

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEKRAR KULLANIMLI AKUAKÜLTÜR**  
**SİSTEMLERİNDE AZOT DÖNGÜSÜNÜN**  
**MODELLENMESİ**

**Özgür ŞEN**

**Prof. Dr. Aysel KARAFİSTAN**

**Yrd. Doç. Dr. Umut ÖNAL**

**Temmuz, 2006**

**ÇANAKKALE**

# TEKRAR KULLANIMLI AKUAKÜLTÜR SİSTEMLERİNDE AZOT DÖNGÜSÜNÜN MODELLENMESİ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Temel Bilimler Bölümü, Su Ürünleri Anabilim Dalı

---

Özgür ŞEN

Prof. Dr. Aysel KARAFİSTAN

Yrd. Doç. Dr. Umur ÖNAL

Temmuz, 2006

ÇANAKKALE

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ÖZGÜR ŞEN, tarafından **Prof. Dr. AYSEL KARAFİSTAN** ve **Yrd. Doç. Dr. UMUR ÖNAL** yönetimlerinde hazırlanan “**TEKRAR KULLANIMLI AKUAKÜLTÜR SİSTEMLERİNDE AZOT DÖNGÜSÜNÜN MODELLENMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

1. **Prof. Dr. AYSEL KARAFİSTAN**

2. **Yrd. Doç. Dr. UMUR ÖNAL**

Yönetici

3. **Prof. Dr. EYÜP ÖZDEMİR**

4. **Yrd. Doç. Dr. YEŞİM BÜYÜKATEŞ**

Jüri Üyesi

Jüri Üyesi

5. **Yrd. Doç. Dr. SEBAHATTİN ERGÜN**

Jüri Üyesi

Jüri Üyesi

(5 üyeli jürilerde)

(5 üyeli jürilerde)

**Prof. Dr. MEHMET EMİN ÖZEL**

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŐEKKÖR

Bu tez çalışmasında yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen danıőmanlarım Prof. Dr. Aysel KARAFİSTAN ve Yrd. Doç. Dr. Umur ÖNAL'a;  
Maddi ve manevi konulardaki yardımlarından dolayı aileme;  
Sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Özgür ŞEN

## Simgeler ve Kısaltmalar

### Ölçü Birimleri:

$m^3$	: Metreküp
mg / l	: Miligram / litre
$m^3 / sn$	: Metreküp / saniye
Km	: Kilometre
ppm	: Milyonda bir
t (°C)	: Santigrad Derece
gr	: Gram
$\mu m$	: Mikrometre
S (‰)	: Tuzluluk
$m^2/m^3$	: Metrekare / Metreküp
lt / dk	: Litre / Dakika

### Parametreler:

$NO_3^-$	: Nitrat
$NO_2^-$	: Nitrit
$NH_4^+$	: İyonize Olmuş Amonyak
$NH_3$	: Toksik Amonyak
TAN	: Toplam Anorganik Azot
$O_2$	: Oksijen
$CO_2$	: Karbondioksit
Q	: Debi

### Çizelgeler:

g	: Havuz Girişi
ç	: Havuz Çıkışı

### Diğerleri:

BOD	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
Biyo-filtrasyon	: Biyolojik Filtrasyon
Biyofiltre	: Biyolojik Filtre

UV Filtre	: Mor Ötesi (Ultra-Viyole) Filtre
Hidropak-Folia	: Biyolojik Filtre İç Materyali
Bio-Net	: Faklı Biyolojik Filtre İç Materyali
Resirkülasyon	: Suyun Tekrar Dolaşımı
Bead	: Temizleyici Materyal
Biofilm	: Medya Yüzeyinde Oluşan Tabaka

# TEKRAR KULLANIMLI AKUAKÜLTÜR SİSTEMLERİNDE AZOT DÖNGÜSÜNÜN MODELLENMESİ

## ÖZET

Ticari bir balık çiftliğinde levrek balığı (*Dicentrarchus labrax*) yetiştiriciliğinin gerçekleştirildiği tekrar kullanımlı bir sistemden elde edilen veriler değerlendirilmiş ve bu süre içerisinde O<sub>2</sub>, sıcaklık, pH, CO<sub>2</sub> ve azotlu bileşiklerin zamana bağlı değişimleri tespit edilmiştir. Bu şekilde karakterize edilen sistemde, yemleme oranları göz önüne alınarak, TAN, O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> bakımından uygun şartların sağlanabilmesi için gerekli teorik debi oranları hesaplanmıştır. Ayrıca biyolojik filtrelerin bu dönemdeki performansı izlenmiştir.

Zamana bağlı olarak sistemde TAN ve NO<sub>2</sub><sup>-</sup> değerleri artış gösterirken, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> değerleri sabit kalmıştır. CO<sub>2</sub> değerleri de artmış, buna bağlı olarak pH değerleri azalmıştır (min. 6,9). pH'ın zamanla azalmasının, sistemde artış gösteren NH<sub>3</sub> değerlerinin toksik seviyelere ulaşmasına engel olduğu bulunmuştur. Teorik debi hesaplamaları, bu ve benzer sistemlerde O<sub>2</sub> ve TAN'ın sınırlayıcı etkilerinin CO<sub>2</sub>'e oranla daha önemli olduğunu ortaya çıkarmıştır. Biyo-filtre performansındaki azalma zaman içerisinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur (p<0,05). Bütün bu sonuçlar, bu sistemde kullanılan biyo-filtrenin kapasitesinin yetersiz olduğunu ve zamanla su kalitesinin bozulduğunu göstermiştir. Biyo-filtrelerin kapasitelerinin artırılması ve daha etkin günlük bakım protokollerinin geliştirilmesi bu dönemde levrek balığı yetiştiriciliği için daha uygun ortam koşulları sağlanmasına yardımcı olacaktır.

**Anahtar sözcükler:** Tekrar Kullanımlı Sistemler, Su Kalitesi Parametreleri, Azot Türevleri, Biyolojik Filtrasyon, Levrek Balığı, *Dicentrarchus labrax*.

# MODELISATION OF THE NITROGEN CYCLE IN RE-CIRCULATING AQUACULTURE SYSTEMS

## ABSTRACT

In the present study, water quality data have been collected from a commercial, land-based European seabass (*Dicentrarchus labrax*) hatchery and changes in temperature, O<sub>2</sub>, pH, CO<sub>2</sub> and nitrogenous compounds (TAN, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) have been recorded from a re-circulating nursery system. Theoretical flow rates based on daily feeding rates have been calculated in order to provide optimum environmental conditions with regard to TAN, O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>. In addition, the performances of biofilters have been investigated during the course of this study.

While a considerable increase in TAN and NO<sub>2</sub><sup>-</sup> concentrations was observed, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> levels did not increase in time. Due to high stocking densities and increased feeding rates, CO<sub>2</sub> concentrations increased slowly and resulted in decreased pH values (min. 6,9). Lower pH values have prevented accumulation of NH<sub>3</sub> concentrations to reach toxic levels. Theoretical flow rate calculations have shown that in this system, the limiting effects of TAN and O<sub>2</sub> are more pronounced than that of CO<sub>2</sub>. The observed decrease in the rate of bio-filter performance in time was statistically significant (p<0,05). These results showed that the water quality in this system deteriorated in time and the capacity of bio-filters did not meet the demands of high stocking rates. Better environmental conditions can be maintained for the rearing of seabass by increasing the capacities of bio-filters and by developing effective daily maintenance protocols.

**Key words:** Re-circulating systems, water quality parameters, nitrogeneous products, biological filtration, European seabass, *Dicentrarchus labrax*.



# İÇERİK

## Sayfa

TEZ SINAVI SONUÇ BELGESİ .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	iv
ÖZET .....	vi
ABSTRACT .....	vii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>2</b>
1.1. Akuakültürde Azot Döngüsü .....	3
1.2. Tekrar Kullanımlı Sistemlerdeki Su Kalite Parametreleri .....	6
1.2.1. Çözünmüş Gazlar .....	6
1.2.2. Oksijen .....	6
1.2.3. Karbondioksit .....	6
1.2.4. Azot .....	7
1.2.5. Sıcaklık .....	7
1.2.6. Tuzluluk .....	7
1.2.7. pH .....	8
1.3. Filtrasyon Mekanizması .....	8
1.3.1. Mekanik Filtreler .....	8
1.3.1.1. Tambur Filtreler .....	9
1.4.1.2. Kum Filtreler .....	9
1.3.2. Biyolojik Filtreler .....	9
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....</b>	<b>10</b>
<b>3. MATERYAL VE METOT.....</b>	<b>12</b>
3.1. Deneme Sistemi.....	12
3.2. Su Kalitesi Parametreleri Analizi.....	13
3.3. Debi Oranının Hesaplanması .....	14
3.4. Biyolojik Filtre Performansı.....	14
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>14</b>
4.1. Fiziko–Kimyasal Parametreler .....	14
4.2. Havuz Giriş–Çıkışındaki Değişimler .....	15
4.2.1. TAN, Nitrit, Nitrat .....	15

4.2.2. Oksijen, Karbondioksit, pH .....	15
4.2.3. TAN, Nitrit ve Nitrat Konsantrasyonlarının Debiye Bağlı Değişimleri .....	16
4.2.4. Oksijen ve Karbondioksitin pH ve Debiye Bağlı Değişimleri .....	16
4.2.5. pH, TAN, Amonyak Değişimleri .....	16
4.3. Sistemdeki Su Bütçesi Değişimleri .....	17
4.4. Biyolojik Filtre Performansı .....	18
<b>5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>	<b>18</b>
5.1. Su Kalite Parametreleri .....	18
5.2. O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> ve TAN'na Bağlı Teorik Debi Hesapları .....	20
5.3. Biyo-Filtre Performansı .....	21
<b>6. ÖNERİLER .....</b>	<b>22</b>
<b>7. KAYNAKLAR .....</b>	<b>24</b>
<b>Ekler .....</b>	<b>I</b>
<b>Çizelgeler .....</b>	<b>III</b>
<b>Şekiller .....</b>	<b>VII</b>
<b>Özgeçmiş .....</b>	<b>XXX</b>

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

**TEKRAR KULLANIMLI AKUAKÜLTÜR**  
**SİSTEMLERİNDE AZOT DÖNGÜSÜNÜN**  
**MODELLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS SEMİNERİ**  
**(Bahar Yarı Yılı)**

**Özgür ŞEN**

**Temmuz, 2006**  
**ÇANAKKALE**

## **TEKRAR KULLANIMLI AKUAKÜLTÜR SİSTEMLERİNDE AZOT DÖNGÜSÜNÜN MODELLENMESİ**

Günümüzde balık yetiştiriciliğinin erken evrelerinde tekrar kullanımlı (kapalı devre) sistemler kullanılması yaygınlaşmıştır. Tekrar kullanımlı sistemlerde su üretim tanklarından çıktıktan sonra deşarj edilmeksizin bir seri filtrasyon işleminden geçirilerek kullanılır. Filtrasyon, balık metabolizması sonucu oluşmuş atıkları uzaklaştırarak su kalitesi parametrelerinin optimum düzeye getirilmesini sağlar. Son zamanlarda, akuakültür kökenli çevre kirliliği beraberinde çeşitli sorunlara yol açmıştır (Masood ve diğ., 1997).

Yapılan bazı araştırmalarda, tekrar kullanımlı sistemlerin öngörüldüğü şekilde çalışabilmesi için gerekli proseslerin performanslarına yönelik kriterler belirlenmiştir (Lucchetti ve Gray, 1988; Huguenin ve Colt, 1989; Rosenthal ve Black, 1993). Bu proseslerden en önemlileri, gaz arıtımı, Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOD), amonyak ve nitritin toksik etkisinin azaltılması, askıda katı maddelerin uzaklaştırılması ve havalandırmanın sağlanmasıdır.

### **Tekrar Kullanımlı Sistemlerdeki Su Kalite Parametreleri**

**Oksijen**

**Karbondiyoksit**

**Azot**

**Sıcaklık**

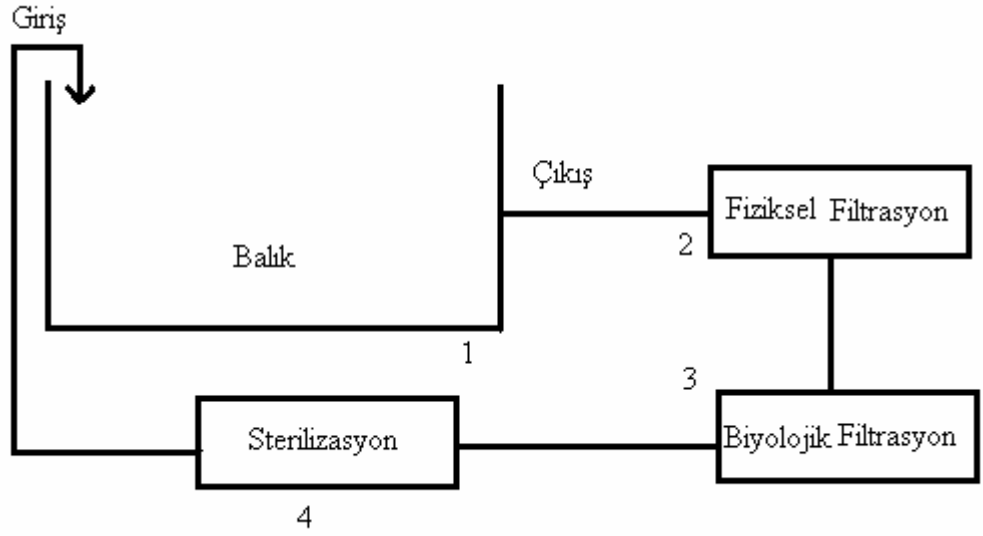
**Tuzluluk**

**pH**

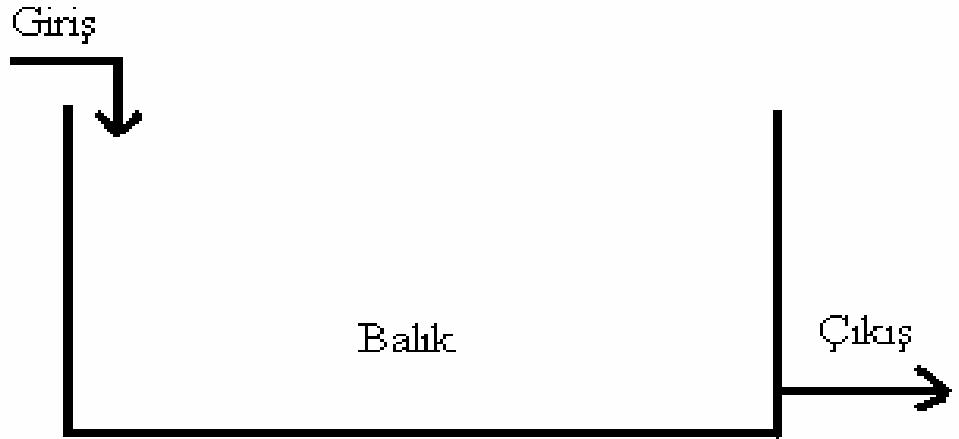
### **Filtrasyon Mekanizması**

Tekrar kullanımlı sistemlerde taze su girişi arttıkça sistem açık (flow-through) sisteme dönüşür. Taze su oranının azaltılması su kalitesinin temini için gerekli filtrasyon teçhizatını artırır. Ülkemizdeki değişik işletmelerde kullanılan filtrasyon sistemleri benzerlik gösterir.

