

T.C.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



BEŞERİ BASKI ALTINDAKİ AKARSU METABOLİZMASININ
MODELLENMESİ

DOKTORA TEZİ

MİRAÇ ERYİĞİT

BOLU, KASIM - 2017

T.C.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



BEŞERİ BASKI ALTINDAKİ AKARSU METABOLİZMASININ
MODELLENMESİ

DOKTORA TEZİ

MİRAC ERYİĞİT

BOLU, KASIM - 2017

KABUL VE ONAY SAYFASI

Miraç ERYİĞİT tarafından hazırlanan “**BEŞERİ BASKI ALTINDAKİ AKARSU METABOLİZMASININ MODELLENMESİ**” adlı tez çalışması Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 23.11.2017 tarihinde **ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ Fen Bilimleri Enstitüsü** Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Danışman
Doç. Dr. Nusret KARAKAYA
Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Üye
Prof. Dr. Fatih EVRENDİLEK
Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Üye
Doç Dr. Alpaslan EKDAL
İstanbul Teknik Üniversitesi

Üye
Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK
Erciyes Üniversitesi

Üye
Doç. Dr. Sema YURDAKUL
Süleyman Demirel Üniversitesi


İmza


.....

.....

.....


.....


.....

Mezuniyet tarihi:

.../.../20...

Prof.Dr. Duran KARAKAŞ



Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



Aileme,

ETİK BEYAN

Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Miraç ERYİĞİT

ÖZET

BEŞERİ BASKI ALTINDAKİ AKARSU METABOLİZMASININ MODELLENMESİ

DOKTORA TEZİ

MİRAÇ ERYİĞİT

ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. NUSRET KARAYA)

BOLU, KASIM - 2017

Bu çalışma ile Türkiye’de ilk defa diel oksijen tekniği kullanılarak akarsu metabolizma bileşenleri; brüt birincil üretim, net ekosistem üretimi ve komünite solunumu belirlenmiştir. Diel oksijen tekniği olarak Odum (1956) tarafından geliştirilen “İki-istasyon” yöntemi kullanılmıştır. Büyüksu Deresi’ne (Bolu, Türkiye) verilen kentsel atıksu arıtma tesisi deşarjlarının akarsu metabolizmasına olan etkisinin incelenmesi, akarsu metabolizma bileşenleri ile çevresel değişkenler (su sıcaklığı, bulanıklık, elektriksel iletkenlik, pH, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, toplam azot, toplam fosfor, atmosferik basınç, hava sıcaklığı, bağıl nem vb.) arasındaki ilişkilerin irdelenmesi ve istatistiksel olarak modellenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Ağustos 2015-Aralık 2016 tarihleri arasında 17 ay süreyle Bolu Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi deşarj öncesi ve deşarj sonrası noktalarında ve Büyüksu Deresini besleyen Abant ve Mudurnu çaylarının başlangıç noktalarında metabolizma bileşenlerinin belirlenmesi için gerekli olan değişkenler (çözünmüş oksijen ve su sıcaklığı) ölçülmüştür. Doğallık derecesine göre (“Deşarj öncesi”, “Deşarj sonrası”, “Abant Çayı başlangıç noktası”, “Mudurnu Çayı başlangıç noktası”) akarsu metabolizma bileşenlerinin grup ortalamaları, tek yönlü varyans analizi uygulanarak karşılaştırılmıştır. Varyans analiz sonuçları, kentsel atıksu arıtma tesisi deşarjlarının akarsu metabolizmasını etkilediğini göstermiştir. Deşarjların ortalama komünite solunumunu arttırdığı (deşarj öncesi: $-30.6 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$, deşarj sonrası: $-130.9 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$), ortalama brüt birincil üretiminde ise istatistiksel olarak anlamlı derecede bir fark yaratmadığı (deşarj öncesi: $15.6 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$, deşarj sonrası: $9.1 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) sonucuna varılmıştır. Çevresel değişkenler ile net ekosistem metabolizması ve komünite solunumu arasında oluşturulan çoklu doğrusal olmayan regresyon modellerinin validasyon tahmin sonuçları sırasıyla 74.9 % ve 66.6 % olarak bulunmuştur. Ayrıca, STELLA yazılım programı kullanılarak Abant Çayı başlangıç noktası için çözünmüş oksijen ve net ekosistem metabolizması tahmin edebilen süreç temelli bir model geliştirilmiş ve saha ölçüm değerlerine yakın validasyon sonuçları (Çözünmüş oksijen için MAE: $0.096 - 0.809 \text{ mg L}^{-1}$, net metabolizma için MAE: $0.0009 - 0.0054 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ dk}^{-1}$) elde edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Akarsu Metabolizması, Akarsu Sağlığı, Diel Oksijen Tekniği, İki-istasyon Yöntemi.

ABSTRACT

MODELLING OF STREAM METABOLISM UNDER HUMAN-INDUCED DISTURBANCES

PHD THESIS

MİRAC ERYİĞİT

ABANT IZZET BAYSAL UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF
NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. NUSRET KARAYA)

BOLU, NOVEMBER 2017

With this study, components of stream metabolism; gross primary production, net ecosystem production, and community respiration were estimated by using the diel oxygen technique for the first time in Turkey. “Two-station” method developed by Odum (1956), was used as the diel oxygen technique. This study aimed at investigating effects of discharges of the urban wastewater treatment plant on stream metabolism of Büyüksu Stream (Bolu, Turkey), examining and statistically modelling the relationships between components of stream metabolism and environmental variables (water temperature, turbidity, specific conductivity, pH, biochemical oxygen demand, total nitrogen, total phosphorus, atmospheric pressure, air temperature, relative humidity, etc.). Within this scope, required variables (dissolved oxygen and water temperature) were measured in order to estimate metabolism components at the points of before and after discharges of Bolu Urban Wastewater Treatment Plants, and springs (headwaters) of Abant Creek and Mudurnu Creek feeding Büyüksu Stream for 17 months between August 2015 and December 2016. According to naturality gradient (Reach disturbance: “Before discharge”, “After discharge”, “Spring of Abant Creek”, “Spring of Mudurnu Creek”), the group means of stream metabolism components were compared by performing one-way analysis of variance. Results of variance analysis showed that the discharges of the urban wastewater treatment plant influence the stream metabolism; increase the average community respiration (before discharge: $-30.6 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$, after discharge: $-130.9 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$), statistically make no significant difference on the average gross primary production (before discharge: $15.6 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$, after discharge: $9.1 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$). Validations of the multiple non-linear regression models between environmental variables and net ecosystem metabolism, and community respiration gave coefficients of determination of 74.9 % ve 66.6 %, respectively. Moreover, the process model estimating dissolved oxygen and net ecosystem metabolism was improved by using STELLA software for the spring of Abant Creek, and approximate validation results to the field measurement values (MAE for dissolved oxygen: $0.096 - 0.809 \text{ mg L}^{-1}$, MAE for net metabolism: $0.0009 - 0.0054 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ min}^{-1}$) were obtained by the model.

KEYWORDS: Stream Metabolism, Stream Health, Diel Oxygen Technique, Two-station Method.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ÖZET | v |
| ABSTRACT | vi |
| İÇİNDEKİLER | vii |
| ŞEKİL LİSTESİ | ix |
| ÇİZELGE LİSTESİ | xi |
| KISALTIMA VE SEMBOLLER LİSTESİ | xiii |
| TEŞEKKÜR | xvi |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. ÇALIŞMA ALANI | 14 |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM | 17 |
| 3.1 Çevresel Değişkenlerin İzlenmesi..... | 17 |
| 3.2 Akarsu Metabolizma Bileşenlerinin Hesaplanması..... | 23 |
| 3.3 İstatistiksel Analizler..... | 28 |
| 3.4 Süreç Temelli Modelleme..... | 30 |
| 4. BULGULAR | 36 |
| 4.1 Çevresel Değişkenlerin ve Akarsu Metabolizma Bileşenlerinin Karakterizasyonu..... | 36 |
| 4.2 Betimleyici İstatistikler..... | 40 |
| 4.3 Çevresel Değişkenler ile Metabolizma Bileşenleri Arasındaki Doğrusal İlişkiler..... | 43 |
| 4.4 Çoklu Doğrusal Olmayan Regresyon Modelleri..... | 50 |
| 4.5 Akarsu Metabolizma Bileşenlerinin Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması..... | 56 |
| 4.5.1 Tüm Verilere Göre Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması..... | 56 |
| 4.5.2 Mevsimlere Göre Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması..... | 57 |
| 4.5.3 Akarsu Kesitleri İçin Mevsimlere Göre Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması..... | 59 |
| 4.5.4 Debilere göre Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması..... | 62 |
| 4.6 Süreç Temelli Çözünmüş Oksijen ve NEM Modeli..... | 64 |
| 4.6.1 Model Kalibrasyon Sonuçları..... | 64 |
| 4.6.2 Model Validasyon Sonuçları..... | 72 |
| 5. TARTIŞMA VE VARGILAR | 76 |
| 5.1 Metabolizma Bileşenleri ile Çevresel Değişkenler Arasındaki Doğrusal İlişkilerin Değerlendirilmesi..... | 76 |
| 5.2 Çoklu Doğrusal Olmayan Regresyon Modellerinin Değerlendirilmesi..... | 77 |
| 5.3 Tek Yönlü Varyans Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi..... | 78 |
| 5.4 Süreç Temelli Çözünmüş Oksijen Modelinin Değerlendirilmesi..... | 82 |

| | |
|----------------------------------|-----------|
| 6. SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 84 |
| 7. KAYNAKLAR..... | 86 |
| 8. ÖZGEÇMİŞ..... | 92 |



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1.1. Su Kütlesindeki Çözünmüş Oksijenin Akım Şeması (Brown ve Barnwell, 1987). | 2 |
| Şekil 1.2. Tez Kapsamında Yapılan Çalışmaların İş Akış Diyagramı | 13 |
| Şekil 2.1. Büyüksu Deresi Havzası ve Ölçüm Noktaları | 10 |
| Şekil 2.2. Bolu KAAT Arıtılmış Atıksu Deşarjı | 16 |
| Şekil 2.3. Bolu KAAT Arıtılmamış Atıksu Deşarjı (by pass) | 16 |
| Şekil 3.1. Koruma kafesi ve galvanize kazık | 19 |
| Şekil 3.2. ÇO – T _{su} Ölçüm Cihazlarının Akarsu Yatağına Yerleştirilmesi | 20 |
| Şekil 3.3. Akarsu Q – V – D – W Ölçümleri (Abant Çayı Başlangıç) | 20 |
| Şekil 3.4. Akarsu Q – V – D – W Ölçümleri (Mudurnu Çayı Başlangıç) | 21 |
| Şekil 3.5. Akarsu Q – V – D – W Ölçümleri (Deşarj Öncesi, Büyüksu) | 21 |
| Şekil 3.6. Akarsu Q – V – D – W Ölçümleri (Deşarj Sonrası, Büyüksu) | 22 |
| Şekil 3.7. 2 Saatlik Kompozit Numunelerin Alımı (Deşarj Öncesi) | 22 |
| Şekil 3.8. 2 Saatlik Kompozit Numunelerin Alımı (Deşarj Sonrası) | 23 |
| Şekil 3.9. STELLA ÇO Model Yapısı | 31 |
| Şekil 4.1. S _k için Ölçüm Değerleriyle Model Tahmin Değerlerinin Karşılaştırılması (n=172) | 52 |
| Şekil 4.2. NEM için Ölçüm Değerleriyle Model Tahmin Değerlerinin Karşılaştırılması (n=184) | 54 |
| Şekil 4.3. BBÜ için Ölçüm Değerleriyle Model Tahmin Değerlerinin Karşılaştırılması (n=15) | 55 |
| Şekil 4.4. Ocak Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim | 66 |
| Şekil 4.5. Şubat Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim | 66 |
| Şekil 4.6. Mart Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim | 67 |
| Şekil 4.7. Nisan Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim | 67 |
| Şekil 4.8. Mayıs Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim | 68 |
| Şekil 4.9. Haziran Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim | 68 |
| Şekil 4.10. Temmuz Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim | 69 |
| Şekil 4.11. Ağustos Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim | 69 |
| Şekil 4.12. Eylül Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim | 70 |
| Şekil 4.13. Ekim Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim | 70 |
| Şekil 4.14. Kasım Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim | 71 |
| Şekil 4.15. Aralık Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim | 71 |
| Şekil 4.16. Ağustos Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim | 73 |
| Şekil 4.17. Eylül Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim | 73 |
| Şekil 4.18. Ekim Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim | 74 |
| Şekil 4.19. Kasım Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim | 74 |

Şekil 4.20. Aralık Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim
..... 75



