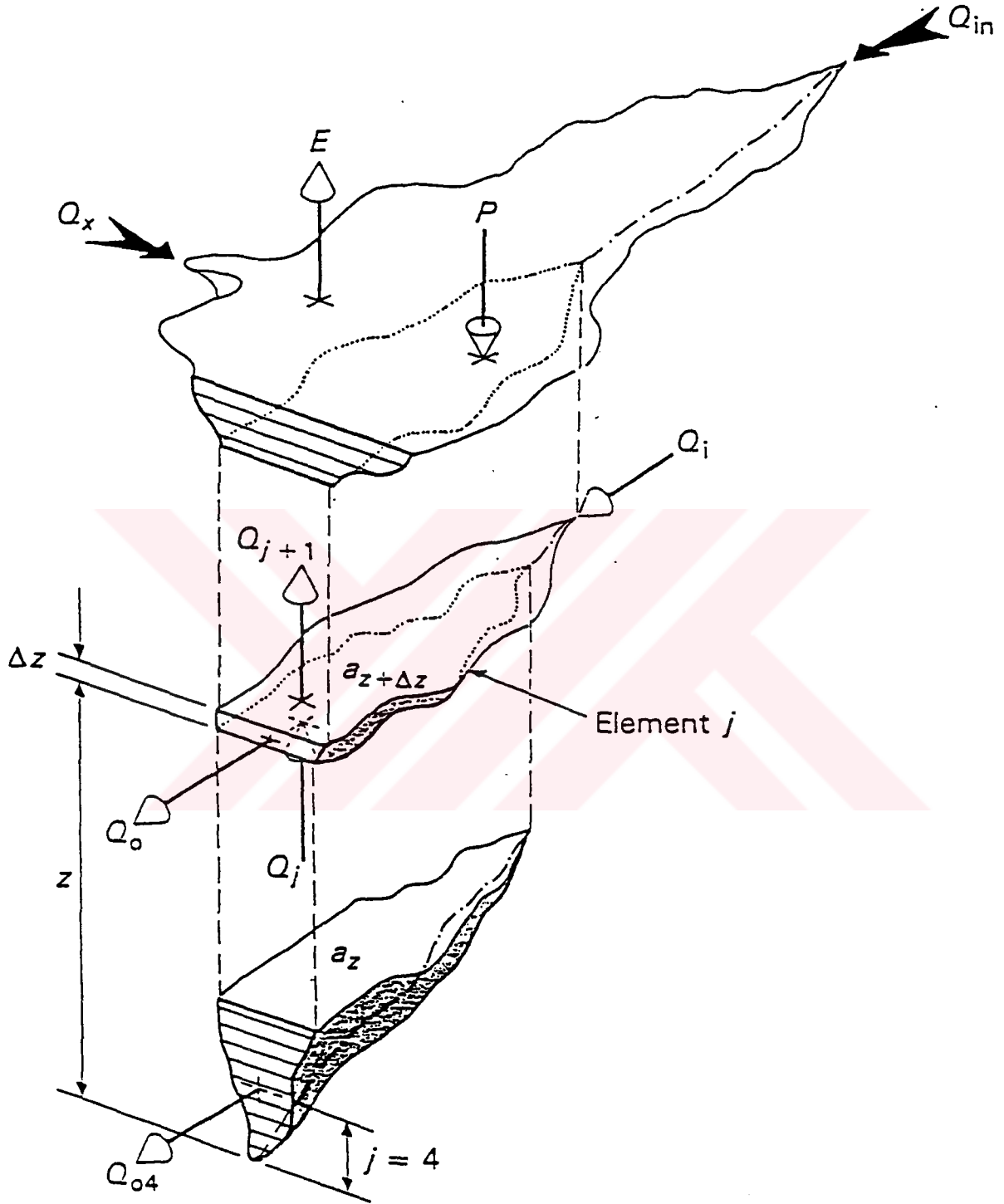
- O_1 : Çözünmüş oksijen konsantrasyonu
- K_0 : Çözünmüş oksijen için yüzey değişim katsayısı
- O_2 : Doygunlukta çözünmüş oksijen konsantrasyonu
- KL : Oksijen tarafından giderilen BOİ'nin oranı
- L : Son BOİ konsantrasyonu
- NH_3 : Amonyak konsantrasyonu (azot olarak)
- KNH_3 : Amonyak bozunma oranı
- $O_2 NO_2$: Nitrit ve oksijen arasında stokiyometrik eşitlik
- KNO_2 : Nitrit bozunma oranı
- NO_2 : Nitrit konsantrasyonu (azot olarak)

- O_2NO_2 : Nitrit ve oksijen arasında stokiyometrik eşitlik
 KDET : Detritus bozunma oram
 DET : Detritus konsantrasyonu
 S : Organik çökeltinin konsantrasyon eşitliği
 O_2 DET : Detritus çürümesi ve oksijen arasında sitokiometrik eşitlik
 BIO : Alg hariç biota konsantrasyonu
 O_2R : Biokütle solunumu ve oksijen arasında sitokiometrik eşitlik
 BIOR : Biota solunum oranı
 BIOG : Biota büyüme oram BIEFF: Biota tüketim verimi
 EXF : Toplam atığın madde kısmı
 A : Alg konsantrasyonu (Fitoplankton ve bentik alg)
 O_2P : Alg fotosentezi için oksijenasyon faktörü
 AG : Alg büyüme oranı
 AR : Alg solunum oranı

Ekosistemde bu parametreler arasındaki etkileşimler (Şekil 4.1) gösterilmiştir. Buna göre modelde ekolojik süreçlerin merkezinde fitoplanktonlar yer almaktadır. Fitoplanktonlarla, zooplanktonlar arasındaki trofik ilişkilerle, fitoplankton ve besi maddeleri arasındaki etkileşimler göldeki su kalite koşullarını kontrol etmektedir. Balıklar zooplanktonlar ve/veya dip hayvanlarını yiyerek gelişmekte ve insanlar tarafından avlanmaktadır. Dip hayvanlarının temel gıdası ise organik çökeltilerdir. Sistemde mineralizasyon ve nitrifikasyon, biokimyasal oksidasyon ve solunum için havalanmayla ve fotosentezle kazanılan su içindeki çözünmüş; oksijen kullanılmaktadır. Solunumun son ürünü olan CO_2 ise alglerce kullanılmaktadır. (Şekil 4.2) Göl modelde düşey doğrultudaki çok sayıda elemanla tanımlanmaktadır. (Şekil 4.3) Bu elemanlar modelde kalınlıkları, yüzey alanları ve hacimleri ile karakterize edilmektedir. [11]



Şekil 4.2 Ekolojik ilişkiler



Şekil 4.3 EGÖLEM Modeli'nde Hidrolik Yapının Kavramsal Gösterimi

Her bir elemanda suyun tam karışimli olduğu kabulü yapılarak sadece düşey doğrultudaki değişimler gözönüne alındığından yatay ve yanal doğrultularda değişimin olmadığı tek boyutlu bir model oluşturulmuştur. Bu elemanların herhangi birine giriş ve/veya çıkış yapılabilir. Yukarda sözü edilen tüm bağıntılar sonlu farklar yöntemiyle çözülerek istenilen parametrenin derinlik boyunca ve zamanla değişimi hesap edilmektedir. Bu amaçla hazırlanan bilgisayar programı 1 ana,19 alt programdan oluşmaktadır. [11]

Programın çalıştırılması için gerekli giriş bilgileri aşağıda sıralanmıştır.

1) Meteorolojik veriler

- buharlaşma katsayısı
- enlem ve boylam
- atmosferik bulanıklık
- kuru/yaş hava sıcaklığı
- bulutluluk
- barometrik basınç
- rüzgar hızı

2) Hidrolik veriler

- göle giren debiler.
- gölden çıkan debiler (sıcaklığa göre optimizasyon yapılabilir)

3) Göl geometrisi

- eleman kalınlıkları
- maximum su kotları
- göle girişlerin etkili uzunlukları
- derinlik-alan-genişlik değişimleri
- gölden çıkış kotları ve etkili genişlikleri

4) Limnolojik veriler

- secchi disk derinliği
- en üst tabakada absorbe edilen solar radyasyon oranı
- su kolonu stabilitesi ve difüzyon katsayıları

5) Kalite ve ekolojik veriler

- programı başlatacak olan gölde çeşitli derinliklerde simülasyonu yapılacak parametrelerin değeri
- giriş sularının kalite ve ekoloji parametrelerinin değeri



BÖLÜM 5

VERİ ANALİZİ

Model programında [13] kullanılan verileri, meteorolojik veriler, geometrik veriler, hidrolik veriler, modelin kalite parametreleri ve diğerleri olmak üzere 5 başlık altında toplamak olanaklıdır. Göl içi başlangıç koşulları ve modelin kalibrasyonu için gerekli su kalite verileri, 1992 -1993 yıllarında yapılan deneysel çalışmalardan [1] yararlanılarak elde edilmiştir.

5.1 Meteorolojik Veriler

Meteorolojik veriler gölün su yüzeyi ile hava arasındaki ısı transferini hesaplamakta kullanılmaktadır. Bu modelde, aşağıda verilen iki hesap yönteminden birinin kullanılması olanaklıdır.

5.1.1 Denge Sıcaklığı Yöntemi

Bu yöntemde;

$$H_n = K_e (T_e - T_s) \quad (5.1)$$

H_n : Net ısı transfer oranı, $\text{kcal/m}^2 \cdot \text{sn}$.

K_e : Yüzey ısı değişiminde hız katsayısı, $\text{kcal/m}^2 \cdot \text{sn} \cdot ^\circ\text{C}$

T_e : Denge sıcaklığı, $^\circ\text{C}$

T_s : Yüzey suyu sıcaklığı, $^\circ\text{C}$

Denge sıcaklığı hava ile su yüzeyi arasında ısı tranfer hızının sıfıra eşit olduğu durumdaki su sıcaklığıdır. Modelde, yüzey elementi boyunca solar radyasyon fraksiyonu küçükse bu yaklaşım ısı tranferi hesabında yeterlidir. Ancak suyun berraklığı ve element kalınlığının bileşimi, elementin yüzeyi boyunca etkileyen toplam solar radyasyonun önemli bir bölümünü oluşturuyorsa yüzey sıcaklığı tahmininde hatalar meydana gelebilir. [13] Eğer ortalama Secchi disk derinliği element kalınlığından daha büyük ise ısı bütçesi yöntemi tavsiye edilmektedir. [11] Köyceğiz Gölü için ısı bütçesi yönteminin kullanılması uygun bulunmuştur..

Göle ait Secchi disk derinliği 5-6 m olarak ölçülmüştür. [1]

5.1.2 Isı Bütçesi Yöntemi

Bu Yöntemde;

$$H = \mu - \lambda T \quad (5.2)$$

$$\mu = q_{ns} - q_{na} - 7,36 \times 10^{-2} - \rho L (a + bw) (\alpha_j - e_a - 6,1 \times 10^{-4} p T_a) \quad (5.2a)$$

$$\lambda = 1,17 \times 10^{-3} + \rho L (a + bw) (\beta_j - e_a - 6,1 \times 10^{-4} p) \quad (5.2b)$$

bağıntılarına göre net ısı transferi hesaplanmaktadır.

Burada;

- T : Su sıcaklığı, °C
 ρ : Su yoğunluğu, kg/m³
 a : Buharlaşma katsayısı, "a"
 b : Buharlaşma katsayısı, "a"
 w : Rüzgar hızı, m/sn
 α_i, β_i : Sıcaklığa bağlı amprik katsayılar
 e_a : Atmosferde bulunan buhar basıncı
 P : Barometrik Basıncı
 T_a : Hava sıcaklığı, °C
 L : Gizli buharlaşma ısısı, Kcal/kg

Yukarıdaki parametrelerden T , ρ , L , e_a diğer bazı parametrelere bağlı olarak ayrıca hesaplanmaktadır. α ve β katsayıları için ise hesaplanana T 'ye bağlı olarak Tablo (Tablo 5.1)'de verilen değerler seçilmektedir. Kullanıcının bu konuda müdahalesi söz konusu değildir.

Tablo 5.1 Sıcaklığa Bağlı Amprik Katsayılar

Sıcaklık Değişimi, °C	α_i	β_i
0 - 5	6,05	0,522
5 - 10	5,10	0,710
10 - 15	2,65	0,954
15 - 20	-2,04	1,265
20 - 25	-9,94	1,639
25 - 30	-22,29	2,151
30 - 35	-40,63	2,761
35 - 40	-66,90	3,511

a ve b buharlaşma katsayıları için ayrıntılı bir değerlendirme yapılmadıkça;

$$a = 0$$

$$b = 1,5 \times 10^{-5}$$

değerlerinin kullanılması doğru olur. [13]

w, P, Ta parametreleri ise meteorolojik ölçümlerden alınmaktadır. Kullanıcı bunların dışında,

- Çiğ noktası sıcaklığı veya ıslak termometre sıcaklığı, kuru termometre sıcaklığı,
- Atmosferik bulanıklık faktörü
- Bulutluluk oranı

verilerini programa girmelidir. Çiğ noktası sıcaklığı veya ıslak termometre sıcaklığı hesap yoluyla birbirine dönüşebilen iki parametredir. Kullanıcı istediğini kullanmakta serbesttir. Burada ıslak termometre sıcaklığı kullanılmıştır. Islak termometre sıcaklıkları, nisbi nem ve kuru termometre sıcaklığının bir fonksiyonu olarak (Şekil A.1)'de verilen dönüşüm tablosundan [14] alınmıştır.

Atmosferik bulanıklık faktörü çevredeki hava kirliliği ile ilgili olup 2 ile 5 arasında değişmektedir. Kirlenmenin çok yoğun olduğu durumda 5 değeri, havanın çok berrak olduğu durumda 2 değeri kullanılmaktadır. Köyceğiz Gölü ve çevresi için atmosferik bulanıklık faktörü olarak 3 değeri uygun görülmüştür.

Bulutluluk 1 ile 10 arasında bir sayı ile temsil edilmekte ve maksimum değer olan 10'a bölünerek ifade edilmektedir. Bulutluluk oranı, hava tamamen açık olduğunda 0,1 ile, tamamen kapalı olduğunda 1,0 ile gösterilmektedir. [11]

Solar radyasyondan kaynaklanan ışık şiddetinin göl derinliği boyunca dağılımının hesabı için;

$$I = I_0 e^{-kz} \quad (5.3)$$

$$k = k_0 - \Sigma S.C \quad (5.3a)$$

bağıntısı kullanılmaktadır. Burada;

- I : Herhangi bir derinlikteki ışık yoğunluğu, kcal/sn.m²
- I₀ : Yüzeydeki ışık yoğunluğu, kcal/sn.m²
- k : Işık sönümlenme katsayısı, 1/m
- z : Derinlik, m
- k₀ : Saf suyun ışık sönümlenme katsayısı, 1/m
- S : Herbir partiküler madde için gölge/ışık uyum sabiti, 1/m.(mg/L)
- C : Partiküler madde konsantrasyonu, mg/L

Kullanıcı bu hesabın yapılabilmesi için solar radyasyonun yüzeydeki absorpsiyon derinliğini ve oranını programa tanımlamak zorundadır. Köyceğiz Gölü yüzeyinde absorlanan solar radyasyon miktarı toplamın %60'ı kadar seçilmiştir. Toplam solar radyasyonun absorblanma derinliği ise 1 m seçilmiştir.

Bu bağıntıdan görüleceği gibi ışığın derinlik boyunca dağılımı, su içerisindeki inorganik askı maddesi, detritus ve planktonların oluşturduğu toplam askı maddesi miktarı ile karakterize edilen suyun ışık geçirimsizlik karakteristiklerine bağlıdır. Bu karakteristikler ise çeşitli parametrelere bağlı olarak model içerisinde hesaplanmaktadır. Bu parametrelerden önemli bir tanesi de Secchi diski derinliğidir.

Modelde kullanılan meteorolojik verilerin büyük bölümü, bölgeye en yakın, hem kuzey-güney hem de doğu-batı doğrultularında Köyceğiz Gölü ve Havzası'ndan yaklaşık eşit mesafede bulunan Muğla Meteoroloji İstasyonu ve Fethiye Meteoroloji İstasyonu ölçümlerinin ortalamaları alınarak belirlenmiştir. Yapılan kalibrasyon çalışmalarında bu iki istasyonun ortalama değerlerinin, herhangi birisinden daha fazla temsil edici olduğu ortaya çıkmıştır.

Tablo 5.2a Meteorolojik Veriler

Buharlaşma katsayısı "a"	0
Buharlaşma katsayısı "b"	$1,5 \times 10^{-9}$
Atmosferik bulanıklık faktörü	3
Solar radyasyonun absorbe edildiği derinlik, m	1
Solar radyasyonun absorblanma oranı	0,6
Secchi disk derinliği, m	5

Tablo 5.2b Meteorolojik Veriler [3]

Tarih	Bulutluluk Oranı	Kuru Ter. Sıcaklığı (°F)	Islak Ter. Sıcaklığı (°F)	Barometrik Basınç (inch,Hg)	Rüzgar Hızı (mph)
15.4.1992	0,32	56,30	50,54	30	4,03
15.5.1992	0,18	64,40	57,38	30	4,03
15.6.1992	0,07	73,22	64,22	30	4,03
15.7.1992	0,09	70,70	62,06	30	4,03
15.8.1992	0,10	79,70	68,18	30	3,80
15.9.1992	0,14	71,42	60,44	30	4,03
15.10.1992	0,15	65,30	58,28	30	3,13
15.11.1992	0,27	53,78	47,84	30	3,80
15.12.1992	0,47	44,24	39,74	30	4,70
15.1.1993	0,35	44,06	39,20	30	4,70
15.2.1993	0,44	44,06	38,30	30	5,82
15.3.1993	0,30	48,92	43,34	30	4,03
15.4.1993	0,28	56,66	50,00	30	3,80
15.5.1993	0,19	63,50	57,20	30	3,80
15.6.1993	0,08	74,66	64,04	30	4,47
15.7.1993	0,08	80,24	66,74	30	6,26

5.2 Geometrik Veriler

Köyceğiz Gölü'nün geometrik yapısı nedeniyle iki ayrı havzaya ayrıldığından (Bölüm 2.3)'de sözedilmişti. Modelde de Köyceğiz ve Sultaniye Havzaları iki ayrı göl gibi kabul edilip iki ayrı simulasyon yaptırılmıştır. Köyceğiz Havzası çıkışı Sultaniye Havzası girişi olarak düşünülmüştür.

Gölde düşey tabaka kalınlığının genelde 1 m. alınması tavsiye edilmektedir. [13] Ancak bu değer, modelin amacına bağlı olarak yapılacak simulasyonun hassasiyetine, gölün derinliğine ve tabakalaşma durumuna göre azaltılabilir ya da artırılabilir. Burada düşey tabaka kalınlığı 1 m. alınmıştır.

Tabaka kalınlığı belirlenirken simulasyon zaman aralığı dikkate alınmalıdır. Bu zaman aralığı süresince sisteme tabaka kalınlığı kadar element ilave edilebilmeli ya da sistemden tabaka kalınlığı kadar element çıkarılabilmelidir. Tabakaların sayısı ise belirlenen tabaka kalınlığı ile hesaplanır. [11]

Köyceğiz Gölü, Köyceğiz Havzası'nın maksimum derinliği 55 m.'dir. Ancak bu değer sadece bir noktada saptanmıştır. Bunun dışında gölün ortalama derinliği 24-25 m civarındadır. Yapılan bütün kalite ölçümleri 22 m'ye kadardır. Temsil edicilik açısından, modelde tek noktadaki 55 m'lik derinlik görmezden gelinmiş ve göl maksimum derinliği 25 m olarak kabul edilmiştir. Sultaniye Havzası'nda ise maksimum derinlik 30 m'dir. Programa göl taban kotu ve su kotu bilgilerinin girilmesi gerekmektedir. Ancak negatif değerler program tarafından kabul edilmemektedir. Köyceğiz Gölü taban kotu deniz seviyesinden aşağıda olduğu için model programına Köyceğiz Havzası için taban kotu 5 m., maksimum su kotu 30 m, Sultaniye Havzası için taban kotu 0 m, maksimum su kotu 30 m, olarak girilmiştir.

Köyceğiz Gölü'ne giriş yapan kaynaklar yeraltı suyu, göl yüzeyine düşen yağış, evsel atıksu ve irili ufaklı birçok akarsu'dan ibarettir. Programda izin verilen maksimum giriş sayısı 10'dur. Köyceğiz Havzası'na 1 adet yeraltı suyu, 1 adet yağış, 1 adet evsel atıksu ve 5 adet büyük debili akarsu ve 1 adet diğer drenaj alanları olmak üzere toplam 9 adet kaynak girişi olduğu kabulü yapılmıştır. Sultaniye Havzası'na ise 1 adet yeraltı suyu, 1 adet yağış, 1 adet evsel atıksu, 1 adet Köyceğiz Havzası Girişi ve 3 adet büyük debili akarsu ve 1 adet diğer drenaj alanları olmak üzere toplam 8 adet kaynak girişi olduğu kabulü yapılmıştır. (Bkz. Bölüm 2.5)

Modelde kullanılan geometrik veriler (Tablo 5.3 ve Tablo 5.4)'de verilmiştir.

Tablo 5.3a Köyceğiz Havzası Geometrik Verileri

Enlem	37 (Kuzey)
Boylam	28 (Doğu)
Maksimum su kotu, m.	30
Başlangıç su kotu, m.	29
Yuvarlak Çayı etkili uzunluğu, m.	5800
Kargıcak -Yangı Çayları etkili uzunluğu, m.	9300
Kocaöz Çayı etkili uzunluğu, m.	7700
Hamitköy Çayı etkili uzunluğu, m.	5750
Namnam Çayı etkili uzunluğu, m.	3600
Yayıllı drenaj etkili uzunluğu, m.	5200
Evsel atıksu etkili uzunluğu, m.	5800
Yağış etkili uzunluğu, m.	5800
Yeraltısuyu etkili uzunluğu, m.	5800
Çıkış savağı sayısı	5
Çıkış savakları merkez kotları, m.	19,10 - 21,60 - 23,50 - 25,70 - 27,90

Tablo 5.3b Köyceğiz Havzası Geometrik Verileri

Yükseklik (m)	Alan (m ²)	Etkili Genişlik (m)
5,5	1250000	110
7,5	4050000	150
8,5	9150000	170
13,5	15600000	220
18,5	25500000	300
23,5	34900000	390
25,5	37300000	425
26,5	37900000	440
27,5	38100000	455
28,5	38250000	465
29,5	38560000	475

Tablo 5.4a Sultaniye Havzası Geometrik Verileri

Enlem	37 (Kuzey)
Boylam	28 (Doğu)
Maksimum su kotu, m.	30
Başlangıç su kotu, m.	29
Köyceğiz Havzası çıkışı etkili uzunluğu, m.	3900
Çakmak Çayı etkili uzunluğu, m.	4200
Değirmen Çayı etkili uzunluğu, m.	4400
Çamlıdüz Çayı etkili uzunluğu, m.	4700
Yayıllı drenaj etkili uzunluğu, m.	2650
Evsel atıksu etkili uzunluğu, m.	3800
Yağış etkili uzunluğu, m.	3800
Yeraltısuyu etkili uzunluğu, m.	3800
Çıkış savağı sayısı	1
Çıkış savakları merkez kotu, m.	25,7 - 27,9

Tablo 5.4b Sultaniye Havzası Geometrik Verileri

Yükseklik (m)	Alan (m ²)	Etkili Genişlik (m)
0,5	530000	35
2,5	855000	50
3,5	2400000	120
8,5	4550000	155
13,5	6350000	190
18,5	8600000	230
20,5	10250000	270
22,5	12650000	310
24,5	14250000	355
26,5	14600000	370
27,5	15050000	380
28,5	15550000	390
29,5	15900000	400

5.3 Hidrolik Veriler

Modelde, göldeki difüzyonu hesaplamak için 2 yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerle ilgili açıklamalar aşağıda verilmiştir.

5.3.1 Rüzgar Yöntemi

Bu yöntem, türbilans difüzyonunda rüzgarın etkin rol oynadığı göller için uygundur.

Bu yöntemde etkili difüzyon katsayısı,

$$D_c = D_{\min} + A_1 \cdot V_w \cdot e^{-kd} \quad (6.4a)$$

$$k = A_2/dt \quad (6.4b)$$

formülü ile hesaplanır.[11] Burada;

D_c : Etkili difüzyon katsayısı, m^2/sn .

D_{min} : Minimum etkili difüzyon katsayısı, m^2/sn .

A_1 : Amprik sabit, m

V_w : Rüzgar hızı, m/sn.

A_2 : Amprik sabit

dt : Termoklin derinliği, m.

d : Spesifik tabaka kalınlığı, m.

5.3.2 Stabilite Yöntemi

Bu yöntem, çok derin, tabakalaşmanın fazla olduğu ve sığ fakat türbilans difüzyonunda rüzgarın az olduğu göller için uygundur. Bu yöntem, yoğunluk gradyanı veya su kolonu stabilitesinin maksimum olduğu zaman karışımın minimum olduğu kabulüne dayanır.