## 1- Kapalı Sistem



## 2- Açık Sistem



## Su Kalitesi Parametreleri Analizi

### Fiziksel parametre olarak;

Sıcaklık (t)

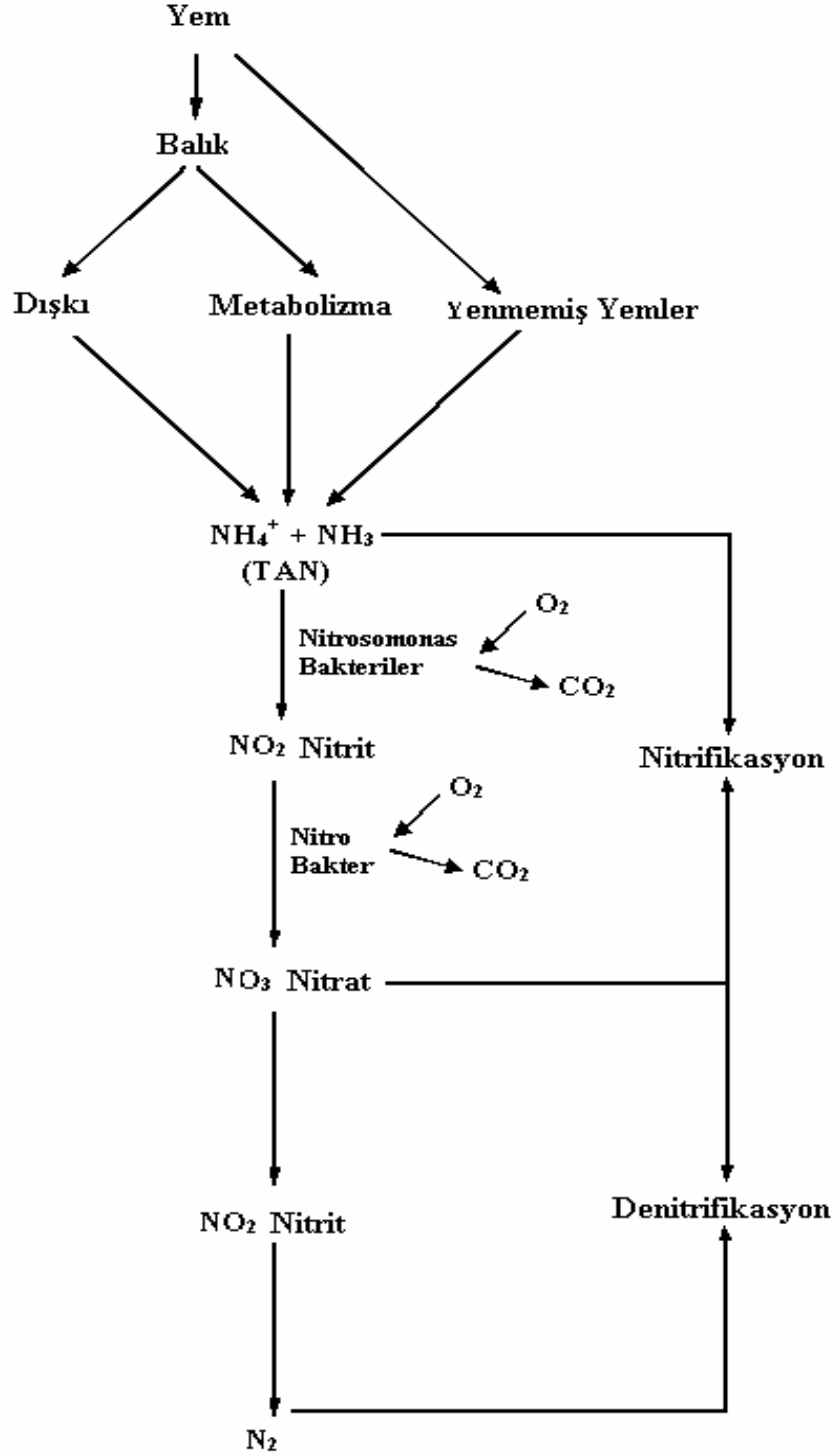
### Kimyasal parametre olarak;

Oksijen ( $O_2$ ), Karbondioksit ( $CO_2$ ), pH,  $NH_3$ ,  $NH_4^+$

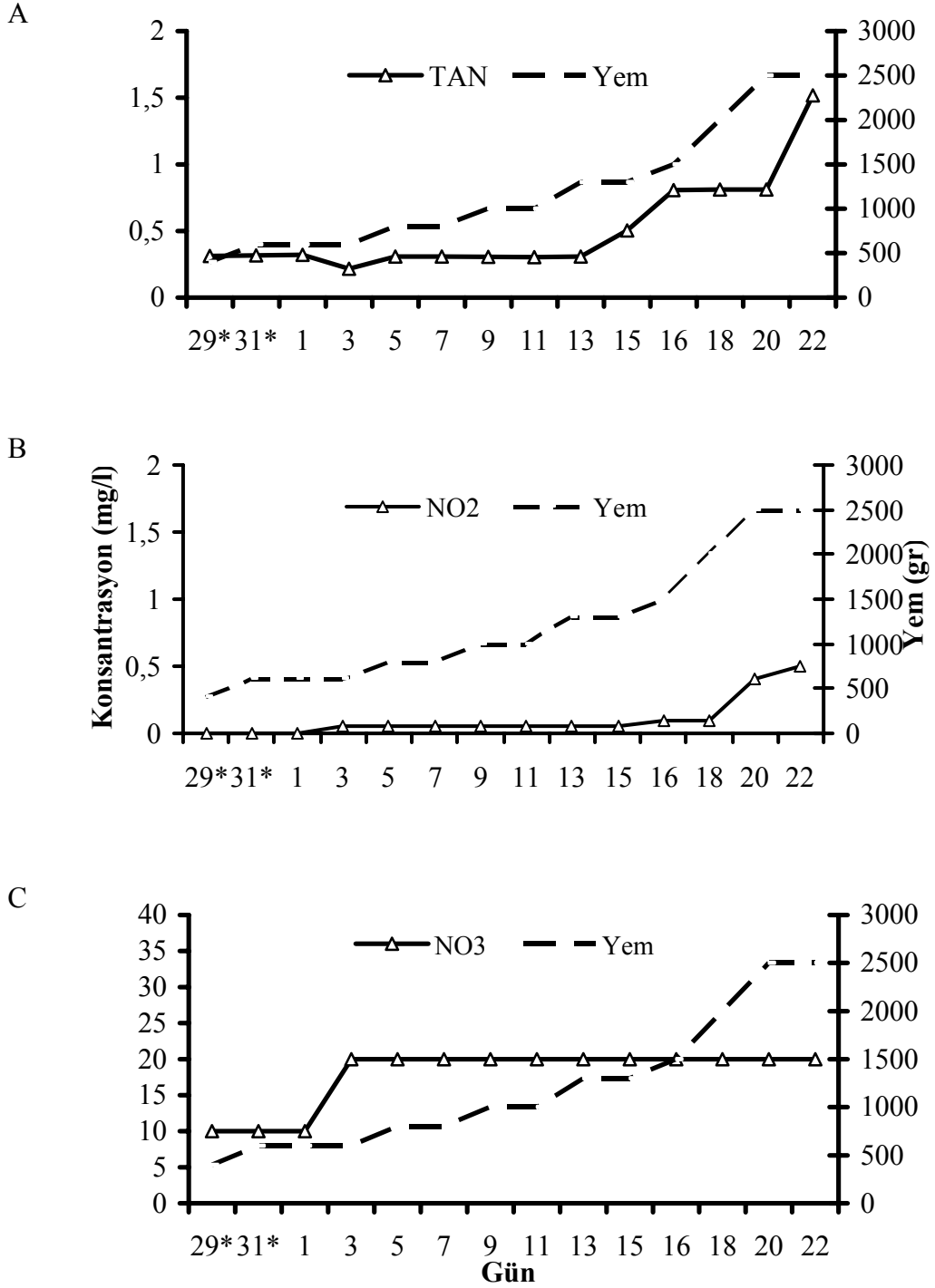
$NO_2^-$

$NO_3^-$  ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

## Akuakültürde Azot Döngüsü

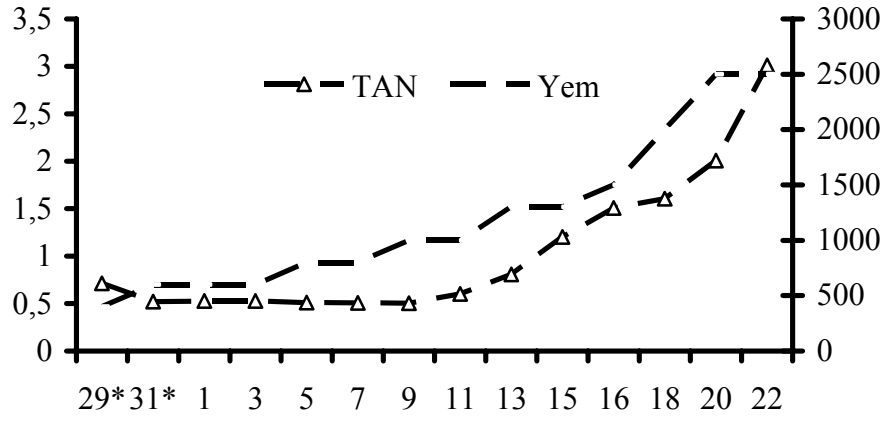


## BULGULAR

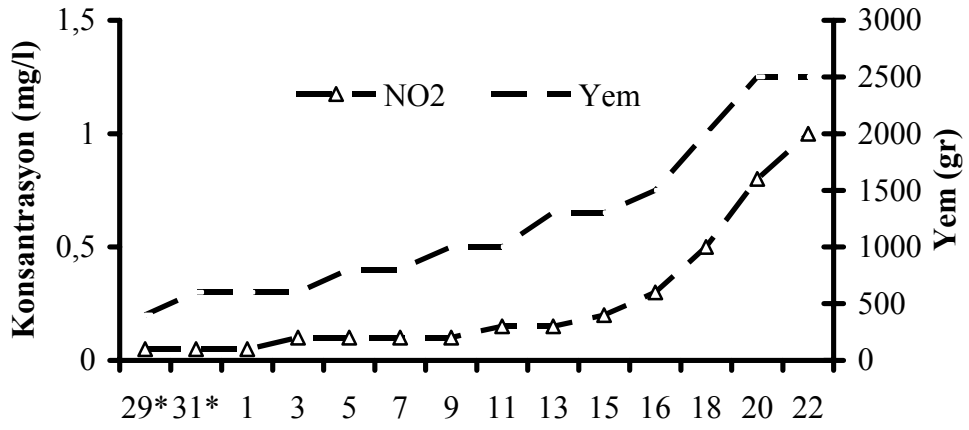


Şekil 1. 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında Havuz Girişinde (A) TAN, (B) NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, (C) NO<sub>3</sub><sup>-</sup> Konsantrasyonlarının (mg/l)Yem Miktarına Bağlı Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>).

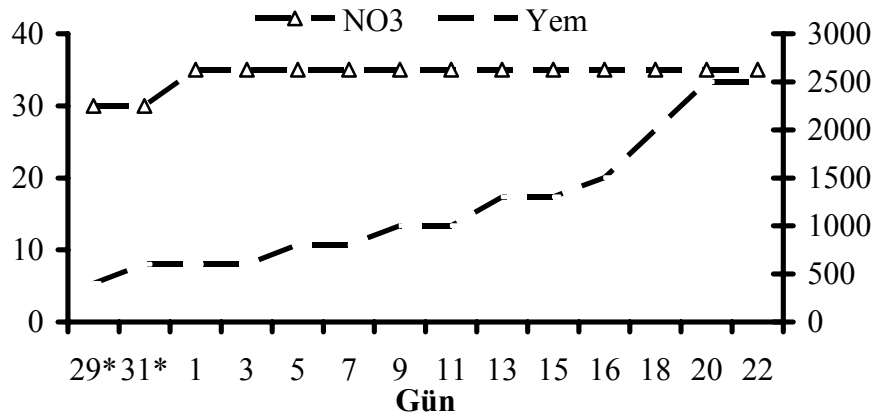
A



B

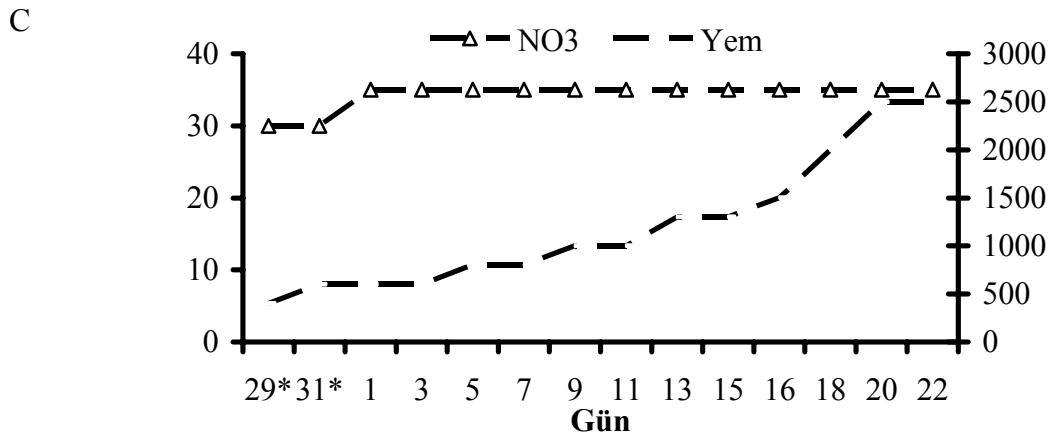
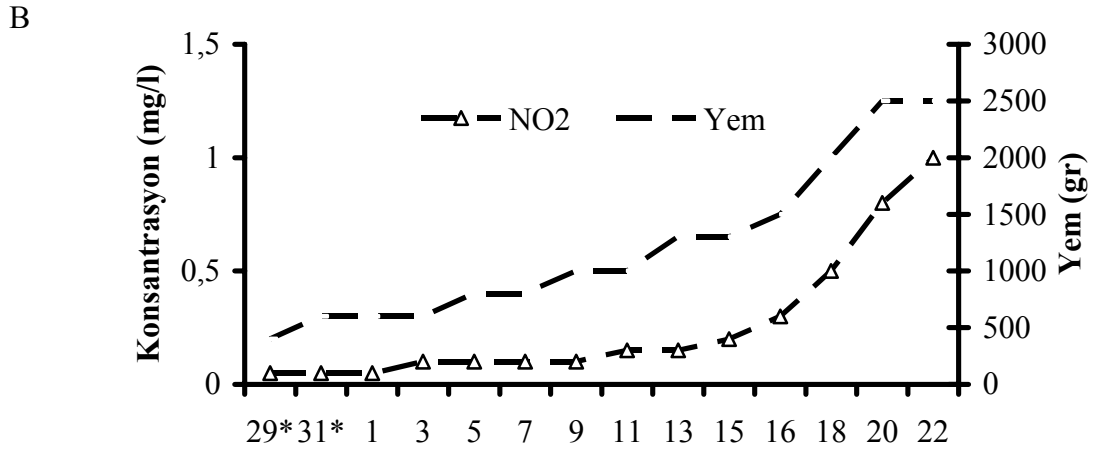
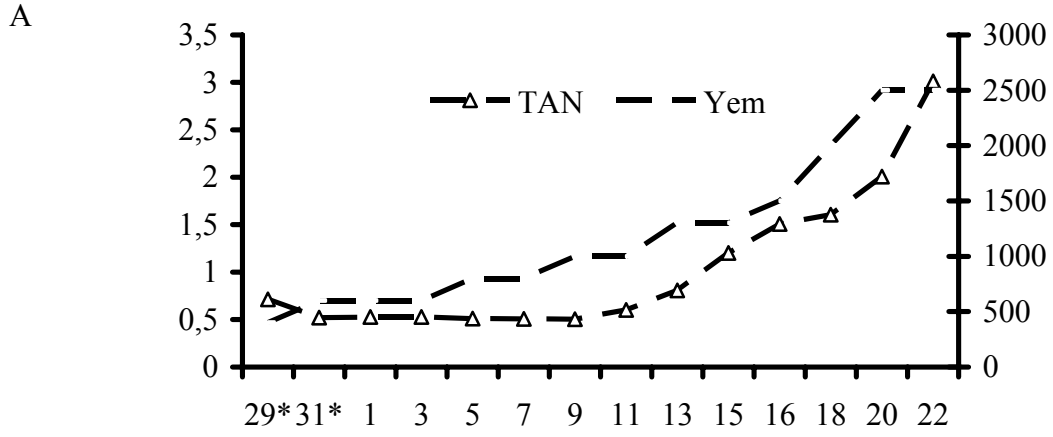


C



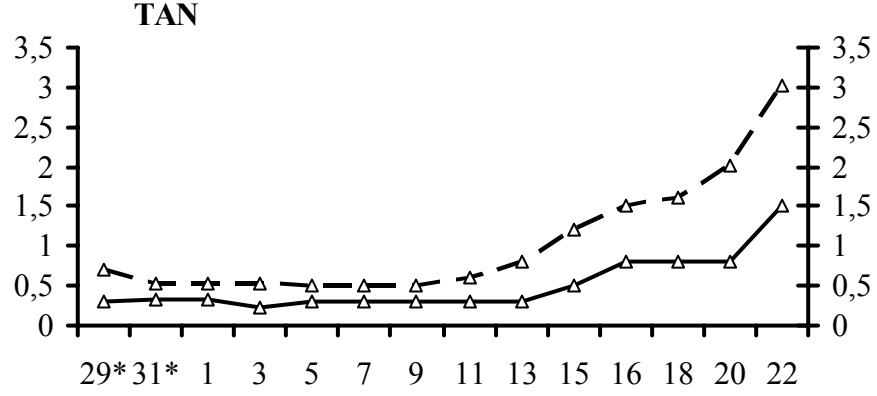
**Şekil 2.** 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında Havuz Çıkışında (A) TAN, (B)  $\text{NO}_2^-$ , (C)  $\text{NO}_3^-$  Konsantrasyonlarının (mg/l) Yem Miktarına Bağlı Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>).



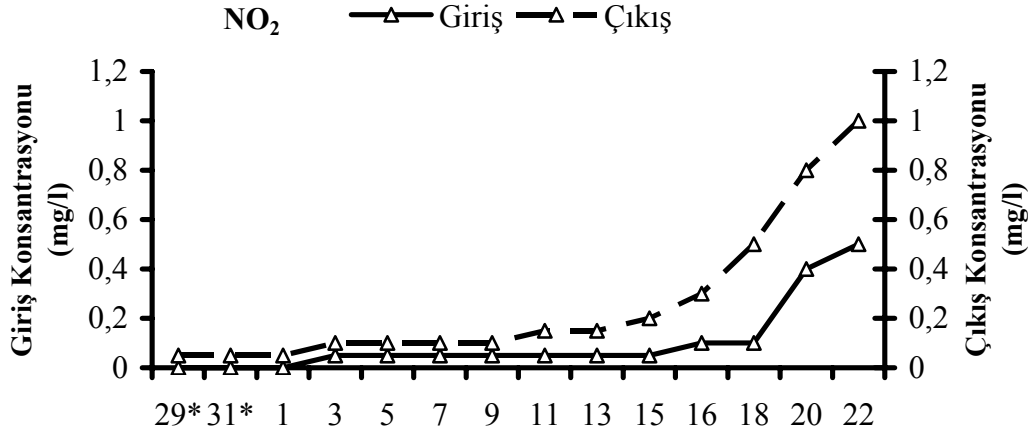


Şekil 3. 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında Havuz Çıkışında (A) TAN, (B) NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, (C) NO<sub>3</sub><sup>-</sup> Konsantrasyonlarının (mg/l) Yem Miktarına Bağlı Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>).