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 1.1. Literatürdeki KAAT ile İlgili Yapılan Çalışmalar ile Tez Çalışmasının Karşılaştırılması. | 7 |
| Çizelge 2.1. Ölçüm Noktalarının Koordinatları..... | 14 |
| Çizelge 3.1. Ağustos 2015 – Aralık 2016 arası Abant, Mudurnu, Deşarj Öncesi ve Deşarj Sonrası Akarsu Kesitlerinde Ölçülen Değişkenler | 18 |
| Çizelge 3.2. Ağustos 2015 – Aralık 2016 Arası Saha Ölçümlerinin Gerçekleştirildiği Günler..... | 19 |
| Çizelge 3.3. Akarsu Metabolizması Ölçümlerinde Kullanılan Yöntemler | 24 |
| Çizelge 4.1. Ağustos 2015 – Aralık 2016 Arası Akarsu Kesitlerindeki Metabolizma Bileşenlerinin Aylara Göre Ortalama Değerleri | 36 |
| Çizelge 4.2. Ağustos 2015 – Aralık 2016 Arası Akarsu Kesitlerindeki Çevresel Değişkenlerin Aylara Göre Ortalama Değerleri. | 22 |
| Çizelge 4.3. Ortalama Metabolizma Bileşenleri ve Çevresel Değişkenlerin Aralıkları (Her Bir Bileşen ve Değişken için $n = 17$)..... | 40 |
| Çizelge 4.4. Açıklayıcı Değişkenlerin Betimleyici İstatistikleri | 41 |
| Çizelge 4.5. Yanıt Değişkenlerinin Betimleyici İstatistikleri | 42 |
| Çizelge 4.6. Abant Kesiti için Pearson Korelasyon Matrisi ($n = 306$) | 43 |
| Çizelge 4.7. Mudurnu Kesiti için Pearson Korelasyon Matrisi ($n = 306$) | 45 |
| Çizelge 4.8. Deşarj Öncesi Kesiti için Pearson Korelasyon Matrisi ($n = 1377$)..... | 47 |
| Çizelge 4.9. Deşarj Sonrası Kesiti için Pearson Korelasyon Matrisi ($n = 1377$)..... | 49 |
| Çizelge 4.10. S_k ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) için Regresyon Modeli (Stepwise Giren ve Çıkan için α Katsayısı 0.05, $n= 2384$) | 51 |
| Çizelge 4.11. NEM ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) için Regresyon Modeli (Stepwise Giren ve Çıkan için α Katsayısı 0.05, $n= 2724$)..... | 53 |
| Çizelge 4.12. BBÜ ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05$, $p = 0.034$) | 56 |
| Çizelge 4.13. NEM ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05$, $p = < 0.001$)..... | 56 |
| Çizelge 4.14. S_k ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05$, $p = < 0.001$)..... | 56 |
| Çizelge 4.15. Kış Mevsimi için BBÜ ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05$, $p = 0.133$) | 57 |
| Çizelge 4.16. Kış Mevsimi için NEM ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05$, $p = 0.009$) | 57 |
| Çizelge 4.17. Kış Mevsimi için S_k ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05$, $p = 0.008$) | 57 |
| Çizelge 4.18. İlkbahar Mevsimi için BBÜ ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05$, $p = 0.365$) | 57 |
| Çizelge 4.19. İlkbahar Mevsimi için NEM ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05$, $p = 0.015$) | 58 |
| Çizelge 4.20. İlkbahar Mevsimi için S_k ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05$, $p = 0.002$) | 58 |
| Çizelge 4.21. Yaz Mevsimi için BBÜ ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05$, $p = 0.321$) | 58 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 4.22. Yaz Mevsimi için NEM ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = < 0.001$) | 58 |
| Çizelge 4.23. Yaz Mevsimi için S_k ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = < 0.001$) | 58 |
| Çizelge 4.24. Sonbahar Mevsimi için BBÜ ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.01$) | 59 |
| Çizelge 4.25. Sonbahar Mevsimi için NEM ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = < 0.001$) | 59 |
| Çizelge 4.26. Sonbahar Mevsimi için S_k ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = < 0.001$) | 59 |
| Çizelge 4.27. Abant için Mevsimlere Göre BBÜ ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.001$) | 59 |
| Çizelge 4.28. Abant için Mevsimlere Göre NEM ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.507$) | 60 |
| Çizelge 4.29. Abant için Mevsimlere Göre S_k ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.652$) | 60 |
| Çizelge 4.30. Mudurnu için Mevsimlere Göre BBÜ ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = < 0.001$) | 60 |
| Çizelge 4.31. Mudurnu için Mevsimlere Göre NEM ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.255$) | 60 |
| Çizelge 4.32. Mudurnu için Mevsimlere Göre S_k ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.447$) | 60 |
| Çizelge 4.33. Deşarj Öncesi için Mevsimlere Göre BBÜ ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = < 0.001$) | 61 |
| Çizelge 4.34. Deşarj Öncesi için Mevsimlere Göre NEM ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.528$) | 61 |
| Çizelge 4.35. Deşarj Öncesi için Mevsimlere Göre S_k ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.039$) | 61 |
| Çizelge 4.36. Deşarj Sonrası için Mevsimlere Göre BBÜ ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.063$) | 61 |
| Çizelge 4.37. Deşarj Sonrası için Mevsimlere Göre NEM ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = < 0.001$) | 61 |
| Çizelge 4.38. Deşarj Sonrası için Mevsimlere Göre S_k ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = < 0.001$) | 62 |
| Çizelge 4.39. Yüksek Debilerde BBÜ ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.328$) | 62 |
| Çizelge 4.40. Yüksek Debilerde NEM ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.001$) | 62 |
| Çizelge 4.41. Yüksek Debilerde S_k ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = < 0.001$) | 62 |
| Çizelge 4.42. Düşük Debilerde BBÜ ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.036$) | 63 |
| Çizelge 4.43. Düşük Debilerde NEM ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = < 0.001$) | 63 |
| Çizelge 4.44. Düşük Debilerde S_k ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = < 0.001$) | 63 |
| Çizelge 4.45. Model Kalibrasyon Katsayıları | 64 |
| Çizelge 4.46. Model Kalibrasyon Sonuçları (2016) | 65 |
| Çizelge 4.47. Model Validasyon Sonuçları (2015) | 72 |

KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

| | |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| A | : Alg Biyokütle Konsantrasyonu |
| AD | : Deşarj Sonrası |
| α_3 | : Birim Alg Büyümesi Başına Düşen Oksijen Üretimi |
| α_4 | : Birim Alg Solunumu Başına Düşen Oksijen Tüketimi |
| α_5 | : Nitrifikasyon Oksijen Tüketim Katsayısı ($\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2$) |
| α_6 | : Nitrifikasyon Oksijen Tüketim Katsayısı ($\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_3$) |
| ANOVA | : Varyans Analizi |
| β_1 | : Nitrifikasyon Hız Sabiti ($\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2$) |
| β_2 | : Nitrifikasyon Hız Sabiti ($\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_3$) |
| BBÜ | : Brüt Birincil Üretim |
| BBÜ(t) | : t zamanındaki Brüt Birincil Üretim Akısı |
| BD | : Deşarj Öncesi |
| Blk | : Bulanıklık |
| BN | : Bağlı Nem |
| BOİ₅ | : Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı |
| BP | : Kaynama Noktası |
| C_f | : Dönüştürme Faktörü |
| Chl-a | : Klorofil a |
| CV | : Varyasyon Katsayısı |
| ÇO | : Çözülmüş Oksijen |
| ÇO_{Dort} | : Ortalama ÇO açığı |
| ÇO_{doy} | : Çözülmüş Oksijen Doygunluk Konsantrasyonu |
| ÇO_{düzeltilmiş} | : Düzeltilmiş ÇO Konsantrasyonu |
| ÇO_{mem(t-T_u)} | : t-T _u zamanında Membadaki ÇO Konsantrasyonu |
| ÇO_{man (t)} | : t zamanında Mansaptaki ÇO Konsantrasyonu |
| ÇO_{ölçülen} | : Sahada Ölçülen ÇO Konsantrasyonu |
| D | : Akarsu Derinliği |
| DD | : Desimal Derece |
| DOT | : Diel Oksijen Tekniği |
| DOY | : Yılın i' inci Günü |

| | |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| DW | : Durbin Watson İstatistiği |
| E_e | : Ölçüm Sonrasındaki ÇO Okuma Hatası |
| E_j | : Başlangıçtaki ÇO Okuma Hatası |
| F_r(t) | : t zamanındaki Atmosferik Oksijen Alışveriş Akısı |
| G(NH₄-N) | : NH ₄ -N Besi Maddesi İçin Monod Denklemi |
| G(NO₃-N) | : NO ₃ -N Besi Maddesi İçin Monod Denklemi |
| G(Ortofosfat) | : Ortofosfat Besi Maddesi İçin Monod Denklemi |
| K₁ | : BOİ Reaksiyon Katsayısı |
| K₂ | : Atmosferik Oksijen Alışveriş Katsayısı (20 °C) |
| K₂ (T_{su}) | : T _{su} Sıcaklığındaki Atmosferik Oksijen Alışveriş Katsayısı |
| K₄ | : SOİ Reaksiyon Katsayısı |
| K_N | : Azot Yarı Doygunluk Katsayısı |
| K_P | : Fosfor Yarı Doygunluk Katsayısı |
| KAAT | : Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi |
| L_{BOİ} | : BOİ Konsantrasyonu |
| MAE | : Mutlak Hataların Ortalaması |
| MgCO₃.H₂O | : Su içerikli Magnezyum Karbonat |
| μ | : Alg Büyüme-Çoğalma Hızı (maksimum) |
| n | : Değişkenlerin Veri (örnek) Sayısı |
| n_d | : Gündüz Saatlerindeki Ölçüm Aralıklarının Toplam Sayısı |
| N_j | : Okunan ÇO Seri Numarası, 0., 1., 2., 3. v.b. |
| N_{toplam} | : Ölçüm Boyunca Toplam Okunan ÇO Sayısı |
| NEÜ | : Net Ekosistem Üretimi |
| NEM | : Net Ekosistem Metabolizması |
| NEM(t) | : t zamanındaki Net Ekosistem Metabolizma Akısı |
| NG | : Doğallık Derecesi |
| N_i | : Gündüz Ölçüm Aralıklarının Seri Numarası |
| NH₄-N | : Amonyum Azotu |
| NO₃-N | : Nitrat Azotu |
| Orto-PO₄-P | : Orto Fosfat Fosforu (Reaktif Fosfor) |
| P_{atm} | : Atmosfer Basıncı |
| Q | : Su Debisi |
| ρ | : Alg Solunum Hızı |

| | |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| S_e | : Ekosistem Solunumu |
| S_g(t) | : t zamanındaki Gündüz Komünite Solunumu |
| S_k | : Komünite Solunumu |
| S_k(t) | : t zamanındaki Komünite Solunum Akısı |
| S_{ktahmin} | : S _k Model Tahmin Değeri |
| S_{kölçüm} | : S _k Ölçüm Değeri |
| S_{N1} | : Birinci Gece Periyodundaki Net Metabolizma Akısının Toplamı |
| S_{N2} | : İkinci Gece Periyodundaki Net Metabolizma Akısının Toplamı |
| S_{önce} | : Günün aydınlanmasından hemen önceki 1 saatlik periyot boyunca hesaplanan Net Metabolizma Akılarının Ortalaması |
| S_{sonra} | : Günün kararmasından hemen sonraki 1 saatlik periyot boyunca hesaplanan Net Metabolizma Akılarının Ortalaması |
| SC | : Elektriksel İletkenlik |
| SD | : Standart Sapma |
| SE | : Standart Hata Katsayısı |
| SOİ | : Sediment Oksijen İhtiyacı |
| T_g | : Gündüz Periyodunun Süresi |
| T_{hava} | : Hava Sıcaklığı |
| T_{N1} | : Birinci Gece Periyodunun Süresi |
| T_{N2} | : İkinci Gece Periyodunun Süresi |
| T_{su} | : Su Sıcaklığı |
| T_u | : Su Kütlesinin Memba Ve Mansap Arasındaki Ulaşım Süresi |
| TN | : Toplam Azot |
| TP | : Toplam Fosfor |
| V | : Su Hızı |
| VIF | : Varyans Büyütme Faktörü |
| W | : Akarsu Genişliği |

TEŞEKKÜR

Doktora ve tez çalıŐması sűresince bilimsel katkıları ve maddi manevi desteęinden dolayı tez danıŐmanım Doç. Dr. Nusret KARAKAYA'ya, istatistik ve modelleme konularında bilgi ve deneyimlerinden faydalandıęım Prof. Dr. Fatih EVRENDİLEK'e, Tez İzleme Komitesi űyelerinden Prof. Dr. Okan KŪLKÖYLŪOęLU'na, Tez jűri űyeleri Doç. Dr. Alpaslan EKDAL'a, Doç. Dr. Filiz DADAŐER ÇELİK'e ve Doç. Dr. Sema YURDAKUL'a, çalıŐma arkadaşlarım Musa BŪYŪKADA'ya, Fatma ŐZDEMİR'e, Gűnce ŐAHİN'e, Elif ŐZLŪ'ye, Mehmet Fatih KAHRAMAN'a, Habibullah BİLGE'ye, dięer çalıŐma arkadaşlarıma ve aileme teŐekkűrlerimi sunarım.