Bu yöntemde etkili difüzyon katsayısı,

$$D_c = A_1 \quad E \leq E_{kritik} \quad (5.5a)$$

$$D_c = A_1 \cdot E^{A_2} \quad E > E_{kritik} \quad (5.5b)$$

$$E = \frac{1}{\rho} \times \frac{\partial \rho}{\partial Z} \quad (5.5c)$$

formülü ile hesaplanır.[13] Burada;

- D_c : Etkili difüzyon katsayısı, m^2/sn .
 A_1 : Maksimum etkili difüzyon katsayısı, m^2/sn .
 E : Su kolonu stabilitesi, $1/m$
 E_{kritik} : Su kolonu kritik stabilitesi, $1/m$
 A_3 : Ampirik sabit
 C : Partiküler madde konsantrasyonu, mg/L

Köyceğiz ve Sultaniye Havzaları'nda yüzeyden 10-13 m derinlikte tuzlu su tabakasının başladığı görülmektedir. Bu tabakalaşma kasım, aralık, ocak ve şubat aylarında büyük ölçüde azalmaktadır.[1] Modelde stabilite yönteminin kullanılması uygun görülmüştür. Stabilite yöntemi ile yoğun ve tuzlu olan alt tabakanın kendi içinde tam karışımı, az yoğun olan üst tabakanın kendi içinde tam karışımı sağlanmaktadır. Alt ve üst tabaka arasında difüzyon çok düşüktür.

Modelde kullanılan hidrolik veriler (Tablo 5.5)'de verilmiştir. Su kolonu minimum stabilitesi ve su kolonu kritik stabilitesi değerleri, göldeki gerçek difüzyonu en iyi şekilde temsil edebilmek için kalibrasyon işlemleri sonucunda elde edilmiştir. A_1 maksimum etkili difüzyon katsayısı ise (Şekil B.1)'deki grafikten su kolonu kritik stabilitesinin karşılığı olarak okunmuştur.

Tablo 5.5 Hidrolik Veriler

Su Kolonu Minimum Stabilitesi	0
Au Kolonu Kritik Stabilitesi	5×10^{-8}
Difüzyon Katsayısı	2×10^{-4}
A_3 Ampirik Sabit	0,7

5.3.3 Gölden Su Çıkışı

Gölden su çekilmesi olayını karakterize etmek için iki farklı yöntem kullanılabilir. Bu yöntemler Debler-Craya ve WES yöntemleridir. Debler-Craya yönteminde göl içerisindeki yoğunluk farkından yararlanılarak sadece bir tabakadan su çekilebilir. WES yönteminde ise derinlik boyunca oluşan hız profilinden yararlanılarak birden fazla tabakadan su çekilmesi mümkündür. [11]

Köyceğiz Havzası'ndan Sultaniye Havzası'na bir tarafı 2 m, bir tarafı 12 m derinlikteki su çıkışı yüzeyden 12. metreye kadar 2,2 m çapında 5 adet orifis ile, Sultaniye Havzası'ndan Dalyan Kanalı'na yaklaşık 4,5 m derinliğindeki çıkış 4,4. metreye 2,2 m çapında 2 adet orifis ile karakterize edilmiştir. Su birden fazla tabakadan çekildiğinden dolayı her iki havzada da WES Yöntemi'nin kullanılması uygun görülmüştür.

Köyceğiz Gölü'nden ikinci bir su çıkışı ise buharlaşma ile olmaktadır. Program, meteorolojik ve fiziksel verileri kullanarak buharlaşmayı kendisi hesaplamaktadır. Ancak gölde bir su kütlesi dengesi kurulabilmesi için buharlaşma miktarının bilinmesi gerekmektedir. Elde Köyceğiz Gölü çevresi için sağlıklı buharlaşma yükseklikleri mevcut değildir. Bu durum göl yüzeyinden buharlaşmayı, aylık ortalama güneş ışınları şiddeti kullanılarak teorik olarak hesaplamayı şart koşmuştur. Göl yüzeyinden buharlaşmanın hesabında aşağıdaki formül kullanılmıştır. [15]

$$E_0 = \frac{\Delta \cdot \frac{R_l - R_b}{60} + \alpha \cdot E_a}{\Delta + \alpha} \quad (5.6a)$$

$$R_l = (1 - r) \cdot R_c \quad (5.6b)$$

$$R_B = 117,4 \times 10^{-9} T_{\text{t}}^{-4} (0,47 - 0,077\sqrt{e})(0,2 + 0,8n/D) \quad (5.6c)$$

$$e = e_a \cdot N \quad (5.6d)$$

$$E_a = 0,35 \cdot (e_a - e) \cdot (0,50 + 0,54 \cdot u_2) \quad (5.6e)$$

$$T_A = t + 273 \quad (5.6f)$$

Burada;

- E_0 : Buharlaşma yüksekliği, mm/gün
- R_c : Yeryüzüne ulaşan güneş ışınları şiddeti, gcal/cm².gün
- R_l : Yeri ısıtan güneş ışınları şiddeti, gcal/cm².gün
- r : Serbest su yüzeyi yansımaya katsayısı
- E_a : Kritik buharlaşma yüksekliği, mm/gün
- e_a : Sıcaklığın bir fonksiyonu olarak buhar basıncı, mm Hg
- e : Havadaki gerçek buhar basıncı, mm Hg
- n/D : Güneşlenme oranı
- N : Nisbi nem
- u_2 : Yerden 2 m. yükseklikteki rüzgar hızı, m/sn
- t : Hava sıcaklığı, °C
- Δ : Çeşitli sıcaklıklarda doymun buhar basıncı eğrisine çiziler teğetin eğimi
- α : Psikometri sabiti

(Tablo 5.6)'da güneş ışınları şiddeti ve buna bağlı olarak (5.6) formülü ile hesaplanan Köyceğiz Gölü yüzeyindeki aylık buharlaşma miktarı verilmiştir.

Tablo 5.6 Köyceğiz Gölü Yüzeyinden Aylık Buharlaşıma Miktarı

			Köyceğiz Havzası	Sultaniye Havzası
Tarih	R _c	E _o (mm/gün)	Buhar (m ³ /ay)	Buhar (m ³ /ay)
Nis-92	454,62	3,709959448	4291967,684	1770039,4235
May-92	496,08	4,736716405	5662459,431	2335240,4221
Haz-92	528,69	5,60337778	6482420,276	2673398,3788
Tem-92	511,26	5,194228713	6209387,864	2560797,7795
Ağu-92	491,77	5,482508261	6554008,716	2702921,9844
Eyl-92	440,45	4,079005928	4718909,161	1946113,2667
Eki-92	307,1	2,444518996	2922275,361	1205168,1129
Kas-92	203,19	1,391935321	1610298,307	664099,0092
Ara-92	174,43	0,970096677	1159692,201	478265,6969
Oca-93	198,68	1,150123957	1374903,982	567020,6373
Şub-93	264,77	1,887861483	2038422,401	840660,5728
Mar-93	388,54	2,670623603	3192569,813	1316639,5573
Nis-93	443,58	3,656840868	4230516,007	1744696,2943
May-93	469,42	4,339799843	5187969,565	2139557,2694
Haz-93	557,14	6,141153983	7104561,331	2929973,9812
Tem-93	561,1	7,005780371	8374988,86	3453907,7516

5.3.4 Göle Su Girişi

Köyceği Gölü'ne giren kaynakların çok az debili, büyük bölümünün ise kurak aylarda kuru olduğu görülmektedir.[1] Bu kaynakların taşıdıkları su miktarları akışa geçen yağışın etkisiyle anlık olarak artmaktadır. Ayrıca bugüne kadar kaynaklarda sağlıklı akım ölçümleri yapılmamıştır. Bu durum kaynakların debilerinin akışa geçen yağışa esit olduğu kabulunu ortaya çıkarmıştır. (Bölüm 2.5)'de söz edilen sayısal harita ortamında Köyceğiz Havzası ve ona ait alt havzalar belirlenmiş ve alanları hesaplanmıştır. Belli başlı büyük akarsular için o akarsuya ait alt drenaj havzasında akışa geçen yağış debisi, akarsu debisi olarak model programına girilmiştir. Geri kalan küçük alt havzalar ise birleştirilerek tek bir kaynakmış gibi "Yayılı Drenaj" adı altında programa tanıtılmıştır. Sayısal harita ortamında ölçülen alt havza alanları ve aylık yağış yükseklikleri, bölge için belirlenmiş akış katsayıları ile çarpılarak derelerin debileri belirlenmiştir. Akışa geçen debinin hesabında;

$$Q = C. i. A \quad (5.7)$$

formülü kullanılmıştır.[15] Burada;

- Q : Debi (m³/ay)
 C : Akış katsayısı
 i : Yağış yüksekliği, mm/ay
 A : Drenaj alanı, m²

C, akış katsayısının belirlenmesinde arazinin topografik yapısı ve bitki örtüsü etkilidir. (Tablo 5.7)'de çeşitli arazi yapıları için kabul edilen akış katsayıları literatür değerleri görülmektedir.[12]

Tablo 5.7 Çeşitli Araziler İçin Belirlenen Akış Katsayıları

	Orman Alanı	Sazlık	Tarım Alanı	Yerleşim	Kayalık
Akış Katsayısı	0,05	0,001	0,1	0,5	0,95

Ancak bu değerler kısa süreli yağışlar için geçerlidir. Kışları ılık ve yağışlı olan Akdeniz İklimi'ne sahip Köyceğiz Yöresi'nde şiddetli ve uzun süreli yağışlar görülmektedir. Bu şiddetli ve uzun süreli yağışlarda arazi kısa sürede suya doymakta ve bir süre sonra yağışın tamamına yakını yüzeysel akışa dönüşmektedir. Bu durum gözönüne alınarak, Köyceğiz Gölü Havzası'nda C, akış katsayısının ortalama 0.5 olduğu yaklaşıma ulaşılmıştır. Bu yaklaşımı kalibrasyon aşamasındaki çalışmalar da desteklemiş ve gerçeğe daha yakın bir değer olduğu kanaatine varılmıştır.

Akışa geçen yağış dışında, göl yüzeyine düşen yağış, evsel atıksu ve yeraltı suyu göle giren kaynaklar arasındadır. Köyceğiz Gölü Havzası'nda akışa geçen yağış ve göl yüzeyine düşen yağış miktarı alt havzalar bazında (Tablo 5.8-5.18)'de verilmiştir. Göl yüzeyine düşen yağışın hesaplanmasında (5.6)'ya benzer şekilde;

$$Q = i \cdot A \quad (5.8)$$

formülü kullanılmıştır. Burada;

Q : Debi (m^3/ay)

i : Yağış yüksekliği, mm/ay

A : Göl yüzey alanı, m^2



Tablo 5.8 Yuvarlak Alt Havzası'nda Akışa Geçen Debi, (m³/ay)

Tarih	i (mm/ay)	Qorman	Qsazlık	Qtarım	Qyerleşim	Qkayalık	Qtoplam
Nis-92	59,1	1644067,5	603943,17	503285,97	503285,97	100657,19	3355239,827
May-92	42,4	1179500,2	433285,79	361071,49	361071,49	72214,299	2407143,294
Haz-92	14,9	414494,18	152263,17	126885,97	126885,97	25377,195	845906,4878
Tem-92	31,6	879061,48	322920,54	269100,45	269100,45	53820,091	1794003,021
Ağu-92	4,8	133528,33	49051,222	40876,018	40876,018	8175,2036	272506,788
Eyl-92	16,4	456221,78	167591,67	139659,73	139659,73	27931,946	931064,859
Eki-92	12,4	344948,18	126715,66	105596,38	105596,38	21119,276	703975,869
Kas-92	105,1	2923714	1074017,4	895014,48	895014,48	179002,9	5966763,212
Ara-92	180,2	5012875,9	1841464,6	1534553,8	1534553,8	306910,77	10230359
Oca-93	92,1	2562074,8	941170,32	784308,6	784308,6	156861,72	5228723,995
Şub-93	203,2	5652699,1	2076501,7	1730418,1	1730418,1	346083,62	11536120,69
Mar-93	113,6	3160170,4	1160878,9	967399,1	967399,1	193479,82	6449327,316
Nis-93	30,8	856806,76	314745,34	262287,78	262287,78	52457,557	1748585,223
May-93	100,1	2784622	1022922,4	852435,3	852435,3	170487,06	5682901,975
Haz-93	9	250365,61	91971,041	76642,534	76642,534	15328,507	510950,2275
Tem-93	5,4	150219,37	55182,625	45985,52	45985,52	9197,1041	306570,1365

Tablo 5.9 Kargıcak Alt Havzası'nda Akışa Geçen Debi, (m³/ay)

Tarih	i (mm/ay)	Qorman	Qsazlık	Qtarım	Qyerleşim	Qkayalık	Qtoplam
Nis-92	59,1	1141925,7	419482,92	349569,1	349569,1	69913,821	2330460,691
May-92	42,4	819249,6	300948,83	250790,69	250790,69	50158,139	1671937,958
Haz-92	14,9	287896,68	105757,96	88131,635	88131,635	17626,327	587544,2351
Tem-92	31,6	610572,81	224292,05	186910,05	186910,05	37382,009	1246066,968
Ağu-92	4,8	92745,238	34069,679	28391,399	28391,399	5678,2799	189275,9952
Eyl-92	16,4	316879,56	116404,74	97003,948	97003,948	19400,79	646692,9836
Eki-92	12,4	239591,86	88013,338	73344,448	73344,448	14668,89	488962,9876
Kas-92	105,1	2030734,3	745984,02	621653,35	621653,35	124330,67	4144355,645
Ara-92	180,2	3481810,8	1279032,5	1065860,4	1065860,4	213172,09	7105736,32
Oca-93	92,1	1779549,2	653711,97	544759,97	544759,97	108951,99	3631733,158
Şub-93	203,2	3926215,1	1442283,1	1201902,6	1201902,6	240380,51	8012683,797
Mar-93	113,6	2194970,6	806315,74	671929,78	671929,78	134385,96	4479531,886
Nis-93	30,8	595115,27	218613,77	182178,15	182178,15	36435,629	1214520,969
May-93	100,1	1934124,6	710494,77	592078,97	592078,97	118415,79	3947193,15
Haz-93	9	173897,32	63880,648	53233,874	53233,874	10646,775	354892,491
Tem-93	5,4	104338,39	38328,389	31940,324	31940,324	6388,0648	212935,4946

Tablo 5.10 Kocaöz Alt Havzası'nda Akışa Geçen Debi, (m³/ay)

Tarih	i (mm/ay)	Qorman	Qsazlık	Qtarım	Qyerleşim	Qkayalık	Qtoplam
Nis-92	59,1	636279,82	233735,44	194779,54	194779,54	38955,907	1298530,248
May-92	42,4	456485,02	167688,37	139740,31	139740,31	27948,062	931602,0728
Haz-92	14,9	160415,72	58928,225	49106,855	49106,855	9821,3709	327379,0303
Tem-92	31,6	340210,53	124975,3	104146,08	104146,08	20829,216	694307,2052
Ağu-92	4,8	51677,549	18983,589	15819,658	15819,658	3163,9316	105464,3856
Eyl-92	16,4	176564,96	64860,597	54050,498	54050,498	10810,1	360336,6508
Eki-92	12,4	133500,33	49040,939	40867,449	40867,449	8173,4899	272449,6628
Kas-92	105,1	1131523	415661,51	346384,59	346384,59	69276,918	2309230,61
Ara-92	180,2	1940061,3	712675,59	593896,32	593896,32	118779,26	3959308,809
Oca-93	92,1	991562,97	364247,62	303539,68	303539,68	60707,937	2023597,899
Şub-93	203,2	2187682,9	803638,62	669698,85	669698,85	133939,77	4464658,99
Mar-93	113,6	1223035,3	449278,28	374398,57	374398,57	74879,714	2495990,459
Nis-93	30,8	331597,61	121811,37	101509,47	101509,47	20301,894	676729,8076
May-93	100,1	1077692,2	395886,94	329905,78	329905,78	65981,156	2199371,875
Haz-93	9	96895,404	35594,23	29661,858	29661,858	5932,3717	197745,723
Tem-93	5,4	58137,243	21356,538	17797,115	17797,115	3559,423	118647,4338

Tablo 5.11 Hamitköy Alt Havzası'nda Akışa Geçen Debi, (m³/ay)

Tarih	i (mm/ay)	Qorman	Qsazlık	Qtarım	Qyerleşim	Qkayalık	Qtoplam
Nis-92	59,1	154602,75	56792,846	47327,372	47327,372	9465,4743	315515,8107
May-92	42,4	110916,35	40744,783	33953,986	33953,986	6790,7971	226359,9048
Haz-92	14,9	38977,681	14318,332	11931,943	11931,943	2386,3886	79546,2873
Tem-92	31,6	82664,075	30366,395	25305,329	25305,329	5061,0658	168702,1932
Ağu-92	4,8	12556,568	4612,6169	3843,8474	3843,8474	768,76949	25625,6496
Eyl-92	16,4	42901,608	15759,775	13133,145	13133,145	2626,6291	87554,3028
Eki-92	12,4	32437,801	11915,927	9929,9392	9929,9392	1985,9878	66199,5948
Kas-92	105,1	274936,53	100997,09	84164,243	84164,243	16832,849	561094,9527
Ara-92	180,2	471394,5	173165,33	144304,44	144304,44	28860,888	962029,5954
Oca-93	92,1	240929,15	88504,587	73753,823	73753,823	14750,765	491692,1517
Şub-93	203,2	531561,39	195267,45	162722,87	162722,87	32544,575	1084819,166
Mar-93	113,6	297172,12	109165,27	90971,056	90971,056	18194,211	606473,7072
Nis-93	30,8	80571,313	29597,625	24664,688	24664,688	4932,9375	164431,2516
May-93	100,1	261856,77	96192,282	80160,235	80160,235	16032,047	534401,5677
Haz-93	9	23543,566	8648,6567	7207,214	7207,214	1441,4428	48048,093
Tem-93	5,4	14126,139	5189,194	4324,3284	4324,3284	864,86567	28828,8558

Tablo 5.12 Namnam Alt Havzası'nda Akışa Geçen Debi, (m³/ay)

Tarih	i (mm/ay)	Qorman	Qsazlık	Qtarım	Qyerleşim	Qkayalık	Qtoplam
Nis-92	59,1	13396900	893126,68	1250377,4	1250377,4	1071752	17862533,67
May-92	42,4	9611312,5	640754,17	897055,84	897055,84	768905	12815083,38
Haz-92	14,9	3377560,3	225170,69	315238,96	315238,96	270204,82	4503413,734
Tem-92	31,6	7163148	477543,2	668560,48	668560,48	573051,84	9550864,027
Ağu-92	4,8	1088073,1	72538,208	101553,49	101553,49	87045,849	1450764,156
Eyl-92	16,4	3717583,1	247838,88	346974,43	346974,43	297406,65	4956777,533
Eki-92	12,4	2810855,6	187390,37	262346,52	262346,52	224868,44	3747807,403
Kas-92	105,1	23824268	1588284,5	2223598,3	2223598,3	1905941,4	31765690,17
Ara-92	180,2	40848078	2723205,2	3812487,3	3812487,3	3267846,3	54464104,36
Oca-93	92,1	20877403	1391826,9	1948557,6	1948557,6	1670192,2	27836537,24
Şub-93	203,2	46061762	3070784,1	4299097,8	4299097,8	3684941	61415682,6
Mar-93	113,6	25751064	1716737,6	2403432,6	2403432,6	2060085,1	34334751,69
Nis-93	30,8	6981802,5	465453,5	651634,9	651634,9	558544,2	9309070,001
May-93	100,1	22690858	1512723,9	2117813,4	2117813,4	1815268,7	30254477,5
Haz-93	9	2040137,1	136009,14	190412,8	190412,8	163210,97	2720182,793
Tem-93	5,4	1224082,3	81605,484	114247,68	114247,68	97926,581	1632109,676

Tablo 5.13 Köyceğiz Havzası'nın Diğer Alt Havzalarında Akışa Geçen Debi, (m³/ay)

Tarih	i (mm/ay)	Qorman	Qsazlık	Qtarım	Qyerleşim	Qkayalık	Qtoplam
Nis-92	59,1	962031,79	353399,43	294499,53	294499,53	58899,906	1963330,191
May-92	42,4	690188,63	253538,68	211282,23	211282,23	42256,447	1408548,225
Haz-92	14,9	242542,7	89097,319	74247,766	74247,766	14849,553	494985,1073
Tem-92	31,6	514385,87	188958,07	157465,06	157465,06	31493,012	1049767,073
Ağu-92	4,8	78134,562	28702,492	23918,743	23918,743	4783,7487	159458,2896
Eyl-92	16,4	266959,75	98066,848	81722,373	81722,373	16344,475	544815,8228
Eki-92	12,4	201847,62	74148,105	61790,087	61790,087	12358,017	411933,9148
Kas-92	105,1	1710821,3	628464,98	523720,82	523720,82	104744,16	3491472,133
Ara-92	180,2	2933301,7	1077539,4	897949,49	897949,49	179589,9	5986329,955
Oca-93	92,1	1499206,9	550729,07	458940,89	458940,89	91788,178	3059605,932
Şub-93	203,2	3307696,5	1215072,2	1012560,1	1012560,1	202512,03	6750400,926
Mar-93	113,6	1849184,6	679292,31	566076,93	566076,93	113215,39	3773846,187
Nis-93	30,8	501363,44	184174,32	153478,6	153478,6	30695,721	1023190,692
May-93	100,1	1629431,2	598566,55	498805,46	498805,46	99761,092	3325369,748
Haz-93	9	146502,3	53817,173	44847,644	44847,644	8969,5288	298984,293
Tem-93	5,4	87901,382	32290,304	26908,586	26908,586	5381,7173	179390,5758

Tablo 5.14 Çakmak Alt Havzası'nda Akışa Geçen Debi, (m³/ay)

Tarih	i (mm/ay)	Qorman	Qsazlık	Qtarım	Qyerleşim	Qkayalık	Qtoplam
Nis-92	59,1	194637,25	71499,397	59582,831	59582,831	11916,566	397218,8717
May-92	42,4	139638,23	51295,676	42746,396	42746,396	8549,2793	284975,9756
Haz-92	14,9	49070,981	18026,075	15021,729	15021,729	3004,3458	100144,8594
Tem-92	31,6	104070	38229,796	31858,163	31858,163	6371,6327	212387,7554
Ağu-92	4,8	15808,101	5807,0576	4839,2147	4839,2147	967,84294	32261,4312
Eyl-92	16,4	54011,013	19840,78	16533,983	16533,983	3306,7967	110226,5566
Eki-92	12,4	40837,595	15001,566	12501,305	12501,305	2500,2609	83342,0306
Kas-92	105,1	346131,55	127150,37	105958,64	105958,64	21191,728	706390,9207
Ara-92	180,2	593462,47	218006,62	181672,18	181672,18	36334,437	1211147,896
Oca-93	92,1	303317,94	111422,92	92852,432	92852,432	18570,486	619016,2112
Şub-93	203,2	669209,62	245832,11	204860,09	204860,09	40972,018	1365733,921
Mar-93	113,6	374125,06	137433,7	114528,08	114528,08	22905,616	763520,5384
Nis-93	30,8	101435,32	37261,953	31051,628	31051,628	6210,3255	207010,8502
May-93	100,1	329664,78	121101,35	100917,79	100917,79	20183,558	672785,2632
Haz-93	9	29640,19	10888,233	9073,5275	9073,5275	1814,7055	60490,1835
Tem-93	5,4	17784,114	6532,9398	5444,1165	5444,1165	1088,8233	36294,1101

Tablo 5.15 Değirmen Alt Havzası'nda Akışa Geçen Debi, (m³/ay)

Tarih	i (mm/ay)	Qorman	Qsazlık	Qtarım	Qyerleşim	Qkayalık	Qtoplam
Nis-92	59,1	156395,53	57451,418	47876,182	47876,182	9575,2363	319174,544
May-92	42,4	112202,54	41217,261	34347,717	34347,717	6869,5435	228984,7828
Haz-92	14,9	39429,667	14484,368	12070,306	12070,306	2414,0613	80468,70905
Tem-92	31,6	83622,65	30718,525	25598,771	25598,771	5119,7541	170658,4702
Ağu-92	4,8	12702,175	4666,105	3888,4208	3888,4208	777,68417	25922,8056
Eyl-92	16,4	43399,097	15942,525	13285,438	13285,438	2657,0876	88569,5858
Eki-92	12,4	32813,951	12054,105	10045,087	10045,087	2009,0174	66967,2478
Kas-92	105,1	278124,7	102168,26	85140,215	85140,215	17028,043	567601,431
Ara-92	180,2	476860,81	175173,36	145977,8	145977,8	29195,56	973185,3269
Oca-93	92,1	243722,98	89530,89	74609,075	74609,075	14921,815	497393,8325
Şub-93	203,2	537725,4	197531,78	164609,82	164609,82	32921,963	1097398,77
Mar-93	113,6	300618,14	110431,15	92025,96	92025,96	18405,192	613506,3992
Nis-93	30,8	81505,621	29940,84	24950,7	24950,7	4990,1401	166338,0026
May-93	100,1	264893,27	97307,732	81089,776	81089,776	16217,955	540598,5085
Haz-93	9	23816,578	8748,9469	7290,7891	7290,7891	1458,1578	48605,2605
Tem-93	5,4	14289,947	5249,3681	4374,4734	4374,4734	874,89469	29163,1563

Tablo 5.16 Çamlıdüz Alt Havzası'nda Akışa Geçen Debi, (m³/ay)

Tarih	i (mm/ay)	Qorman	Qsazlık	Qtarım	Qyerleşim	Qkayalık	Qtoplam
Nis-92	59,1	252721,28	92836,39	77363,658	77363,658	15472,732	515757,7215
May-92	42,4	181309,35	66603,434	55502,861	55502,861	11100,572	370019,076
Haz-92	14,9	63714,841	23405,452	19504,543	19504,543	3900,9087	130030,2885
Tem-92	31,6	135126,78	49638,408	41365,34	41365,34	8273,068	275768,934
Ağu-92	4,8	20525,586	7540,0114	6283,3428	6283,3428	1256,6686	41888,952
Eyl-92	16,4	70129,087	25761,705	21468,088	21468,088	4293,6176	143120,586
Eki-92	12,4	53024,432	19478,363	16231,969	16231,969	3246,3938	108213,126
Kas-92	105,1	449424,82	165094,83	137579,03	137579,03	27515,805	917193,5115
Ara-92	180,2	770564,73	283064,59	235887,16	235887,16	47177,432	1572581,073
Oca-93	92,1	393834,69	144673,97	120561,64	120561,64	24112,328	803744,2665
Şub-93	203,2	868916,49	319193,81	265994,85	265994,85	53198,969	1773298,968
Mar-93	113,6	485772,21	178446,94	148705,78	148705,78	29741,156	991371,864
Nis-93	30,8	131705,85	48381,74	40318,116	40318,116	8063,6233	268787,442
May-93	100,1	428044	157240,65	131033,88	131033,88	26206,776	873559,1865
Haz-93	9	38485,475	14137,521	11781,268	11781,268	2356,2536	78541,785
Tem-93	5,4	23091,285	8482,5128	7068,7607	7068,7607	1413,7521	47125,071