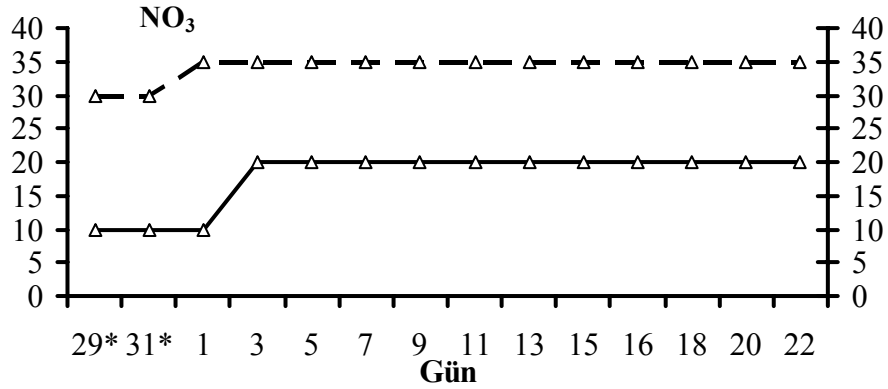
A



B

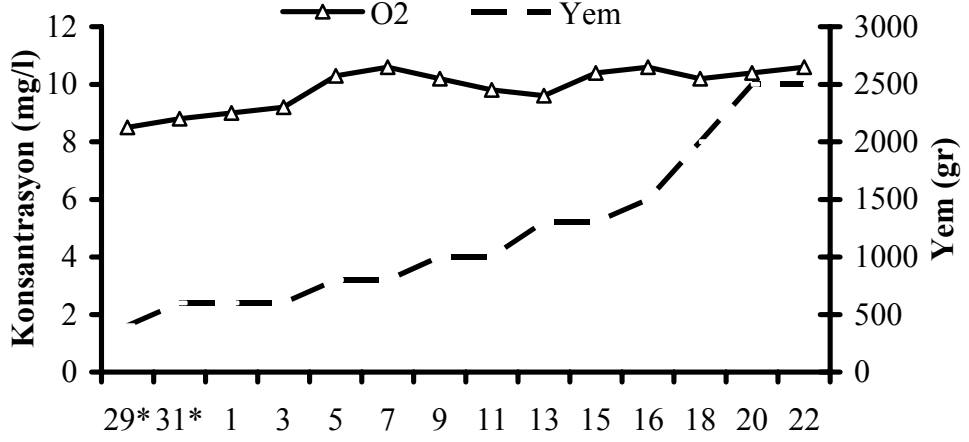


C

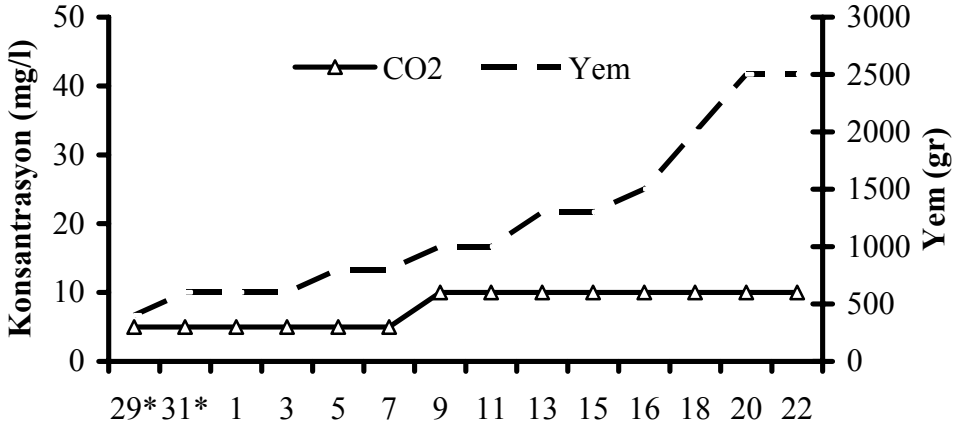


**Şekil 4.** 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında Havuz Giriş ve Çıkışında (A) TAN, (B) NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, (C) NO<sub>3</sub><sup>-</sup> Konsantrasyon (mg/l) Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>).

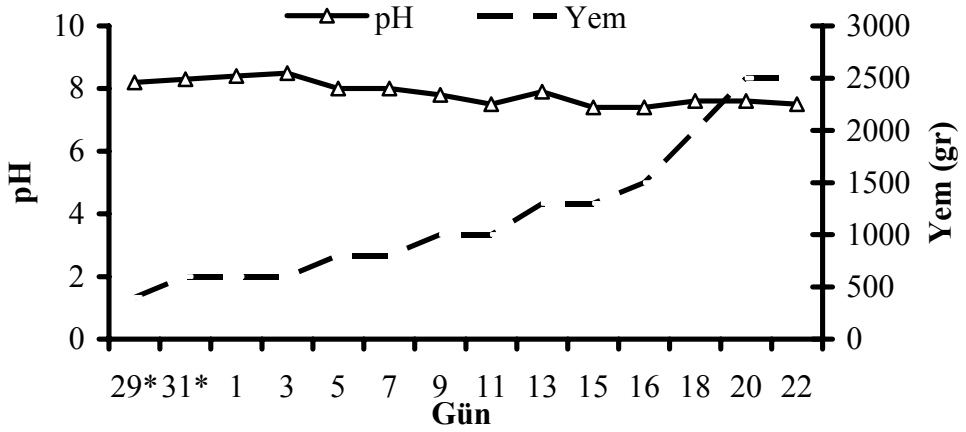
A



B



C



Şekil 5. 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında Havuz Girişinde (A) O<sub>2</sub>, (B) CO<sub>2</sub> Konsantrasyonları (mg/l) ve (C) pH'nın Yem Miktarına Bağlı Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>).

## TARTIŞMA VE SONUÇ

pH'ın TAN üzerindeki etkisinin araştırılması amacıyla 8,2 gibi sabit bir değerde tutarak, çıkıştaki NH<sub>3</sub> ve TAN konsantrasyonlarının yem artışına bağlı değişimlerini hesapladık. Bu şekilde elde edilen veriler, 29 Mayıs tarihindeki çıkışta ölçülen 0,028 mg/l NH<sub>3</sub> konsantrasyonunun 6 katı fazla bir değere (0,184 mg/l) ulaşacağını göstermektedir (Şekil 18)

**Çizelge 5.** 29 Mayıs – 22 Haziran 2005 Arasında Tank Çıkışında Ölçülen pH, ve O<sub>2</sub> (mg/l) Değerleri ve Yemleme Oranlarına Bağlı Olarak Hesaplanmış TAN, CO<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> Kontrolü İçin Gerekli Teorik Debi Oranları (lt/dk).

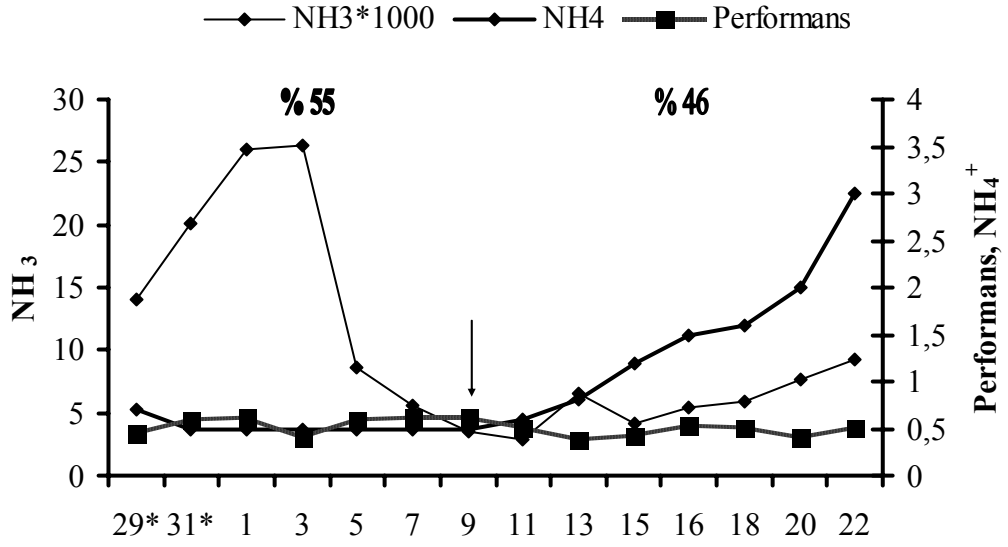
Gün	29*	31*	1	3	5	7	9	11	13	15	16	18	20	22
O <sub>2</sub>	34,1	52,3	56,5	57,7	82,9	72,4	83,2	91,8	111	125	135	217	295	312
CO <sub>2</sub>	29,8	44,6	44,6	44,6	39	39	48,7	48,7	47,1	47,1	54,4	48	51,2	44,7
TAN	35,8	73,7	72,9	72,9	100	101	126	106	103	69	64	80	80	53
Yem	400	600	600	600	800	800	1000	1000	1300	1300	1500	2000	2500	2500
O <sub>2</sub> (ç)	7	7,2	7	7,1	7,4	6,8	6,4	6,5	6	6,3	6	6,8	7,1	7,3
pH(ç)	7,9	8,2	8,3	8,3	7,8	7,6	7,4	7,2	7,4	7	7	7	7	6,9

### Biyo-Filtre Performansı

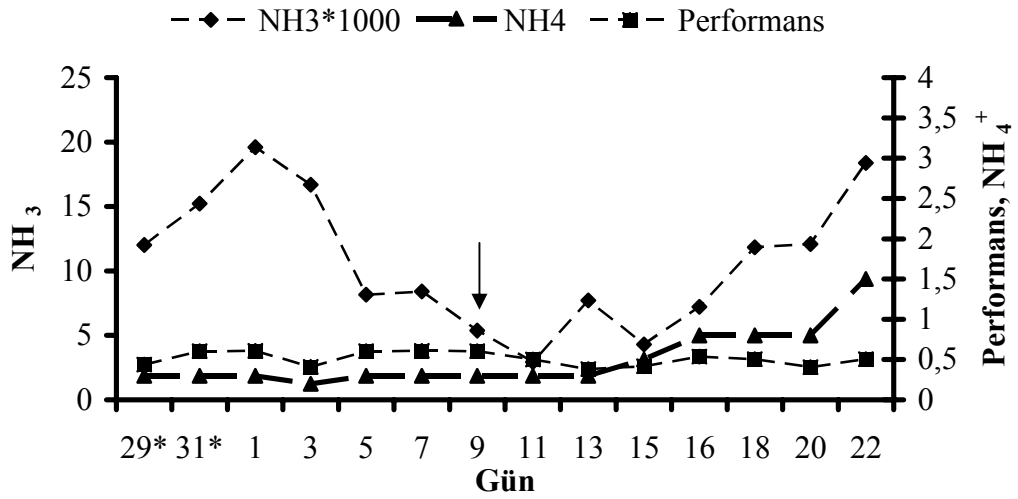
Bu tez çalışmasında biyolojik filtre performansını ortalama % 50 olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte, çalışmanın ilk iki haftalık döneminde biyolojik filtrenin performansı, son iki haftalık döneme göre istatistiksel olarak daha iyi olduğu bulunmuştur. İlk iki haftalık dönemde (29 Mayıs–9 Haziran) performans % 55, ikinci dönemde ise (11 Haziran–22 Haziran) performans % 46 olarak hesaplanmıştır.

Bu durum biyofiltrenin iyi bir şekilde idare edilmediğini ve zaman içerisinde veriminin azaldığını göstermektedir.

A



B



**Şekil 22.** 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında (A) Havuz Çıkışı (Biyolojik Filtre Girişi) ve (B) Havuz Girişinde (Biyolojik Filtre Çıkışı) NH<sub>3</sub> (NH<sub>3</sub>\*1000), NH<sub>4</sub><sup>+</sup> Konsantrasyonları (mg/l) ve Biyolojik Filtre Performansı Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>); Oklar verilerin karşılaştırıldığı iki dönemin birbirinden ayrıldığı günü işaret etmektedir).

## **ÖNERİLER**

- 1- Biyofiltrelerde nitrifikasyonun meydana gelmesi için çözülmüş oksijenin belirli konsantrasyonlarda olması gerekir.
- 2- Biyolojik filtrelerde oksijen tüketiminin ölçülmesi yapılması gereken çalışmalar arasındadır.
- 3- Sistemde pH azalırken iyonize olmuş amonyak konsantrasyonu artacağından, kontrol stratejisi olarak pH kullanılabilir.
- 4- Biyofiltrelerin kapasitelerinin üretim periyodunun başında, stoklanacak biomasın göz önüne alınarak hesaplanması çok daha uygundur.

## **KAYNAKLAR**

- Lucchetti, G. L., Gray, G.A., 1988. Water reuse systems: A review of principal components. Prog. Fish. Cult. 50 (1), 1–6.
- Masood, E., Spurgeon, D., Nadis, S., 1997. All at sea when it comes to politics? Nature 386, 105-109 .

## 7. KAYNAKLAR

Alpbaz, A., 2005. Genel Su Ürünleri Yetiştiriciliği, Yetiştirilen Su Canlıları ve Üretim Yöntemleri. E.Ü. Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik Bölümü. Bornova-İzmir.

Collins, C. M., Burton, G. L., Schweinforth, R. L., 1984. Evaluation of liquid oxygen to increase channel catfish production in heated water raceways. Tennessee Valley Authority, TVA/ONRED/AWR-84/8, Gallatin, TN.

Downing, A. L., H.A. Painter, G. Knowles. 1964. Nitrification in the Activated Sludge Process, Journal of the Institute for Sewer Purification, 130: 130-158.

Durborow, M. R., Crosby, M. D., Brunson W. M., 1997. Ammonia in Fish Ponds. Southern Regional Aquaculture Center, Publication No: 463.

Edmonson, WT. 1991. Saline Lakes in the Lower Grand Coulee. In: The uses of ecology: Lake Washington and Beyond., pp. 209-226. University of Washington. Seattle.

Egemen, Ö., Sunlu, U., 1999. Su Kalitesi Ders Kitabı. E.Ü. Su Ürünleri Fak. Yayın No: 14. Bornova, İzmir.

Emerson, K., Russo, R.C., Lund, R.E., Thurston, R.V., 1975. Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of ph and temperature. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 32: 2379-2383.

Equinoxe, 1990. Le magazine des ressources vivan les de la mer. No. 31 IFREMER Nantes-France, pp. 42-43.

Eroğlu, V., 1999. Su Tasfiyesi. İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Gowan, R., 1987. Use of supplemental oxygen to rear chinook in seawater. In papers on the Use of Supplemental Oxygen to Increase Hatchery Rearing Capacity in the Pacific Northwest, Bonneville Power Administration (BPA), Portland, OR, pp. 35-39.

Grady, C.P.L., Lim, H.C., 1980. Biological wastewater treatment: theory and applications. Marcel Dekker, New York.

Hora, S. L., Pillay, T. V. R., 1962. Handbook on fish culture in the Indo-Pacific region. FAO Fish Biol. Tech. Pap. 14.

Huguenin, J.E., Colt, J., 1989. Design and Operating Guide for Aquaculture Seawater Systems. Elsevier, New York.

Krüner, G., Rosenthal, H., 2000. Efficiency of nitrification in trickling filters using different substrates. Biologische Anstalt Helgoland, Zentrale Hamburg, Notkestrasse 31, 2000 Hamburg 52, West Germany.

Liao, P. B., Mayo, R. D., 1972. Salmonid hatchery water re-use system. *Aquaculture*, 1, 317-35.

Ling, J., Chen., S., 2004. Impact of organic carbon on nitrification performance of different biofilters. *Aquacultural Engineering*, 33: 150-162.

Lucchetti, G. L., Gray, G.A., 1988. Water reuse systems: A review of principal components. *Prog. Fish. Cult.* 50 (1), 1–6.

Malone, R. F., 1994. The future of recirculating systems in the U.S. Aquaculture Industry, *Journal of Applied Aquaculture*, Vol. 4(2), pp. 15-25 pp.

Malone, R. F., Beecher, L. E., 2000. Use of floating bead filters to recondition recirculating waters in warmwater aquaculture production systems. *Aquacultural Engineering*, 22: 57-73.

Manthe, D. P., R. F. Malone, S. Kumar. 1985. Elimination of Oxygen Deficiencies Associated with Submerged Rock Filters used in Closed, Recirculating Aquaculture Systems, In *Closed Blue Crab Shedding Systems*, National Symposium on the Soft-Shell blue Crab Fisheries, P.M. Perry and R.F. Malone, eds., pp. 49-55.

Masood, E., Spurgeon, D., Nadis, S., 1997. All at sea when it comes to politics? *Nature* 386, 105-109 .

Mayer, I., McLean, E., 1995. Bioengineering and biotechnological strategies for reduced waste aquaculture. *Water Sci. Tech.* 31, 85-102.

Meade, T. L. (1974). The technology of closed system culture of salmonids. Anim. Sci./NOAA Sea Grant, Technical Report 30, University of Rhode Island, Kingston.

Miller, G.E., Libey, G.S., 1985. Evaluation of three biological filters suitable for aquaculture applications. *J. World Maricult. Soc.* 16, 158–168.

Önal, U., 2003. Teorik Debi Hesaplama Yöntemleri. Ç.O.M.Ü. Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik Bölümü Ders Notları. Çanakkale.



Rogers, G.L., Klemetson, S.L., 1985. Ammonia removal in selected aquaculture water use biofilters. *Aquacult. Eng.* 4, 135–154.

Rosenthal, H., Andjus, R., Krüner, G. (1980). Daily variations of water quality parameters under intensive culture conditions in a recycling system. *EIFAC/80/Symp.*: E/59.

Rosenthal, H., Black, E.A., 1993. Recirculation systems in aquaculture. In: Jaw-Kai Wang (Ed.), *Techniques for Modern Aquaculture*. ASAE Publication 02-93, pp. 284–294.