Arazi çalıŐmalarında yardımcı olan AİBŪ evre Műhendislięi Bűlűmű lisans űęrencilerinden Haluk FİDAN, Eray ŐZALP ve Ersin ABANUZ'a ve Bolu Belediyesi Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi personeline teŐekkűrlerimi sunarım.

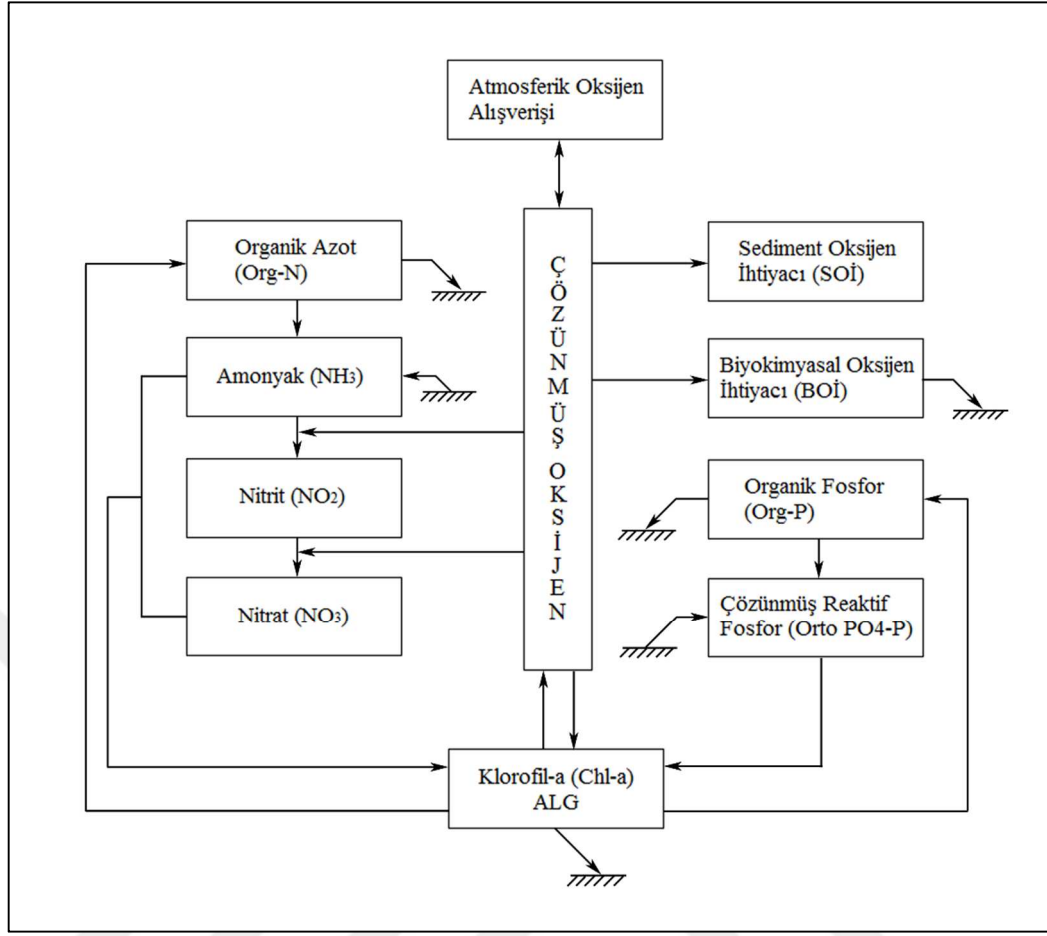
Ayrıca, BAP – 2015.09.02.851 no'lu proje kapsamında bu tez çalıŐmasını destekleyen Abant İzzet Baysal Őniversitesi Bilimsel AraŐtırma Projeleri Birimi'ne teŐekkűrlerimi sunarım.

1. GİRİŞ

Akarsu metabolizması; besin ve organik madde döngüsünün temel indikatörlerinden biri olarak akarsuyun yapısını ve işlevsel özelliğini yansıtmaktadır (Izagirre v.d., 2008; Williamson v.d., 2008). Akarsu metabolizması, akarsuyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik (hidroloji, jeomorfoloji, iklim, su kimyası, su içi ve su kenarı vejetasyonu v.b.) karakteristiklerine bağlı olarak ekolojik yönden akarsuların sağlık durumunu gösteren indikatörlerden biri olarak kabul edilmektedir (Mulholland v.d., 2005). Brüt Birincil Üretim (BBÜ), Net Ekosistem Üretimi (NEÜ) ve Komünite Solunumu (S_k), akarsu ve göl metabolizmalarını oluşturan ana bileşenlerdir. Birincil üretim, inorganik karbonun fotosentetik organizmalar vasıtasıyla organik maddeye (biyokütle) dönüşüm hızı olarak tanımlanır ve dolayısıyla güneş enerjisinin indirgenmiş kimyasal enerjiye dönüşümünü temsil eder (Bott, 2006).

Akarsularda, göllerde ve lagünlerde metabolizma bileşenlerinin belirlenebilmesi için Diel Oksijen Tekniği (DOT) son yıllarda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. DOT, bir su kütesindeki fotosentetik oksijen üretimi, solunum ve atmosferik oksijen alışverişi sonucu çözülmüş oksijen konsantrasyonundaki değişimin günlük olarak ölçülmesi esasına dayanır (Seely, 1969; Wang v.d., 2003; Vallino v.d., 2005; Staehr ve Sand-Jensen, 2007; Van de Bogert v.d., 2007; Ciavatta v.d., 2008; Hanson v.d., 2008; Staehr v.d., 2010; Karakaya v.d., 2011).

Literatürde; “Tek-istasyon”, “İki-istasyon”, “Kapalı-hazne” ve “Açık-hazne” v.b. olmak üzere DOT’un çeşitli uygulama şekilleri akarsu metabolizması tahminlerinde kullanılmaktadır. Bu konuyla ilgili geniş literatür özeti aşağıda verilmiştir. Su kütesindeki çözülmüş oksijenin (ÇO) akım şeması Şekil 1.1’de gösterilmiştir. Şekil 1.1’de yer altı suyu girişleri gözardı edilmiştir. Buna karşın, McCutchan v.d. (2002) ve Hall ve Tank (2005)’ın önerdiği gibi yeraltısu akışının ÇO kütle denge denkleminde hesaba katılması gerekmektedir.



Şekil 1.1. Su Kütlesindeki Çözünmüş Oksijenin Akım Şeması (Brown ve Barnwell, 1987).

Ganning ve Wulff (1970) Baltık kayalıklarında yer alan doğal tuzlu su havuzlarında DOT kullanarak komünite metabolizmalarını belirlemişlerdir (BBÜ: 2.7 – 21.8 gr O₂ m⁻² gün⁻¹, S_k: -2.7 – -18.2 gr O₂ m⁻² gün⁻¹). Yoğun organik ve besi maddesi yüklerine rağmen tüm havuzlarda fotosentezin solunumu aştığı ve yıl boyunca bu ototrofik şartların devam ettiği sonucuna varmışlardır.

Grimm ve Fisher (1984) Amerika Arizona eyaletindeki Sonoran Çölü'nde bulunan Sycamore Deresi'nin akarsu metabolizmasını hazne ve istasyon yöntemlerini kullanarak belirlemeye çalışmışlardır. Ağustos ayındaki ölçümlerde ortalama ekosistem solunumun (S_e) (-440 mg O₂ m⁻² saat⁻¹) yüzey sedimentindeki (-155 mg O₂ m⁻² saat⁻¹) ve hiporeik bölgedeki (-170 mg O₂ m⁻² saat⁻¹) S_k miktarlarını aştığını belirlemişlerdir. Yüksek BBÜ hızları (600-1200 mg O₂ m⁻² saat⁻¹) ölçülmesine rağmen yaz boyunca çöl akarsularının heterotrofik (BBÜ < S_k) olabildiği sonucuna varmışlardır.

Marzolf v.d. (1994) İki-istasyon yöntemini kullanarak “birinci dereceden” akarsuların metabolizmasını belirlemiştir. İlkbahar döneminde İki-istasyon yönteminin yanı sıra hazne tekniği ölçümleri de gerçekleştirerek her iki yöntemin sonuçlarını karşılaştırmışlardır. 1) Akarsuyun orman alanlarının gölgelemediği kısımlarında BBÜ'nün ilkbahar boyunca yaz ve bahar dönemlerine göre daha yüksek olduğunu, 2) S_k 'nin her tarihte BBÜ'yü aştığını, 3) S_k 'nin yaz sezonu boyunca en yüksek değerlere ulaştığını tespit etmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar İki-istasyon yönteminin toplam akarsu metabolizmasını belirleyebildiğini göstermiştir.

Young ve Huryn (1998) arazi kullanımının akarsu metabolizması ve organik madde dönüşümü üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Yeni Zelanda'daki Tairei Nehri'nin kollarından olan ve doğal orman, çam fidanlığı, mera-otlak alanları ile kaplı havzalara boşalan 5 ayrı akarsuyun mevsimsel olarak ekosistem metabolizmalarını ve organik madde taşınımını ölçmüşlerdir. Akarsu metabolizmalarını Tek-istasyon ve İki-istasyon yöntemleriyle belirleyerek sonuçları karşılaştırmışlardır. Doğal orman alanlarının oluşturduğu gölgelenme, mera alanlarının neden olduğu su bulanıklığı ve çayır alanlarındaki vadilerin BBÜ'yü sınırladıkları, bununla beraber nehir kıyı bölgelerinden gelen organik maddelerden dolayı doğal orman alanlarında yüksek S_e 'nin meydana geldiği sonucuna varmışlardır. Havza arazi kullanımındaki ve nehir kıyısına ait bitki örtüsündeki değişimlerin akarsulardaki organik madde üretimini, solunumu ve taşınımı etkileyen temel faktörleri (ışık elverişliliği ve organik madde temini) etkilediğini tespit etmişlerdir.

Kaenel v.d. (2000) akarsulardaki çabuk üreyen su bitkilerinin (makrofit v.b.) yüksek birincil üretim ve solunumlarından dolayı günlük çözülmüş oksijen konsantrasyonlarında çok büyük değişimlere neden olduğuna (istenmeyen bir durum) dikkat çekmişlerdir. Bu durumun engellenmesi için su koruma alanlarında periyodik olarak bitki kesimi yapılmaktadır. Bu kapsamda, bitki kesiminin akarsu metabolizması ve oksijen dengesi üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Chriesbach ve Mühlibach çaylarında (İsviçre) bitki kesimi öncesi ve sonrası çözülmüş oksijen konsantrasyonlarını izleyerek BBÜ ve S_e 'yi belirlemiştir. Chriesbach Çayı'nda bahar döneminde yapılan bitki kesiminden sonra BBÜ ve S_e 'de önemli bir değişikliğin olmadığını, Mühlibach Çayı'nda ise yaz döneminde yapılan bitki kesimi sonrası her iki bileşenin de 70% civarında azaldığını tespit etmişlerdir.

Fellows v.d. (2001) Rio Calaveras ve Gallina derelerinde (New Mexico) iki-istasyon ve hazne yöntemlerini kullanarak metabolizma bileşenlerini belirlemiş ve akarsu tabanında yaşayan canlıların (hiporeik bölge) S_e 'ye katkısı olup olmadığını araştırmışlardır. Çalışma sonunda bu bölgede yaşayan canlıların S_e 'ye önemli derecede (%40 – %93) katkısı olduğunu bulmuşlardır.

Mulholland v.d. (2001) geniş bir coğrafi alan üzerinde akarsu metabolizma bileşenlerini etkileyen faktörlerin belirlenmesi için Kuzey Amerika'daki farklı habitatlardan geçen 8 ayrı akarsuyun ekosistem metabolizmasını incelemişlerdir. İki-istasyon yöntemini kullanarak akarsu metabolizma bileşenlerini belirlemişlerdir. Geniş coğrafi alanlara yayılmış akarsularda metabolizma bileşenlerini etkileyen faktörlerin başında “ışık”, “fosfor konsantrasyonu” ve “kanal hidroliği” nin geldiğini tespit etmişlerdir.