Tablo 5.17 Sultaniye Havzası'nın Diğer Alt Havzalarında Akışa Geçen Debi, (m³/ay)

Tarih	i (mm/ay)	Qorman	Qsazlık	Qtarım	Qyerleşim	Qkayalık	Qtoplam
Nis-92	59,1	245103,73	90038,107	75031,755	75031,755	15006,351	500211,7029
May-92	42,4	175844,3	64595,867	53829,889	53829,889	10765,978	358865,9256
Haz-92	14,9	61794,343	22699,963	18916,635	18916,635	3783,3271	126110,9031
Tem-92	31,6	131053,77	48142,202	40118,502	40118,502	8023,7004	267456,6804
Ağu-92	4,8	19906,902	7312,7396	6093,9497	6093,9497	1218,7899	40626,3312
Eyl-92	16,4	68015,249	24985,194	20820,995	20820,995	4164,1989	138806,6316
Eki-92	12,4	51426,164	18891,244	15742,703	15742,703	3148,5407	104951,3556
Kas-92	105,1	435878,21	160118,53	133432,11	133432,11	26686,421	889547,3769
Ara-92	180,2	747338,29	274532,43	228777,03	228777,03	45755,406	1525180,184
Oca-93	92,1	381963,69	140313,19	116927,66	116927,66	23385,532	779517,7299
Şub-93	203,2	842725,53	309572,64	257977,2	257977,2	51595,441	1719848,021
Mar-93	113,6	471130,02	173068,17	144223,48	144223,48	28844,695	961489,8384
Nis-93	30,8	127735,96	46923,413	39102,844	39102,844	7820,5688	260685,6252
May-93	100,1	415141,86	152501,09	127084,24	127084,24	25416,848	847228,2819
Haz-93	9	37325,442	13711,387	11426,156	11426,156	2285,2311	76174,371
Tem-93	5,4	22395,265	8226,8321	6855,6934	6855,6934	1371,1387	45704,6226

Tablo 5.18 Köyceğiz Gölü Yüzeyine Düşen Yağış Miktarı, (m³/ay)

Tarih	i (mm/ay)	Köyceğiz Havzası	Sultaniye Havzası
		Q _{yağış}	Q _{yağış}
Nis-92	59,1	2279048,183	939896,4363
May-92	42,4	1635053,18	674308,1032
Haz-92	14,9	574582,3675	236962,0457
Tem-92	31,6	1218577,37	502550,3788
Ağu-92	4,8	185100,36	76336,7664
Eyl-92	16,4	632426,23	260817,2852
Eki-92	12,4	478175,93	197203,3132
Kas-92	105,1	4052926,633	1671457,114
Ara-92	180,2	6948976,015	2865809,439
Oca-93	92,1	3551613,158	1464711,705
Şub-93	203,2	7835915,24	3231589,778
Mar-93	113,6	4380708,52	1806636,805
Nis-93	30,8	1187727,31	489827,5844
May-93	100,1	3860113,758	1591939,649
Haz-93	9	347063,175	143131,437
Tem-93	5,4	208237,905	85878,8622

Köyceğiz Gölü'ne gelen evsel atıksu miktarı havza içerisindeki nüfusun birim atıksu miktarı ile çarpılması sonucu belirlenmiştir. Evsel atıksu debisinin hesaplanmasında, 200 lt/N.gün birim atıksu değeri esas alınmıştır.[16] Göle gelecek toplam evsel atıksu debisinin hesaplanmasında,

$$Q = q \times N \quad (5.9)$$

formülü ile hesaplanmıştır. Burada;

- Q : Evsel atıksu debisi, m³/gün
q : Birim atıksu debisi, m³/kişi.gün
N : Nüfus, kişi

Simulasyonun yapıldığı Nisan 1992 - Temmuz 1993 tarihleri arası aylık nüfus tahminleri, Köyceğiz Havza'sı içerisindeki yerleşimlerin 1980, 1985, 1990 yılı nüfus sayım sonuçlarından yararlanılarak aşağıda verilen İller Bankası Nüfus Tahmin Yöntemi ile yapılmıştır.

$$N = N_n \times [1 + (\text{Ç}_{\text{ort}}/100)]^{Y-Y_n} \quad (5.10a)$$

$$\text{Ç}_i = [(Y_{i+1}-Y_i) (N_{i+1}/N_i) - 1] \times 100 \quad (5.10b)$$

$$\text{Ç}_{\text{ort}} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Ç}_i}{n} \quad (5.10c)$$

Burada;

N : Y tarihindeki tahmini nüfus, kişi

N_n : Son nüfus sayım sonucu, kişi

Y_n : Son nüfus sayım tarihi, yıl

Ç : Nüfus artış katsayısı

Tablo (5.19)'da Köyceğiz ve Sultaniye Havzaları'ndaki yerleşimlerin İller Bankası Yöntemi ile hesaplanmış tahmini nüfusları ve bu yerleşimlerden kaynaklanan evsel atıksu miktarları verilmiştir.

Tablo 5.19 Köyceğiz Gölü Su Toplama Havzası'ndaki Yerleşimlerin Tahmini Nüfusları ve Evsel Atıksu Miktarı

Tarih	Köyceğiz Havzası		Sultaniye Havzası	
	Nüfus	Debi (m ³ /ay)	Nüfus	Debi (m ³ /ay)
Nis-92	23274	139643,1223	1182	7090,387531
May-92	23307	139839,0425	1183	7100,335387
Haz-92	23336	140013,4245	1185	7109,189642
Tem-92	23365	140188,0239	1186	7118,054939
Ağu-92	23397	140384,7085	1188	7128,041613
Eyl-92	23427	140559,771	1189	7136,930418
Eki-92	23456	140735,0517	1191	7145,830308
Kas-92	23489	140932,5038	1193	7155,85595
Ara-92	23518	141108,2494	1194	7164,779441
Oca-93	23547	141284,2141	1196	7173,714059
Şub-93	23580	141482,4367	1197	7183,778823
Mar-93	23610	141658,868	1199	7192,737133
Nis-93	23639	141835,5194	1200	7201,706615
May-93	23672	142034,5154	1202	7211,810653
Haz-93	23702	142211,6352	1203	7220,80392
Tem-93	23731	142388,9759	1205	7229,808401

Köyceğiz Gölü'ne tabandan çok büyük miktarda yeraltı suyu beslemesi olmaktadır.[1] Ancak gölü besleyen yeraltı suyunun miktarı hakkında sağlıklı bilgi bulunmamaktadır. Gölü besleyen yeraltı suyu miktarı yapılan kütle dengesi sonucunda belirlenmiştir.

5.3.5 Su Kütlesi Dengesi

Köyceğiz Gölü su kütlesi dengesinin kurulmasında Köyceğiz ve Sultaniye Havzaları'nın ayrı düşünülmesi gerekmektedir. (Bölüm 2.5)'de de belirtildiği gibi Gölün tek çıkışı olan Dalyan Kanalı'nda, sağlıklı bir tek debi ölçüm çalışması 1998 yılı haziran ayında Gönenç vd. (İ.T.Ü. Çevre Müh. Böl.) tarafından yapılmıştır. Ay içerisinde çeşitli zamanlarda yapılan ölçümler sonucunda Dalyan Kanalı haziran ayı ortalama debisi 60 m³/sn olarak tespit edilmiştir.[4] Bu ölçüm sonucu baz alınarak gölden yılda yaklaşık; 1.892.160.000 m³ su boşaldığı yaklaşımları yapılmıştır. Aylık

bazda bir kütle dengesinin kurulması aşamasında g lden her ay çıkan su miktarını bulmak için bu yıllık değerin 1/12'sini almaktan başka  are yoktur. Çünkü eldeki tek bilgi budur. Bu da aylık olarak $157.680.000 \text{ m}^3$ su değerine karşılık gelmektedir. Ancak kalibrasyon aşamasında yapılan çalışmalar sonucunda yukarıdaki yaklaşımın temsil ediciliğinin yüksek ve yeterli olduğu kanaatine varılmıştır. Zira daha önce (Bölüm 2.5)'de de belirtildiği gibi Kasım-mart aylarını kapsayan dönemde yeraltı suyu girdisinde önemli bir azalma olduğu kütle dengesinden görülmektedir.

Gölü besleyen en büyük kaynak yeraltı suyu ve ikincisi ise y zeyssel akışa geçen yağıştır. Köyceğiz Havzasının drenaj alanı Sultaniye Havzası'nın drenaj alanından 20 kat daha büyüktür. Ancak Sultaniye Havzası'nı besleyen birim yeraltı suyu miktarı diğerinden daha fazladır. Çünkü (Bölüm 2.5)'de belirtildiği gibi yeraltı suyu hidrolik eğimi Köyceğiz Gölü'ne denize ve Dalyan Kanalı'na doğrudur. Sultaniye Havzası, Köyceğiz Havzası'na denize ve Dalyan Kanalı'na daha yakındır. Bu durum dikkate alınarak g lden çıkan $60 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'lik toplam debinin 4/5'inin Köyceğiz Havzası'ndan Sultaniye Havzası'na geçtiği kabulune varılmıştır. Bu kabul ile Köyceğiz Havzası'ndan Sultaniye Havzası'na geçen su debisi $48 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak hesaplanmıştır. Bu da yılda $1.513.728.000 \text{ m}^3$, ayda $126.144.000 \text{ m}^3$ su demektir. Bu yaklaşımın da kalibrasyon aşamasında yapılan çalışmalar sonucunda, temsil ediciliğinin yüksek ve yeterli olduğu kanaatine varılmıştır.

Köyceğiz Gölü'nde kurulan su kütlesi dengesi (Tablo 6.20)'de verilmiştir

Tablo 5.20a Köyceğiz Havzası Su Kütlesi Dengesi

Tarih	Yuvarlak	Kargıcak	Kocaöz	Hamitköy	Namnam	Yaylı	Yağış	Eysel	Yeraltısuyu	Buharlaşma	Çıkış
Nis-92	3355239,83	2330460,69	1298530,25	315515,811	17862533,7	1963330,19	2279048,18	139643,122	100891665,9	4291967,68	126144000
May-92	2407143,29	1671937,96	931602,073	226359,905	12815083,4	1408548,22	1635053,18	139839,042	110570892,4	5662459,43	126144000
Haz-92	845906,488	587544,235	327379,03	79546,2873	4503413,73	494985,107	574582,368	140013,424	125073049,6	6482420,28	126144000
Tem-92	1794003,02	1246066,97	694307,205	168702,193	9550864,03	1049767,07	1218577,37	140188,024	116490912	6209387,86	126144000
Ağu-92	272506,788	189275,995	105464,386	25625,6496	1450764,16	159458,29	185100,36	140384,709	130169428,4	6554008,72	126144000
Eyl-92	931064,859	646692,984	360336,651	87554,3028	4956777,53	544815,823	632426,23	140559,771	122562681	4718909,16	126144000
Eki-92	703975,869	488962,988	272449,663	66199,5948	3747807,4	411933,915	478175,93	140735,052	122756034,9	2922275,36	126144000
Kas-92	5966763,21	4144355,64	2309230,61	561094,953	31765690,2	3491472,13	4052926,63	140932,504	75321832,45	1610298,31	126144000
Ara-92	10230359	7105736,32	3959308,81	962029,595	54464104,4	5986329,96	6948976,02	141108,249	37505739,9	1159692,2	126144000
Oca-93	5228723,99	3631733,16	2023597,9	491692,152	27836337,2	3059605,93	3551613,16	141284,214	81554116,23	1374903,98	126144000
Şub-93	11536120,7	8012683,8	4464658,99	1084819,17	61415682,6	6750400,93	7835915,24	141482,437	26940658,55	2038422,4	126144000
Mar-93	6449327,32	4479531,89	2495990,46	606473,707	34334751,7	3773846,19	4380708,52	141658,868	72674281,18	3192569,81	126144000
Nis-93	1748585,22	1214520,97	676729,808	164431,252	9309070	1023190,69	1187727,31	141835,519	114908425,2	4230516,01	126144000
May-93	5682901,97	3947193,15	2199371,87	534401,568	30254477,5	3325369,75	3860113,76	142034,515	81386105,47	5187969,57	126144000
Haz-93	510950,228	354892,491	197745,723	48048,093	2720182,79	298984,293	347063,175	142211,635	128628482,9	7104561,33	126144000
Tem-93	306570,137	212935,495	118647,434	28828,8558	1632109,68	179390,576	208237,905	142388,976	131689879,8	8374988,86	126144000

Tablo 5.20b Sultaniye Havzası Su Kütlesi Dengesi

Tarih	Çakmak	Değirmen	Çamlıdüz	Köyceğiz	Yaylı	Yağış	Evsel	Yeraltısuyu	Buharlaşıma	Çıkış
Nis-92	397218,872	319174,544	515757,722	126144000	500211,703	939896,436	7090,38753	30626689,8	1770039,423	157680000
May-92	284975,976	228984,783	370019,076	126144000	358865,926	674308,103	7100,33539	31946986,2	2335240,422	157680000
Haz-92	100144,859	80468,7091	130030,289	126144000	126110,903	236962,046	7109,18964	33528572,4	2673398,379	157680000
Tem-92	212387,755	170658,47	275768,934	126144000	267456,68	502550,379	7118,05494	32660857,5	2560797,78	157680000
Ağu-92	32261,4312	25922,8056	41888,952	126144000	40626,3312	76336,7664	7128,04161	34014757,7	2702921,984	157680000
Eyl-92	110226,557	88569,5858	143120,586	126144000	138806,632	260817,285	7136,93042	32733435,7	1946113,267	157680000
Eki-92	83342,0306	66967,2478	108213,126	126144000	104951,356	197203,313	7145,83031	32173345,2	1205168,113	157680000
Kas-92	706390,921	567601,431	917193,512	126144000	889547,377	1671457,11	7155,85595	27440752,8	664099,0092	157680000
Ara-92	1211147,9	973185,327	1572581,07	126144000	1525180,18	2865809,44	7164,77944	23859197	478265,6969	157680000
Oca-93	619016,211	497393,832	803744,267	126144000	779517,73	1464711,71	7173,71406	27931463,2	567020,6373	157680000
Şub-93	1365733,92	1097398,77	1773298,97	126144000	1719848,02	3231589,78	7183,77882	23181607,3	840660,5728	157680000
Mar-93	763520,538	613506,399	991371,864	126144000	961489,838	1806636,8	7192,73713	27708921,4	1316639,557	157680000
Nis-93	207010,85	166338,003	268787,442	126144000	260685,625	489827,584	7201,70662	31880845,1	1744696,294	157680000
May-93	672785,263	540598,508	873559,187	126144000	847228,282	1591939,65	7211,81065	29142234,6	2139557,269	157680000
Haz-93	60490,1835	48605,2605	78541,785	126144000	76174,371	143131,437	7220,80392	34051810,1	2929973,981	157680000
Tem-93	36294,1101	29163,1563	47125,071	126144000	45704,6226	85878,8622	7229,8084	34738512,1	3453907,752	157680000

5.4 Su Kalite Verileri

Su kalite verileri, göl içi başlangıç koşulları ve giriş kaynakları su kalitesinden ibarettir. Programa, simulasyonun başlangıç tarihinde derinlik boyunca ölçülmüş göl içi su kalite verileri ve göle giren kaynakların su kalite verileri girilmelidir. Başlangıç koşulları olarak Nisan-1992 tarihinde göl boyunca ölçülen su kalite parametreleri alınmıştır.[1] Göle giren kaynakların su kalite verilerinin belirlenmesinde Nisan 1992 - Temmuz 1993 tarihleri arasında kaynaklarda ölçülen çeşitli su kalite parametreleri baz alınmıştır.[1] Ancak bu kaynak kalite ölçümlerinin yetersizliği nedeniyle bazı parametrelerin belirlenmesinde çeşitli yaklaşımlar ile kabuller yapılması yolu izlenmiştir. Göle giren kaynaklardaki azot ve fosfor konsantrasyonunun hesabında (Bölüm 3.2)'de anlatılan yaklaşım esas alınmıştır. Yağmur suları ile Köyceğiz Gölü Havzası'ndan kaynaklanan azot ve fosfor miktarları (Tablo 5.21 ve 5.22)'de verilmiştir. Evsel atıksu kalitesinin belirlenmesinde ise (Bölüm 3.1)'deki verilen birim kirlilik yüklerinden yararlanılmıştır.

Tablo 5.21 Köyceğiz Gölü Havzası'ndan Kaynaklanan Azot Yükleri

	Toplam Azot Yüğü, kg/ay				
	Orman	Sazlık	Tarım	Yerleşim	Toplam
Köyceğiz Havzası					
Yuvarlak Alt Havzası	927,28004	851,58371	1419,306	425,7919	3623,9618
Kargıcak Alt Havzası	644,06415	591,48749	985,8125	295,7437	2517,1079
Kocaöz Alt Havzası	358,87187	329,57621	549,2937	164,7881	1402,5299
Hamitköy Alt Havzası	87,198391	80,080155	133,4669	40,04008	340,78555
Namnam Alt Havzası	7556,0633	1259,3439	3526,163	906,7276	13248,298
Diğer Alt Havzalar	542,60112	498,30716	830,5119	249,1536	2120,5738
Sultaniye Havzası					
Çakmak Alt Havzası	109,77848	100,81697	168,0283	50,40849	429,03223
Değirmen Alt Havzası	88,209547	81,008768	135,0146	40,50438	344,73731
Çamlıdüz Alt Havzası	142,5388	130,90298	218,1716	65,45149	557,06488
Diğer Alt Havzalar	138,24238	126,95729	211,5955	63,47864	540,27378
TOPLAM	10594,848	4050,0646	8177,364	2302,088	25124,365

Tablo 5.22 Köyceğiz Gölü Havzası'ndan Kaynaklanan Fosfor Yükleri

	Toplam Fosfor Yüğü, kg/ay				
	Orman	Sazlık	Tarım	Yerleşim	Toplam
Köyceğiz Havzası					
Yuvarlak Alt Havzası	23,182001	17,031674	42,57919	70,96531	153,75817
Kargıcak Alt Havzası	16,101604	11,82975	29,57437	49,29062	106,796351
Kocaöz Alt Havzası	8,9717967	6,5915241	16,47881	27,46468	59,5068148
Hamitköy Alt Havzası	2,1799598	1,6016031	4,004008	6,673346	14,4589169
Namnam Alt Havzası	188,90158	25,186878	105,7849	176,3081	496,181491
Diğer Alt Havzalar	13,565028	9,9661431	24,91536	41,5256	89,9721252
Sultaniye Havzası					
Çakmak Alt Havzası	2,744462	2,0163395	5,040849	8,401414	18,2030645
Değirmen Alt Havzası	2,2052387	1,6201754	4,050438	6,750731	14,626583
Çamlıdüz Alt Havzası	3,5634699	2,6180595	6,545149	10,90858	23,6352594
Diğer Alt Havzalar	3,4560594	2,5391457	6,347864	10,57977	22,9228431
TOPLAM	264,8712	81,001292	245,3209	408,8682	1000,06162

(Tablo 5.23)'de Köyceğiz Gölü su kalite modellemesi çalışmasında göle giren kaynakların yüzeysel akışla taşıdığı azot ve fosfor konsantrasyonları verilmiştir. Toplam azotun %50'sinin $\text{NH}_3\text{-N}$, %44'ünün $\text{NO}_3\text{-N}$ ve %6'sının $\text{NO}_2\text{-N}$ olduğu kabulü yapılmıştır. Bu değerlerin kabulünde tarım alanlarındaki toprak yapısı ve buna bağlı olarak kullanılan gübre cinsleri etkili olmuştur. Ayrıca bu kirleticilerin göle geliş yolu boyunca geçen süre içerisinde ayrışmaları ihmal edilmiştir. Bir başka deyişle azot ve fosfor parametrelerinin kaynağından çıkış miktarının tamamının göle ulaştığı kabulü yapılmıştır. Bu kabul ve yaklaşımın kalibrasyon çalışmaları sonucunda, temsil ediciliğinin çok yüksek değil ancak çalışmanın amacı için yeterli olduğu kanaatine varılmıştır.

Tablo 5.23 Köyceğiz Gölü'ne Giren Kaynaklardaki Azot ve Fosfor Konsantrasyonları, mg/L

Tarih	NH ₃ -N	NO ₃ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P
Namnam Çayı				
Nis-92	6,89436339	6,06703978	0,8273236	0,51642188
May-92	9,60983199	8,45665215	1,1531798	0,7198239
Haz-92	27,3460991	24,0645672	3,2815319	2,04835794
Tem-92	12,8942049	11,3469004	1,5473046	0,96583966
Ağu-92	84,8868492	74,7004273	10,186422	6,35844445
Eyl-92	24,8449315	21,8635397	2,9813918	1,86100813
Eki-92	32,8594255	28,9162945	3,9431311	2,46133333
Kas-92	3,87684944	3,41162751	0,4652219	0,29039518
Ara-92	2,26113694	1,98980051	0,2713364	0,16937033
Oca-93	4,42407032	3,89318188	0,5308884	0,33138473
Şub-93	2,00520116	1,76457702	0,2406241	0,15019948
Mar-93	3,58676828	3,15635608	0,4304122	0,26866667
Nis-93	13,2291194	11,641625	1,5874943	0,99092641
May-93	4,07049827	3,58203847	0,4884598	0,30490043
Haz-93	45,2729863	39,8402279	5,4327584	3,39117037
Tem-93	75,4549771	66,4003799	9,0545973	5,65195062
Diğer Akarsular				
Nis-92	1,8858958	1,6595883	0,2263075	0,16003032
May-92	2,62868966	2,3132469	0,3154428	0,22306113
Haz-92	7,48029811	6,58266233	0,8976358	0,63475114
Tem-92	3,52710259	3,10385028	0,4232523	0,29929722
Ağu-92	23,220092	20,433681	2,786411	1,97037334
Eyl-92	6,7961245	5,98058956	0,8155349	0,57669464
Eki-92	8,98842272	7,909812	1,0786107	0,76272516
Kas-92	1,06047994	0,93322235	0,1272576	0,08998851
Ara-92	0,61851522	0,54429339	0,0742218	0,05248497
Oca-93	1,21016766	1,06494754	0,1452201	0,10269047
Şub-93	0,54850611	0,48268538	0,0658207	0,04654425
Mar-93	0,98113065	0,86339497	0,1177357	0,08325521
Nis-93	3,61871564	3,18446977	0,4342459	0,30707117
May-93	1,11345097	0,97983685	0,1336141	0,09448344
Haz-93	12,3840491	10,8979632	1,4860859	1,05086578
Tem-93	20,6400818	18,163272	2,4768098	1,75144297

BÖLÜM 6

MODELİN KALİBRASYONU

6.1 Modelleme Adımları

Bir modelleme çalışmasında, modelin, gerçeğini istenilen ölçüde ifade edebilmesi temel kuraldır. Yapılan bütün yaklaşımların ve izlenen yolların amacı budur. Bu doğrultuda modellemenin ilk adımı olarak problemin tanımının çok iyi yapılması gerekmektedir. Bir diğer deyişle modelden neyin beklendiğinin çok iyi belirlenmesi, modelin tüm aşamalarında bu beklenti doğrultusunda ilerlenmesi gerekmektedir. Köyceğiz Gölü için yapılan bu model çalışmasından beklenen; Türkiye ve dünyanın turizm ve ekoloji açısından en önemli yerlerinden olan Dalyan Kıyıları'na Köyceğiz Gölü'nden gelen atık yükünün belirlenmesi, bölgede yapılan su kalite çalışmaları için geliştirilmesi mümkün olan ve kurulacak çeşitli senaryolara gerçekçi olarak yanıt verebilecek şekilde geliştirilmesi mümkün olan bir model oluşturulmasıdır.

Modellemenin ikinci adımı ise giriş bilgilerinin toplanması ve modelde kullanılabilir hale getirilmesidir. Modelde kullanılan veriler mümkün olduğu kadar yeni ve periyodik olmalıdır. Ancak verilerin hassasiyeti modelden istenen sonucun hassasiyetine paralel olmalıdır. Verilerin çok hassas olması modelin iyi olacağı anlamına gelmez aksine zaman kaybı yaratabilir. Bazı modellerde ise yeteri kadar hassas olmayan veriler sonucu direkt olarak etkiler. Bu çalışma ikinci duruma daha yakındır. Bazı verilerin hassasiyeti beklenenden daha az olduğundan sonuçlardan, literatürden ve tecrübelerden yararlanılarak çeşitli yaklaşımlar yapılmak zorunda kalınmıştır. Burada diğer bir aşama olan modelin kalibrasyon aşamasından söz etmenin sırasıdır.

Kalibrasyon aşamasında, Köyceğiz Gölü içerisindeki süreç ve mekanizmaların yeteri kadar temsil edilebilmesi için fiziksel, kimyasal ve biyolojik katsayılar yeniden düzenlenmiştir. Bu aşamada zaman zaman hassasiyeti az olan giriş verilerine geri dönülerek bu veriler gerçeğe uygun sonuçların alınabilmesi doğrultusunda düzenlenmiştir.