Rosenthal, H.R., 1994. Aquaculture and the Environment. *World Aquacult.* 25, 4–11.

Sandu, S. I., Boardman, G. D., Watten, B. J., Brazil, B. L., 2002. Factors influencing the nitrification efficiency of fluidized bed filter a plastic bead medium. *Aquacultural Engineering*, 2002 (26): 41, 59.

Sastry, B. N., DeLosReyes Jr., A. A., Rusch, K. A., Malone, R. F., 1998. Nitrification performance of a bubble-washed bead filter for combined solids removal and biological filtration in a recirculating aquaculture system. *Journal of Aquacultural Engineering* Vol. 19, pp. 105-107.

Scott, K.R., Allard, L., 1984. A four tank water recirculation system with a hydrocyclone prefilter and a single water reconditioning unit. *Prog. Fish Cult.* 46. 254-261.

Severson, R. F., Stark, J. L., Poole, L. M., 1987. Use of oxygen to commercially rear coho salmon. In papers on the Use of Supplemental Oxygen to Increase Hatchery Rearing Capacity in the Pacific Northwest, Bonneville Power Administration, Portland, OR, pp. 25-34.

Sharma, B., Alhert, R.C., 1977. Nitrification and nitrogen removal. *Water Res.* 11:11897–11925.

Skjølstrup, J., Nielsen, P. H., Frier, J. O., McLean, E., 1998. Performance characteristics of fluidised bed biofilters in a novel laboratory-scale recirculation system for rainbow trout: nitrification rates, oxygen consumption and sludge collection. *Aquacultural Engineering*, 18: 265-276.

Twarowska, J. G., Westerman, P. W., Losordo, T. M., 1997. Water treatment and waste characterization evaluation of an intensive recirculating fish production system. *Aquacultural Engineering* 16 (1997) 133-147.

Water Pollution Control Federation. 1983. Nutrient control. Manual of practice No. FD-7. Washington, D.C.

Willoughby, H., 1968. A method for calculating carrying capacity of hatchery troughs and ponds. *Progressive Fish-Culturist*, 30, 173-4.

**Ekler**

**Resim 1.**



Tambur Filtrenin Önden Görünüşü

**Resim 2.**



Sistemde Kullanılan Kum Filtreleri

**Resim 3.**



Sistemde Kullanılan Biyolojik Filtre

**Resim 4.**



Havuz Giriş Bölümleri

## Çizelgeler

**Çizelge 1.** Havuz Çıkışındaki Farklı Sıcaklık ve pH Değişimlerine Bağlı İyonize Olmamış Amonyakın Yüzdesi.

Gün	pH	Sıcaklık (°C)	Amonyak Yüzdesi
29*	7,9	18	0,02
31*	8,2	18,1	0,039
1	8,3	18,4	0,049
3	8,3	18,6	0,05
5	7,8	19	0,017
7	7,6	19,4	0,011
9	7,4	19,6	0,007
11	7,2	20,8	0,005
13	7,4	21,4	0,008
15	7	22,2	0,003
16	7	22,8	0,004
18	7	23,3	0,004
20	7	23,6	0,004
22	6,9	23,9	0,003

(\*) : Mayıs 2005.

**Çizelge 2.** Havuz Girişindeki Farklı Sıcaklık ve pH Değişimlerine Bağlı İyonize Olmamış Amonyakın Yüzdesi.

<b>Gün</b>	<b>pH</b>	<b>Sıcaklık (°C)</b>	<b>Amonyak Yüzdesi</b>
29*	8,2	18	0,038
31*	8,3	18,1	0,048
1	8,4	18,4	0,061
3	8,5	18,6	0,077
5	8	19	0,026
7	8	19,4	0,027
9	7,8	19,6	0,018
11	7,5	20,8	0,009
13	7,9	21,4	0,025
15	7,4	22,2	0,008
16	7,4	22,8	0,009
18	7,6	23,3	0,015
20	7,6	23,6	0,015
22	7,5	23,9	0,012

(\*) : Mayıs 2005.

**Çizelge 3.** 29 Mayıs – 22 Haziran 2005 Arasındaki Giriş (g) ve Çıkış (ç) O<sub>2</sub>, Debi ve Yemleme Oranı Değişimleri (mg/l, lt/dk, gr)

Gün	29*	31*	1	3	5	7	9	11	13	15	16	18	20	22
O <sub>2</sub> (g)	8,5	8,8	9	9,2	10,3	10,6	10,2	9,8	9,6	10,4	10,6	10,2	10,4	10,6
O <sub>2</sub> (ç)	7	7,2	7	7,1	7,4	6,8	6,4	6,5	6	6,3	6	6,8	7,1	7,3
Debi (lt/dk)	480	480	480	600	600	600	720	720	720	780	780	780	780	780
Yem (gr)	400	600	600	600	800	800	1000	1000	1300	1300	1500	2000	2500	2500

**Çizelge 4.** 29 Mayıs – 22 Haziran 2005 Arasında Giriş (g) ve Çıkış (ç) CO<sub>2</sub> (mg/l) ve pH, Sıcaklık (°C), Tuzluluk (‰) Değişimleri.

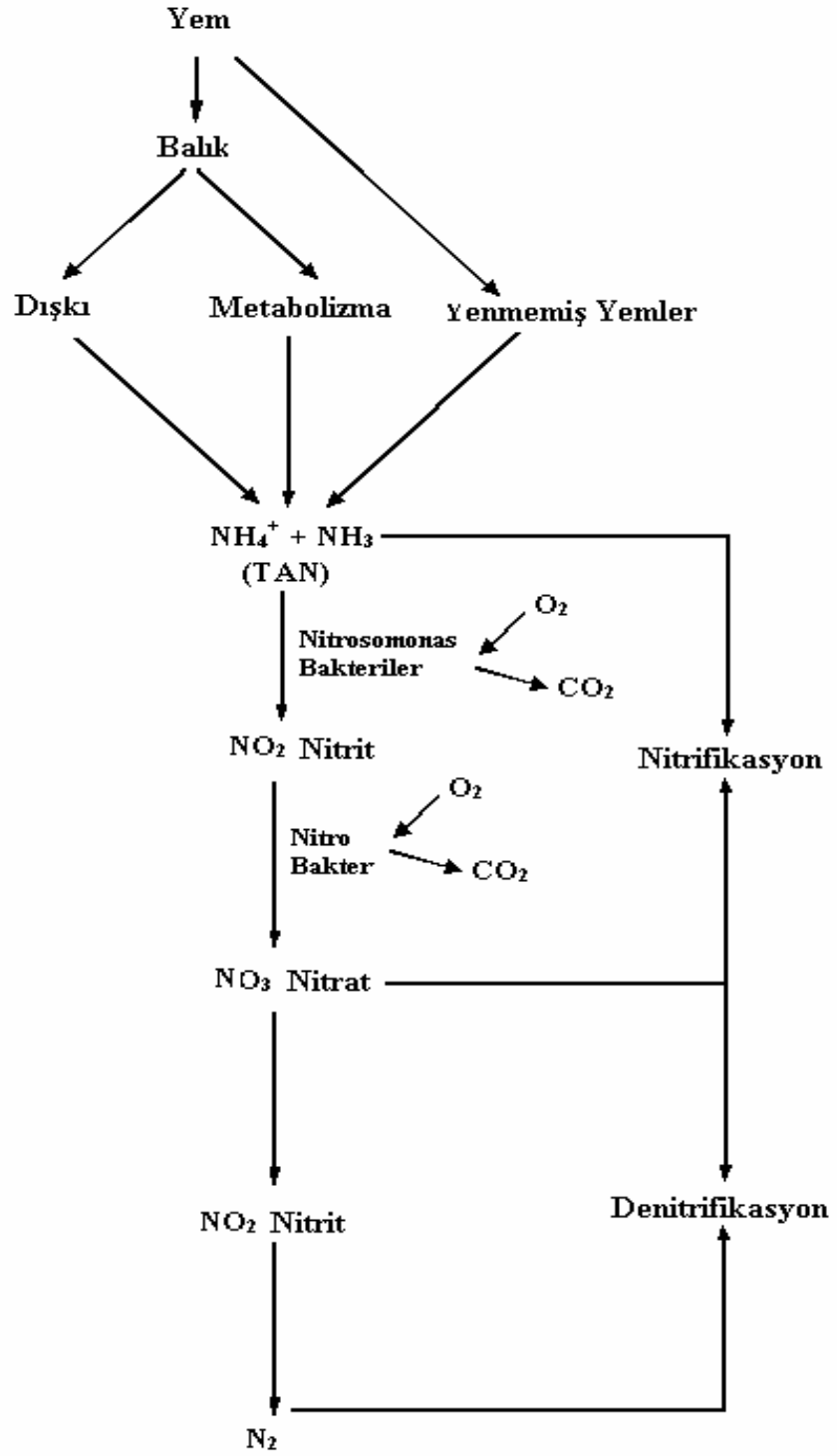
Gün	29*	31*	1	3	5	7	9	11	13	15	16	18	20	22
CO <sub>2</sub> (g)	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10
CO <sub>2</sub> (ç)	10	10	10	10	15	15	15	15	20	20	20	30	35	40
t (°C)	18	18,1	18,4	18,6	19	19,4	19,6	20,8	21,4	22,2	22,8	23,3	23,6	23,9
S (‰)	28	29	29	29	29	29	29	28	28	28	28	28	28	28
pH(g)	8,2	8,3	8,4	8,5	8	8	7,8	7,5	7,9	7,4	7,4	7,6	7,6	7,5
pH(ç)	7,9	8,2	8,3	8,3	7,8	7,6	7,4	7,2	7,4	7	7	7	7	6,9

**Çizelge 5.** 29 Mayıs – 22 Haziran 2005 Arasında Tank Çıkışında Ölçülen pH, ve O<sub>2</sub> (mg/l) Değerleri ve Yemleme Oranlarına Bağlı Olarak Hesaplanmış TAN, CO<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> Kontrolü İçin Gerekli Teorik Debi Oranları (lt/dk).

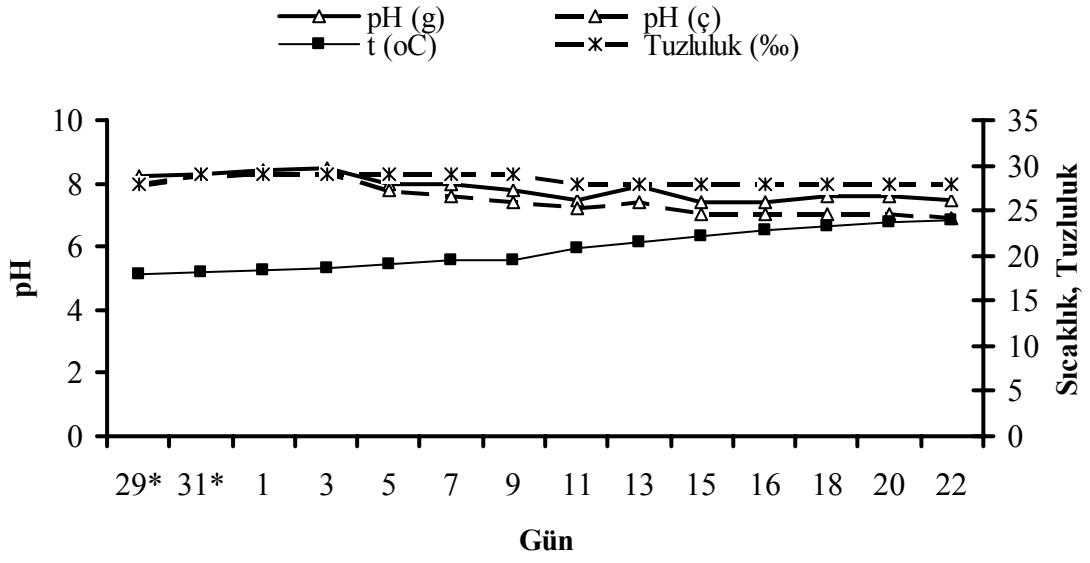
Gün	29*	31*	1	3	5	7	9	11	13	15	16	18	20	22
O <sub>2</sub>	34,1	52,3	56,5	57,7	82,9	72,4	83,2	91,8	111	125	135	217	295	312
CO <sub>2</sub>	29,8	44,6	44,6	44,6	39	39	48,7	48,7	47,1	47,1	54,4	48	51,2	44,7
TAN	35,8	73,7	72,9	72,9	100	101	126	106	103	69	64	80	80	53
Yem	400	600	600	600	800	800	1000	1000	1300	1300	1500	2000	2500	2500
O <sub>2</sub> (ç)	7	7,2	7	7,1	7,4	6,8	6,4	6,5	6	6,3	6	6,8	7,1	7,3
pH(ç)	7,9	8,2	8,3	8,3	7,8	7,6	7,4	7,2	7,4	7	7	7	7	6,9



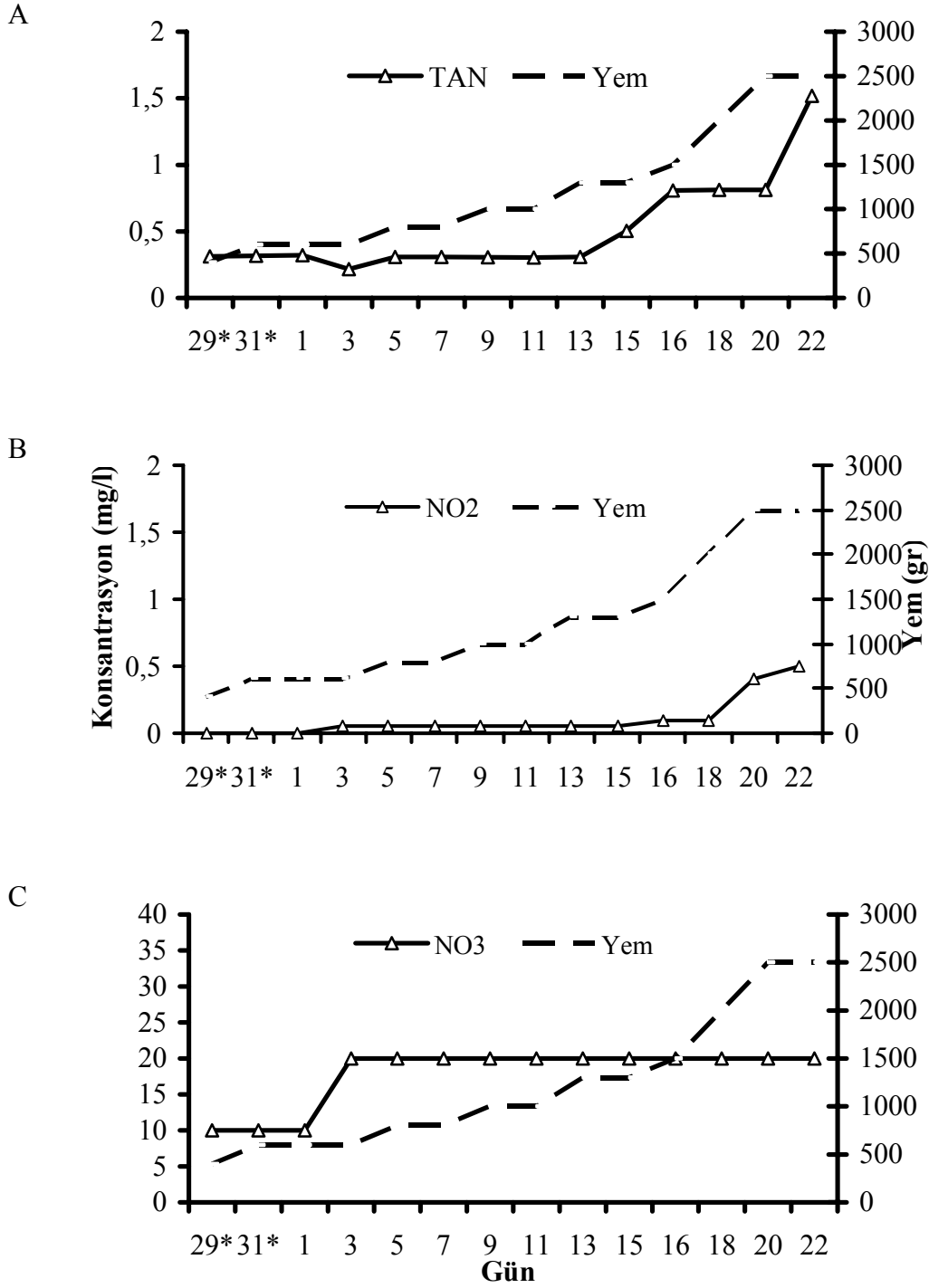
## Şekiller



Şekil 1. Akuakültürde Azot Döngüsü

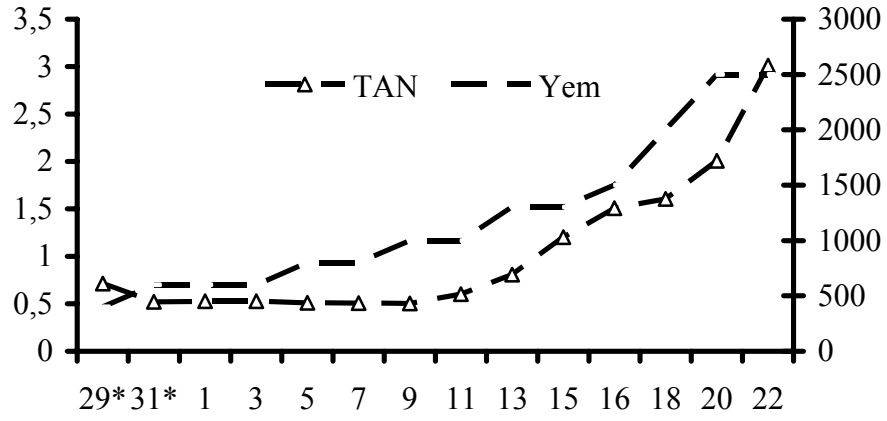


Şekil 2. Tekrar Kullanımlı Sistemdeki Sıcaklık, Tuzluluk, pH'ın Zamana Bağlı Değişimleri.