Uzarski v.d. (2001) akarsulardaki hiporeik ve yüzey metabolizmasını ölçmek için yeni bir hazne yöntemi (açık uçlu hazne yöntemi) geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri yöntemi Augusta Deresi'nde (Michigan) deneyerek elde ettikleri sonuçları literatürdeki diğer tekniklerle (Bott v.d., 1978; Marzolf v.d., 1994) karşılaştırmışlardır. Tasarladıkları hazne, hem istasyon hem de kapalı hazne yöntemlerinin olumlu etkilerini bünyesinde taşımaktadır. Bu yöntem ile atmosferik oksijen alışveriş katsayısına (K_2) olan ihtiyaç ortadan kalkmıştır. Açık sistem olduğundan dolayı çevresel koşullar daha iyi temsil edilerek daha gerçekçi tahminler elde edilmiştir.

Hall ve Tank (2003) Grand Teton Ulusal Parkı'ndaki (Wyoming, Amerika) 11 ayrı akarsuyun metabolizma bileşenlerini ($BB\ddot{U}$, S_k) belirlemişlerdir. Bu akarsulardaki amonyum ve nitrat alım hızlarını ölçerek metabolizma bileşenleriyle olan ilişkilerini incelemişlerdir. Çoklu regresyon analizleri uygulayarak amonyum alım hızındaki değişimin %82'si $BB\ddot{U}$ ve S_k tarafından, nitrat alım hızındaki değişimin %75'ini ise sadece $BB\ddot{U}$ tarafından açıklanabildiğini göstermişlerdir.

Hall ve Tank (2005) yer altı sularının akarsu metabolizmasına olan etkisine dikkat çekerek yer altı suyu girişlerinin S_k 'yi arttırabileceğini, $BB\ddot{U}$ 'ü ise azaltabileceğini öne sürmüşlerdir. Metabolizma hesaplamalarında yer altı suyu girişlerinin de dikkate alınması için yeni bir denklem geliştirmişlerdir. Bu denklem ile

yer altı suyu girişlerinin hesaba katılması ve katılmaması sonucu metabolizma değerleri arasındaki farkı göstererek yer altı sularının etkisini kanıtlamışlardır.

Houser v.d. (2005) havza içinde insan faaliyetleri sonucu toprak ve bitki örtüsündeki değişimlerin (tahribat) akarsu metabolizması üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla, Fort Benning Askeri Üssü'ndeki (Georgia, Amerika) askeri eğitimlerden kaynaklı mekânsal değişimlerin BBÜ ve S_k 'ya etkisini incelemiştir. Havza içerisinde yer alan akarsuların her sezonda heterotrofik olduğunu, S_k 'nın kış ve ilkbahar mevsimlerinde en yüksek, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise en düşük olduğunu bulmuşlardır. BBÜ'nün ise tüm akarsularda düşük olduğu ve genel olarak havzadaki askeri faaliyetlerin yol açtığı tahribatlarla önemli derecede ilişkisinin bulunmadığı sonucuna varmışlardır.

Mulholland v.d. (2005) Fort Benning Askeri Üssü (Georgia, Amerika) sınırları içinde yer alan havzalardaki akarsuların metabolizmalarını incelemiştir. Tek-istasyon yöntemini kullanarak her bir akarsu için birim yüzey alanı başına düşen toplam S_e ve BBÜ'yü belirlemiştir. Buldukları sonuçlar, üsse ait havza içindeki faaliyetlerin (askeri eğitim, su yapıları, yerleşim, yollar, erozyon v.b.) akarsu metabolizmasını etkilediğini göstermiştir.

Roberts v.d. (2007) sık ormanlarla kaplı Walker Branch Çayı'nın (Tennessee, Amerika) akarsu metabolizmasını iki yıl boyunca ölçerek metabolizma bileşenlerindeki zamansal değişimleri ve nedenlerini incelemiştir. Değişimleri 4 farklı zaman ölçeğinde (mevsimsel, günlük, yağışa bağlı, yıllık) ele almışlardır. Orman alanlarının oluşturduğu gölgelenmeden dolayı (ışık yetersizliği) metabolizmanın yıl boyunca heterotrofik olduğunu (Yıllık BBÜ: $488 - 519 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$, yıllık S_e : $-1645 - -1292 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$) tespit etmişlerdir.

Izagirre v.d. (2008) İspanya'daki Bask Bölgesi'nde bulunan akarsularda akış, sıcaklık ve oksijen konsantrasyonlarını izlemiştir. Akarsu metabolizmasının belirlenmesinde Tek istasyon yöntemini kullanmışlardır. Ortalama BBÜ'nün ($2.7 - 11 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) ötrofik alanlarda, S_e 'nin ($-6.3 - -42.6 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) ise kirliliğin fazla olduğu alanlarda en yüksek olduğu sonucuna varmışlardır. Bunun yanı sıra, yaz

boyunca BBÜ'yü sınırlayan ana faktörün bulanıklık olduğunu ve havza faaliyetlerinin de BBÜ'yü etkilediğini belirlemişlerdir.

Gücker v.d. (2009) Tropik Cerrado Bozkırı'nın (Güney Amerika) mera ve tarlalara dönüşümü şeklinde hızla değişen bir arazi kullanımına maruz kaldığı ve bu gelişmenin sucül ekosistem açısından sonuçlarının kestirilemez olduğuna dikkat çekerek Cerrado'daki tarımsal faaliyetlerin akarsuları kimyasal, fiziksel ve biyolojik yönden nasıl etkilediğini araştırmışlardır. BBÜ ve S_k 'nin belirlenmesinde İki istasyon yöntemini kullanmışlardır. Tarım alanlarından kaynaklanan yüksek konsantrasyondaki besi maddeleri (nütrient) nedeniyle BBÜ'nün arttığını tespit etmişlerdir.

Reichert v.d. (2009) akarsulardaki mekânsal heterojenliğin (akarsu boyunca meydana gelen değişimler: su hızı, atmosferik oksijen alışverişi, gölgelenme v.b.) net ekosistem üretimine olan etkisi üzerine çalışmışlardır. Net üretimi tahmin eden yeni bir model geliştirmişlerdir. Heterojenliğin metabolizma üzerindeki etkisini görmek ve modelin validasyonunu sağlamak için Luteran Nehri'ni (İsviçre) 4 ayrı homojen kesite (reach) bölerek her bir kesitte net ekosistem üretimini belirlemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar ile modelin uygulanabilir olduğunu göstermişlerdir.

Bernot v.d. (2010) arazi kullanımının akarsu metabolizması üzerindeki etkisi ve bölgeler arası ekosistem metabolizmasındaki değişkenliğe nasıl etken olduğunu araştırmışlardır. Bu kapsamda, Birleşmiş Milletler ve Puerto Rico arasındaki 8 ayrı bölgede (her bir bölgede 9 akarsu) akarsu metabolizması tahminlerinde bulunmuşlardır. Akarsuları "Tarımsal olarak etkilenen", "kentsel olarak etkilenen" ve "referans" olmak üzere üç ayrı kategoride ele almışlardır. Akarsulardaki günlük çözünmüş oksijen değişimlerinden yararlanarak akarsu metabolizmalarını belirlemişlerdir.

Sonuçlar; nehir kıyısında yetişen bitki örtüsünün bulunduğu bölgelerde BBÜ'nün en yüksek, ormanlık bölgelerde ise en düşük olduğunu, S_e ise hem bölgeler içinde hem de bölgeler arasında değiştiğini göstermiştir. Referans olarak alınan akarsuların kentsel ve tarımsal olarak etkilenen akarsulara göre çok daha düşük BBÜ hızlarına sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Verilerin arazi kullanımına göre kategorik

olarak ayrılması sayesinde, kentsel ve tarımsal arazi kullanımını etkilerinin akarsu metabolizmasındaki bölgesel farklılıkları perdelediği, dolayısıyla da metabolizma oranlarındaki bölgelerarası değişkenliğin az görünmesine yol açtığı tespit edilmiştir.

Hart (2013) farklı arazi kullanım tiplerinin (orman, tarım v.b.) akarsu metabolizması üzerine etkilerini araştırmak için 2010 – 2011 yılları arasında Kuzey Karolina' nın güneybatısında bulunan Küçük Tennessee Nehri' nin 9 farklı alt havzasında ÇO ve sıcaklık ölçümleri gerçekleştirmiştir. Metabolizma bileşenlerinin belirlenmesinde Tek istasyon yöntemini kullanmıştır. Akarsulardaki BBÜ'nün genel olarak kış sonunda ve ilkbahar başlangıcında pik yaptığını, sonbaharda ise düşük olduğunu bulmuştur. Bitki örtüsünün gölgelediği alanlara bağlı olarak BBÜ'nün en çok ışık elverişliliğinden etkilendiği sonucuna varmıştır. S_k 'nin genel olarak yazın pik yaptığını, kışın ise en düşük seviyelerde olduğunu bulmuştur. Nehir kıyılarındaki tarım alanlarına bağlı olarak S_k 'nin en çok tarımsal faaliyetlerden etkilendiği sonucuna varmıştır.

Hondzo v.d. (2013) jeomorfik ve hidrolik koşullara bağlı olarak akarsu kanalı boyunca ÇO ve metabolizma bileşenlerinin mekânsal ve zamansal değişkenliğini belirleyebilmek için Minnehaha Deresi'nde (Minnesota) günlük ÇO ve sıcaklık ölçümleri gerçekleştirmişlerdir. Metabolizma bileşenlerinin hesaplanmasında tek-istasyon ve iki-istasyon yöntemlerini kullanmışlardır. Her iki yöntemle göre NEÜ hızlarında benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Akarsu boyunca ÇO'daki mekânsal değişimin ortalama 10 m civarında olduğu sonucuna varmışlardır.

Riley ve Dodds (2013) Kansas'da bulunan Kings Deresi'nin akarsu metabolizmasını incelemişlerdir. Akarsudaki zamana bağlı çözünmüş oksijen değişimlerini izleyerek S_e ve BBÜ hızlarını belirlemişlerdir. Metabolizma bileşenlerinin belirlenmesinde İki-istasyon yöntemini kullanmışlardır. İki-istasyon yönteminde önemli derecedeki oksijen değişimlerinin tespit edilebilmesi için gerekli olan minimum ölçüm mesafesinin yaklaşık 20 m olduğunu bulmuşlardır.

Yates v.d. (2013) Kızıl Nehir vadisindeki (Manitoba, Kanada) tarım, hayvancılık, atıksu arıtma tesisi v.b. kırsal insan faaliyetlerinden etkilenen akarsuların metabolizma bileşenlerini tek-istasyon yöntemini kullanarak belirlemişlerdir. (BBÜ:

1.35–11.38 gr O₂ m⁻² gün⁻¹, S_e: -2.59–-14.94 gr O₂ m⁻² gün⁻¹). Tarımsal faaliyetlerin ve atıksu arıtma tesislerinin BBÜ'yü arttırdığı, hayvancılığın ise azalttığı sonucuna varmışlardır.

Kaushal v.d. (2014) Gwynns Şelalesi havzasındaki akarsularda (Baltimore, Amerika) BBÜ ve S_e'yi belirlemişlerdir. Kış aylarında ağaçların oluşturduğu gölgelenmenin az olması ve dolayısıyla ışık elverişliliğinin fazla olması nedeniyle BBÜ'nün arttığını tespit etmişlerdir. Tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) kullanarak havza içerisinde yer alan orman ve kentsel alanlardaki BBÜ ve S_e'leri karşılaştırmışlardır. Orman alanlarında BBÜ'nün en düşük, kentsel alanlarda ise en yüksek olduğunu bulmuşlardır. Siteler arası S_e'de istatistiksel olarak önemli bir farkın olmadığı sonucuna varmışlardır.

Roley v.d. (2014) tarım alanlarındaki taşkın yataklarına yapılan restorasyonların (akarsu yataklarının kanala dönüştürülmesi) akarsu metabolizmasına olan etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla, Kuzey Amerika tarım bölgelerindeki akarsu yataklarında restorasyon öncesi ve sonrası akarsu metabolizma bileşenlerini ölçmüşlerdir. Zaman serileri analizini kullanarak BBÜ'nün restorasyon sonrası taşkın (sel) boyunca arttığını bulmuşlardır. Restorasyonların S_e üzerinde bir etkisinin olmadığı sonucuna varmışlardır.