Modellemenin son adımı olan doğrulama ise bu çalışmada fazla yer almamaktadır. Çünkü bu çalışmada amaç, Köyceğiz Gölü'nü belli parametreler için bazı senaryo ve amaçlara yönelik olarak modellemek değil, ileride böyle çalışmalara temel olabilecek bir model oluşturmaktır. Zaten halihazırda eldeki veriler de ancak buna izin verebilmektedir. Göl içi su kalite parametreleri ölçüm sonuçları ile simulasyon sonuçlarının birebir çakışması yerine aynı eğimi yakalayarak paralellik göstermesi yeterlidir. Buna rağmen kalibrasyon aşamasındaki hassas çalışmalar ve yaklaşımlar, verilerin izin verdiği ölçüde doğrulanmaya çalışılarak ilerlenmiştir.

6.2 Kalibrasyonda Kullanılan Deneysel Veriler

Köyceğiz Gölü su kalite modelleme çalışmasında 1992-1993 yılları arasında simulasyon yapılmış ve 2-5 aylık periyotlarla alınan sonuçlar yapılan ölçümlerle [1] karşılaştırılmıştır. Simulasyon sonuçları ve ölçüm sonuçları (Tablo 6.1-6.30)'da verilmiştir. Ancak Gönenç v.d. tarafından yapılan son çalışmalarda gölde 12-14 metre derinlikten itibaren çözünmüş oksijen konsantrasyonunun 0 mg/L olduğu saptanmıştır.[4] Kalibrasyon işlemleri bu 0 değeri gözönüne alınarak yapılmıştır.

6.3 Kalibrasyon Sonuçları

Kalibrasyon aşamasında en çok etkili difüzyon katsayısı ve su kolonu kritik stabilitesi ile ilgilenilmiştir. Bunu nedeni ise (Bölüm 5.3.2)'de sözedildiği gibi yoğun ve tuzlu olan alt tabakanın az yoğun olan üst tabakadan ayırabilmek ve tabakaların kendi içinde tam karışımını sağlayabilmektir. Bu sağlandığında, simulasyon sonucunda çözünmüş oksijen konsantrasyonunun 12-14. metre derinlikten itibaren tabana kadar 0 mg/L değerine ulaştığı gözlenmiştir. 12.-14. metreden daha

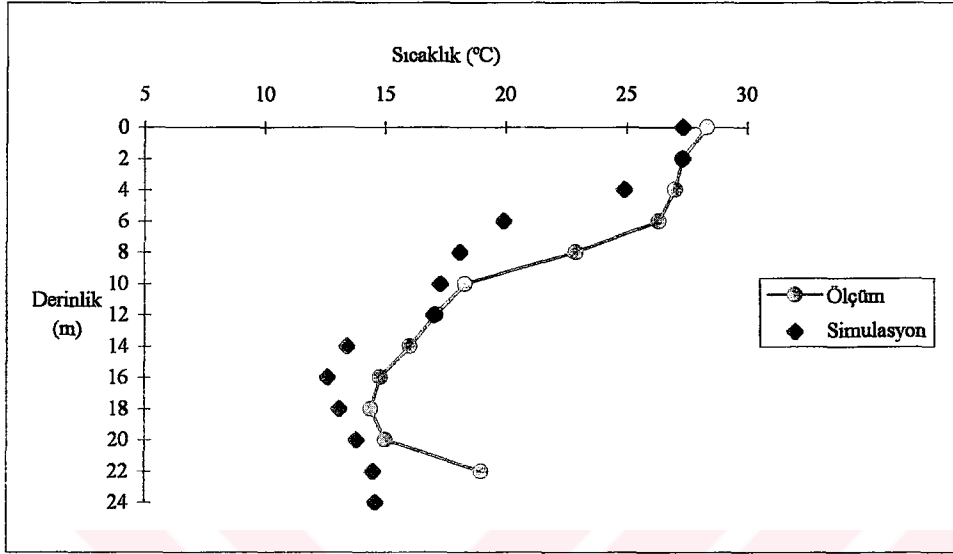
derindeki çözünmüş oksijen konsantrasyonunun, N. Kazancı'nın (H.Ü. Biyoloji Böl.) bulguları olan 2-3 mg/L civarında olmasını sağlayabilmek mümkün olmamıştır. Difüzyon katsayısının artması ve su kolonu stabilitesinin azalması sonucu simulasyonun ilk aylarında 2-3 mg/L değeri tutturulmuş ancak ilerleyen aylarda göl içerisinde tuzlu alt tabaka ve tatlı tabaka arasındaki karışımın fazla olması üst tabakadaki çözünmüş oksijenin alt tabakaya iyi karışarak alt tabakadaki çözünmüş oksijen konsantrasyonunu 6-8 mg/L değerine çıkardığı görülmüştür. Böyle bir durumun da gölün gerçek koşullarını yansıtmadığı açıktır.

Ayrıca 12-14 metre derinliğinden itibaren çözünmüş oksijen konsantrasyonunun 0 civarında olması, bu derinlikten itibaren Azot ve Fosfor konsantrasyonunun da artmasını sağlamıştır. Bu durum N. Kazancı (H.Ü. Biyoloji Böl.) tarafından yapılan Azot ve Fosfor ölçüm sonuçları ile paralellik göstermektedir.

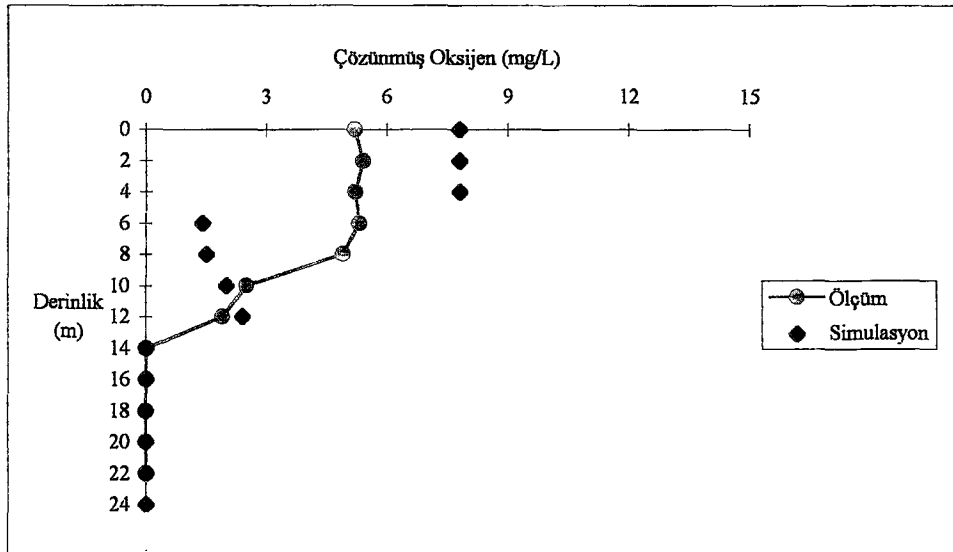
Yukarıdaki nedenlerden dolayı, kalibrasyon aşamasında sadece 12-14 metre derinlikten göl tabanına kadar olan mesafede çözünmüş oksijen konsantrasyonu için Gönenç v.d. tarafından yapılan çalışmalar kullanılmıştır. (Şekil 6.1-6.60)'da verilen grafiklerde de bu değerler görülmektedir.

Yoğun ve tuzlu olan alt tabaka ile az yoğun ve tatlı olan üst tabaka modele Toplam Çözünmüş Madde cinsinden tanıtılmıştır. Çünkü toplam çözünmüş madde yoğunluğu 1. derecede ve direkt olarak etkilemektedir. (Bölüm 2.3)'de belirtildiği gibi Köyceğiz Gölü'nün alt tabakası, denizlerin çekilmesiyle altta sıkışan tuzlu deniz suyundan ibarettir. Akdeniz'in yaklaşık %0.35 olan tuzluluk oranı dikkate alınarak buradan alt tabakalardaki Toplam Çözünmüş Madde konsantrasyonunun 3500-4000 mg/L olduğu yaklaşıma ulaşılmıştır.

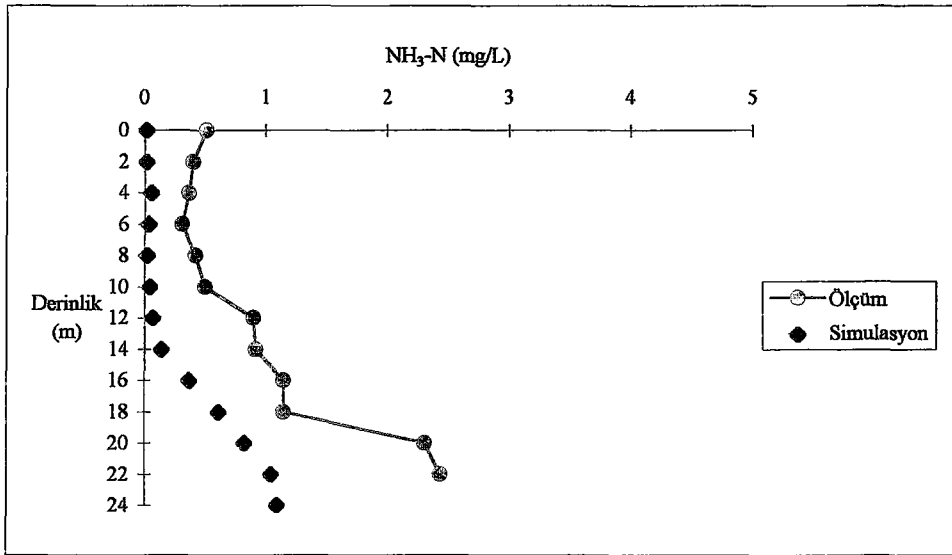
Köyceğiz Gölü'nde Kasım, aralık, ocak, şubat ve mart ayları'nda yeraltı suyu etkisi oldukça azalmaktadır. [1] Bu etkiyi karakterize edebilmek için akışa geçen yağış miktarı artırılmış 0.5 değerine getirilmiştir. Bu yaklaşımın nedenleri (Bölüm 5.3.4)'de ayrıntılı olarak açıklanmıştır. (Bölüm 5.3.5)'de yapılmış olan su kütlesi dengesi yeni akış katsayıları gözönüne alınmış olarak yapılmıştır.



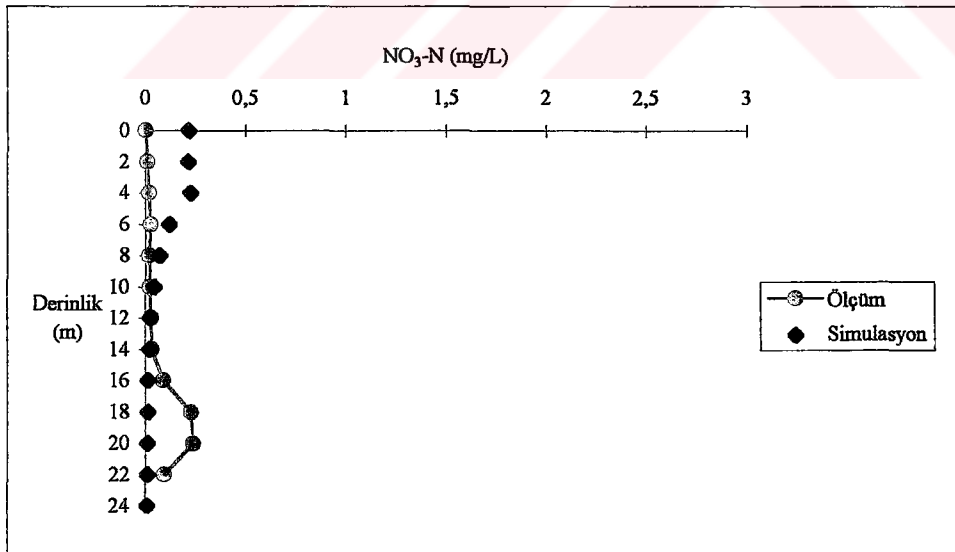
Şekil 6.1 Köyceğiz Havzası Temmuz 1992 Sıcaklık Dağılımı



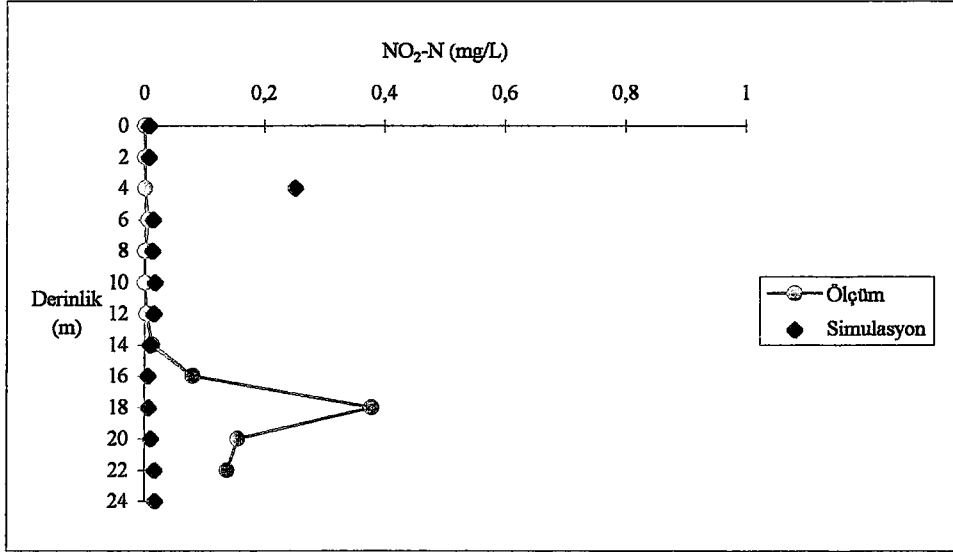
Şekil 6.2 Köyceğiz Havzası Temmuz 1992 Çözünmüş Oksijen Dağılımı



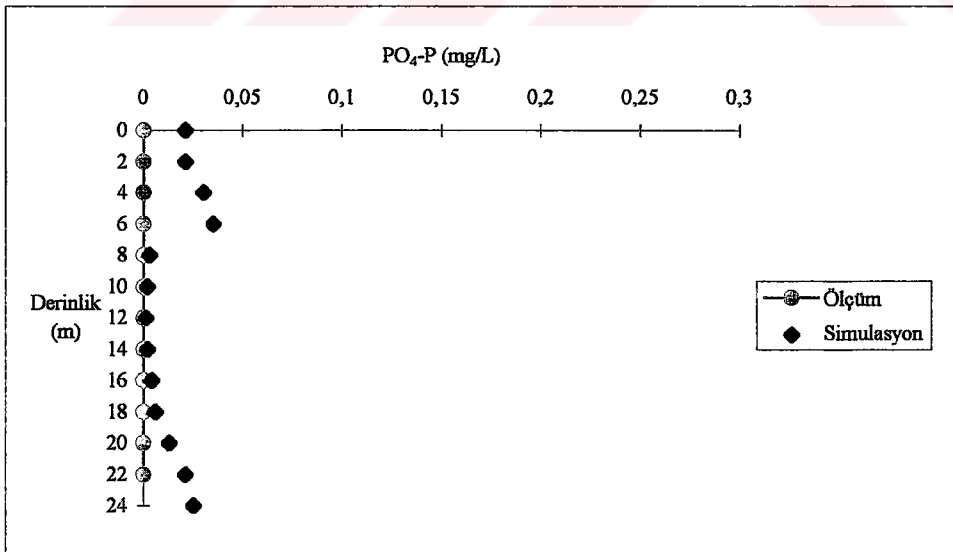
Şekil 6.3 Köyceğiz Havzası Temmuz 1992 $\text{NH}_3\text{-N}$ Dağılımı



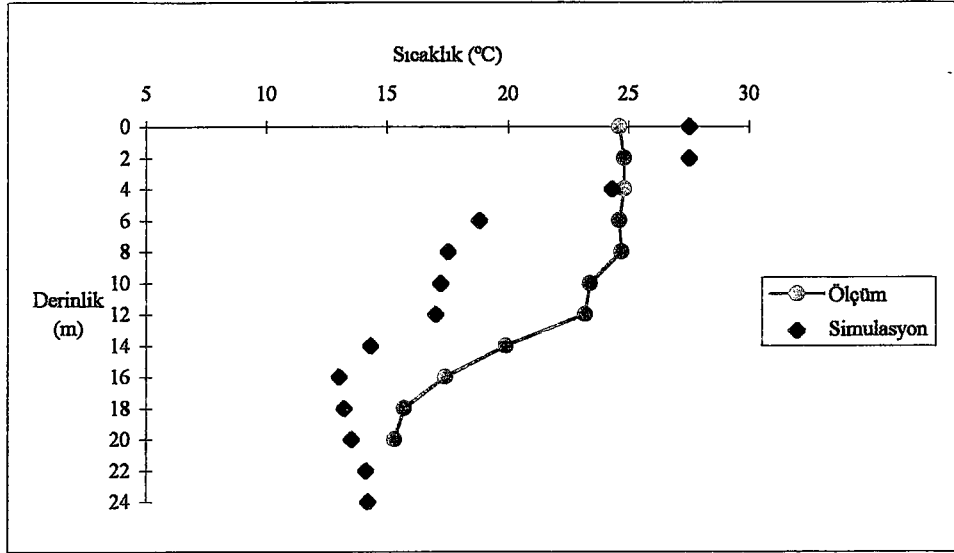
Şekil 6.4 Köyceğiz Havzası Temmuz 1992 $\text{NO}_3\text{-N}$ Dağılımı



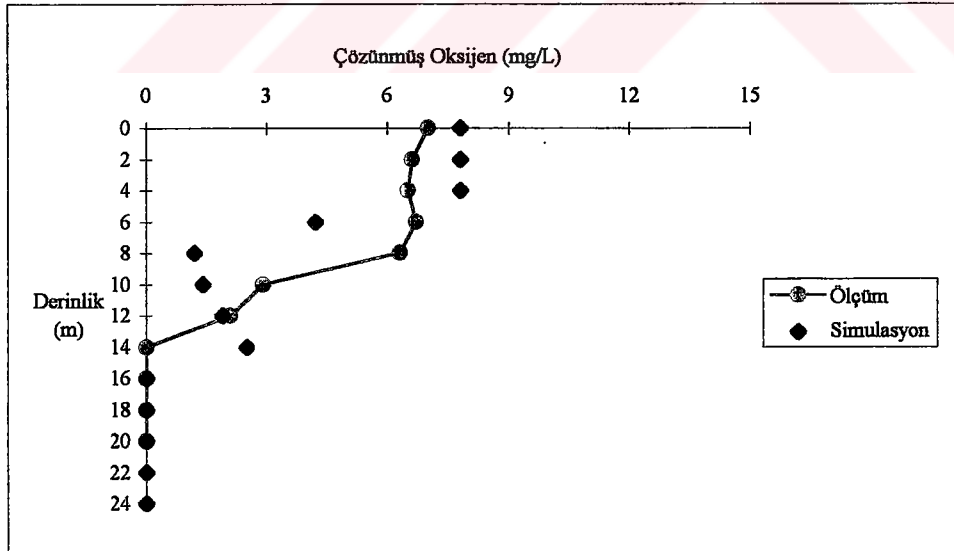
Şekil 6.5 Köyceğiz Havzası Temmuz 1992 $\text{NO}_2\text{-N}$ Dağılımı



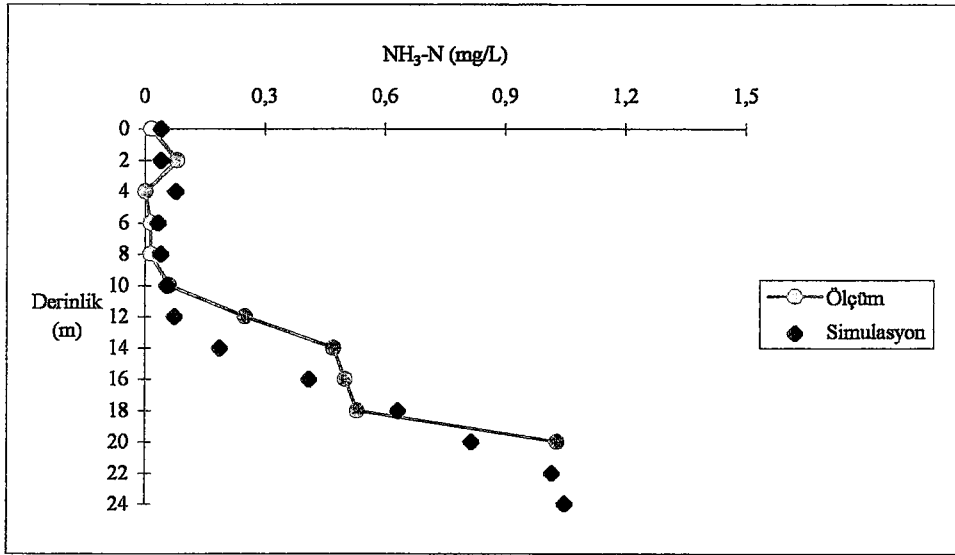
Şekil 6.6 Köyceğiz Havzası Temmuz 1992 $\text{PO}_4\text{-P}$ Dağılımı



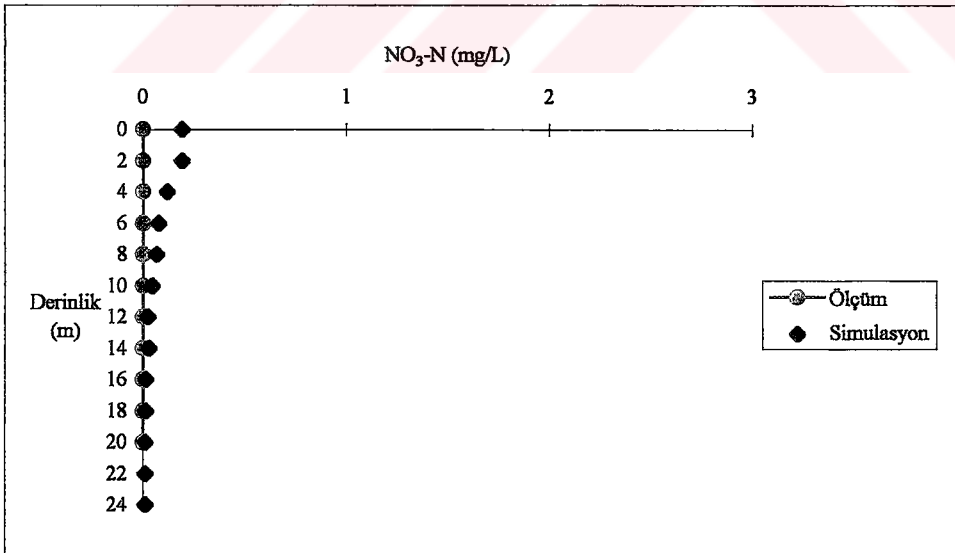
Şekil 6.7 Köyceğiz Havzası Eylül 1992 Sıcaklık Dağılımı



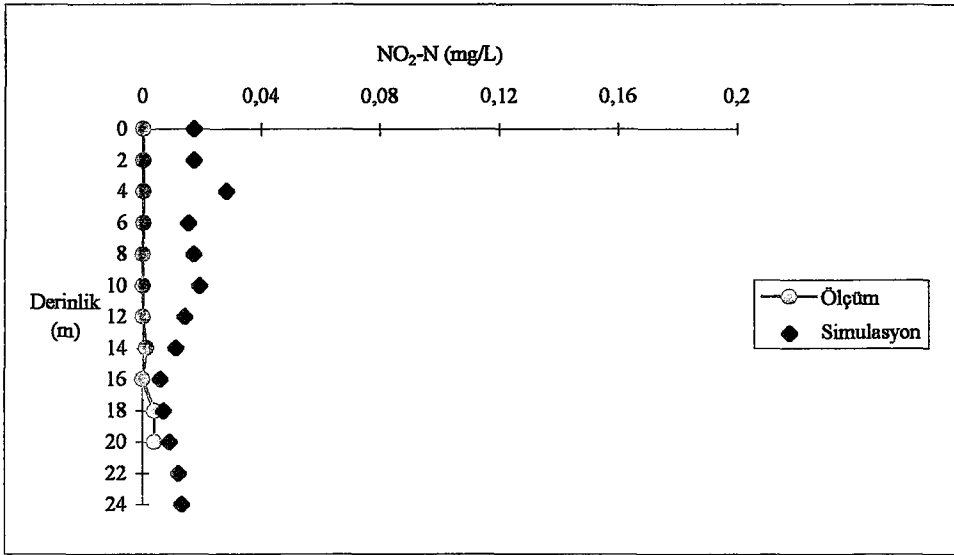
Şekil 6.8 Köyceğiz Havzası Eylül 1992 Çözünmüş Oksijen Dağılımı



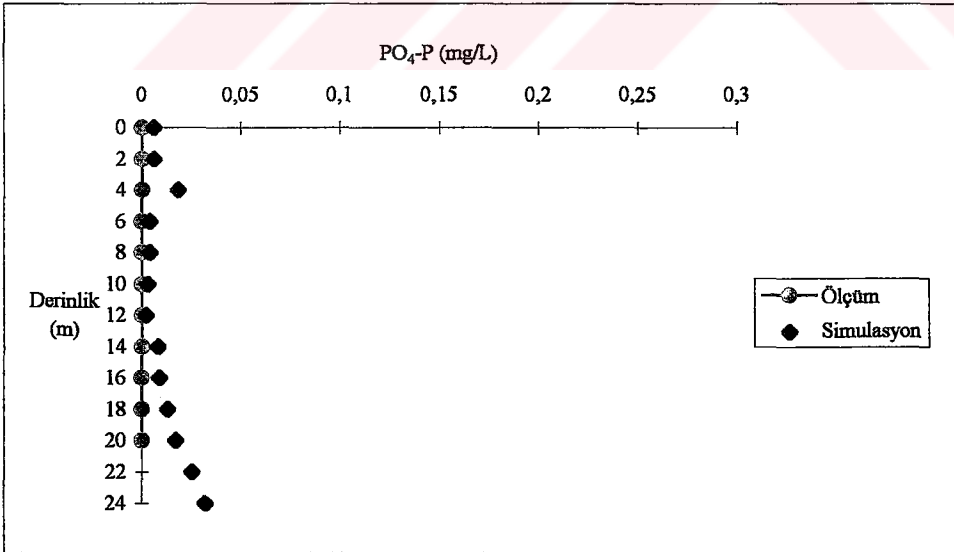
Şekil 6.9 Köyceğiz Havzası Eylül 1992 $\text{NH}_3\text{-N}$ Dağılımı