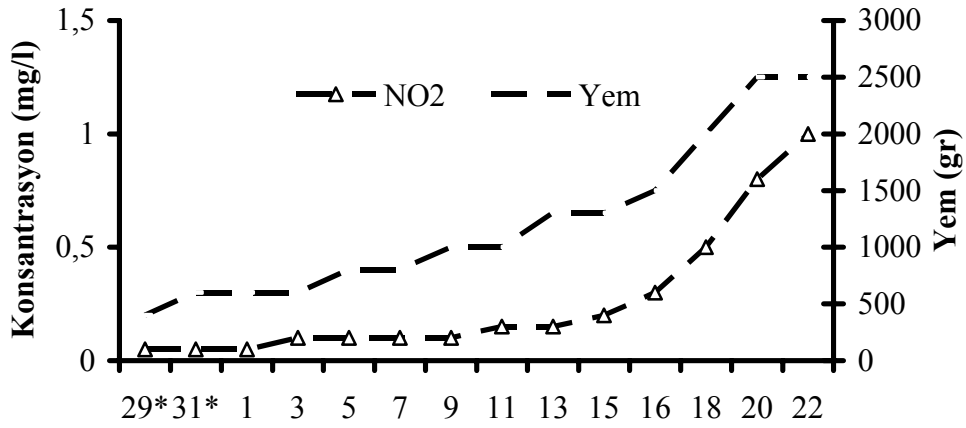


**Şekil 3.** 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında Havuz Girişinde (A) TAN, (B) NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, (C) NO<sub>3</sub><sup>-</sup> Konsantrasyonlarının (mg/l) Yem Miktarına Bağlı Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>).

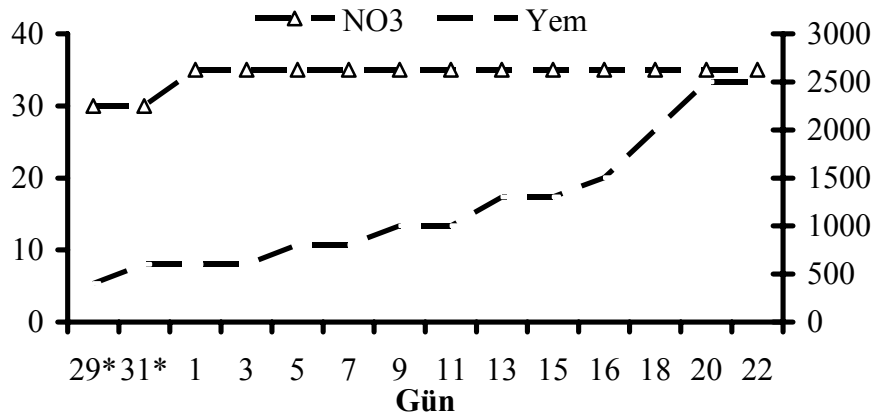
A



B

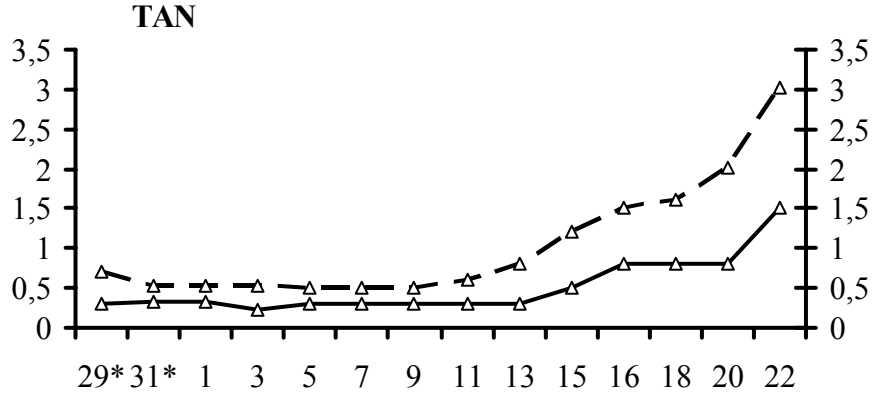


C

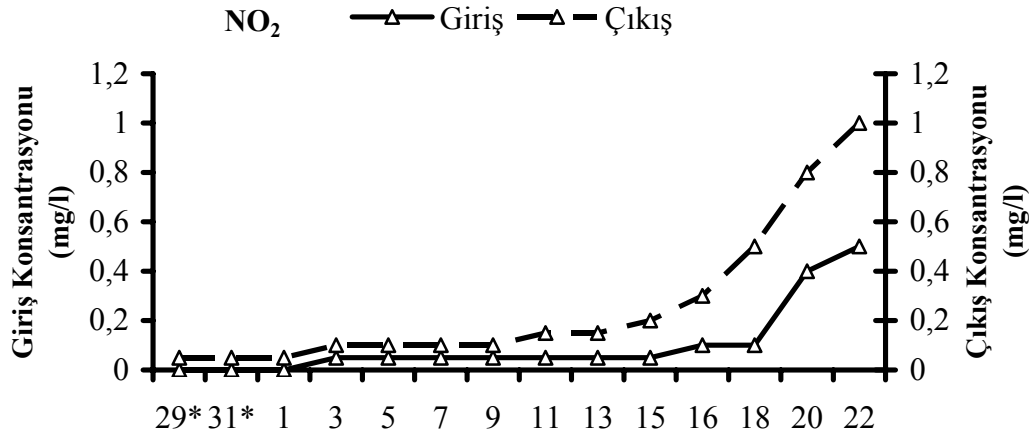


**Şekil 4.** 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında Havuz Çıkışında (A) TAN, (B) NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, (C) NO<sub>3</sub><sup>-</sup> Konsantrasyonlarının (mg/l) Yem Miktarına Bağlı Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>).

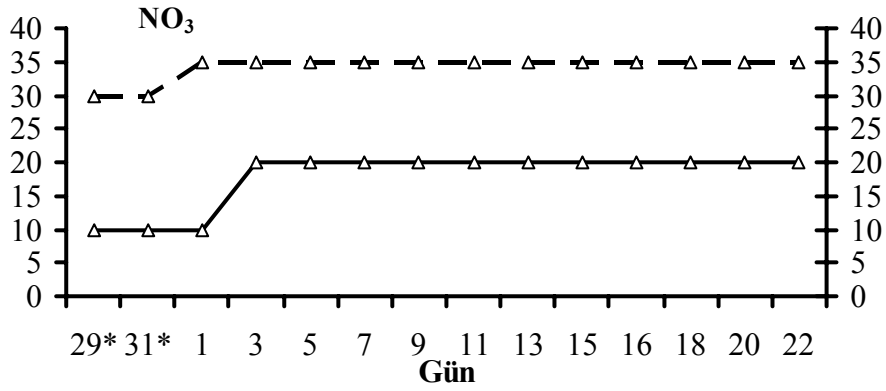
A



B

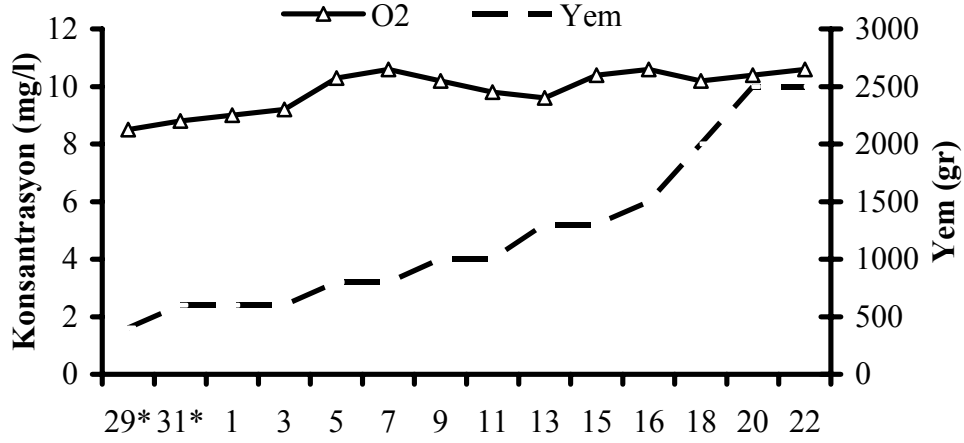


C

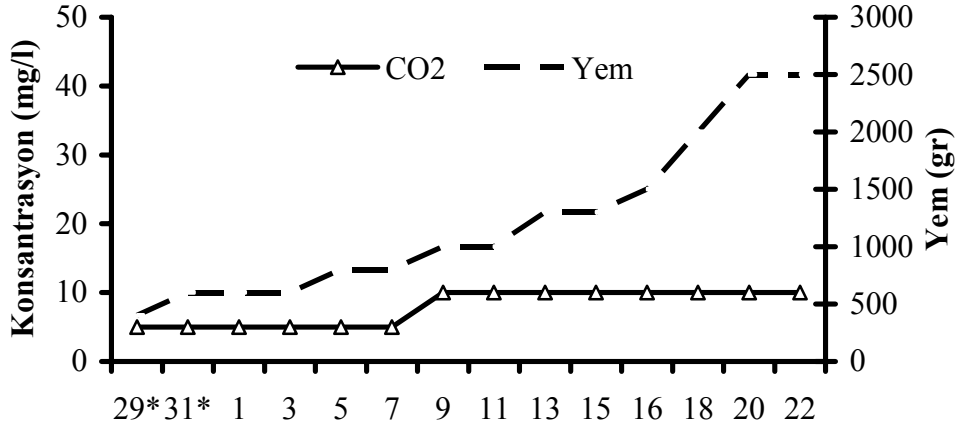


Şekil 5. 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında Havuz Giriş ve Çıkışında (A) TAN, (B) NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, (C) NO<sub>3</sub><sup>-</sup> Konsantrasyon (mg/l) Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>).

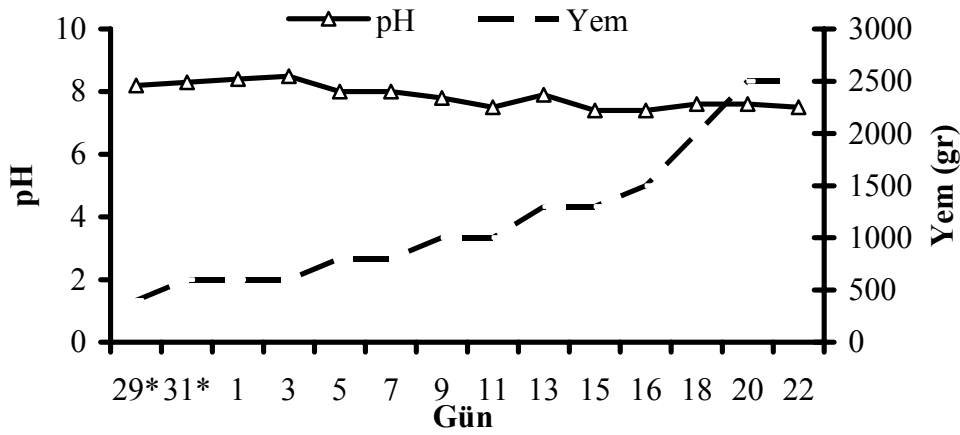
A



B

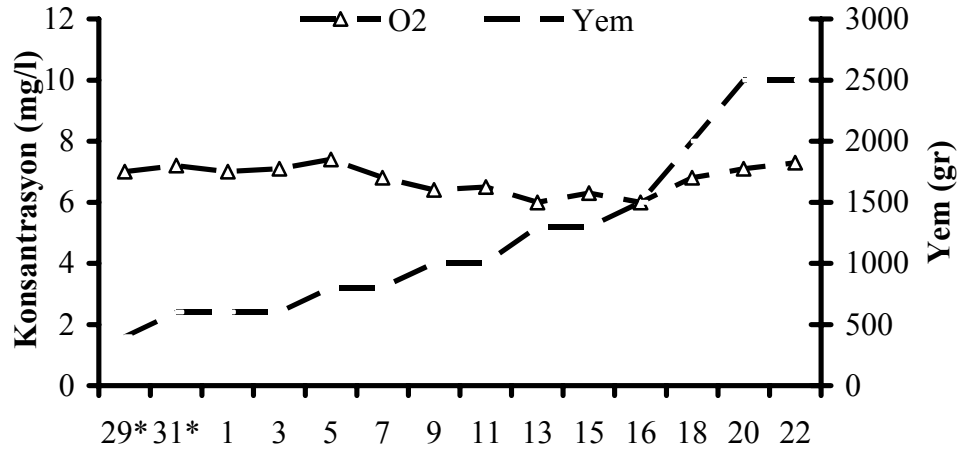


C

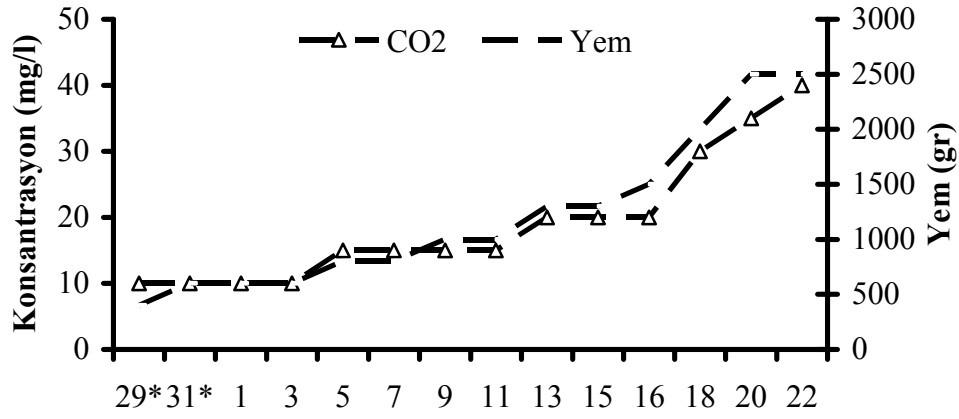


Şekil 6. 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında Havuz Girişinde (A) O<sub>2</sub>, (B) CO<sub>2</sub> Konsantrasyonları (mg/l) ve (C) pH'ın Yem Miktarına Bağlı Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>).

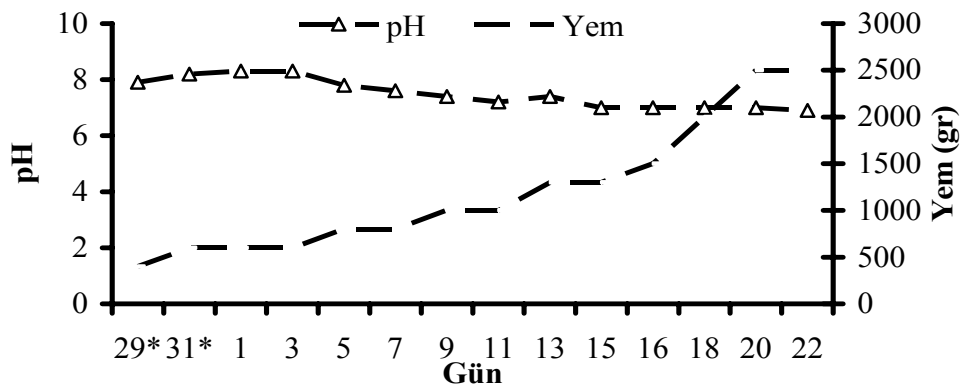
A



B

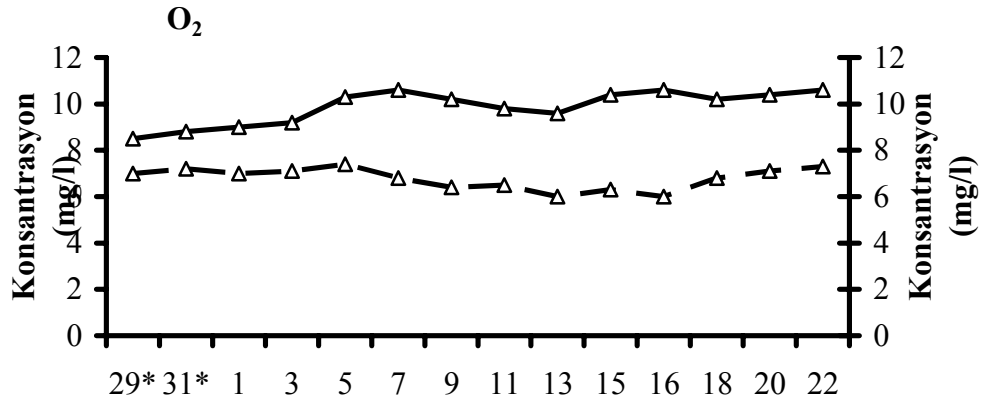


C

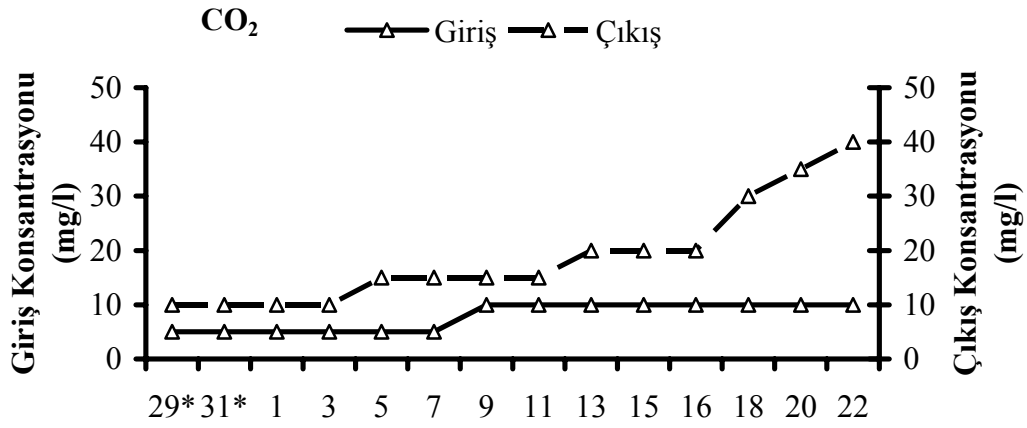


Şekil 7. 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında Havuz Çıkışında (A) O<sub>2</sub>, (B) CO<sub>2</sub> Konsantrasyonları (mg/l) ve (C) pH'nın Yem Miktarına Bağlı Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>).