Houser v.d. (2015) Yukarı Mississippi Nehri'nin (Amerika) ana akarsu yatağında, bağlı olduğu göllerde ve taşkın yataklarında metabolizma bileşenlerinin solar radyasyon, besin konsantrasyonları, alg miktarı, sıcaklık, su debisi arasındaki ilişkilerini ve değişimlerini araştırmışlardır. Nehrin ana yatağında ortalama BBÜ, S_e ve NEÜ 10, -6 ve 4 gr O₂ m⁻² gün⁻¹ olarak bulmuşlardır. Besin maddelerinden ziyade solar radyasyon, debi ve sıcaklığın BBÜ'nün zamansal değişimine neden olduğu sonucuna varmışlardır. Göl ve taşkın yataklarında sıcaklığın BBÜ'yü arttırdığını, ana yatakta ise debinin BBÜ'yü azalttığını tespit etmişlerdir. Yaz boyunca nehrin ana yatağında BBÜ'nün S_e'yi aştığını (ototrofik), göl ve taşkın yataklarına kıyasla klorofil konsantrasyonlarının daha fazla olduğunu gözlemlemişlerdir.

Hall v.d. (2016) akarsu metabolizması ile besin-organik karbon döngüleri arasındaki ilişkileri araştırmak için Orta batı ve Batı Amerika'daki 14 farklı nehrin metabolizma bileşenlerini belirlemişlerdir. Akarsu metabolizması ile karbon döngüsü (mineralizasyon-karbon bağlama) arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğunu ortaya koymuşlardır. Metabolizma bileşenleri (BBÜ, S_e) ile bulanıklık ve besin madde konsantrasyonları (amonyum, nitrat, reaktif fosfor) arasında korelasyon olmadığı sonucuna varmışlardır.

Yukarıda özetlenen çalışmalarda arazi kullanımı, askeri faaliyetler, bitki örtüsü, yer altı suyu girişleri v.b. faktörler ele alınmıştır. Bu çalışmaların yanı sıra noktasal deşarjların (arıtılmış veya arıtılmamış kentsel/evsel atıksular vb.) akarsu metabolizmasına olan etkileri çalışılan bir diğer konudur. Literatürde bu konuyla ilgili çalışmalar Çizelge 1.1'de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Literatürdeki KAAT ile İlgili Yapılan Çalışmalar ile Tez Çalışmasının Karşılaştırılması.

| Çalışma | Ölçüm noktası | Ekosistemin yeri/Tarih/Kullanılan Teknik | Ort. BBÜ (gr O ₂ m ⁻² gün ⁻¹) | Ort. S _k (gr O ₂ m ⁻² gün ⁻¹) | |
|---------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------|
| Chesworth (2016) | BD | Kızıl Nehir Vadisi/Kanada/Ağustos-Eylül arası (2014)/diel O ₂ tekniği; tek-istasyon yöntemi | 6.58 | -13.79 | |
| | AD | | 12.2 | -18.74 | |
| Aristi v.d. (2015) | BD | Segre Nehri/İspanya/Eylül-Ekim arası (2012)/diel O ₂ tekniği; tek-istasyon ve iki-istasyon yöntemi | 0.54 | -3.11 | |
| | AD | | 0.7 | -8.79 | |
| | AD | | 1.24 | -7.46 | |
| | AD | | 2.3 | -6.56 | |
| Chen (2013) | BD | Grand Nehri ve çevresi/Kanada/Nisan-Ekim arası (2006-2009)/diel δ ¹⁸ O-O ₂ izotopik teknikleri; tek-istasyon yöntemi | 2.7 – 10.2 | -3.1 – -7.5 | |
| | AD | | 4.7 – 18.6 | -7.9 – -33 | |
| | AD | | 9.2 – 19.9 | -11.3 – -19.2 | |
| | AD | | 9.1 – 10.8 | -9.1 – -10.8 | |
| Wassenaar v.d. (2010) | BD | Bow Nehri/Kanada/Ocak (2004)-Kasım (2005) arası/diel δ ¹⁸ O-O ₂ izotopik ve O ₂ teknikleri; iki-istasyon yöntemi | 3.5 | -7.1 | |
| | AD | | 13.4 | -10.7 | |
| | AD | | 4.5 | -6.3 | |
| | AD | | 4.8 | -5.4 | |
| | BD | | Güney Saskatchewan Nehri | 4.1 | -6.9 |
| | AD | | | 3.9 | -4.5 |
| | AD | | | 10.4 | -8.9 |
| Sanchez-Perez v.d. (2009) | AD | Rozies Deresi/Fransa/Eylül (2001)-Eylül (2002) arası/diel O ₂ tekniği; iki-istasyon yöntemi | 10.0 | -8.7 | |
| | BD | | 3.3 | -4.2 | |
| | AD | | 3.6 | -7.1 | |
| | BD | | 0 | -5.1 | |
| Ruggiero v.d. (2006) | AD | Fosso Bagnatore/İtalya/Şubat-Temmuz arası (2002)/diel O ₂ tekniği; iki-istasyon yöntemi | 5.9 | -37.6 | |
| | BD | | 1.3 | -5.4 | |
| | AD | | 0.3 | -29.3 | |

Çizelge 1.1. (Devam).

| | | | | |
|----------------------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------|
| Gücker v.d. (2006) | | Demnitzer Mill Deresi ve Erpe Deresi /Almanya/Mart-Aralık arası (2002)/diel O ₂ tekniği; tek-istasyon yöntemi | | |
| | BD | Demnitzer Mill Deresi, İlkbahar dönemi | 18 | -24 |
| | AD | Demnitzer Mill Deresi, İlkbahar dönemi | 59 | -52 |
| | BD | Demnitzer Mill Deresi, Yaz dönemi | 3 | -28 |
| | AD | Demnitzer Mill Deresi, Yaz dönemi | 3 | -38 |
| | BD | Demnitzer Mill Deresi, Kış dönemi | <0.1 | -6 |
| | AD | Demnitzer Mill Deresi, Kış dönemi | <0.1 | -7 |
| | BD | Erpe Deresi, İlkbahar dönemi | 2 | -11 |
| | AD | Erpe Deresi, İlkbahar dönemi | 2 | -24 |
| | BD | Erpe Deresi, Yaz dönemi | 32 | -32 |
| | AD | Erpe Deresi, Yaz dönemi | 47 | -59 |
| | BD | Erpe Deresi, Kış dönemi | 0.1 | -6 |
| | AD | Erpe Deresi, Kış dönemi | <0.1 | -18 |
| Kicklighter (1987) | BD | Clark Fork Nehri/ABD/Kasım (1984), Nisan ve Ağustos (1985)/diel | 5.5 | -2.5 |
| | AD | O ₂ tekniği; hazne yöntemi | 2.3 | -3.2 |
| Tez çalışması (2017) | BD | Büyüksu Deresi/Türkiye/Ağustos (2015)-Aralık (2016) arası/diel O ₂ | 15.6 | -30.6 |
| | AD | tekniği; iki-istasyon yöntemi | 9.1 | -130.9 |

BD: Deşarj öncesi. AD: Deşarj sonrası.

Bu tez çalışması, Türkiye’de ilk defa akarsu metabolizması üzerine yapılan bir çalışma olup konuyla ilgili literatüre önemli katkıda bulunması amaçlanmıştır. Tez kapsamında aşağıdaki hipotezlere cevap aranmıştır:

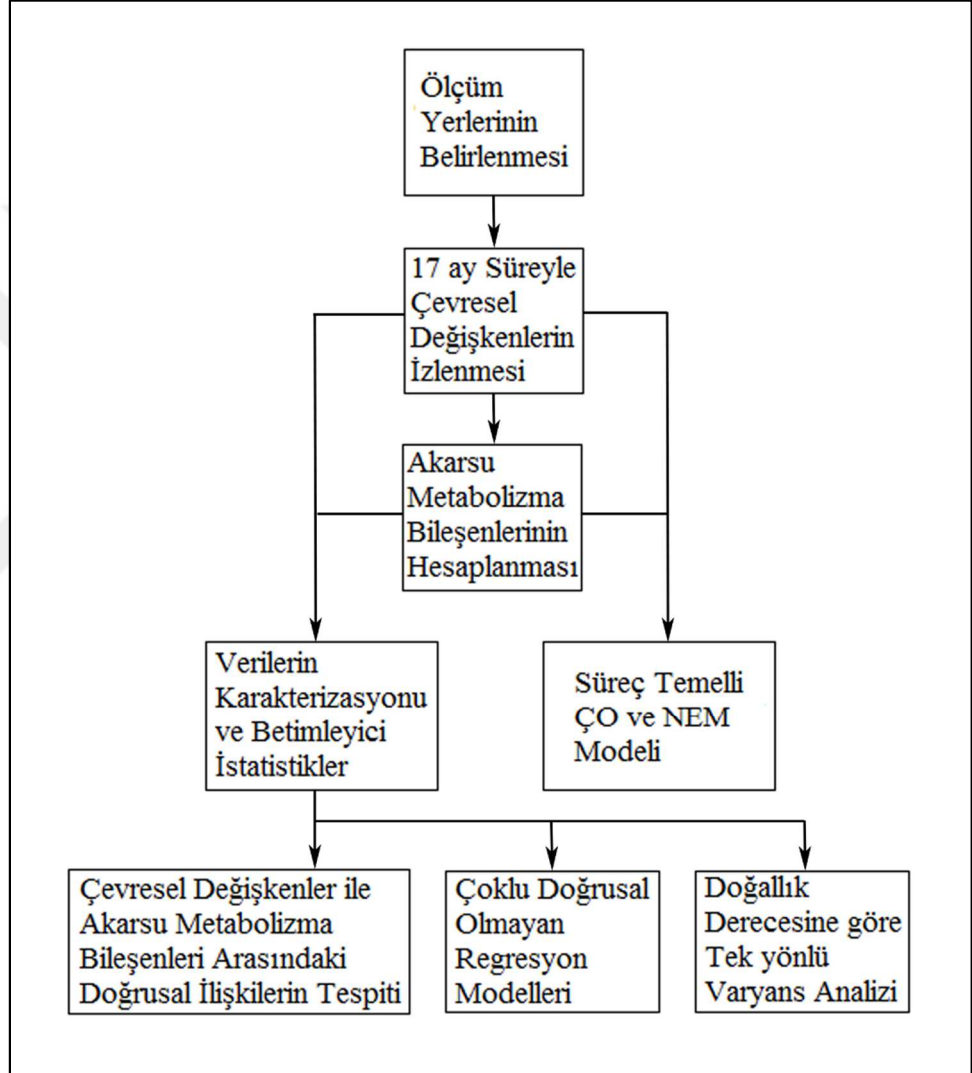
1. Kentsel atıksu arıtma tesisi (KAAT) deşarjlarının akarsu metabolizmasına etkisi,
2. Çevresel değişkenler ile metabolizma bileşenleri (BBÜ, NEM, S_k) arasındaki ilişkiler ve istatistiksel olarak modellenebilirliği,
3. Çözünmüş oksijen ve net ekosistem metabolizmasının dakika ölçeğinde süreç temelli modellenebilirliği.

Bu hipotezlerin test edilmesi amacıyla yapılan çalışmalar maddeler halinde aşağıda özetlenmiştir:

1. Çalışma alanı olarak Bolu KAAT deşarjlarının yapıldığı Büyüksu Deresi (Bolu, Türkiye) seçilmiştir. Doğallık derecesine göre; Bolu KAAT deşarj öncesi ve deşarj sonrası, Büyüksu Deresi’ni besleyen Abant ve Mudurnu çaylarının başlangıç noktaları (referans noktaları) olmak üzere 4 farklı akarsu kesiti (reach) belirlenmiştir.
2. Bu akarsu kesitlerinde, Ağustos 2015 - Aralık 2016 tarihleri arasında 17 ay süreyle metabolizma bileşenlerinin belirlenebilmesi için gereken çözünmüş oksijen ve su sıcaklığı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümler esnasında çevresel değişkenler de (bulanıklık, elektriksel iletkenlik, pH, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, toplam azot, toplam fosfor, atmosferik basınç, hava sıcaklığı, bağıl nem vb.) izlenmiştir.
3. Her kesit için akarsu metabolizma bileşenleri hesaplanarak doğallık derecesine göre metabolizma bileşenlerinin grup ortalamaları tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) uygulanarak karşılaştırılmıştır.
4. Çevresel değişkenler ile metabolizma bileşenleri arasında doğrusal ilişkilerin olup olmadığını tespit edebilmek için Pearson korelasyon matrisi uygulanmıştır.
5. Çevresel değişkenler ile metabolizma bileşenleri arasında çoklu doğrusal olmayan regresyon modelleri oluşturularak modellerin validasyonları sağlanmıştır.

6. STELLA yazılım programı kullanılarak Abant Çayı başlangıç noktası için çözülmüş oksijen ve net ekosistem metabolizması tahmin edebilen süreç temelli bir model geliştirilmiştir.