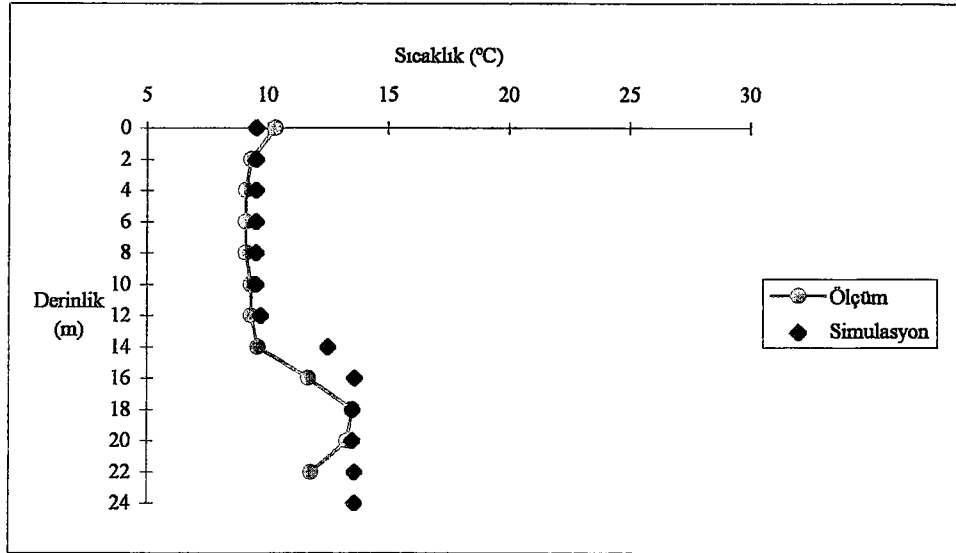
Şekil 6.10 Köyceğiz Havzası Eylül 1992 $\text{NO}_3\text{-N}$ Dağılımı



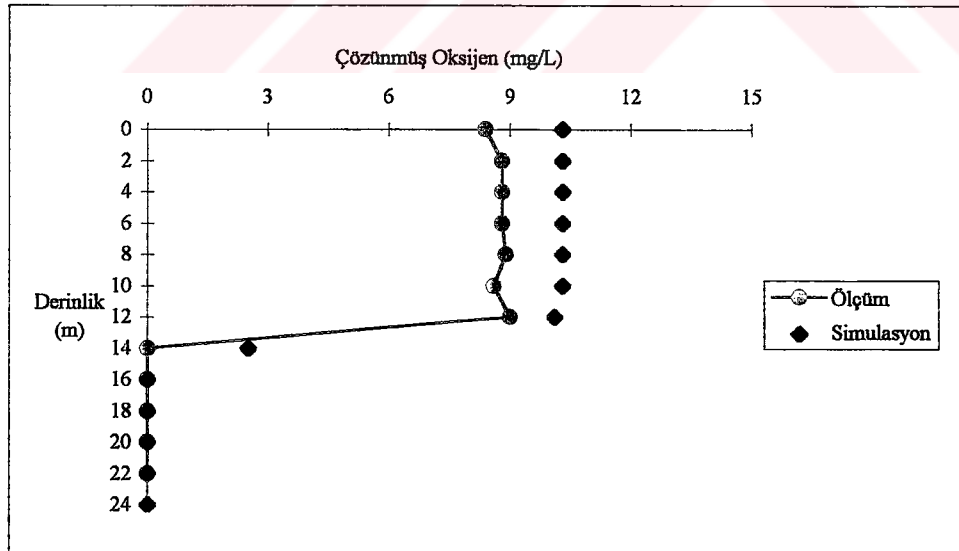
Şekil 6.11 Köyceğiz Havzası Eylül 1992 $\text{NO}_2\text{-N}$ Dağılımı



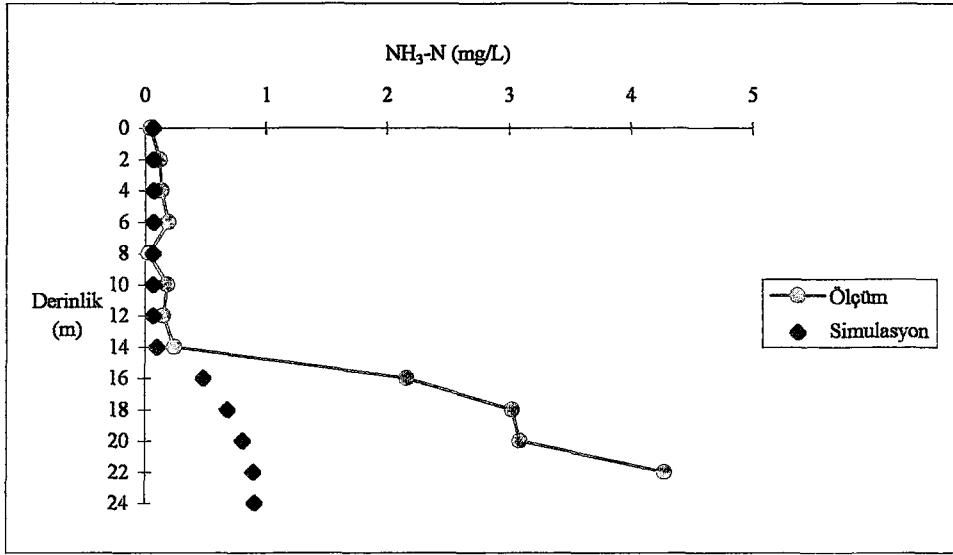
Şekil 6.12 Köyceğiz Havzası Eylül 1992 $\text{PO}_4\text{-P}$ Dağılımı



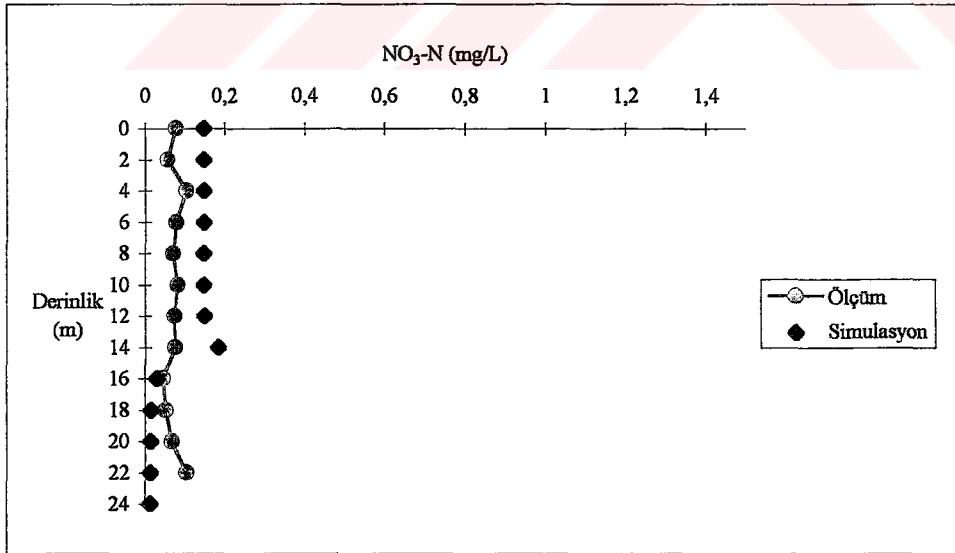
Şekil 6.13 Köyceğiz Havzası Şubat 1993 Sıcaklık Dağılımı



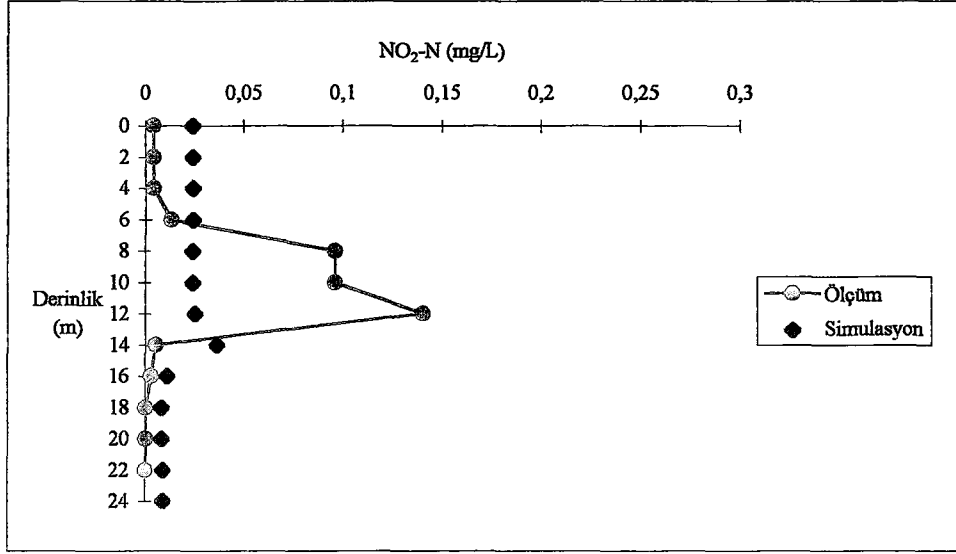
Şekil 6.14 Köyceğiz Havzası Şubat 1993 Çözünmüş Oksijen Dağılımı



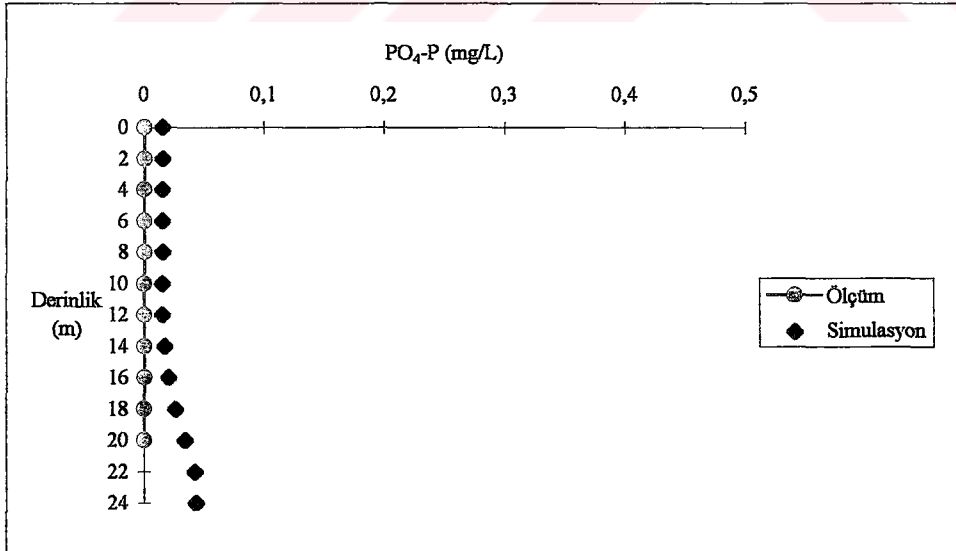
Şekil 6.15 Köyceğiz Havzası Şubat 1993 $\text{NH}_3\text{-N}$ Dağılımı



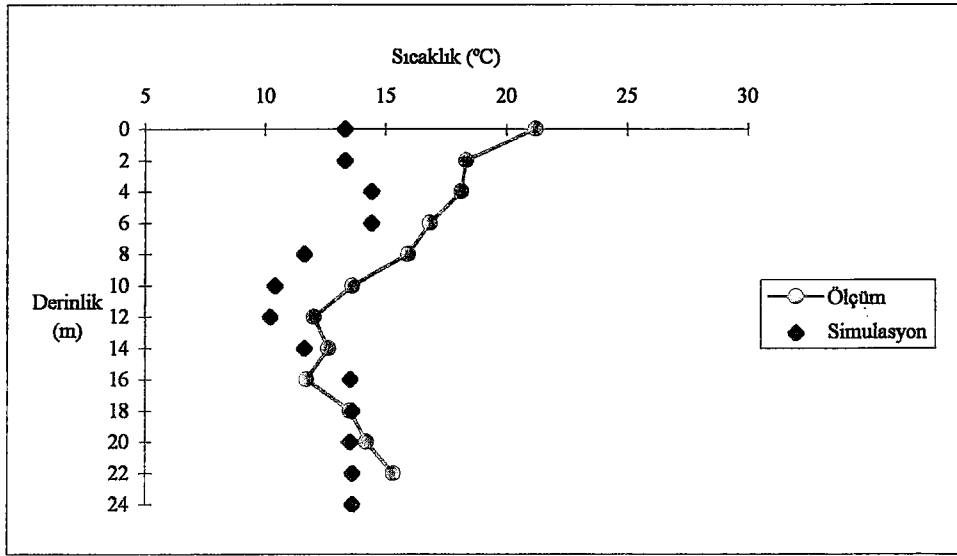
Şekil 6.16 Köyceğiz Havzası Şubat 1993 $\text{NO}_3\text{-N}$ Dağılımı



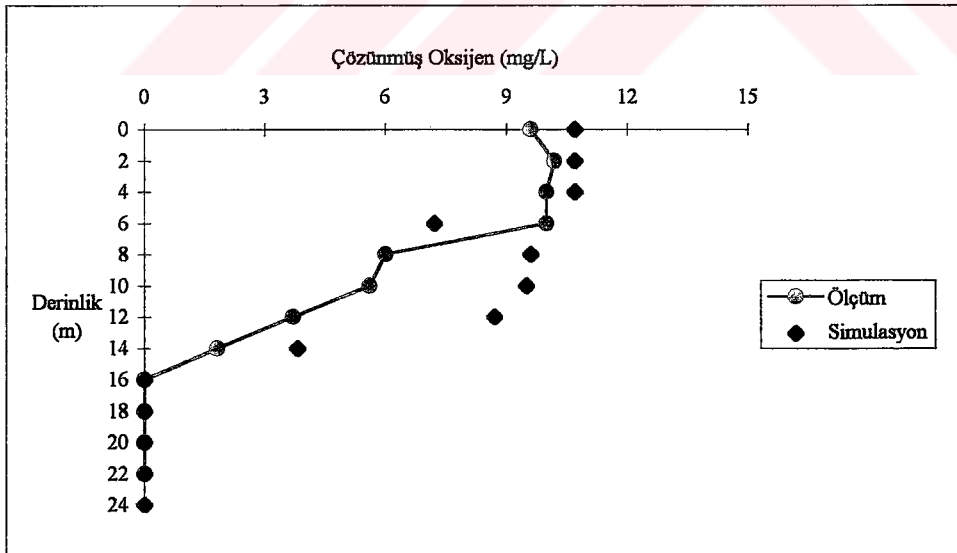
Şekil 6.17 Köyceğiz Havzası Şubat 1993 $\text{NO}_2\text{-N}$ Dağılımı



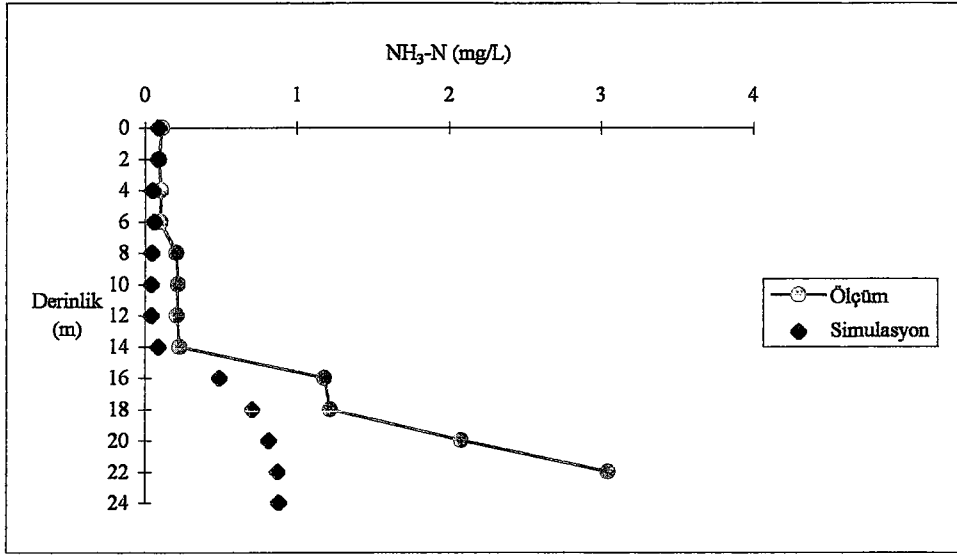
Şekil 6.18 Köyceğiz Havzası Şubat 1993 $\text{PO}_4\text{-P}$ Dağılımı



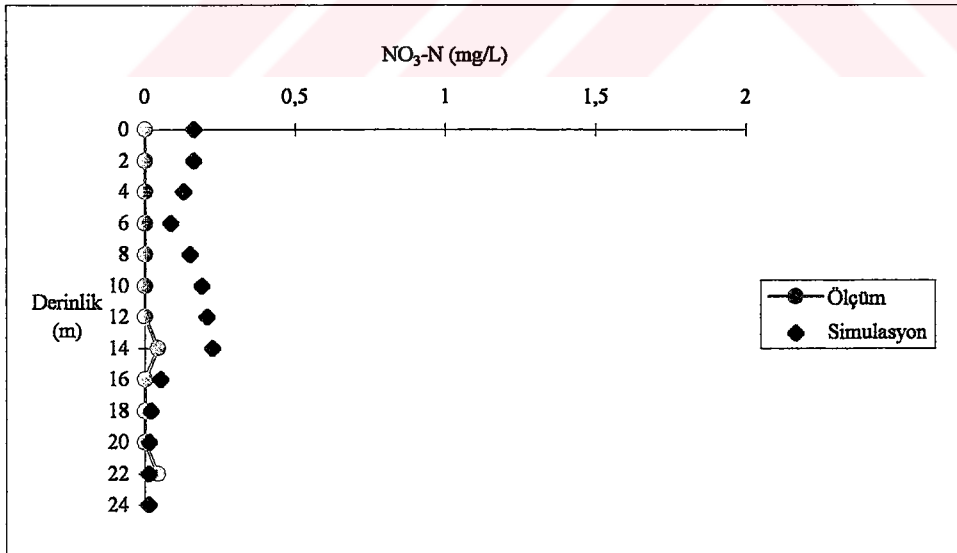
Şekil 6.19 Köyceğiz Havzası Nisan 1993 Sıcaklık Dağılımı



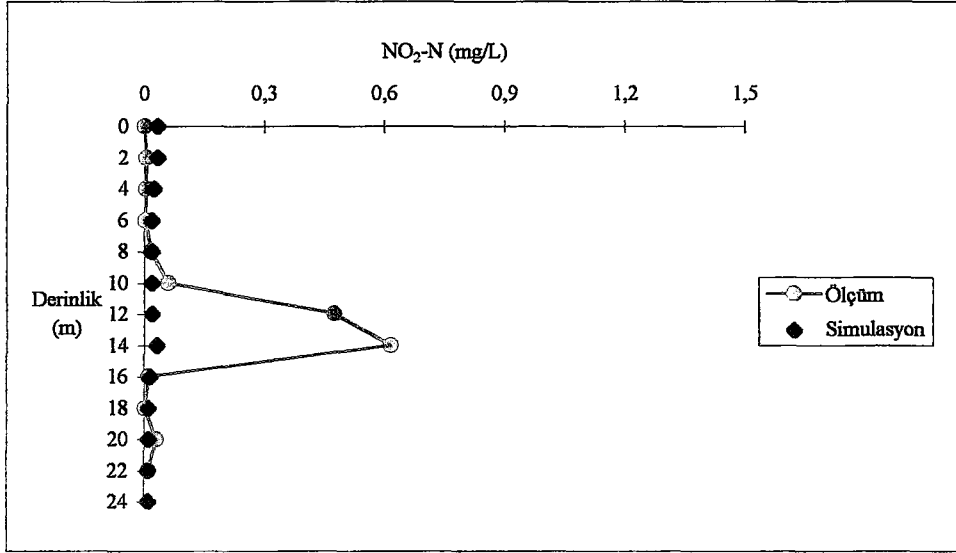
Şekil 6.20 Köyceğiz Havzası Nisan 1993 Çözünmüş Oksijen Dağılımı



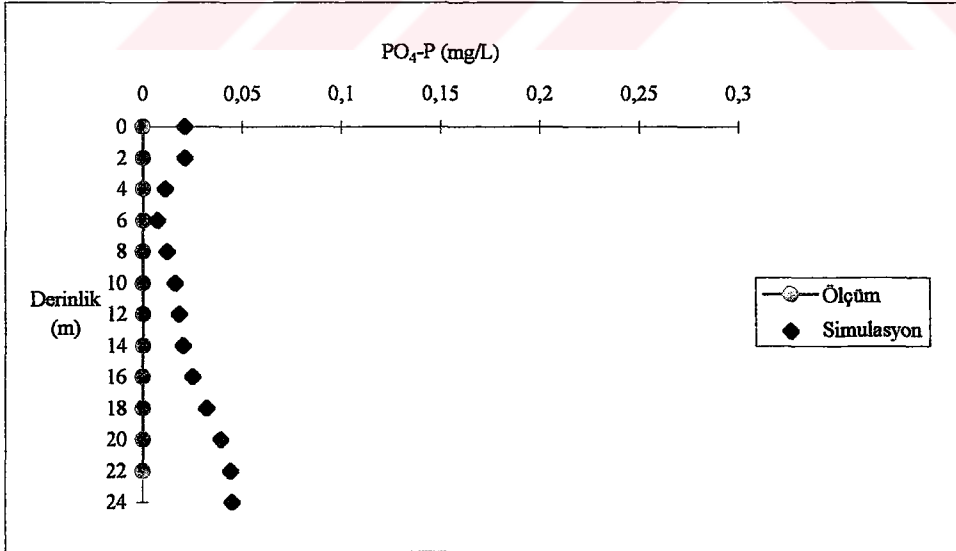
Şekil 6.21 Köyceğiz Havzası Nisan 1993 $\text{NH}_3\text{-N}$ Dağılımı



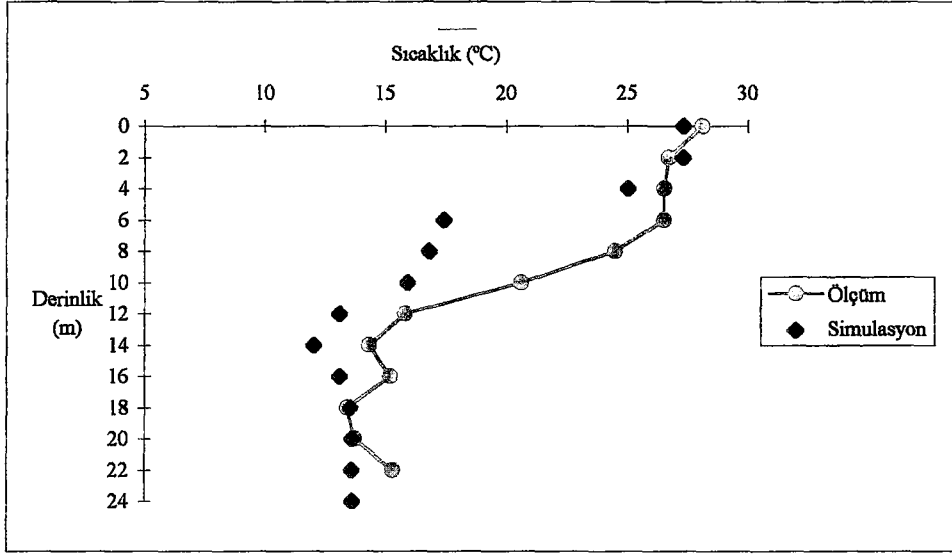
Şekil 6.22 Köyceğiz Havzası Nisan 1993 $\text{NO}_3\text{-N}$ Dağılımı



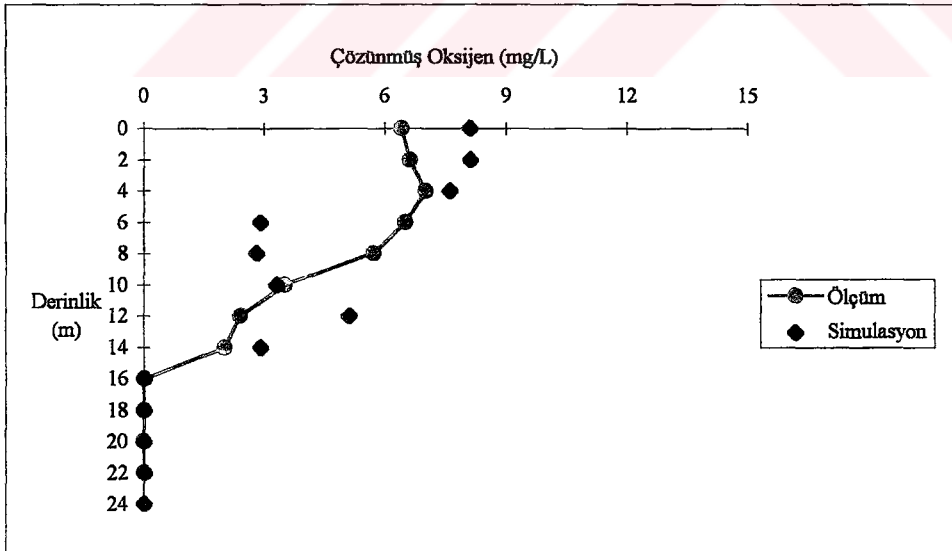
Şekil 6.23 Köyceğiz Havzası Nisan 1993 $\text{NO}_2\text{-N}$ Dağılımı