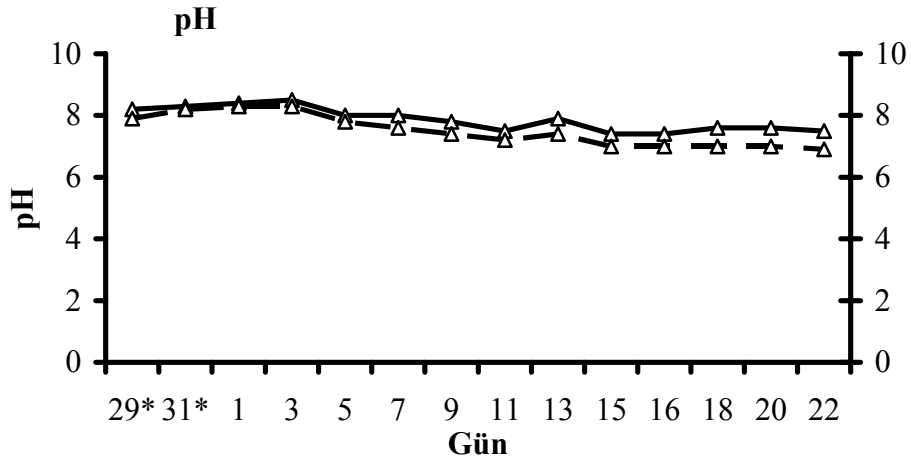
A



B



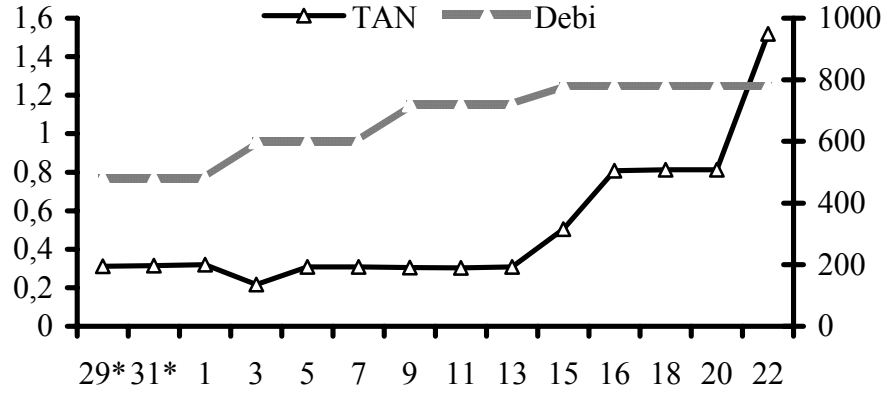
C



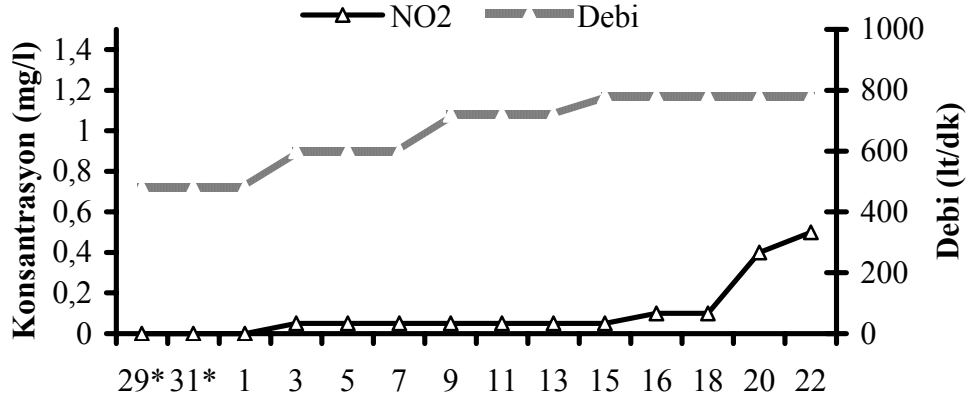
**Şekil 8.** 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında Havuz Giriş ve Çıkışında (A) O<sub>2</sub>, (B) CO<sub>2</sub> Konsantrasyonları (mg/l) ve (C) pH Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>).



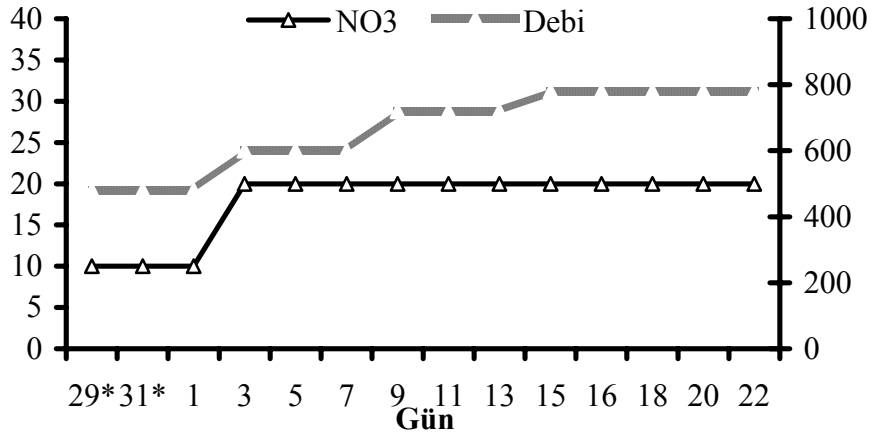
A



B

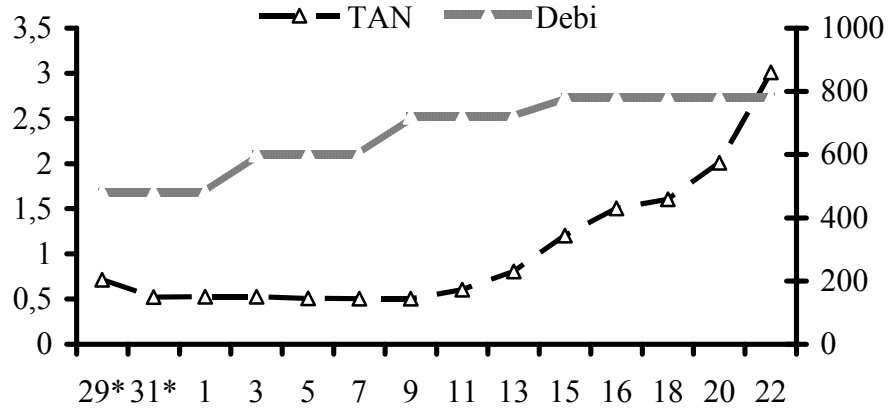


C

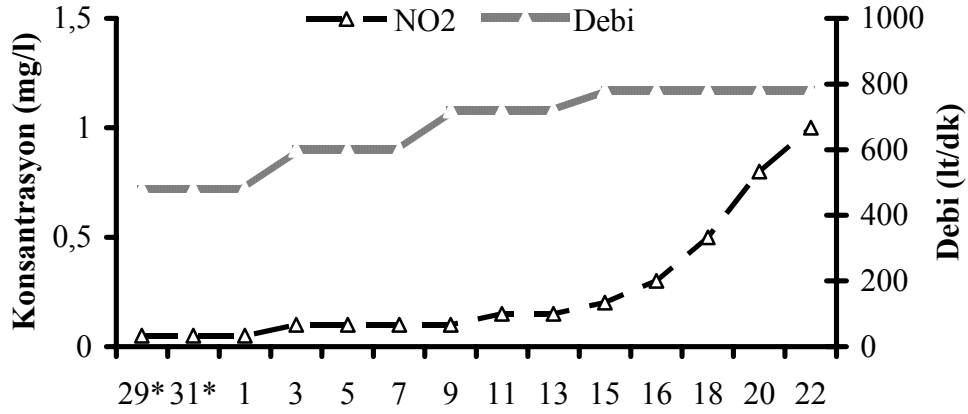


Şekil 9. 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında Havuz Girişinde (A) TAN, (B)  $\text{NO}_2^-$ , (C)  $\text{NO}_3^-$  Konsantrasyonları (mg/l) ve Debi Miktarına (lt/dk) Bağlı Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>).

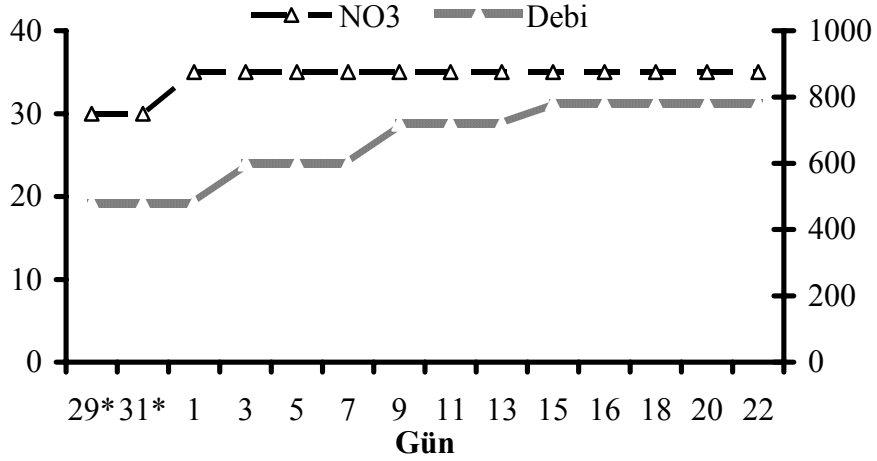
A



B

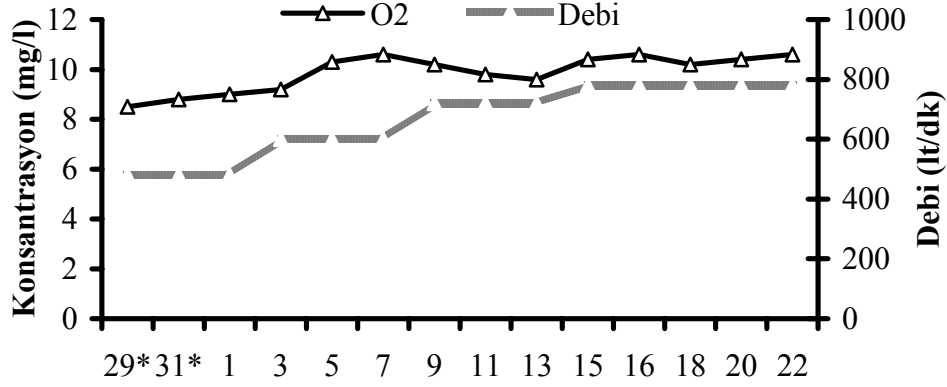


C

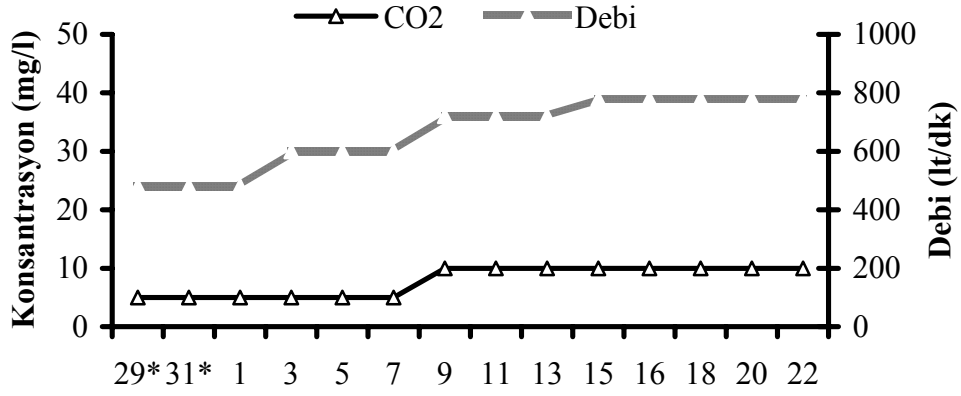


Şekil 10. 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında Havuz Çıkışında (A) TAN, (B)  $\text{NO}_2^-$ , (C)  $\text{NO}_3^-$  Konsantrasyonları (mg/l) ve Debi Miktarına (lt/dk) Bağlı Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>).

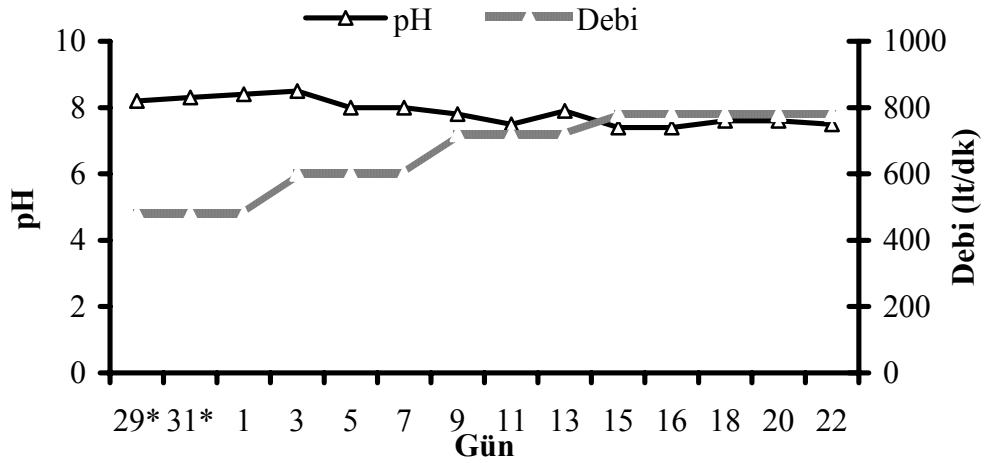
A



B

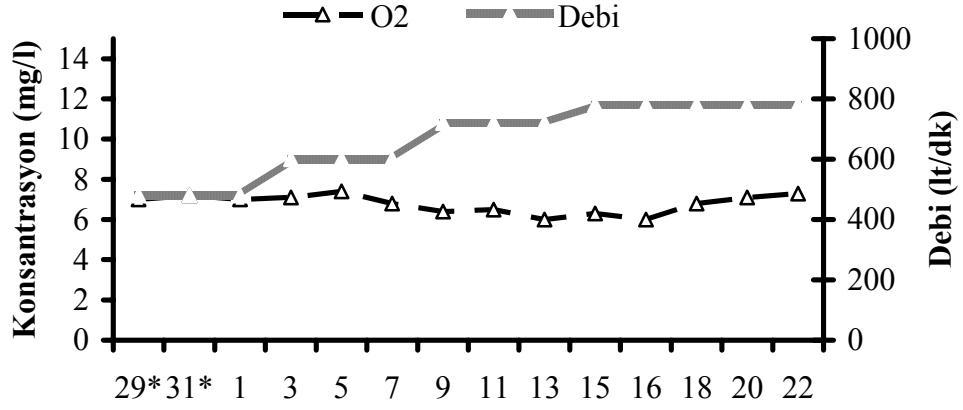


C

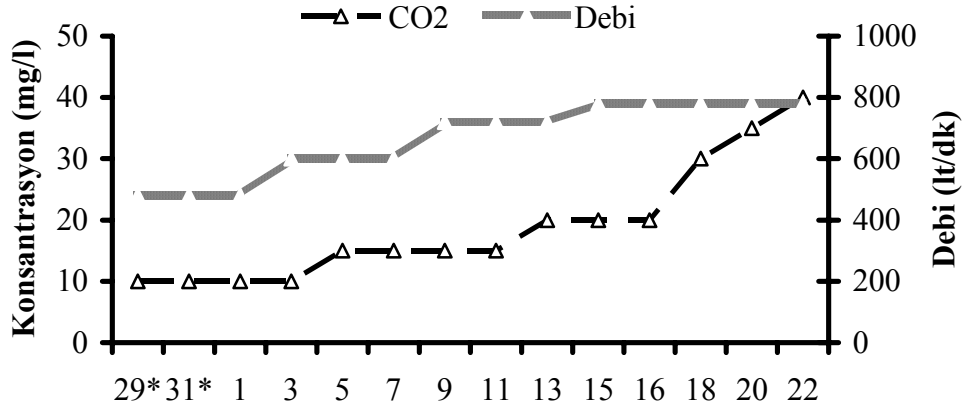


Şekil 11. 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında Havuz Girişinde (A) O<sub>2</sub>, (B) CO<sub>2</sub> Konsantrasyonları (mg/l) ve (C) pH'nın Debi Miktarına (lt/dk) Bağlı Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>).