Tez kapsamında yapılan çalışmaların iş akış diyagramı Şekil 1.2’de gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Tez Kapsamında Yapılan Çalışmaların İş Akış Diyagramı

2. ÇALIŞMA ALANI

Büyüksu Deresi, Türkiye' nin Batı Karadeniz Bölgesi' ndeki Bolu ili sınırları içerisinde yer almaktadır. Abant Çayı ve Mudurnu Çayı olmak üzere iki ana akarsu kolundan beslenmekte olup Gökçesu yakınlarında Mengen Çayı ile birleşerek Filyos Çayı' na katılır. Büyüksu Deresi, 1112.5 km²'lik drenaj alanına sahiptir. Havza'nın yaklaşık % 3.1'i yerleşim alanları (kentsel alanlar, köy v.b.), % 28.3'ü tarım alanları, % 0.24'ü sulak alanlar (göl, gölet v.b.), % 68.36'sı orman, bozkır v.b. alanlardan oluşmaktadır. Büyüksu Deresi Havzası'nın sınır çizgileri (ArcGIS 9.3) Şekil 2.1'de verilmiştir. Bolu ili, uzun dönem meteoroloji verilerine göre (1927-2016) kışın soğuk ve kar yağışlı, yazın ise gündüzleri sıcak, geceleri serin geçen bir iklime sahiptir. Yıllık ortalama sıcaklık 10.5 °C, yıllık ortalama en yüksek sıcaklık 17.1 °C (en yüksek görülen sıcaklık 39.8 °C), yıllık ortalama en düşük sıcaklık 4.5 °C (en düşük görülen sıcaklık -34 °C), yıllık ortalama toplam yağış miktarı 545.3 mm, yıllık ortalama yağışlı gün sayısı 137.7, yıllık ortalama güneşlenme süresi 65.6 (her ayın günlük ortalamasının toplamı) saattir (T.C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2017).

Büyüksu Deresi yakınında Bolu KAAT bulunmaktadır. Bolu merkez ve çevre yerleşim birimlerinden toplanan atıksuların bir kısmı Bolu KAAT'de arıtılarak, bir kısmı ise arıtılmadan by pass kanalıyla Büyüksu Deresi'ne deşarj edilmektedir (bkz. Şekil 2.2, 2.3). Ölçümler, deşarj öncesi, deşarj sonrası ve Büyüksu Deresi'ni besleyen Abant ve Mudurnu çaylarının başlangıç noktalarındaki akarsu kesitlerinde (reach) gerçekleştirilmiştir. Akarsu kesitlerindeki ölçüm noktalarının koordinatları Çizelge 2.1' de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Ölçüm Noktalarının Koordinatları.

| Yer | Ölçüm Noktası | Eğim | Enlem DD | Boylam DD |
|---------------------|---------------|--------|----------|-----------|
| Abant Çayı | Memba | 0.0133 | 40.612 | 31.279 |
| | Mansap | | 40.613 | 31.280 |
| Mudurnu Çayı | Memba | 0.0133 | 40.594 | 31.404 |
| | Mansap | | 40.595 | 31.405 |
| Deşarj öncesi (BD) | Memba | 0.01 | 40.732 | 31.667 |
| | Mansap | | 40.733 | 31.668 |
| Deşarj sonrası (AD) | Memba | 0.0067 | 40.733 | 31.669 |
| | Mansap | | 40.734 | 31.671 |



Şekil 2.1. Büyükusu Deresi Havzası ve Ölçüm Noktaları.



Şekil 2.2. Bolu KAAT Arıtılmış Atıksu Deşarjı.



Şekil 2.3. Bolu KAAT Arıtılmamış Atıksu Deşarjı (by pass).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Çevresel Değişkenlerin İzlenmesi

Ağustos 2015–Aralık 2016 tarihleri arasında 17 ay süreyle her ay ölçüm noktalarına gidilerek akarsu metabolizma bileşenlerinin belirlenmesi için gerekli olan çözünmüş oksijen (ÇO) ve su sıcaklığı (T_{su}) parametreleri ölçülmüştür. Ölçümler, 1 dakikalık aralıklarla en az 36 saat boyunca olacak şekilde (2–7 gün) gerçekleştirilmiştir (Bales ve Nardi, 2007). Akarsuya bırakılan $\text{ÇO} - T_{\text{su}}$ ölçüm cihazlarının ortam koşullarından dolayı (yosun, bitki ve ağaç parçaları, deşarjdan gelen atık maddeler v.b.) zarar görmemesi ve akarsu yatağına sabitlenmesi için kafes ve galvanize kazıklar kullanılmıştır (bkz. Şekil 3.1, 3.2). Bu iki parametrenin ölçümü boyunca eş zamanlı olarak hava sıcaklığı (T_{hava}), atmosfer basıncı (P_{atm}) ve bağıl nem (BN) de ölçülmüştür. Ölçüm cihazlarının kurulumu ve toplanması esnasında metabolizma hesaplamalarında kullanılan su debisi (Q), su hızı (V), akarsu derinliği (D) ve genişliği (W) ölçülmüştür (bkz. Şekil 3.3, 3.4, 3.5, 3.6). Ayrıca, akarsulardan 2 saat boyunca 15 dakikalık aralıklar ile kompozit numuneler alınarak (bkz. Şekil 3.7, 3.8) pH, elektriksel iletkenlik (SC), biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ_5), bulanıklık, toplam azot (TN), toplam fosfor (TP), amonyum azotu ($\text{NH}_4\text{-N}$), nitrat azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$), orto-fosfat (orto- $\text{PO}_4\text{-P}$), klorofil a (Chl-a) analizleri gerçekleştirilmiştir. ÇO ve T_{su} ölçümlerinde PME MiniDOT data logger, $T_{\text{hava}} - P_{\text{atm}} - \text{BN}$ ölçümlerinde Extech RHT50 data logger, pH ve SC ölçümlerinde Hach HQ40d portatif ölçüm cihazı, $Q - V - D - W$ ölçümlerinde Son Tek Flow Tracker Handheld ADV debi ölçer, BOİ_5 ölçümlerinde WTW Oxitop IS6, $\text{TN} - \text{TP} - \text{NH}_4\text{-N} - \text{NO}_3\text{-N} - \text{orto-PO}_4\text{-P} - \text{Chl-a}$ ölçümlerinde Hach Lange DR 5000 UV/VIS spektrometre, bulanıklık ölçümlerinde HF Scientific Micro TPI portatif ölçüm cihazı kullanılmıştır. TN için Hach Laton LCK 138, TP için Hach LCK 349, $\text{NO}_3\text{-N}$ için Hach LCK 339 küvet testleri, $\text{NH}_4\text{-N}$ için Hach Salisilat – Siyanürat ve orto- $\text{PO}_4\text{-P}$ için Hach PhosVer 3 toz reaktifler kullanılmıştır. Chl-a'nın spektrofotometrik olarak belirlenmesinde magnezyum karbonat ($\text{MgCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), aseton (BP 56 °C) ve hidroklorik asit (0.1 N) çözeltileri kullanılmıştır (Amerikan Halk Sağlığı Birliği, 1999). 17 ay süreyle ölçülen değişkenlerin tümü Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Ağustos 2015 – Aralık 2016 arası Abant, Mudurnu, Deşarj Öncesi ve Deşarj Sonrası Akarsu Kesitlerinde Ölçülen Değişkenler

| Değişken | Ölçüm Birim Tipi | Yöntem | <i>n</i> | Frekans |
|-------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| ÇO | Sürekli mg L ⁻¹ | Optik – Floresans yöntemi | 2880 – 10080 | 1 dk 2-7 gün ⁻¹ |
| T _{su} | Sürekli °C | Sensör (Termistör – Resistans) | 2880 – 10080 | 1 dk 2-7 gün ⁻¹ |
| T _{hava} | Sürekli °C | Sensör | 2755 – 10000 | 1 dk 2-7 gün ⁻¹ |
| P _{atm} | Sürekli bar | Sensör | 2755 – 10000 | 1 dk 2-7 gün ⁻¹ |
| BN | Sürekli % | Sensör | 2755 – 10000 | 1 dk 2-7 gün ⁻¹ |
| Q | Kesikli m ³ s ⁻¹ | Mid-section yöntemi | 2 | 2 kez 2-7 gün ⁻¹ |
| V | Kesikli m s ⁻¹ | Akustik yöntem | 2 | 2 kez 2-7 gün ⁻¹ |
| D | Kesikli m | Metre | 2 | 2 kez 2-7 gün ⁻¹ |
| W | Kesikli m | Metre | 2 | 2 kez 2-7 gün ⁻¹ |
| pH | Kesikli - | USEPA Elektrot yöntemi | 2 | 2 kez 2-7 gün ⁻¹ |
| SC | Kesikli µS cm ⁻¹ | USEPA Direct (Prob) yöntemi | 2 | 2 kez 2-7 gün ⁻¹ |
| Bulanıklık | Kesikli NTU | Nephelometric yöntem | 2 | 2 kez 2-7 gün ⁻¹ |
| BO ₅ | Kesikli mg L ⁻¹ | Negatif basınç (vakum) yöntemi | 2 | 2 kez 2-7 gün ⁻¹ |
| TN | Kesikli mg L ⁻¹ | Koroleff Digestion (Peroxodisulphate) – spektrofotometrik yöntem (ISO 11905-1) | 2 | 2 kez 2-7 gün ⁻¹ |
| TP | Kesikli mg L ⁻¹ | Phosphormolybdenum mavisi – spektrofotometrik yöntem (ISO 6878) | 2 | 2 kez 2-7 gün ⁻¹ |
| NH ₄ -N | Kesikli mg L ⁻¹ | Salisilat – spektrofotometrik yöntem | 2 | 2 kez 2-7 gün ⁻¹ |
| NO ₃ -N | Kesikli mg L ⁻¹ | 2.6-Dimethylphenol – spektrofotometrik yöntem (EN 38405 D-2) | 2 | 2 kez 2-7 gün ⁻¹ |
| orto-PO ₄ -P | Kesikli mg L ⁻¹ | USEPA Askorbik asit – spektrofotometrik yöntem | 2 | 2 kez 2-7 gün ⁻¹ |
| Chl-a | Kesikli µg L ⁻¹ | APHA spektrofotometrik yöntem | 2 | 2 kez 2-7 gün ⁻¹ |

17 ay içerisinde saha ölçümlerinin gerçekleştirildiği günler Çizelge 3.2’de yılın i’inci günü (DOY) şeklinde verilmiştir.

Çizelge 3.2. Ağustos 2015 – Aralık 2016 Arası Saha Ölçümlerinin Gerçekleştirildiği Günler

| Kesit | DOY (2015) | DOY (2016) |
|------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Abant ve Mudurnu | 224-227, 244-246, 281-283, 316-318, 344-346 | 13-15, 41-43, 77-79, 105-107, 140-142, 168-170, 195-197, 223-225, 265-267, 286-288, 314-316, 342-344 |
| Deşarj öncesi ve Deşarj sonrası | 217-223, 247-253, 284-290, 319-326, 347-353 | 16-22, 51-58, 80-86, 108-114, 143-149, 171-177, 198-205, 226-233, 268-275, 289-293, 317-324, 345-352 |



Şekil 3.1. Koruma kafesi ve galvanize kazık.



Şekil 3.2. ÇO – T_{su} Ölçüm Cihazlarının Akarsu Yatağına Yerleştirilmesi



Şekil 3.3. Akarsu Q – V – D – W Ölçümleri (Abant Çayı Başlangıç Noktası)



Şekil 3.4. Akarsu Q – V – D – W Ölçümleri (Mudurnu Çayı Başlangıç Noktası)



Şekil 3.5. Akarsu Q – V – D – W Ölçümleri (Deşarj Öncesi, Büyüksu Deresi)



Şekil 3.6. Akarsu Q – V – D – W Ölçümleri (Deşarj Sonrası, Büyüksu Deresi)



Şekil 3.7. 2 Saatlik Kompozit Numunelerin Alımı (Deşarj Öncesi, Büyüksu Deresi)



Şekil 3.8. 2 Saatlik Kompozit Numunelerin Alımı (Deşarj Sonrası, Büyüksu Deresi)

3.2 Akarsu Metabolizma Bileşenlerinin Hesaplanması

Akarsu metabolizması ölçümlerinde çeşitli yöntemler kullanılmakta olup bu yöntemlerin bazıları Çizelge 3.3’de verilmiştir. Akarsu metabolizma bileşenlerinin hesaplanmasında Odum (1956) tarafından geliştirilen İki-istasyon yöntemi kullanılmıştır. Akarsu ekosistemini ve çevresel koşulları yansıtabildiği için bu yöntem seçilmiştir. Bu yöntem ile akarsu kesiti (reach) boyunca ÇO konsantrasyonundaki değişimler de tespit edilebilmektedir. Bu yöntem, akarsuyun belli bir uzunluktaki boy kesitinin memba (upstream) ve mansap (downstream) noktalarında eş zamanlı olarak günlük Ç.O ve T_{su} parametrelerinin ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Bu çalışmada ölçümler, 150 m’lik 4 ayrı akarsu kesitinde (Abant, Mudurnu, Deşarj öncesi, Deşarj sonrası) 1 dakikalık aralıklarla en az 36 saat boyunca (iki gece periyodunu kapsayan, 2 – 7 gün) olacak şekilde gerçekleştirilmiştir (Bales ve Nardi, 2007). Metabolizma bileşenleri, aşağıda verilen denklemler kullanılarak MS Office Excel 2013 programında hesaplanmıştır.