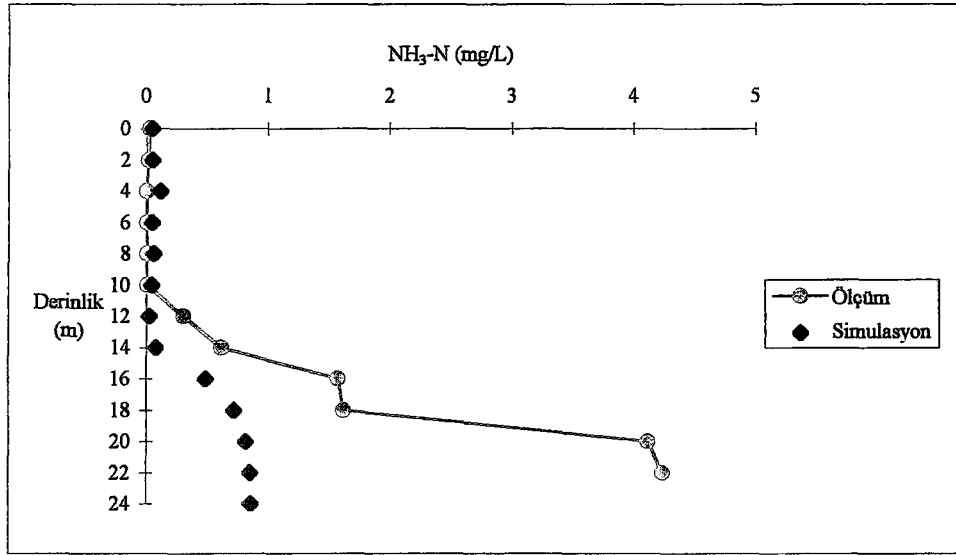
Şekil 6.24 Köyceğiz Havzası Nisan 1993 $\text{PO}_4\text{-P}$ Dağılımı



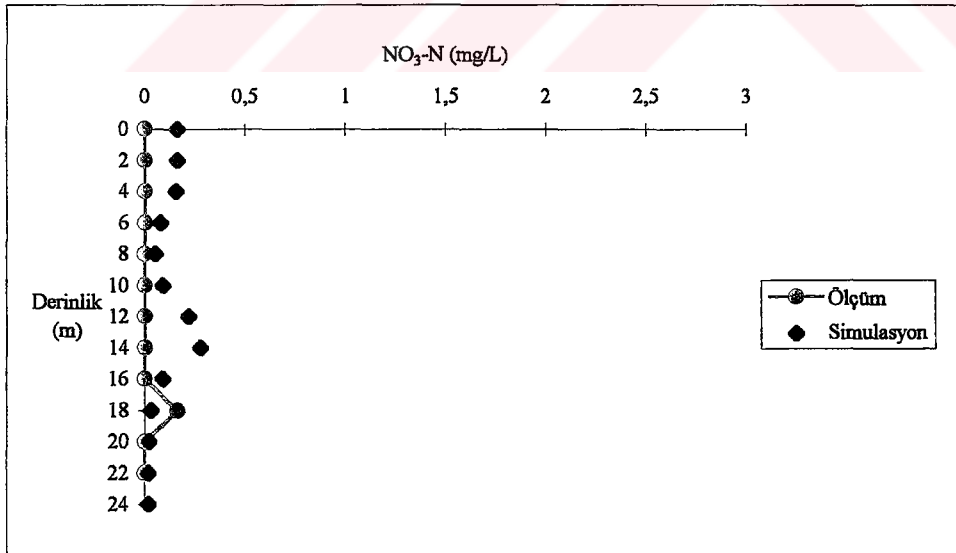
Şekil 6.25 Köyceğiz Havzası Temmuz 1993 Sıcaklık Dağılımı



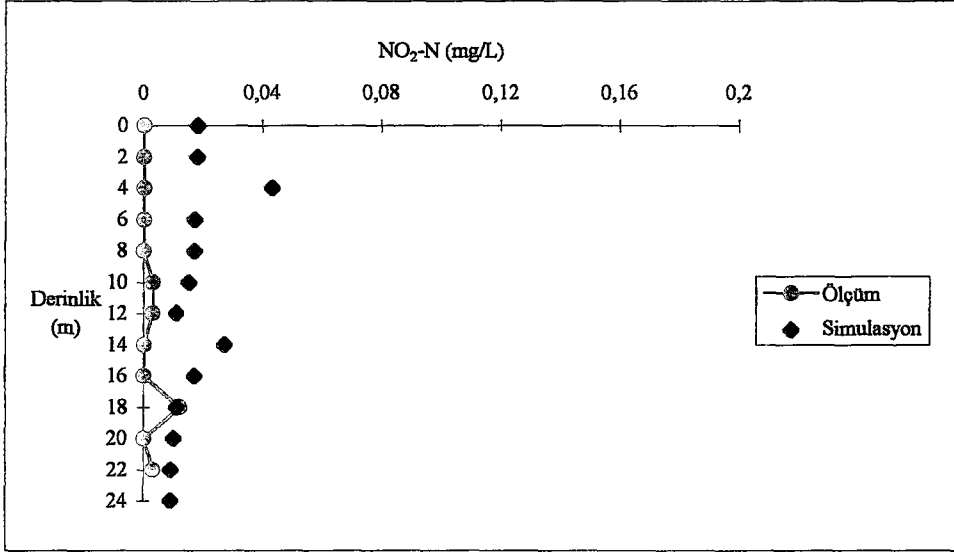
Şekil 6.26 Köyceğiz Havzası Temmuz 1993 Çözünmüş Oksijen Dağılımı



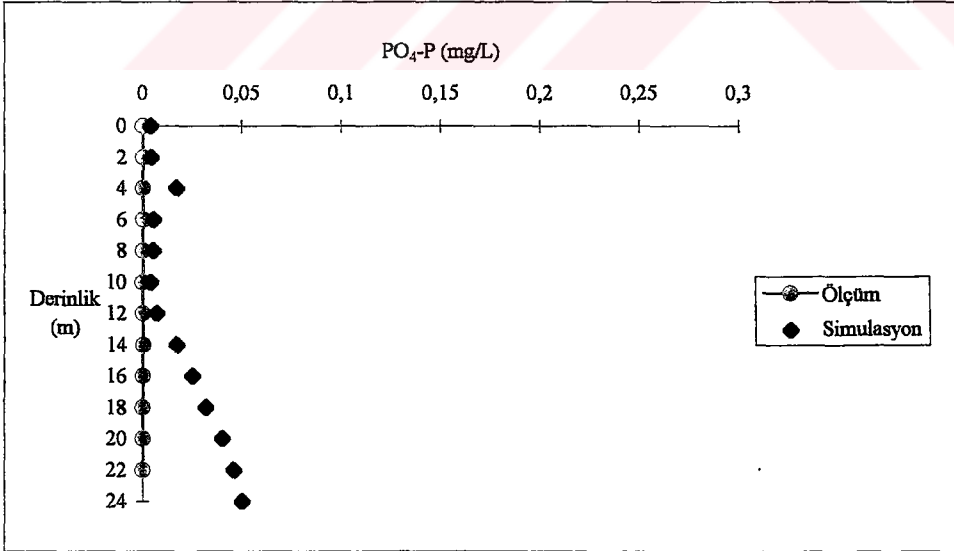
Şekil 6.27 Köyceğiz Havzası Temmuz 1993 $\text{NH}_3\text{-N}$ Dağılımı



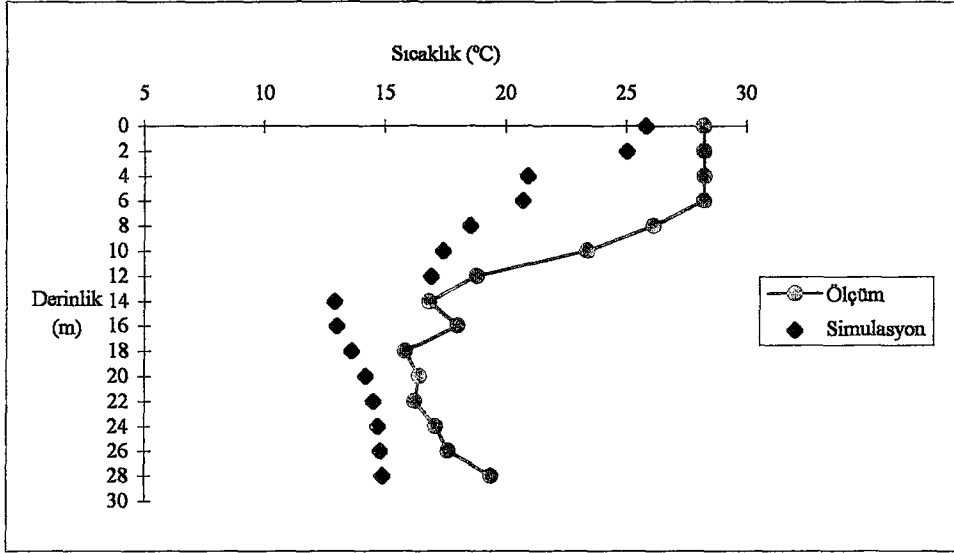
Şekil 6.28 Köyceğiz Havzası Temmuz 1993 $\text{NO}_3\text{-N}$ Dağılımı



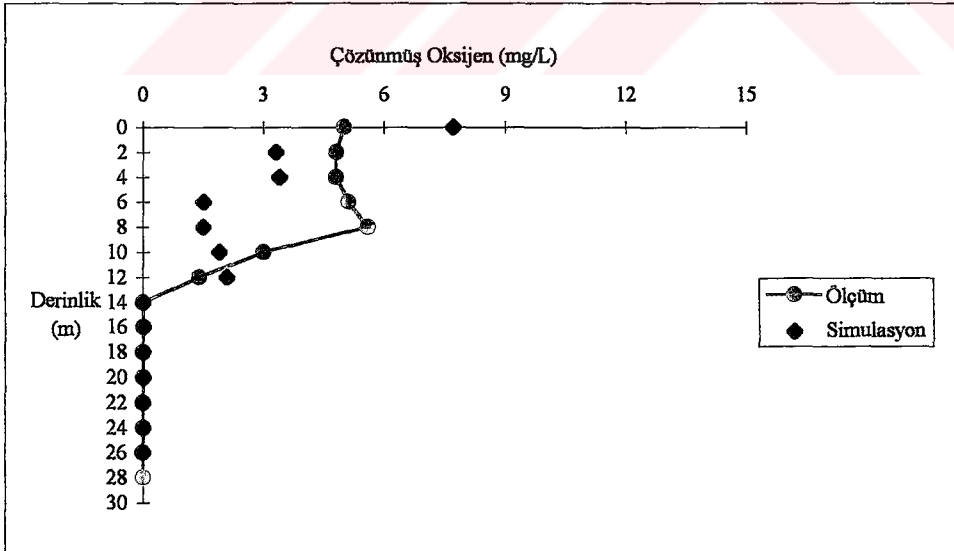
Şekil 6.29 Köyceğiz Havzası Temmuz 1993 $\text{NO}_2\text{-N}$ Dağılımı



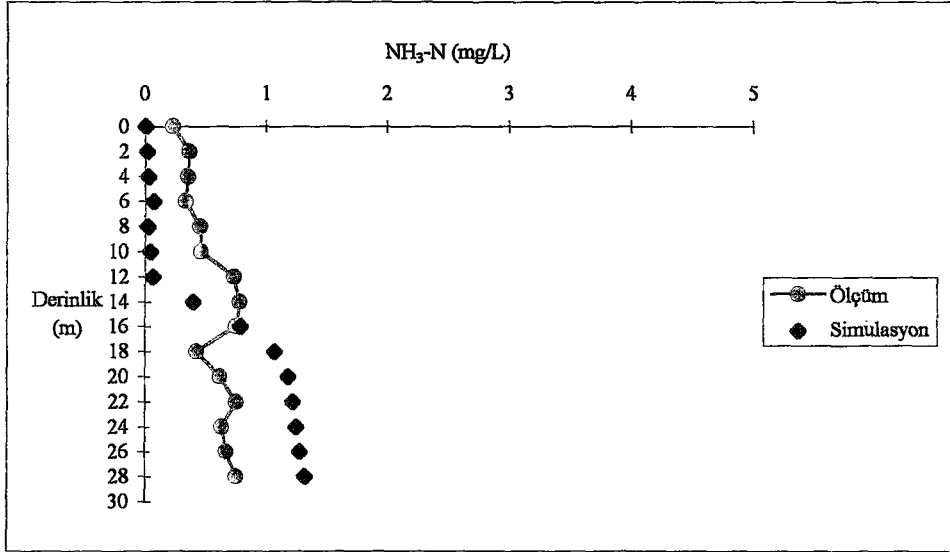
Şekil 6.30 Köyceğiz Havzası Temmuz 1993 $\text{PO}_4\text{-P}$ Dağılımı



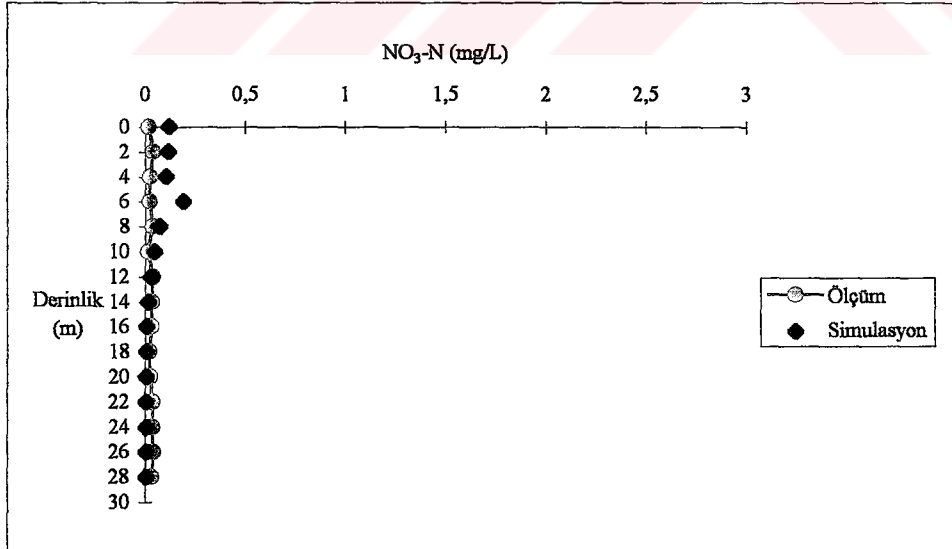
Şekil 6.31 Sultaniye Havzası Temmuz 1992 Sıcaklık Dağılımı



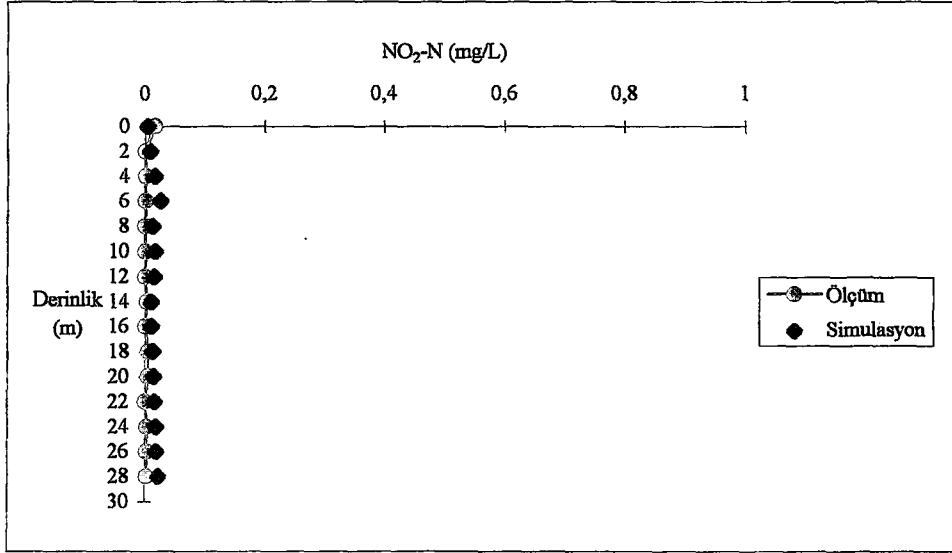
Şekil 6.32 Sultaniye Havzası Temmuz 1992 Çözünmüş Oksijen Dağılımı



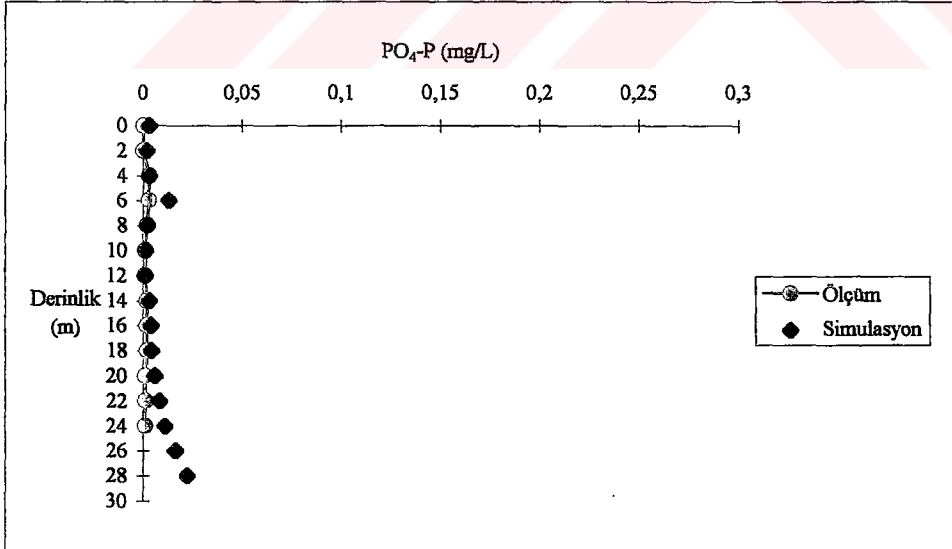
Şekil 6.33 Sultaniye Havzası Temmuz 1992 $\text{NH}_3\text{-N}$ Dağılımı



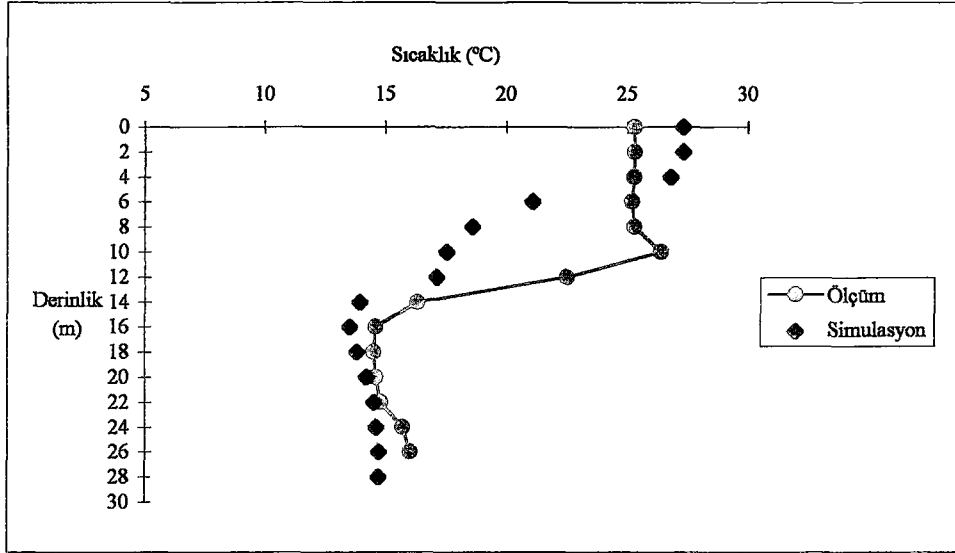
Şekil 6.34 Sultaniye Havzası Temmuz 1992 $\text{NO}_3\text{-N}$ Dağılımı



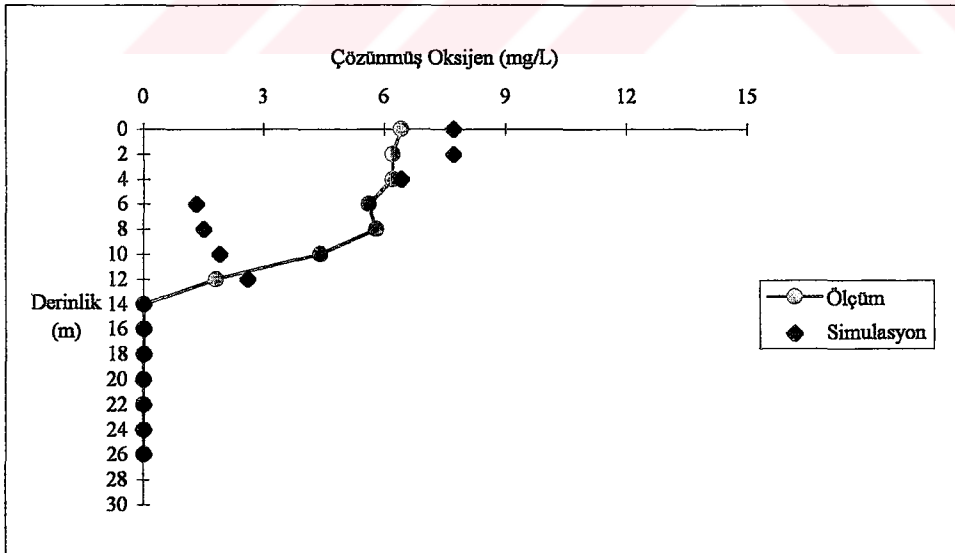
Şekil 6.35 Sultaniye Havzası Temmuz 1992 NO₂-N Dağılımı



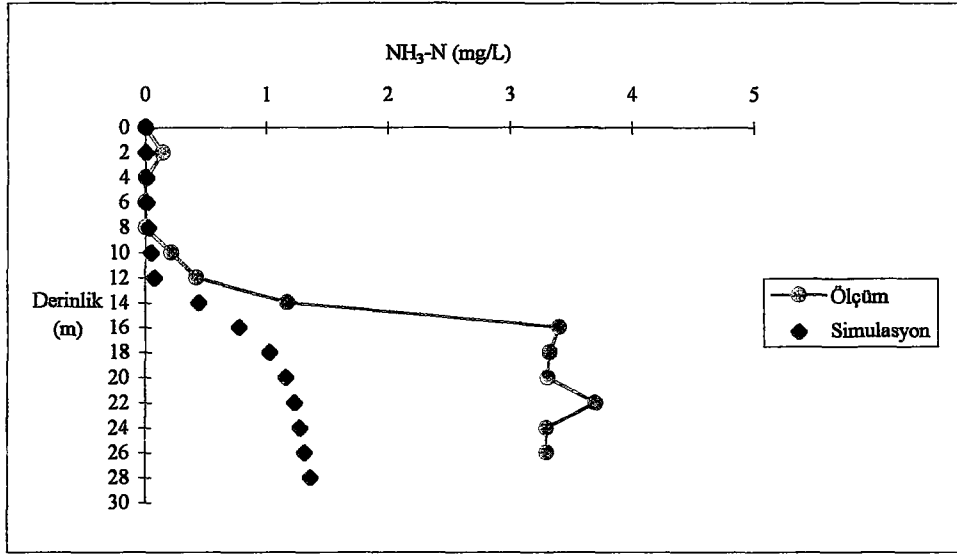
Şekil 6.36 Sultaniye Havzası Temmuz 1992 PO₄-P Dağılımı



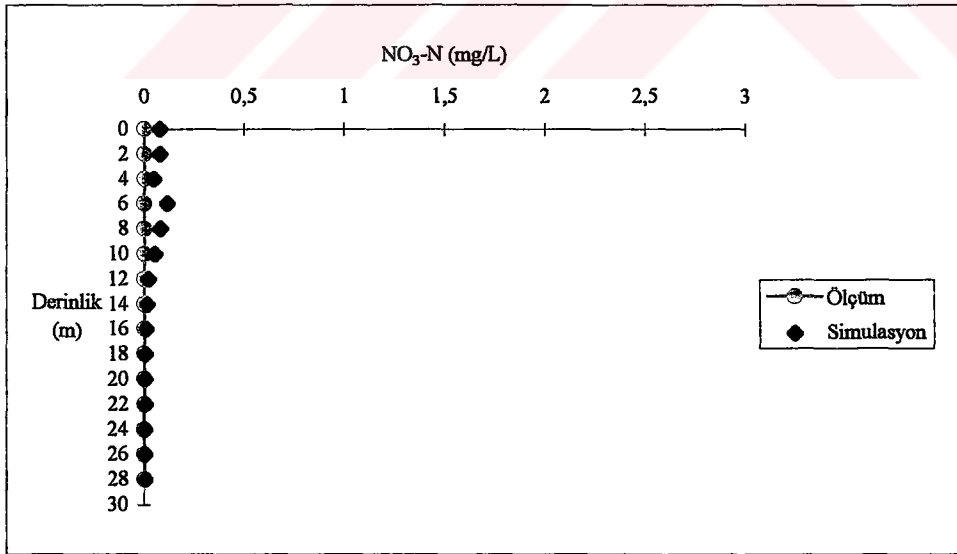
Şekil 6.37 Sultaniye Havzası Eylül 1992 Sıcaklık Dağılımı