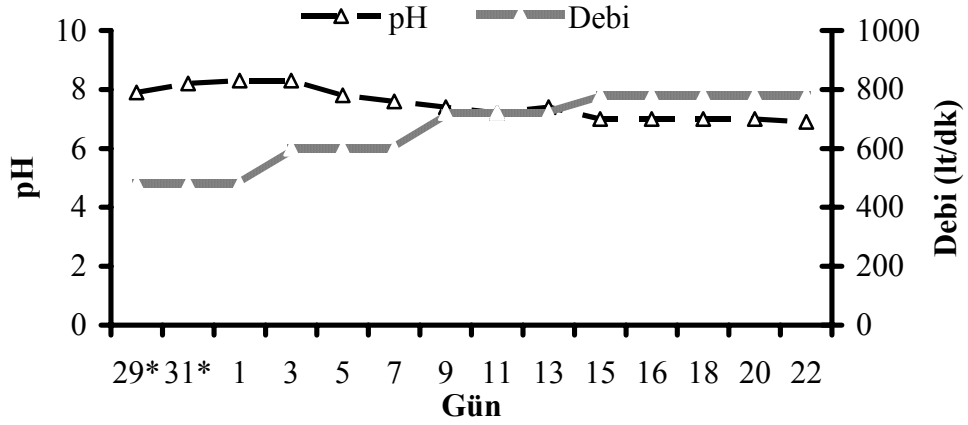
A



B

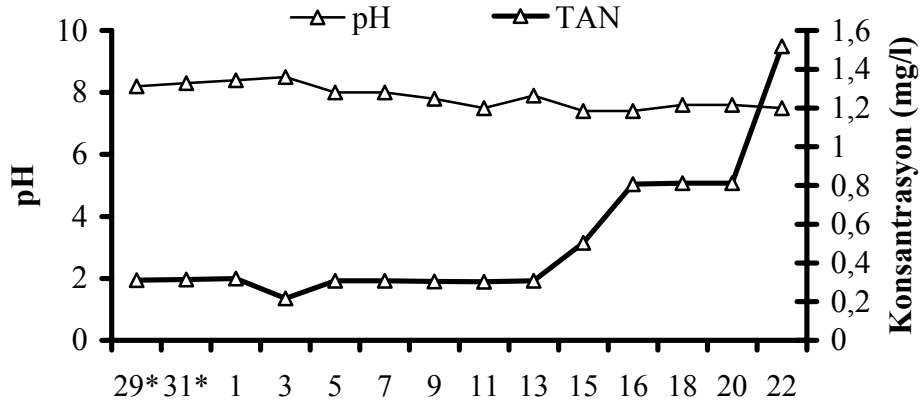


C

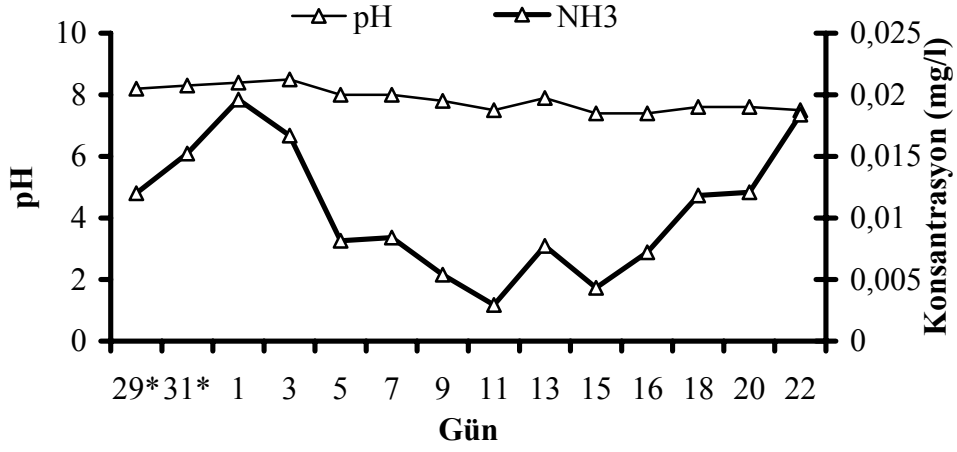


Şekil 12. 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında Havuz Çıkışında (A) O<sub>2</sub>, (B) CO<sub>2</sub> Konsantrasyonları (mg/l) ve (C) pH'ın Debi Miktarına (lt/dk) Bağlı Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>).

A

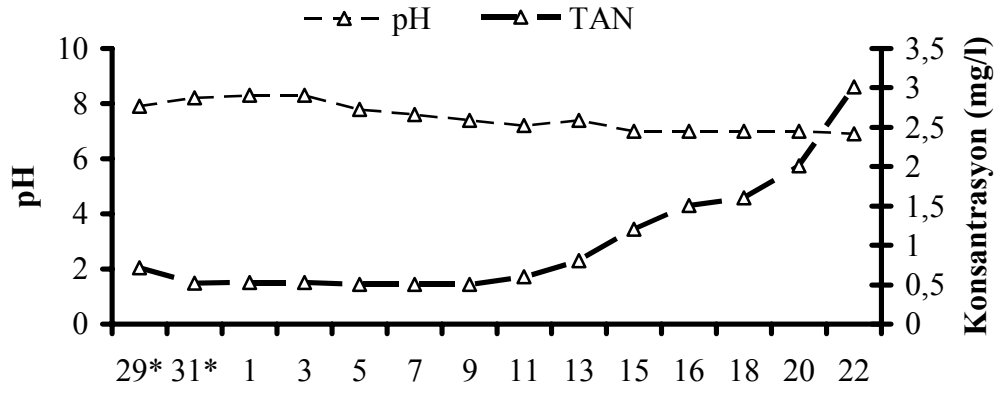


B

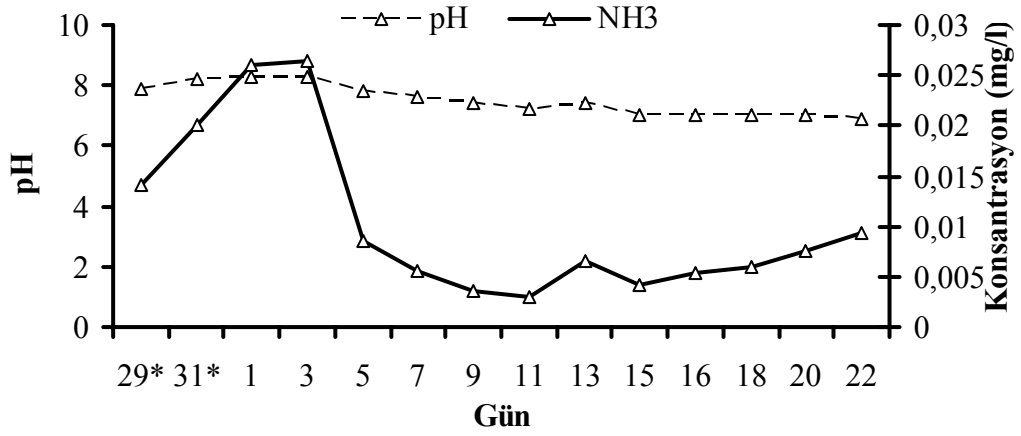


Şekil 13. 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında Havuz Girişinde (A) TAN, (B) NH<sub>3</sub> (Hesaplanmış) Konsantrasyonları (mg/l) ve (C) pH Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>).

A

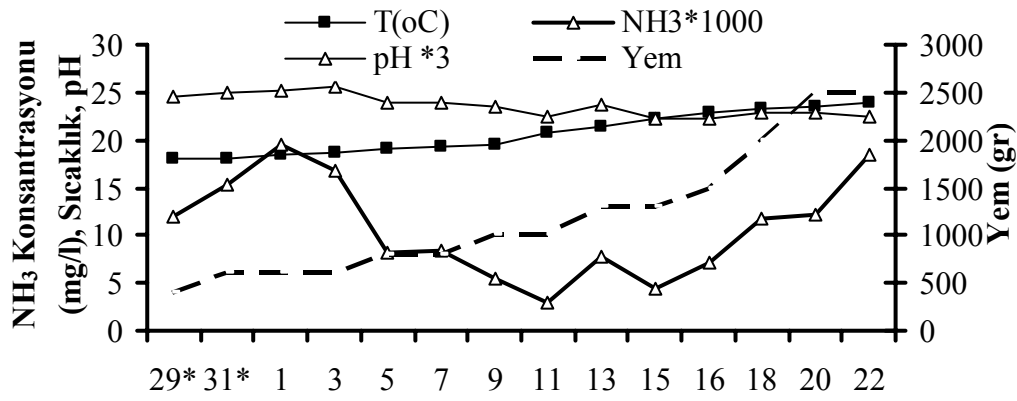


B

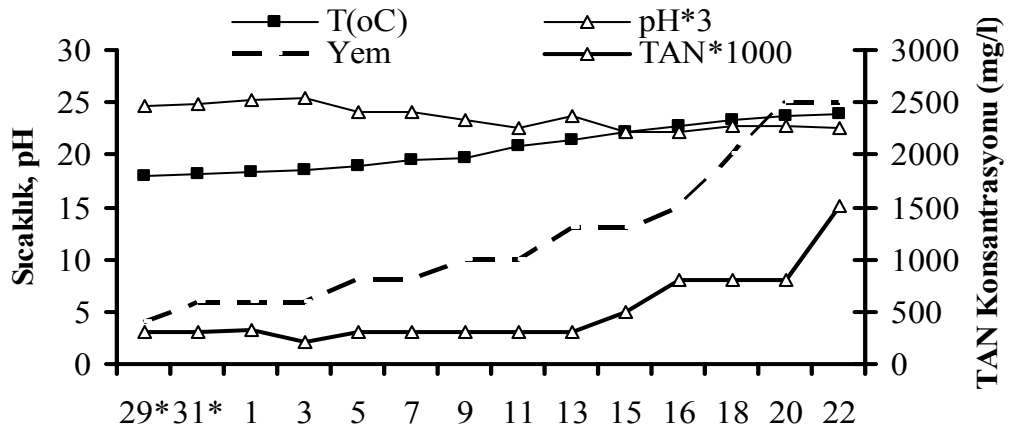


Şekil 14. 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında Havuz Çıkışında (A) TAN, (B) NH<sub>3</sub> (Hesaplanmış) Konsantrasyonları (mg/l) ve (C) pH Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>).

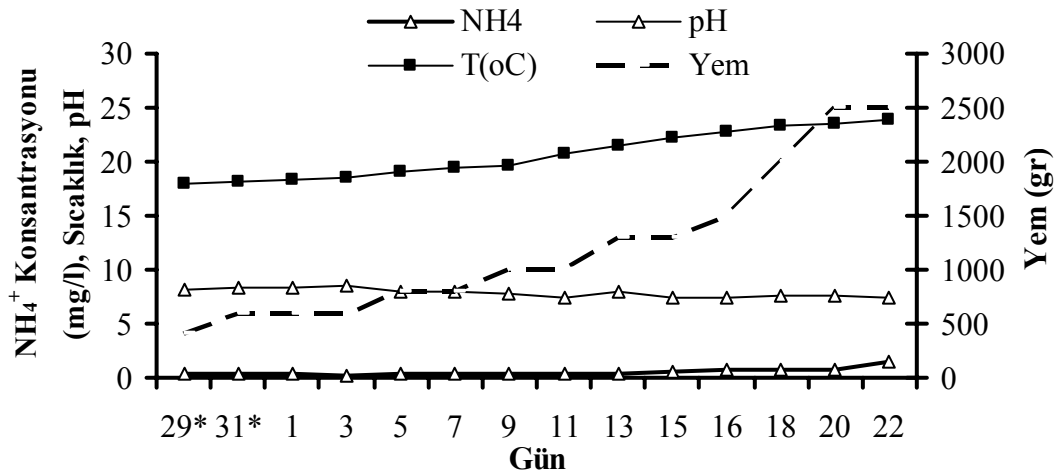
A



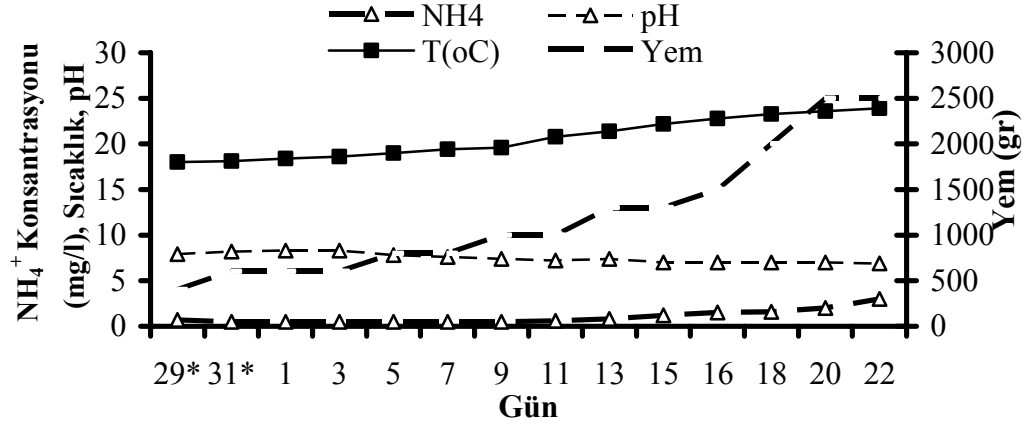
B



C



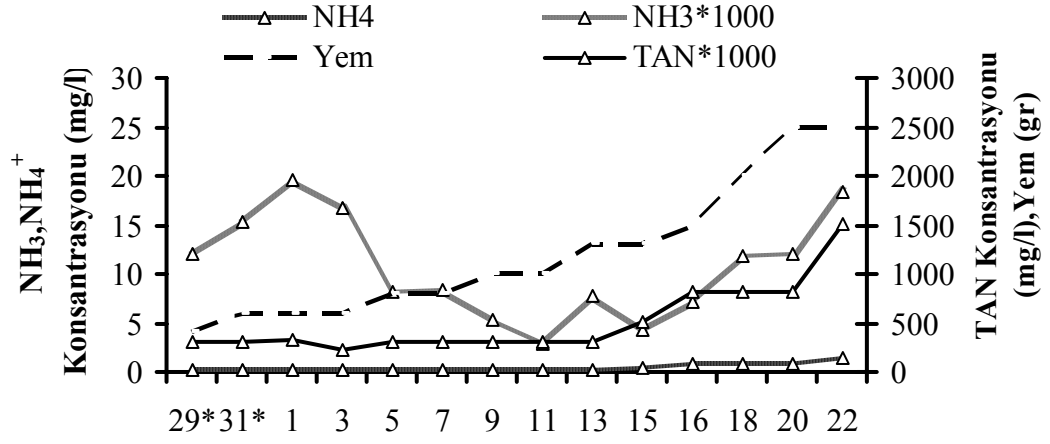
**Şekil 15.** 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında Havuz Girişinde (A)  $\text{NH}_3$  (Hesaplanmış), (B) TAN (C)  $\text{NH}_4^+$  Konsantrasyonları (mg/l) ve Sıcaklık, pH, Yem Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>).



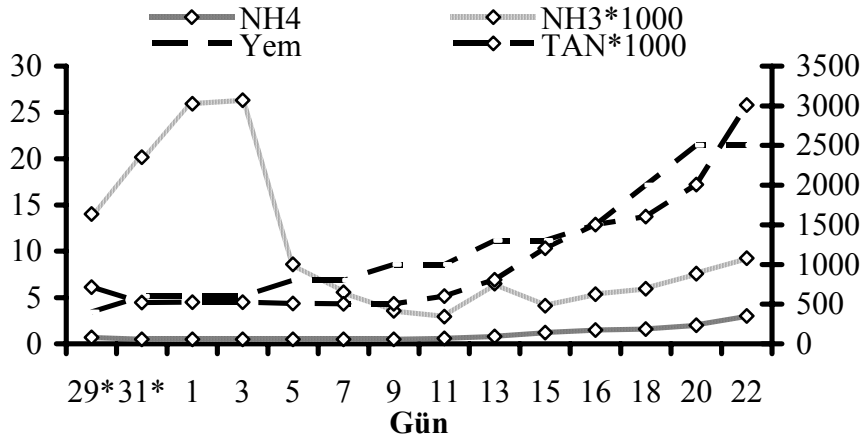
**Şekil 16.** 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında Havuz Çıkışında  $\text{NH}_4^+$  Konsantrasyonu (mg/l) ve Sıcaklık, pH, Yem Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>).



A

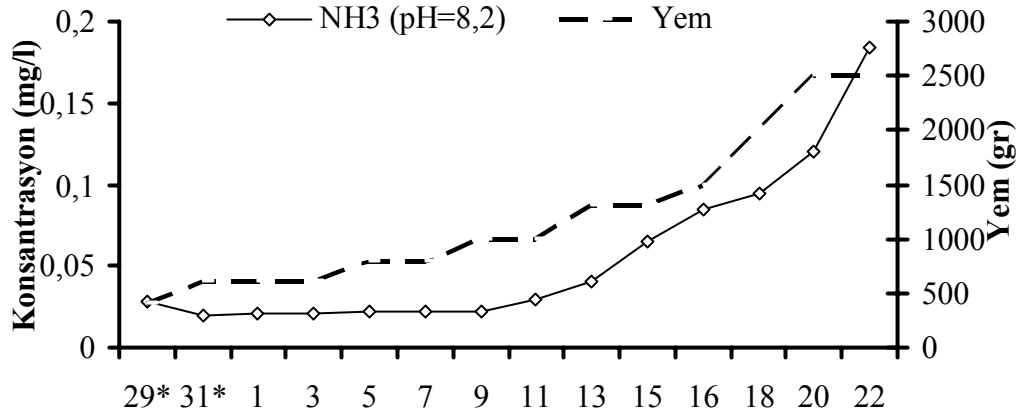


B

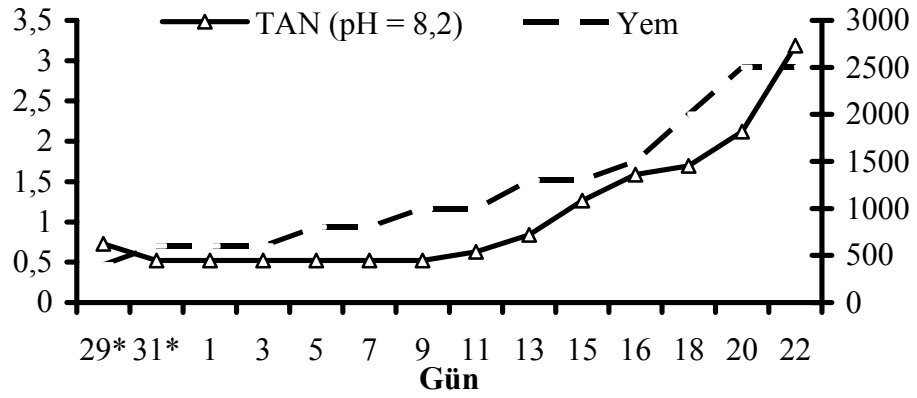


Şekil 17. 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında Havuz Giriş ve Çıkışındaki  $\text{NH}_3$ , TAN (Hesaplanmış) ve  $\text{NH}_4^+$  Konsantrasyonlarının (mg/l) Yem Miktarına (gr) Bağlı Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>).