Çizelge 3.3. Akarsu Metabolizması Ölçümlerinde Kullanılan Yöntemler

| Yöntem | Referans | Açıklama | Avantajları | Dezavantajları |
|-----------------------------|------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kapalı Bentik Hazne Yöntemi | Bott v.d. (1978) | İnkübasyona dayalı, saatlik veya günlük ÇO ölçümleri | Kontrol edilebilirliği yüksek, atmosferik oksijen alışverişi hesaplamalarına gerek yok, doğrudan ve kesin ölçümler | Akarsudaki gerçek çevresel koşulları yansıtmaz, küçük ölçekli temsiliyet, ekstrapolasyona gerek duyulabilir, iş yükü fazla |
| Açık-uçlu Hazne Yöntemi | Uzarski v.d. (2001) | İnkübasyona dayalı, saatlik veya günlük ÇO ölçümleri | Açık sistem olduğundan dolayı diğer hazne yöntemlerine göre çevresel koşulları daha iyi yansıtır, atmosferik oksijen alışverişi hesaplamalarına gerek yok | Küçük ölçekli temsiliyet, ekstrapolasyona gerek duyulabilir, iş yükü fazla |
| Açık/Karanlık Şişe Yöntemi | Gaarder ve Gran (1927) | İnkübasyona dayalı, saatlik veya günlük ÇO ölçümleri | Kontrol edilebilirliği yüksek, atmosferik oksijen alışverişi hesaplamalarına gerek yok, doğrudan ve kesin ölçümler | Akarsudaki gerçek çevresel koşulları yansıtmaz, küçük ölçekli temsiliyet, ekstrapolasyona gerek duyulabilir, iş yükü fazla |
| Tek istasyon Yöntemi | Odum (1956) | Açık kanal (whole-stream), günlük ÇO ölçümleri | Kullanımı kolay, akarsudaki çevresel koşulları yansıtır, geniş ölçekli temsiliyet, yüksek çözünürlükte ölçümler | Atmosferik oksijen alışverişi hesaplamalarına gerek var, akarsu kesiti boyunca ÇO konsantrasyonu değişimi tespit edilemez, yeraltısuyu ve diğer debi girişlerinin etkisi, problemlerin kir tutması |
| İki istasyon Yöntemi | Odum (1956) | Açık kanal (whole-stream), günlük ÇO ölçümleri | Kullanımı kolay, akarsudaki çevresel koşulları yansıtır, geniş ölçekli temsiliyet, yüksek çözünürlükte ölçümler, akarsu kesiti boyunca (mesafe) ÇO konsantrasyonu değişimi tespit edilebilir | Atmosferik oksijen alışverişi hesaplamalarına gerek var, yeraltısuyu ve diğer debi girişlerinin etkisi, problemlerin kir tutması |

Akarsu Metabolizma Hesaplamalarında Kullanılan Denklemler

Akarsu metabolizma hesaplamalarında kullanılan denklemler aşağıda verilmiştir (Bales ve Nardi, 2007):

$$\begin{aligned} \text{ÇO}_{\text{doy}} = & (1.4276 \times \exp(-173.4292 + (249.6339 \times ((100/(T_{\text{su}} + 273.15)))))) + \\ & (143.3483 \times (\ln((T_{\text{su}} + 273.15)/100))) - (21.8492 \times ((T_{\text{su}} + 273.15)/100)) + \\ & (((5.572 \times 10^{-4} \times \text{SC}) + (2.02 \times 10^{-9} \times \text{SC}^2)) \times \\ & (- 3.3096 \times 10^{-2} + (1.4259 \times 10^{-2} \times ((T_{\text{su}} + 273.15)/100)) - \\ & (1.7 \times 10^{-3} \times ((T_{\text{su}} + 273.15)/100) \times ((T_{\text{su}} + 273.15)/100)))) \times \\ & ((P_{\text{atm}} - (4.5844 \times \exp(17.67 \times (T_{\text{su}}/(T_{\text{su}} + 243.5)))))) / \\ & (760 - (4.5844 \times \exp(17.67 \times (T_{\text{su}}/(T_{\text{su}} + 243.5)))))) \end{aligned} \quad (3.1)$$

ÇO_{doy} : Çözünmüş oksijen doygunluk konsantrasyonu, mg L⁻¹

T_{su} : Su sıcaklığı, °C

SC : Elektriksel iletkenlik, $\mu\text{S cm}^{-1}$

P_{atm} : Atmosfer basıncı, mm Hg

$$F_r(t) = \text{ÇO}_{\text{Dort}} \times K_2(T_{\text{su}}) \times Q \times T_u \times C_f \quad (3.2)$$

$F_r(t)$: t zamanındaki atmosferik oksijen alışveriş akısı, mg O₂ kesit⁻¹ dk⁻¹

ÇO_{Dort} : Ortalama ÇO açığı ($\text{ÇO}_{\text{doy}}(t) - \text{ÇO}(t)$), mg L⁻¹

$K_2(T_{\text{su}})$: T_{su} sıcaklığındaki atmosferik oksijen alışveriş katsayısı, dk⁻¹

Q : Akarsu debisi, L s⁻¹

T_u : Su kütlesinin memba ve mansap arasındaki ulaşım süresi, dk

C_f : Dönüştürme faktörü (dk=60 s)

K_2 'nin hesaplanmasında literatürden yararlanılmıştır. Owens v.d. (1964)'nin geliştirdiği denklem Abant Çayı, Mudurnu Çayı ve Büyüksu Deresi'nin karakteristik özelliklerine ($0.12 \leq D \leq 3.35$ m ve $0.03 \leq V \leq 1.52$ m s⁻¹) uygun bulunmuştur:

$$K_2 = 5.35 \times V^{0.67} \times D^{-1.85} \quad T_{\text{su}} = 20 \text{ °C} \quad (3.3)$$

- V : Akarsu hızı, m s⁻¹
D : Akarsu derinliği, m

Sıcaklığa bağlı olarak K₂'nin değişimi Elmore ve West (1961)'in geliştirdiği sıcaklık düzeltme denklemi ile hesaplanmıştır:

$$K_2(T_{su}) = K_2(T_{su} = 20 \text{ }^\circ\text{C}) \times 1.024^{(T_{su} - 20)} \quad (3.4)$$

$$NEM(t) = ([\text{ÇO}_{man}(t) - \text{ÇO}_{mem}(t - T_u)] \times Q) - F_r(t) \quad (3.5)$$

- NEM(t) : t zamanındaki net ekosistem metabolizma akısı, mg O₂ kesit⁻¹ dk⁻¹
ÇO_{man}(t) : t zamanında mansaptaki ÇO konsantrasyonu, mg L⁻¹
ÇO_{mem}(t-T_u) : t-T_u zamanında membadaki ÇO konsantrasyonu, mg L⁻¹

Gece boyunca BBÜ sıfır olduğundan dolayı bu zaman zarfında net ekosistem metabolizması solunumuna eşit olduğu kabul edilir. Gündüz solunumun hesaplanmasında Mulholland v.d. (2001)'nin önerdiği yaklaşım kullanılmıştır. Bu yaklaşıma göre, günün aydınlanmasından önceki ve günün kararmasından sonraki 1'er saatlik zaman diliminde her bir ölçüm aralığı için hesaplanan net ekosistem metabolizma akılarının ortalamaları sırasıyla gündüz başlangıcındaki ve sonundaki komünite solunumuna eşit kabul edilir. Daha sonra bu başlangıç ve bitiş değerleri arasında interpolasyon uygulanarak gündüz boyunca her ölçüm aralığı için solunum hızları elde edilir.

$$S_g(t) = S_{\text{önce}} + [(S_{\text{sonra}} - S_{\text{önce}}) / (n_d - 1) \times N_i] \quad (3.6)$$

- S_g(t) : t zamanındaki gündüz komünite solunumu, mg O₂ kesit⁻¹ dk⁻¹
S_{önce} : Günün aydınlanmasından hemen önceki 1 saatlik periyot boyunca hesaplanan net metabolizma akılarının ortalaması, mg O₂ kesit⁻¹ dk⁻¹
S_{sonra} : Günün kararmasından hemen sonraki 1 saatlik periyot boyunca hesaplanan net metabolizma akılarının ortalaması, mg O₂ kesit⁻¹ dk⁻¹
N_i : Gündüz ölçüm aralıklarının seri numarası, 1., 2., 3. v.b.
n_d : Gündüz saatlerindeki ölçüm aralıklarının toplam sayısı

$$S_k = \sum_{t=1}^{t=nd} S_g(t) + (S_{N1} + S_{N2}) \times \left[\frac{(24 - T_g)}{(T_{N1} + T_{N2})} \right] \quad (3.7)$$

- S_k : 24 saatlik toplam komünite solunumu, gr O₂ kesit⁻¹ gün⁻¹
 $S_g(t)$: Gündüz saatlerindeki komünite solunumu, gr O₂ kesit⁻¹ dk⁻¹
 S_{N1} : Birinci gece periyodundaki net metabolizma akısının toplamı
 S_{N2} : İkinci gece periyodundaki net metabolizma akısının toplamı
 T_g : Gündüz periyodunun süresi, saat
 T_{N1} : Birinci gece periyodunun süresi, saat
 T_{N2} : İkinci gece periyodunun süresi, saat

$$BBÜ(t) = NEM(t) - S_k(t) \quad (3.8)$$

- $BBÜ(t)$: t zamanındaki brüt birincil üretim akısı, gr O₂ kesit⁻¹ dk⁻¹
 $S_k(t)$: t zamanındaki komünite solunum akısı, gr O₂ kesit⁻¹ dk⁻¹

Elde edilen BBÜ, S_k ve NEM hızları akarsu kesitinin toplam alanına bölünerek gr O₂ m⁻² gün⁻¹ haline dönüştürülmüştür.

Uzun süre akarsuda kalan ÇO sensörlerinin başlangıç kalibrasyon hataları, yosun, deşarjdan gelen atık maddeler v.b. kirlenmelerden kaynaklanan okuma hataları ve kalibrasyon kaymaları meydana gelebilmektedir. Ölçülen ÇO konsantrasyonları Wagner v.d. (2006)'nin geliştirdikleri yaklaşımla düzeltilmiştir. Bu yaklaşıma göre başlangıç kalibrasyon hatası (düzeltilmiş ÇO – ölçülen ÇO) tüm okumalara eklenmektedir. Ölçüm sonrası toplam bitiş hatası (sensör kirlenmesi + kalibrasyon kayması) belirlenerek bu hata doğrusal olarak zamana bağlı interpolate edilip her bir saha okumasına eklenir. Bu yaklaşım şu şekilde formülize edilmiştir (Wagner v.d., 2006):

$$\text{ÇO}_{\text{düzeltilmiş}} = \text{ÇO}_{\text{ölçülen}} + (E_j + (((E_e - E_j) / N_{\text{toplam-1}}) \times N_j)) \quad (3.9)$$

| | |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------|
| $\text{ÇO}_{\text{düzeltilmiş}}$ | : Düzeltilmiş ÇO konsantrasyonu, mg L^{-1} |
| $\text{ÇO}_{\text{ölçülen}}$ | : Sahada ölçülen ÇO konsantrasyonu, mg L^{-1} |
| E_j | : Başlangıçtaki ÇO okuma hatası, mg L^{-1} |
| E_e | : Ölçüm sonrasındaki ÇO okuma hatası, mg L^{-1} |
| N_{toplam} | : Ölçüm boyunca toplam okunan ÇO sayısı |
| N_j | : Okunan ÇO seri numarası, 0., 1., 2., 3. v.b. |

Metabolizma bileşenlerinin hesaplanmasında kullanılan Q, V ve D parametreleri ÇO problemlerinin akarsu yatağına yerleştirilmesi ve toplanması sırasında olmak üzere ikişer kez ölçülmüştür. ÇO problemlerinin akarsuda kaldığı süre içerisinde (2–7 gün) yağışlar meydana gelmiş olup bu yağışlar Q, V ve D parametrelerinin ilk ölçüm ve son ölçüm değerleri arasında büyük farklar yaratmıştır. Ortalama değerlerin alınması yerine ilk ölçüm ve son ölçüm değerleri arasında zamana bağlı artan veya azalan şekilde interpolasyon uygulanarak daha hassas (gerçekçi) sonuçların elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu yaklaşım, hidrograf yükselme ve çekilme eğrilerine (artan ve azalan) dayandırılabilir (Muslu, 1993; Bayazıt, 2003).