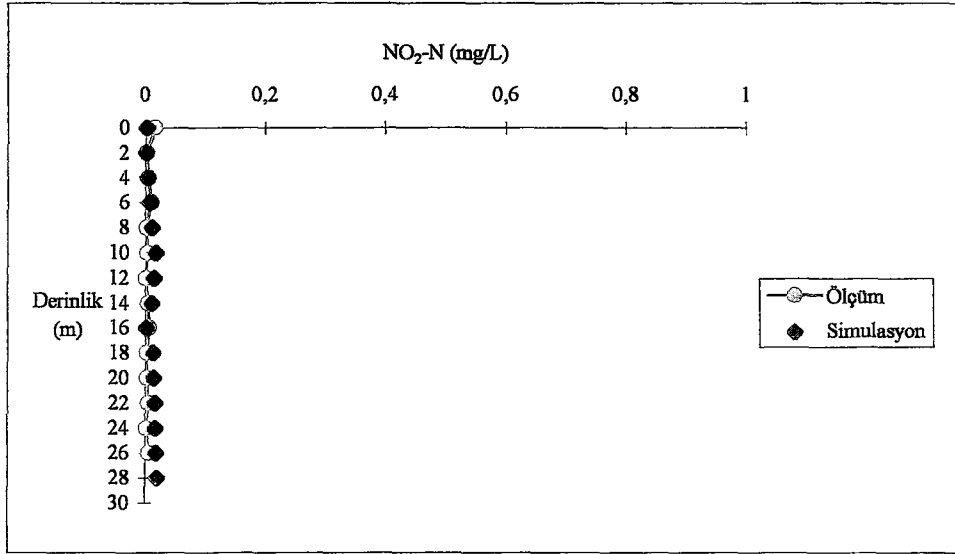
Şekil 6.38 Sultaniye Havzası Eylül 1992 Çözünmüş Oksijen Dağılımı



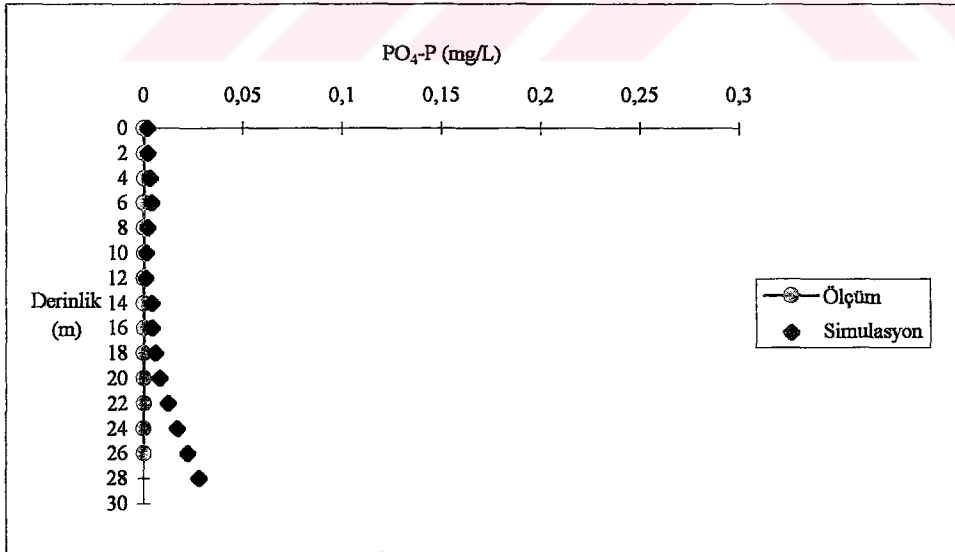
Şekil 6.39 Sultaniye Havzası Eylül 1992 $\text{NH}_3\text{-N}$ Dağılımı



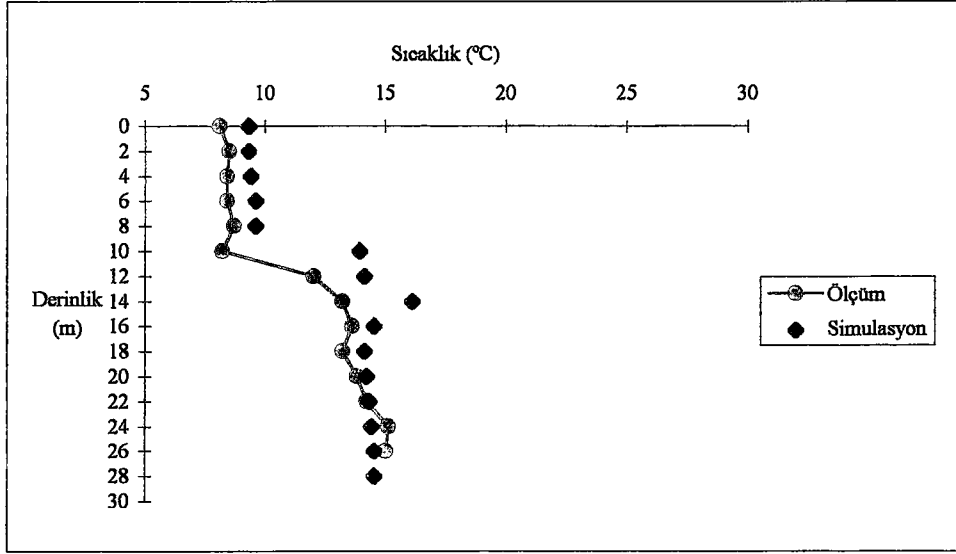
Şekil 6.40 Sultaniye Havzası Eylül 1992 $\text{NO}_3\text{-N}$ Dağılımı



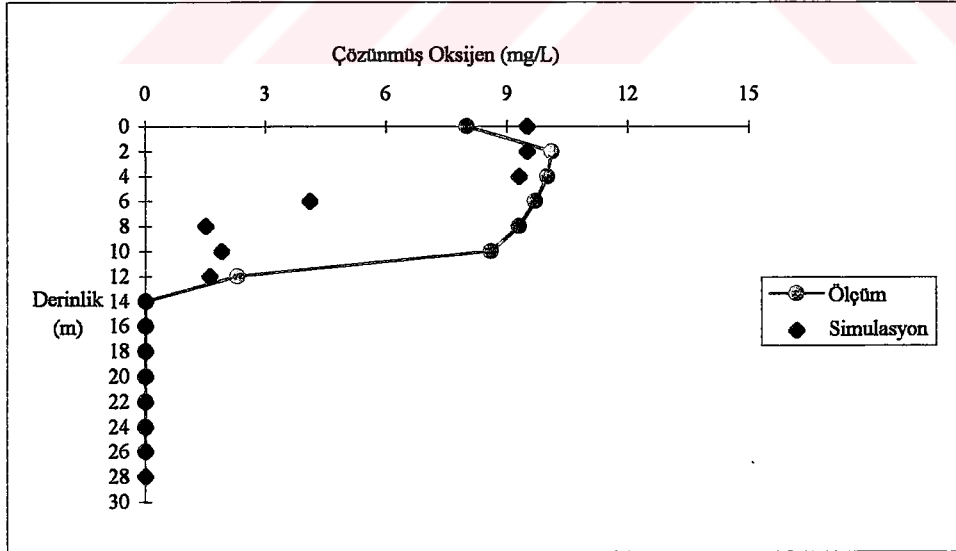
Şekil 6.41 Sultaniye Havzası Eylül 1992 $\text{NO}_2\text{-N}$ Dağılımı



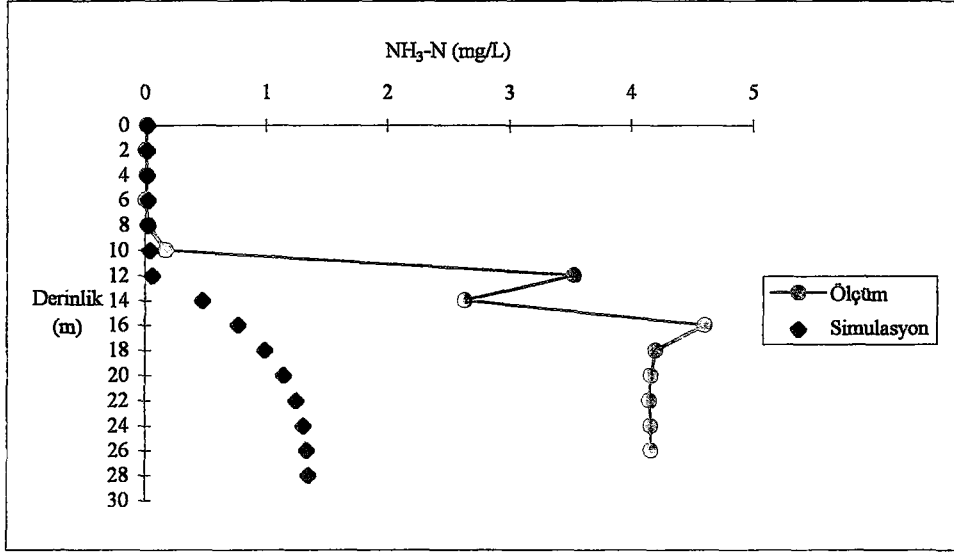
Şekil 6.42 Sultaniye Havzası Eylül 1992 $\text{PO}_4\text{-P}$ Dağılımı



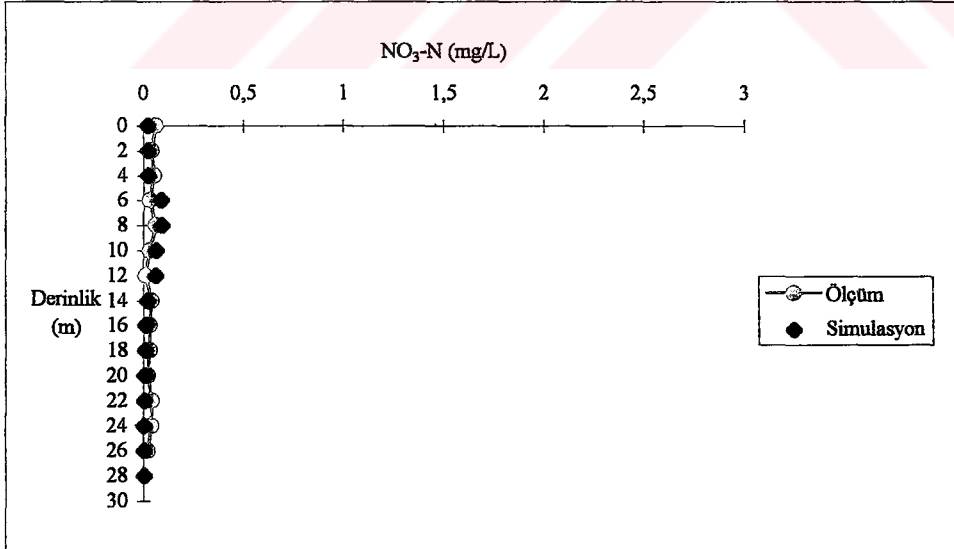
Şekil 6.43 Sultaniye Havzası Şubat 1993 Sıcaklık Dağılımı



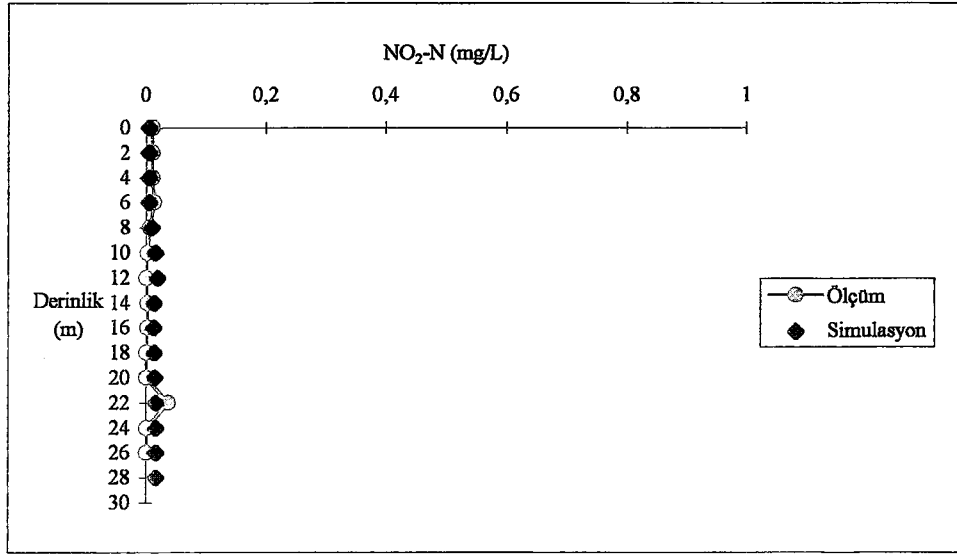
Şekil 6.44 Sultaniye Havzası Şubat 1993 Çözünmüş Oksijen Dağılımı



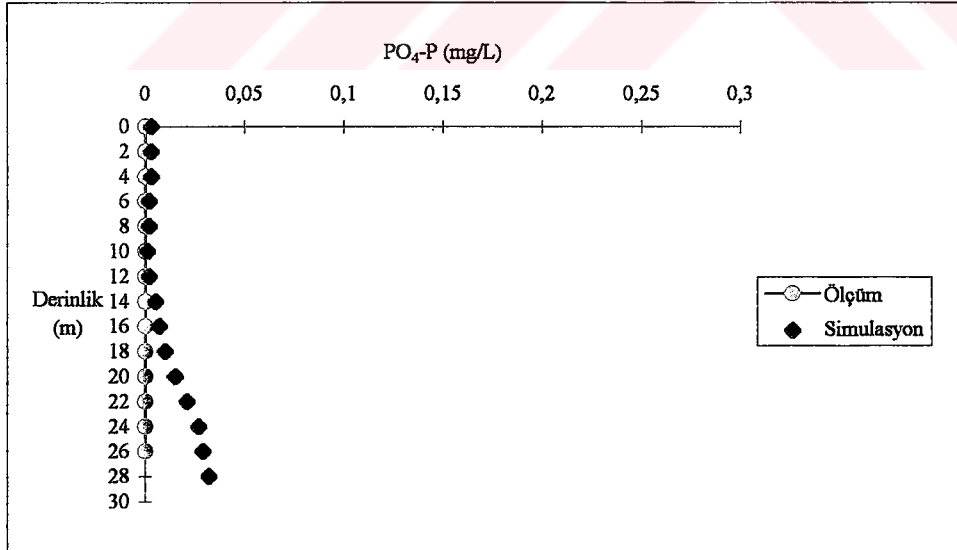
Şekil 6.45 Sultaniye Havzası Şubat 1993 NH₃-N Dağılımı



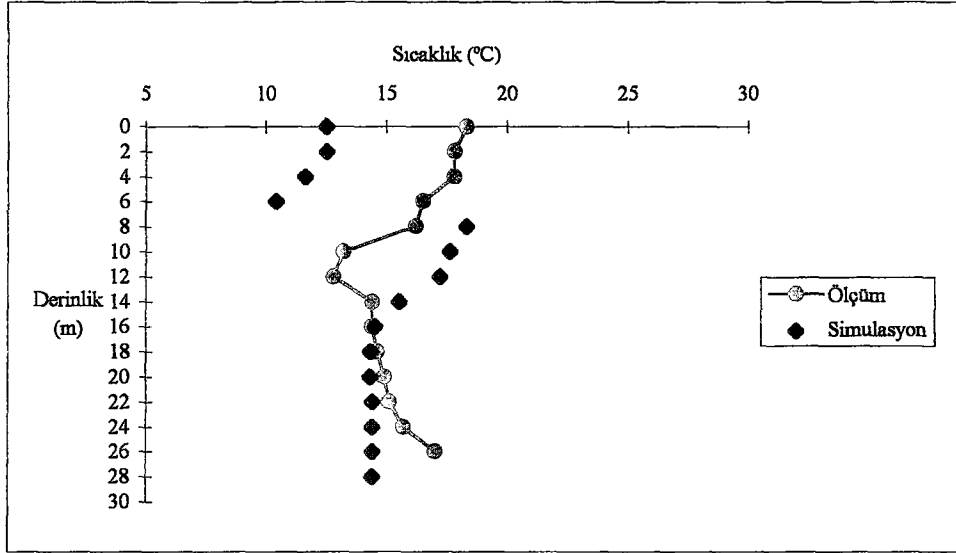
Şekil 6.46 Sultaniye Havzası Şubat 1993 NO₃-N Dağılımı



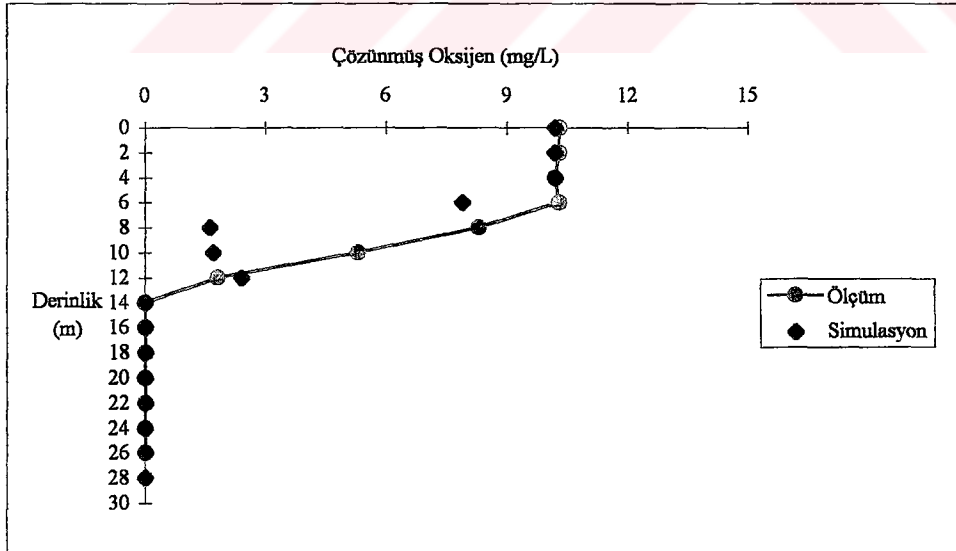
Şekil 6.47 Sultaniye Havzası Şubat 1993 NO₂-N Dağılımı



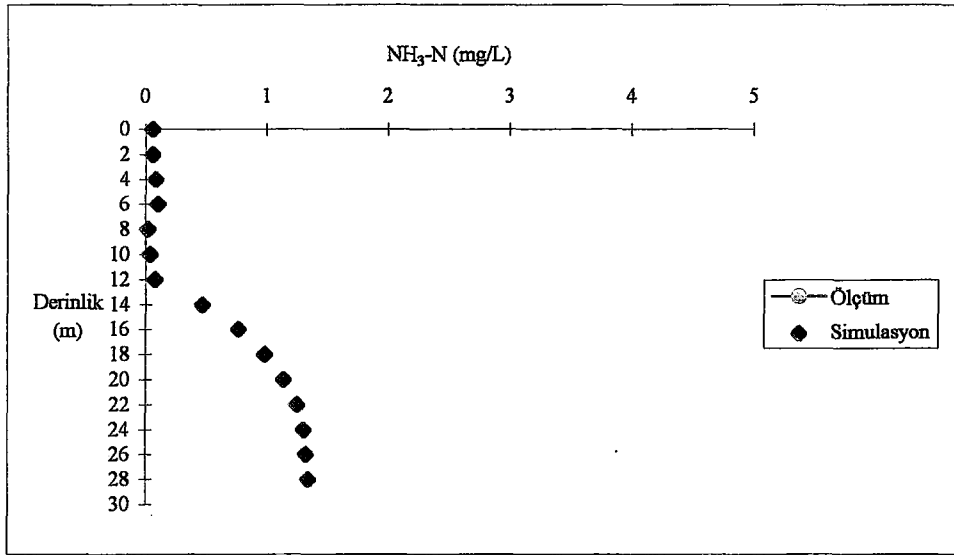
Şekil 6.48 Sultaniye Havzası Şubat 1993 PO₄-P Dağılımı



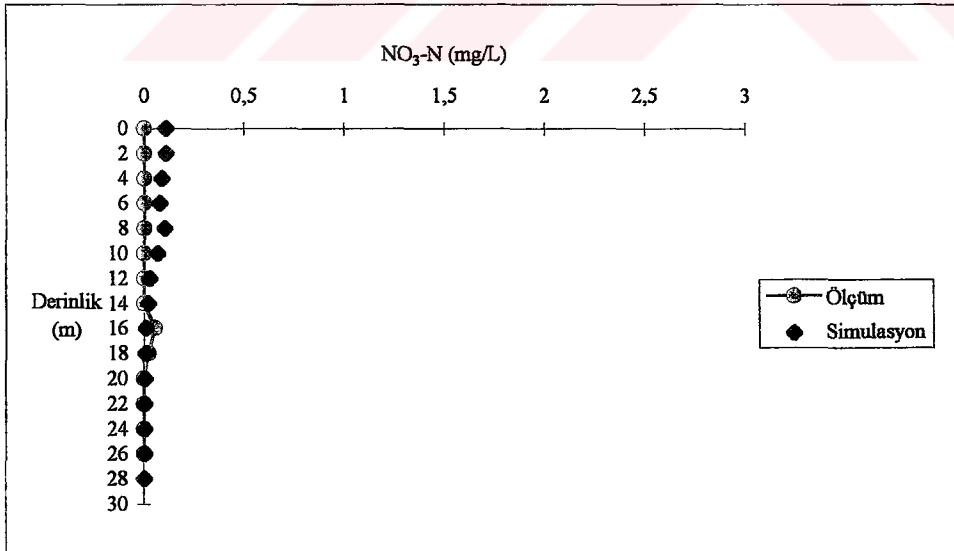
Şekil 6.49 Sultaniye Havzası Nisan 1993 Sıcaklık Dağılımı



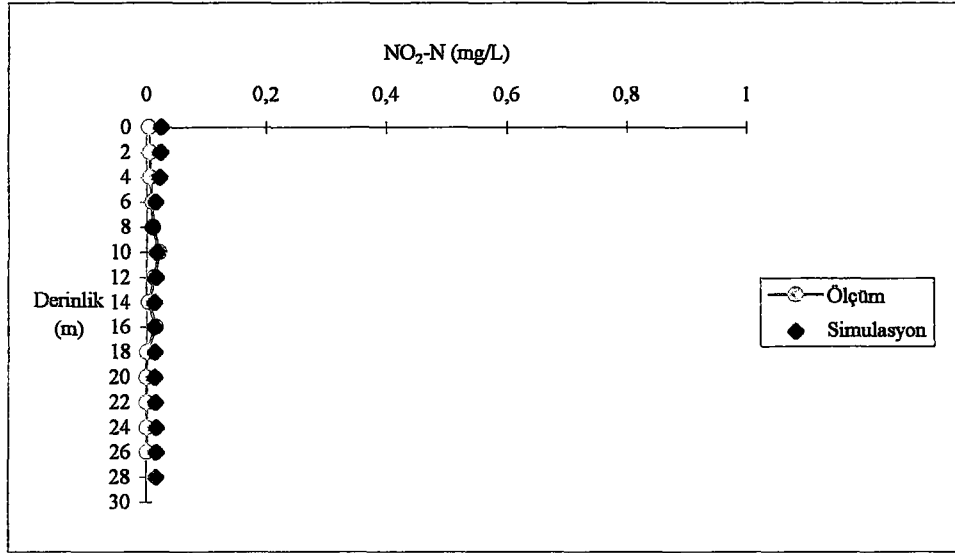
Şekil 6.50 Sultaniye Havzası Nisan 1993 Çözünmüş Oksijen Dağılımı



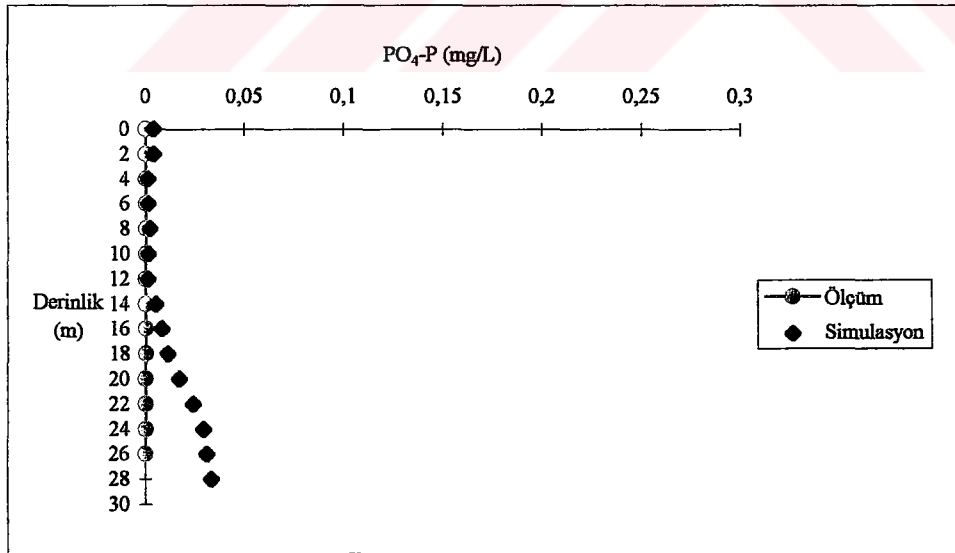
Şekil 6.51 Sultaniye Havzası Nisan 1993 $\text{NH}_3\text{-N}$ Dağılımı
(Bu tarihte ölçüm yapılmamış)