A

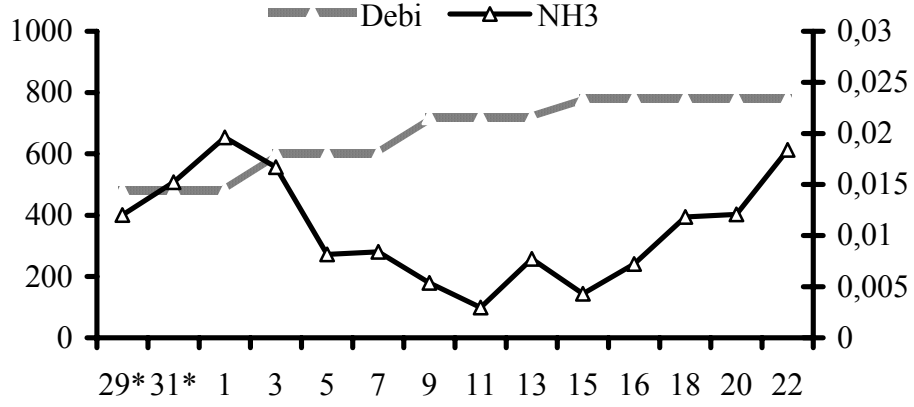


B

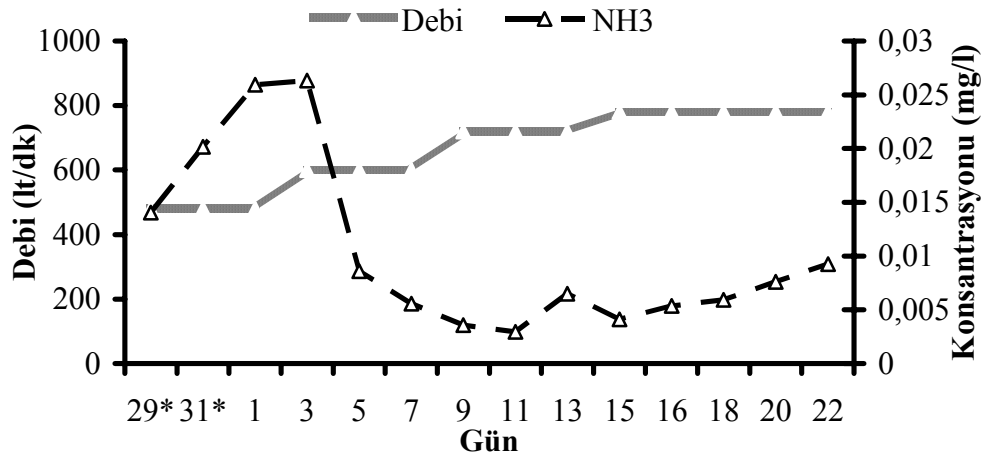


**Şekil 18.** 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında Havuz Çıkışında Ölçülen  $\text{NH}_4^+$  Değerlerinden pH = 8,2 İçin Teorik Olarak Hesaplanmış (A)  $\text{NH}_3$ , (B) TAN Konsantrasyonlarının (mg/l) Yem Miktarına (gr) Bağlı Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>).

A

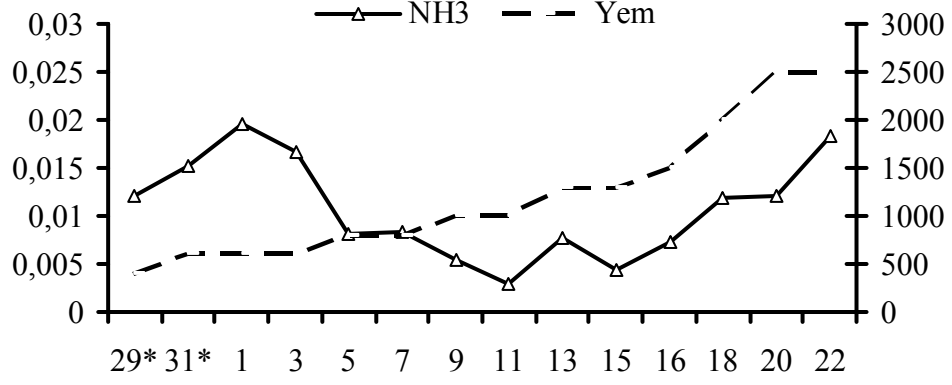


B

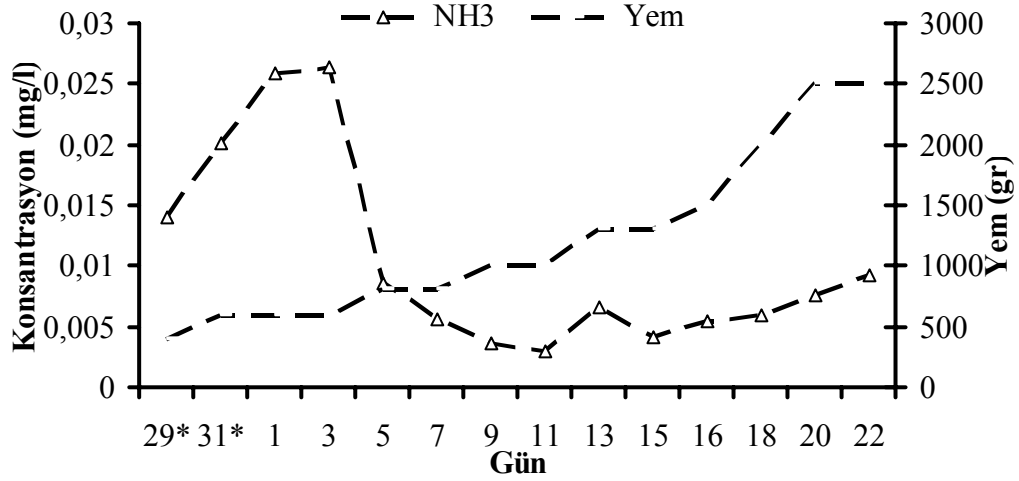


Şekil 19. 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında Havuz (A) Giriş (B) Çıkış NH<sub>3</sub> (Hesaplanmış) Konsantrasyonlarının (mg/l) Debi Miktarına (lt/dk) Bağlı Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>).

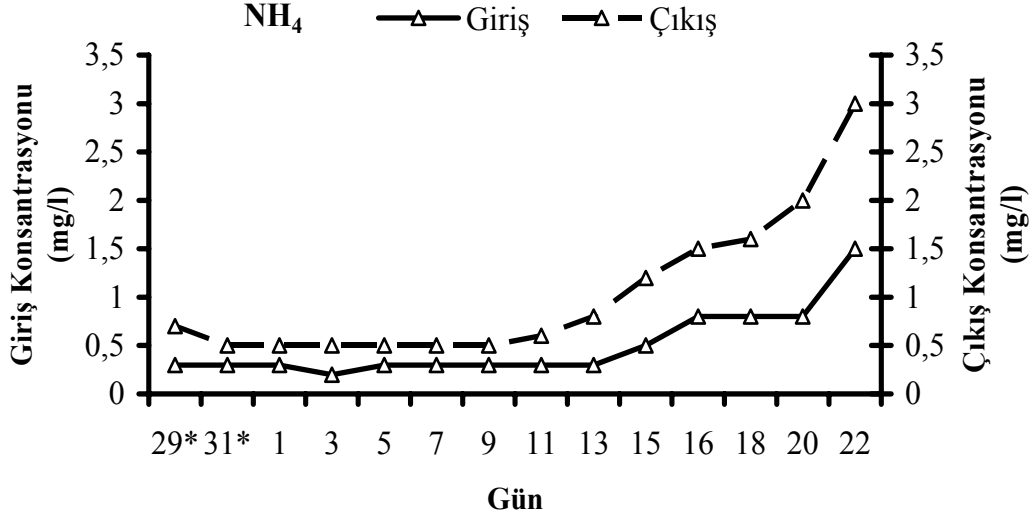
A



B

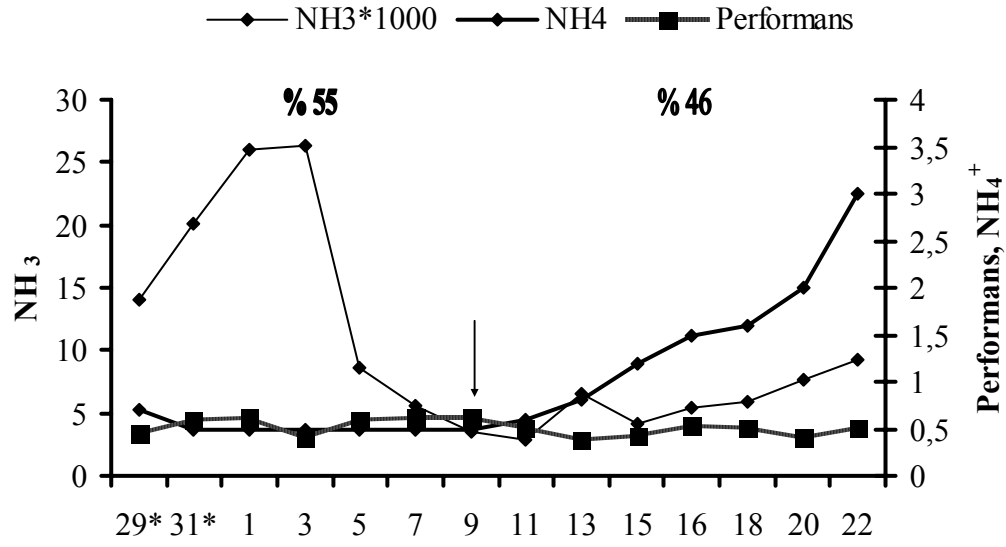


**Şekil 20.** 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında Havuz (A) Giriş (B) Çıkış NH<sub>3</sub> (Hesaplanmış) Konsantrasyonlarının (mg/l) Yem Miktarına (gr) Bağlı Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>).

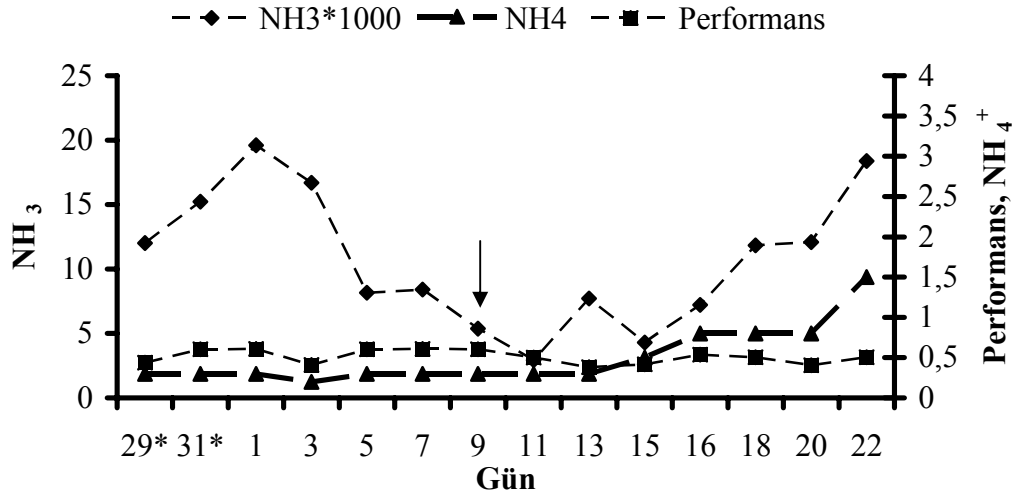


**Şekil 21.** 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında Havuz Giriş ve Çıkışında NH<sub>4</sub><sup>+</sup> Konsantrasyonlarının (mg/l) Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>).

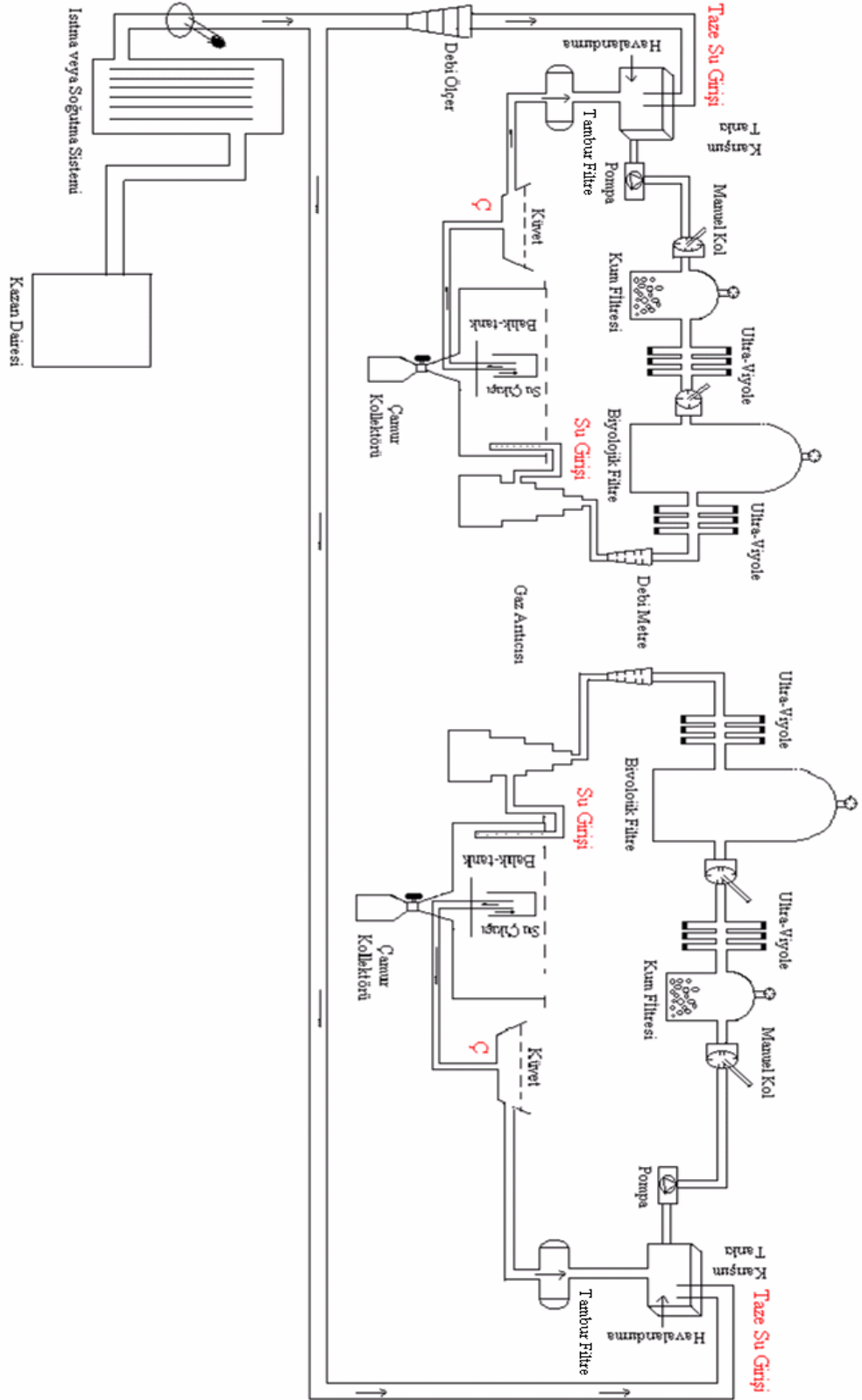
A



B



**Şekil 22.** 29 Mayıs–22 Haziran Tarihleri Arasında (A) Havuz Çıkışı (Biyolojik Filtre Girişi) ve (B) Havuz Girişinde (Biyolojik Filtre Çıkışı) NH<sub>3</sub> (NH<sub>3</sub>\*1000), NH<sub>4</sub><sup>+</sup> Konsantrasyonları (mg/l) ve Biyolojik Filtre Performansı Değişimleri (Saat 17<sup>00</sup>; Oklar verilerin karşılaştırıldığı iki dönemin birbirinden ayrıldığı günü işaret etmektedir).



Şekil 23. Tekrar Kullanımlı Sistem Krokisi

## Özgeçmiş

**Adı Soyadı** : Özgür ŞEN

**Doğum Yeri ve Tarihi** : Gemlik, 12.07.1980

**Yabancı Dil** : İngilizce

**Eğitim Durumu** :

2002-2003 Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi (Lisans)

### Lisans Tezi

İç Sularda Basit Bir Ötrifikasyon Modeli

### Ödüller

2003 Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi  
Birinciliği