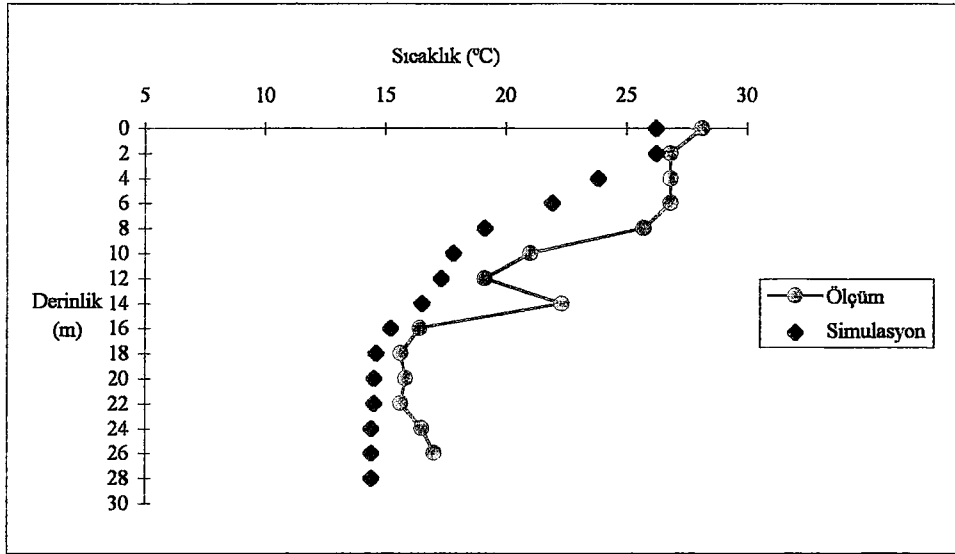
Şekil 6.52 Sultaniye Havzası Nisan 1993 $\text{NO}_3\text{-N}$ Dağılımı



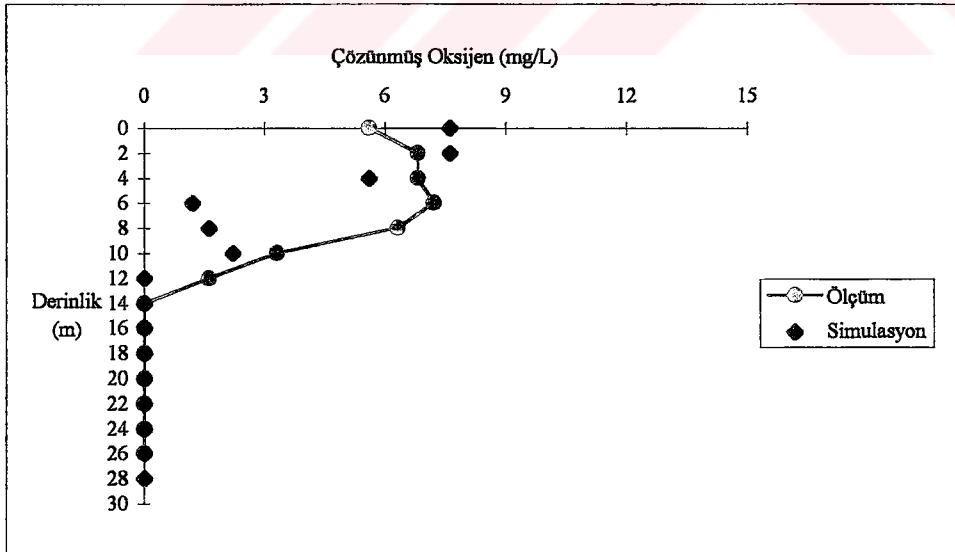
Şekil 6.53 Sultaniye Havzası Nisan 1993 $\text{NO}_2\text{-N}$ Dağılımı



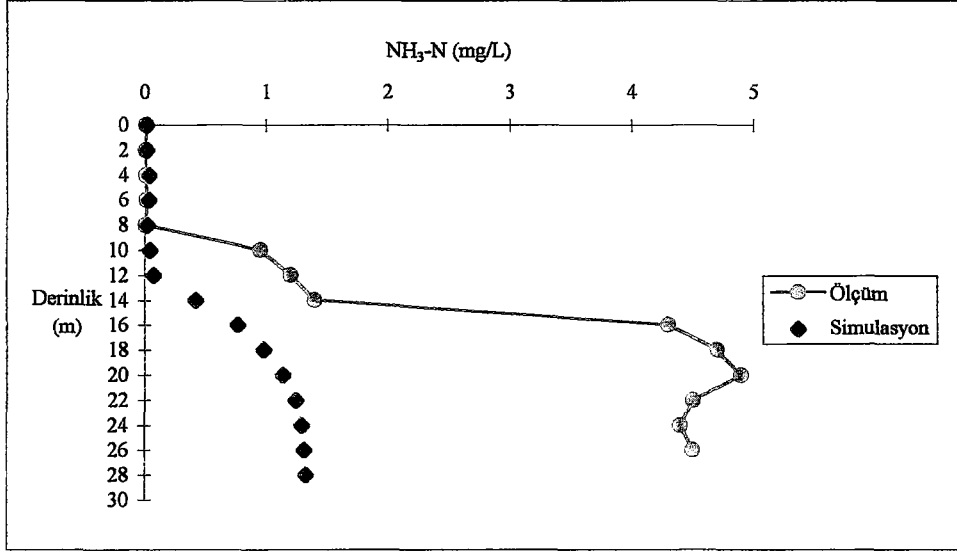
Şekil 6.54 Sultaniye Havzası Nisan 1993 $\text{PO}_4\text{-P}$ Dağılımı



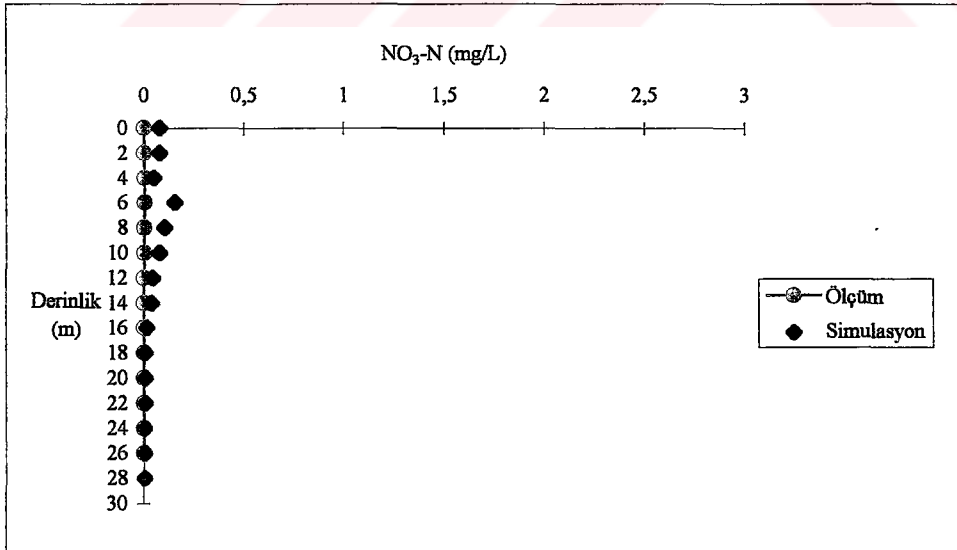
Şekil 6.55 Sultaniye Havzası Temmuz 1993 Sıcaklık Dağılımı



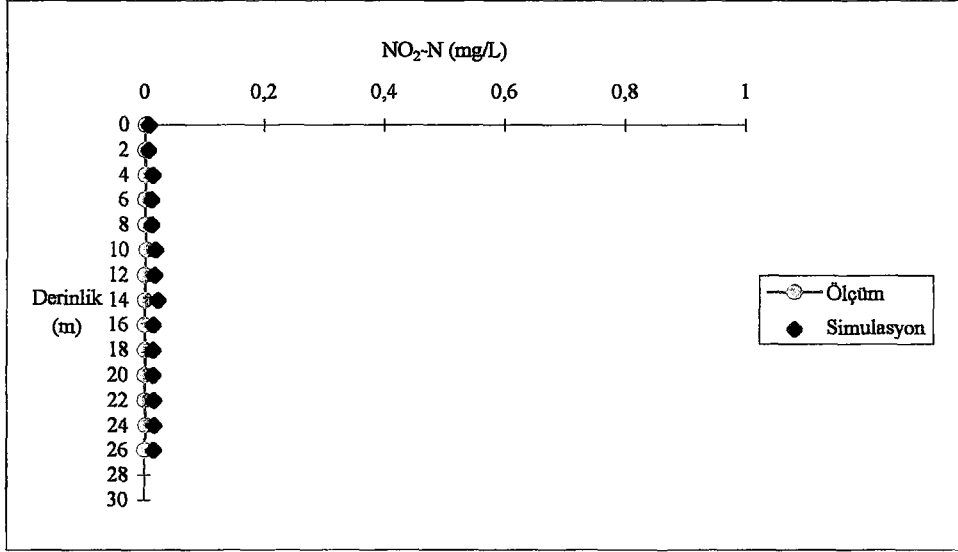
Şekil 6.56 Sultaniye Havzası Temmuz 1993 Çözünmüş Oksijen Dağılımı



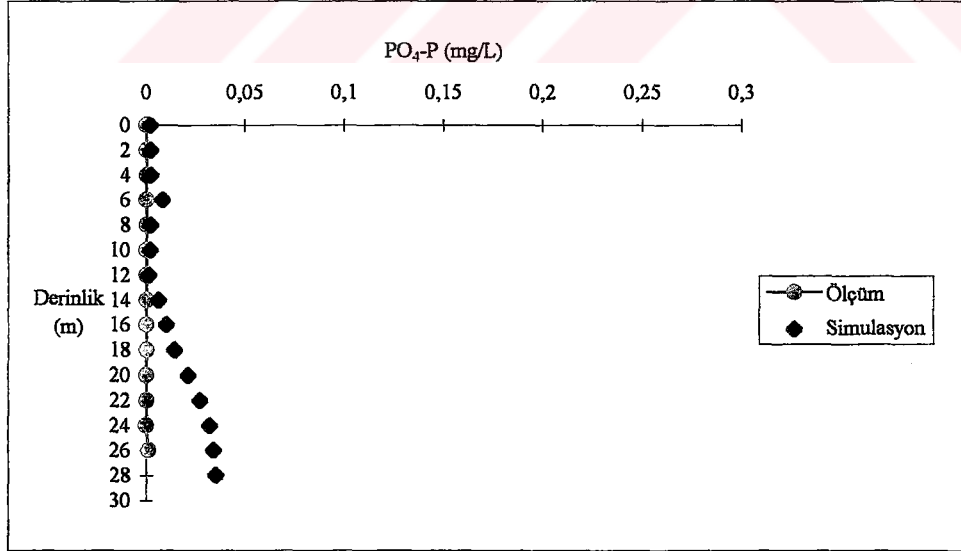
Şekil 6.57 Sultaniye Havzası Temmuz 1993 $\text{NH}_3\text{-N}$ Dağılımı



Şekil 6.58 Sultaniye Havzası Temmuz 1993 $\text{NO}_3\text{-N}$ Dağılımı



Şekil 6.59 Sultaniye Havzası Temmuz 1993 NO₂-N Dağılımı



Şekil 6.60 Sultaniye Havzası Temmuz 1993 PO₄-P Dağılımı

BÖLÜM 8

SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Köyceğiz Gölü için geometrik yapı ve hidrolik yapı nedeniyle tek boyutlu, sadece derinlik boyunca su kalitesi ve ekolojik değişimleri simüle edebilen bir model kullanılması yeterli olabilmektedir. Ancak gölün Köyceğiz ve Sultaniye Havzaları iki ayrı göl gibi düşünülüp Köyceğiz Havzasından çıkışı verileri, Sultaniye Havzasının giriş verileri olarak kabul edilip modelleme yapılmalıdır.
2. EGÖLEM Modeli, Köyceğiz Gölü'nde gerçekleşen fiziksel, kimyasal, biyolojik ve ekolojik süreç ve mekanizmaları yansıtabilmektedir.
3. Köyceğiz Gölü üzerinde yapılan bu model çalışması kendisinden beklenen amaca ulaşmıştır. Turistik ve ekolojik açıdan oldukça büyük öneme sahip olan Köyceğiz-Dalyan Göl ve Lagünü'nün korunmasına yönelik çalışmalara temel hazırlamak amacıyla Köyceğiz Gölü'nündeki su kalite değişimlerini karakterize edebilen ve gelecekteki koşulları yansıtan senaryolarla simülasyon yapabilen EGÖLEM bilgisayar model programının veri tabanı oluşturulmuş ve kalibrasyonu yapılmıştır. Bu amacın belirlenmesinde eldeki verilerin miktar ve hassasiyeti 1. derecede etkili olmuştur. Bu amaca yönelik olarak göl içi su kalite parametreleri ölçüm sonuçları ile simülasyon sonuçlarının aynı eğimi yakalayarak paralellik gösterdiği görülmüştür.
4. Köyceğiz Gölü'nde yüzeyden 12-14 metre derinlikten itibaren tabana kadar çözünmüş oksijen 0 ya da 0'a çok yaklaşması durumunda tabana yakın tabakalarda Azot ve Fosfor konsantrasyonunun arttığı görülmüştür. Bunun nedeni ise bu oksijensiz bölgede aerobik mikroorganizma faaliyetinin son derece az olmasıdır.

5. (Şekil 6.1-6.60)'daki grafiklerde göl yüzeyine yakın kısımlardaki Sıcaklık parametresinin bazı aylarda simulasyon sonuçlarından biraz uzaklaştığı görülmektedir. Grafiklerde görülen değerler o ayın 15. gününün gün ortalamasıdır. Ölçümler ise ay içerisinde herhangi bir gün ve gün içerisinde herhangi bir saatte yapılan anlık ölçümlerdir. Ayrıca göle giren kaynaklardaki sıcaklık ölçümlerinin miktar ve hassasiyeti de yeterli değildir. Buna rağmen çoğunlukla ölçüm sonuçları ile simulasyon sonuçları paralellik göstermektedir.

Modelin geliştirilmesi ve kullanımına yönelik olarak;

6. Kütle dengesinin daha sağlıklı biçimde yapılabilmesi için gölden Dalyan Kanalı'na çıkan su miktarının belirli peryotlarla ölçülebilmesi gerekmektedir.
7. Gölün tam batimetrisinin çıkartılarak, göl geometrisi belirlenmelidir.
8. Göle giren akarsuların giriş ağızlarında su kalite ve kantitesi yeterli sıklıkta ölçülmeli ve ölçüm sonuçları modelde kullanılmalıdır.
9. Kurulacak senaryoların amacına yönelik olarak, göl içerisinde derinlik boyunca belirli peryotta gerekli parametrelerin konsantrasyon ölçümleri yapılmalı ve bu değerler modelde ve modelin doğrulanmasında kullanılmalıdır.
10. Tarım, orman, yerleşim ve sazlık alanlardan kaynaklanan Azot ve Fosfor yükleri'nin daha gerçekçi yaklaşımlarla belirlenmesi ve bu parametrelerin göle geliş yolu boyunca geçen süre içerisinde ayrışma hızlarının çeşitli akarsu modelleri kullanılarak hesaplanması gerekmektedir.

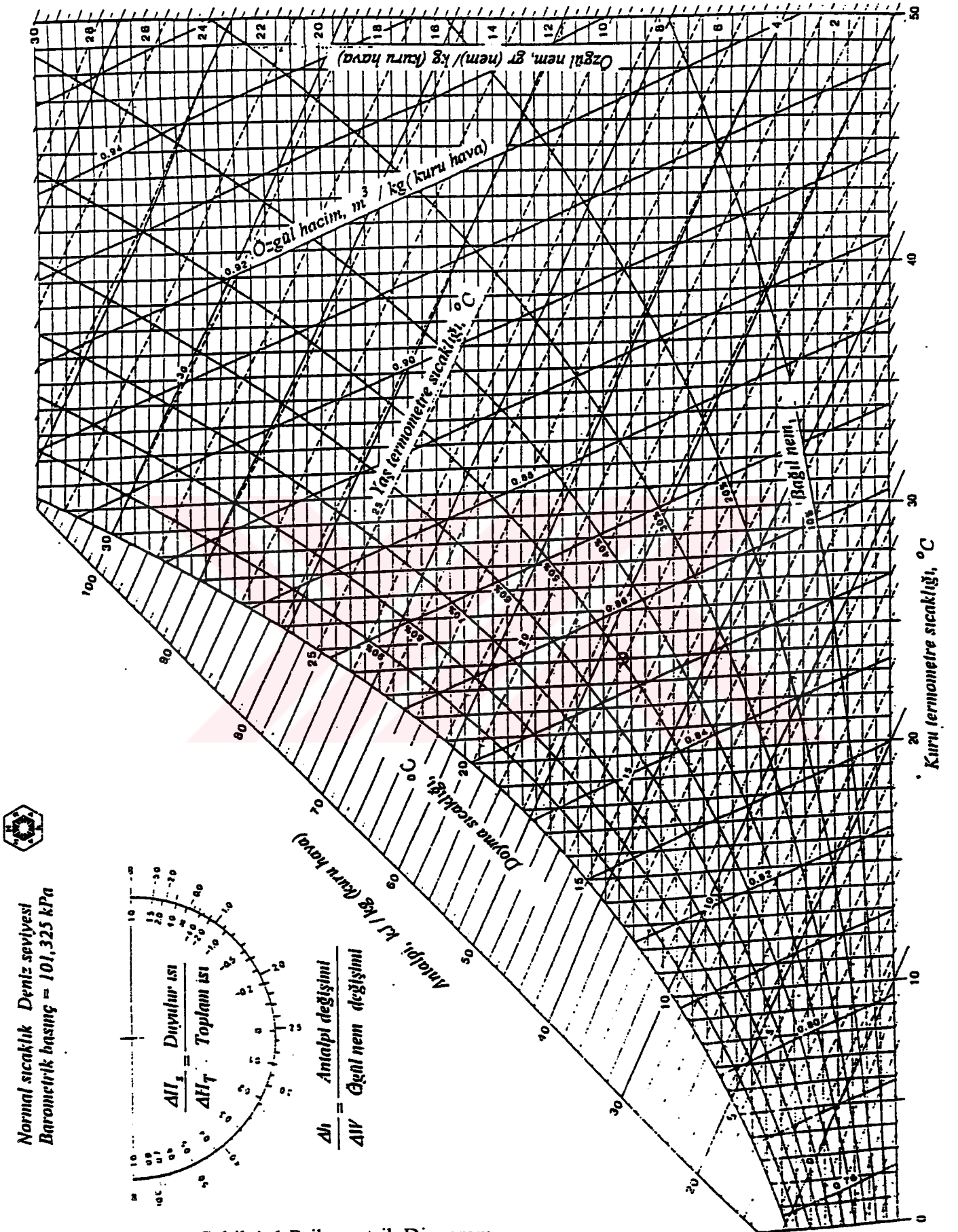
KAYNAKLAR

- [1] KAZANCI, N., Köyceğiz-Dalyan Özel Çevre Koruma Bölgesi'nde Çevre ve Doğa Koruma Projesi Hidrobiyoloji Alt Projesi Kesin Rapor, H.Ü. Biyoloji Böl., Ankara, (1993).
- [2] T.C. Çevre Bakanlığı Özel Çevre Koruma Başkanlığı, Köyceğiz Dalyan Çevre Koruma Projesi, Atıksu Arıtma Tesisi Nihai Dizayn Raporu, (1996).
- [3] T.C. Başbakanlık D.M.İ. Genel Müdürlüğü, Aylık Meteoroloji Bültenleri, (Nisan 1992 - Temmuz 1993).
- [4] GÖNENÇ, İ. E. vd., Köyceğiz-Dalyan Lagün Ekosistem Model Araştırması, Yayınlanmamış Deney Sonuçları, İTÜ Araştırma Fonu, İstanbul, (1998).
- [5] T.C. Başbakanlık D.İ.E. Genel Müdürlüğü, Genel Nüfus Sayımı, 48-Muğla, (1990).
- [6] T.C. Başbakanlık D.İ.E. Genel Müdürlüğü, Genel Nüfus Sayımı, 48-Muğla, (1985).
- [7] T.C. Başbakanlık D.İ.E. Genel Müdürlüğü, Genel Nüfus Sayımı, 48-Muğla, (1980).
- [8] ORHON, D., ARTAN, N., Modellİng of Activated Sludge Systems, Technomic Publishing Company Inc., Pennsylvania, p. 229, (1994).
- [9] GÖNENÇ, İ.E. vd., İçmesuyu Kaynağı olarak Sapanca Gölü'nün Korunması Sonuç Raporu, İTÜ Çevre Müh. Böl., İstanbul, (1994).
- [10] WATER QUALITY MANAGEMENT, Yüksek Lisans Ders Notları, İTÜ Fen. Bil. Ens. Çevre Müh. Prog., İstanbul, (1998).
- [11] ÖKTEM, Y.A., Sapanca Gölü Su Kalitesi Yönetimi İçin EGÖLEM Modeli, İTÜ Fen. Bil. Ens. Çevre Müh. Böl. Çevre Müh.

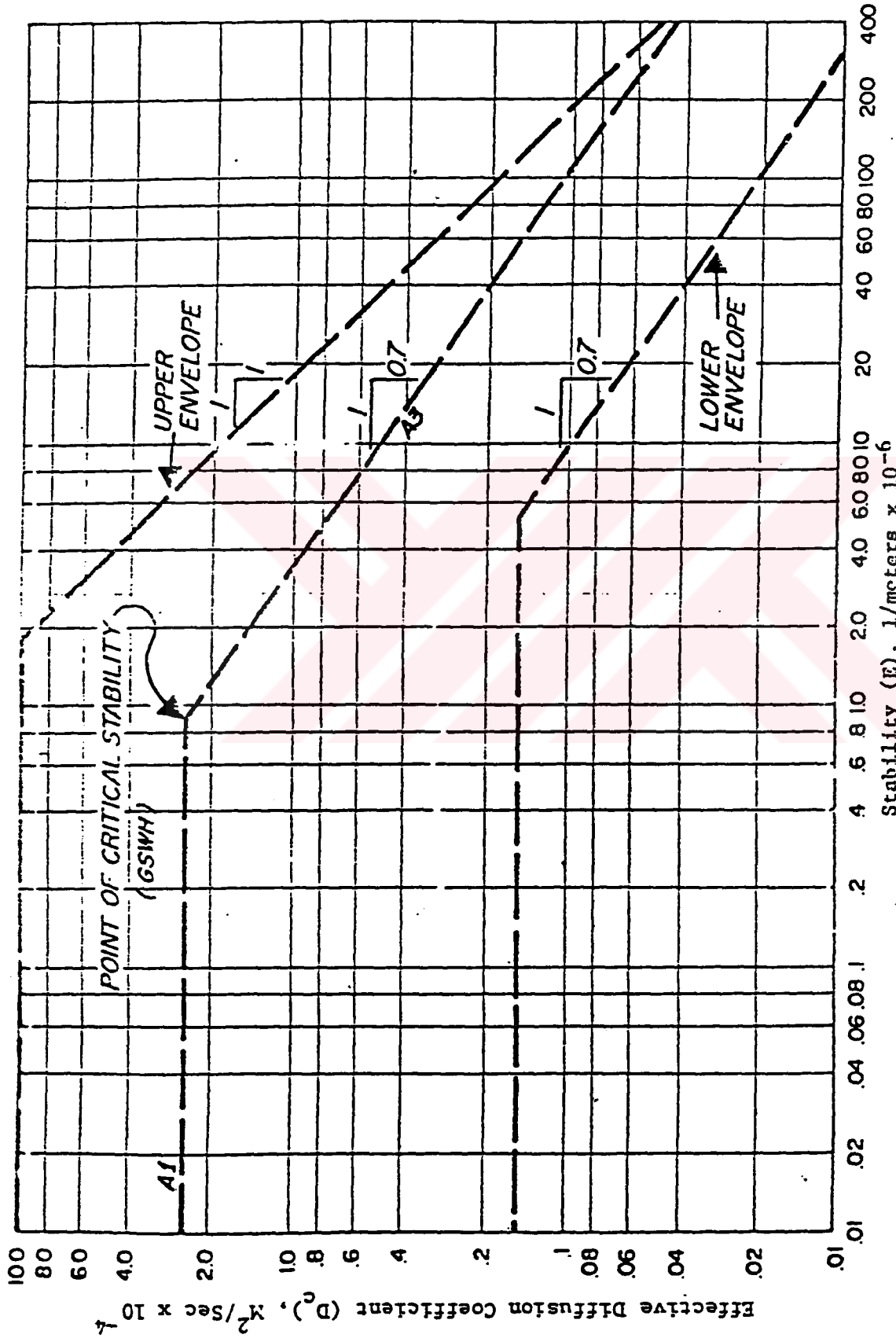
- [14]ASHARE TC 1.3 Heat Transfer and Fluid Flow, Ashare Handbook 1993 Fundamentals, Çeviren Prof. Dr. Osman F. GENÇELİ, ASHARE Temel El Kitabı (Fundamentals), İTÜ, p. 6.13, (Ocak 1997)
- [15]MUSLU, Y., Su Temini ve Çevre Sağlığı, Cilt II, İTÜ Çevre Müh. Böl., İstanbul, (1985).
- [16]METCALF & EDDY, INC., Wastewater Engineering, Treatment, Disposal and Reuse, International Edition, p. 109, (1991).



Psikrometri



Şekil A.1 Psikometrik Diyagram



Şekil B.1

Log of Effective Diffusion Versus Log of Density Gradient

ÖZGEÇMİŞ

1972'de Antakya'da doğdu. İlk öğrenimini 1978-83'de Anamur Atatürk İlkokulu'nda, orta öğrenimini 1983-87'de Konya Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 1990'da Ankara Fen Lisesi'nden mezun oldu. 1990'da İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü'ne girdi. 1995'de İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Aynı tarihte İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü'nde Çevre Mühendisliği Yüksek Lisans Programı'na başladı. Halen Çevre Teknolojisi Ltd. Şti.'nde proje müdürü olarak görev yapmaktadır.