3.3 İstatistiksel Analizler

Metabolizma bileşenlerinin doğallık derecesine göre grup ortamlarının karşılaştırılmasında, çevresel değişkenler ile metabolizma bileşenleri arasındaki doğrusal ilişkilerin tespit edilmesinde ve çoklu regresyon modellerinin oluşturulmasında Minitab 17 yazılım programından yararlanılmıştır. Grup ortamlarının karşılaştırılmasında, havza bazında metabolizma bileşenlerinin deşarj noktasına gelesiye kadar değişim gösterip göstermediğini tespit edebilmek için insan faaliyetleri bakımından en doğal yer olarak Büyüksu Deresi'ni besleyen Abant ve Mudurnu çaylarının başlangıç noktaları referans olarak seçilmiştir. Atıksu arıtma tesisinin akarsu metabolizmasına olan etkisini görebilmek için ise deşarj öncesindeki akarsu kesiti referans olarak alınmıştır. Metabolizma bileşenlerinin doğallık derecesine (“Deşarj öncesi”, “Deşarj sonrası”, “Abant çayı başlangıç noktası”, “Mudurnu çayı başlangıç noktası”) göre grup ortamları tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) uygulanarak karşılaştırılmıştır. Varyans analizi kapsamında, grup ortamlarındaki anlamlı derecedeki farkların tespit edilmesi için Tukey çoklu

karşılaştırma testi kullanılmıştır. Doğallık derecesine (NG) göre grup ortalamalarının karşılaştırılmasında önem derecesi (α) 0.05, güven aralığı 0.95 olarak seçilmiştir.

Grup ortalamalarının karşılaştırılmasında 17 aylık verilerin tümünün kullanılmasının yanı sıra mevsimsel ve debilere göre de karşılaştırmalar gerçekleştirilmiştir. Veriler, kış (Aralık, Ocak, Şubat), ilkbahar (Mart, Nisan, Mayıs), yaz (Haziran, Temmuz, Ağustos), sonbahar (Eylül, Ekim, Kasım) mevsimleri için dört alt veri setine bölünmüştür. Debiler için ise “yüksek debiler” (Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs ayları) ve “düşük debiler” (Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım, Aralık ayları) olmak üzere iki kategoriye ayrılmıştır. Düşük debiler; Abant Çayı başlangıç noktası için $<0.2 \text{ m}^3\text{sn}^{-1}$, Mudurnu Çayı başlangıç noktası için $<0.05 \text{ m}^3\text{sn}^{-1}$, deşarj öncesi için $<2 \text{ m}^3\text{sn}^{-1}$, deşarj sonrası için $<3 \text{ m}^3\text{sn}^{-1}$ olarak seçilmiştir.

Her bir akarsu kesitinde çevresel değişkenler ile akarsu metabolizma bileşenleri arasında istatistiksel yönden doğrusal ilişkilerin olup olmadığını tespit edebilmek için Pearson korelasyon matrisi uygulanmıştır.

Çoklu doğrusal olmayan regresyon modellerinin oluşturulmasından önce modellerde kullanılan değişkenlerin normallik testleri Q – Q plot ve Anderson-Darling istatistiği uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Regresyon modellerindeki artık değerlerin (residuals) normallik testleri için Q – Q plot ve Anderson-Darling istatistiği, eş varyanslılığı (homoscedasticity) kontrol etmek için tahmin değerleri ile artık değerler arasında saçılım plotu uygulanmıştır.

Çevresel değişkenler ile metabolizma bileşenleri arasındaki çoklu doğrusal olmayan regresyon modelleri stepwise yöntemi uygulanarak oluşturulmuştur. Modellerin oluşturulmasında stepwise α katsayıları (giren ve çıkan için) 0.05, güven aralığı 0.95 olarak seçilmiştir. Çoklu doğrusal olmayan regresyon modellerinin uyum dereceleri ve tahmin güçlerinin değerlendirilmesinde R^2_{adj} ve R^2_{pred} determinasyon katsayıları kullanılmıştır. Çoklu eş doğrusallıkların tespit edilmesi için varyans büyütme faktöründen (VIF > 40), otokorelasyonun olup olmadığını tespit etmek için ise Durbin-Watson (DW, 0 – 4 arası) istatistiğinden yararlanılmıştır. DW ≈ 2 ; otokorelasyonun olmadığını, DW ≈ 0 ; pozitif yönde otokorelasyonun olduğunu, DW ≈ 4 ; negatif yönde otokorelasyonun olduğunu göstermektedir. Modellerde zamansal

ve mekânsal heterojenliğin temsil edilmesi için DOY ile Abant, Mudurnu, deşarj öncesi, deşarj sonrası kesitlerinin (kategorik değişkenler) modellerin açıklayıcı değişkenleri içinde yer alması zorunlu kılınmıştır. Modellerin validasyonu için tahmin aralığı 0.95 olarak seçilmiştir.

3.4 Süreç Temelli Modelleme

STELLA (isee sistemleri) yazılım programı kullanılarak Abant Çayı başlangıç noktası için dakikalık ÇO ve NEM tahmin edebilen süreç temelli bir model geliştirilmiştir. Model, her ayı temsil eden bir gün içinde 150 m'lik akarsu kesitinin (reach) membasından giren çözünmüş oksijenin 150 m sonra mansap tarafındaki konsantrasyonunu tahmin etmeye yönelik geliştirilmiştir. İki-istasyon yöntemine göre memba ve mansap noktalarındaki ÇO konsantrasyonları ve su sıcaklıkları kullanılarak NEM hesaplanmaktadır. Modelin matematiksel çözümlerinde Euler yöntemi kullanılmıştır. Abant Çayı başlangıç noktasındaki akarsu kesitine ait 2016 verileri kullanılarak model katsayıları kalibre edilmiştir. 2015 verileriyle de modelin validasyonu sağlanmıştır. Modelin kalibrasyonu ve validasyonu Mutlak Hataların Ortalamasına (MAE) göre yapılmıştır. Modelin STELLA programındaki yapısı Şekil 3.9'da verilmiştir.

STELLA simülatörü, zamana bağlı sistemlerin (mekanik, biyolojik, beşeri, ekolojik v.b.) dinamik olarak modellenmesine imkân tanımaktadır. Fakat mekânsal modellemeler (advectif – difüzyon hareketleri v.b.) için uygun bir yazılım değildir. STELLA' da bir model oluşturulurken sistemin birikimlerini “stok (stock)”, değişim ve eylemlerini “akış (flow)” elemanları temsil etmektedir. Sistem sabitleri, sisteme giren harici girdileri ve cebirsel ilişkilerin hesaplamaları “dönüştürücü” (converter) denilen elemanlar tarafından sağlanmaktadır. Stok, akış ve dönüştürücü elemanlarının birbirleriyle olan bağlantıları için “bağlayıcılar (connector)” kullanılmaktadır. Sistemlerin kontrolünü geri bildirim çevrimleri sağlamaktadır. Örneğin, ÇO modelinde stok olarak ÇO konsantrasyonu, akış olarak fotosentez (giren) ve solunum (çıkan), dönüştürücü olarak çoğalma hızı, geri bildirim olarak ÇO – BOİ ilişkisi görülmektedir (bkz. Şekil 3.9).

- K_2 : Su sıcaklığına bağlı atmosferik hava alışveriş katsayısı, dk^{-1}
 Ulaşım Süresi : Su kütlelerinin membadan mansapa ulaşma süresi, dk
 ÇO Doy. Farkı : ÇO açığı ($\text{ÇO}_{\text{doy}} - \text{ÇO}$), $mg L^{-1}$

$$\begin{aligned}
 \text{Memba Doygunluk} &= (1.4276 \times \text{EXP}(-173.4292 + (249.6339 \\
 \text{Konsantrasyonu} &\times ((100 / (\text{Memba Sıcaklık} + 273.15)))) \\
 &+ (143.3483 \times (\text{LN}((\text{Memba Sıcaklık} + 273.15) / 100))) \\
 &- (21.8492 \times ((\text{Memba Sıcaklık} + 273.15) / 100)) \\
 &+ (((5.572 \times 10^{-4} \times \text{Elektriksel İletkenlik}) \\
 &+ (2.02 \times 10^{-9} \times \text{Elektriksel İletkenlik}^2)) \\
 &\times (-3.3096 \times 10^{-2} + (1.4259 \times 10^{-2} \\
 &\times ((\text{Memba Sıcaklık} + 273.15) / 100)) \\
 &- (1.7 \times 10^{-3} \times ((\text{Memba Sıcaklık} + 273.15) / 100) \\
 &\times ((\text{Memba Sıcaklık} + 273.15) / 100)))))) \times ((\text{Atmosferik Basınç} \\
 &- (4.5844 \times \text{EXP}(17.67 \times (\text{Memba Sıcaklık} \\
 &/ (\text{Memba Sıcaklık} + 243.5)))))) / (760 - (4.5844 \\
 &\times \text{EXP}(17.67 \times (\text{Memba Sıcaklık} \\
 &/ (\text{Memba Sıcaklık} + 243.5))))))
 \end{aligned} \tag{3.18}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mansap Doygunluk} &= (1.4276 \times \text{EXP}(-173.4292 + (249.6339 \\
 \text{Konsantrasyonu} &\times ((100 / (\text{Mansap Sıcaklık} + 273.15)))) \\
 &+ (143.3483 \times (\text{LN}((\text{Mansap Sıcaklık} + 273.15) / 100))) \\
 &- (21.8492 \times ((\text{Mansap Sıcaklık} + 273.15) / 100)) \\
 &+ (((5.572 \times 10^{-4} \times \text{Elektriksel İletkenlik}) \\
 &+ (2.02 \times 10^{-9} \times \text{Elektriksel İletkenlik}^2)) \\
 &\times (-3.3096 \times 10^{-2} + (1.4259 \times 10^{-2} \\
 &\times ((\text{Mansap Sıcaklık} + 273.15) / 100)) \\
 &- (1.7 \times 10^{-3} \times ((\text{Mansap Sıcaklık} + 273.15) / 100) \\
 &\times ((\text{Mansap Sıcaklık} + 273.15) / 100)))))) \times ((\text{Atmosferik Basınç} \\
 &- (4.5844 \times \text{EXP}(17.67 \times (\text{Mansap Sıcaklık} \\
 &/ (\text{Mansap Sıcaklık} + 243.5)))))) / (760 - (4.5844 \\
 &\times \text{EXP}(17.67 \times (\text{Mansap Sıcaklık} \\
 &/ (\text{Mansap Sıcaklık} + 243.5))))))
 \end{aligned} \tag{3.19}$$

$$\text{Fotosentez} = \alpha_3 \times \text{Çoğalma hızı} \times \text{Giren Biyokütle Konsantrasyonu} \tag{3.20}$$

$$\begin{aligned} \text{Çoğalma hızı} &= \text{Çoğalma hızı (20 °C)} \times 1.066^{\text{NEM Ortalama Sıcaklık}-20} \\ &\times \min(G(\text{Ortofosfat}), G(\text{NH}_4 - \text{N}), G(\text{NO}_3 - \text{N})) \times \text{Ulaşım Süresi} \end{aligned} \quad (3.21)$$

$$G(\text{Ortofosfat}) = \frac{\text{Giren Ortofosfat Konsantrasyonu}}{K_p + \text{Giren Ortofosfat Konsantrasyonu}} \quad (3.22)$$

$$G(\text{NH}_4 - \text{N}) = \frac{\text{Giren Amonyum Azot Konsantrasyonu}}{K_N + \text{Giren Amonyum Azot Konsantrasyonu}} \quad (3.23)$$

$$G(\text{NO}_3 - \text{N}) = \frac{\text{Giren Nitrat Azot Konsantrasyonu}}{K_N + \text{Giren Nitrat Azot Konsantrasyonu}} \quad (3.24)$$

- α_3 : Birim alg büyümesi başına düşen oksijen üretimi, mg O₂ mg A⁻¹
- Çoğalma Hızı : Alg biyokütlesi çoğalma hızı, dk⁻¹
- G(Ortofosfat) : Ortofosfat besi maddesi için monod denklemi
- G(NH₄-N) : NH₄-N besi maddesi için monod denklemi
- G(NO₃-N) : NO₃-N besi maddesi için monod denklemi
- K_P : Fosfor yarı doygunluk katsayısı, mg-P L⁻¹
- K_N : Azot yarı doygunluk katsayısı, mg-N L⁻¹

$$\text{BOI'den Kaynaklanan Oksijen Azalması} = K_1 \times \text{Giren BOI Konsantrasyonu} \quad (3.25)$$

$$K_1 = K_1(20^\circ\text{C}) \times 1.047^{\text{NEM Ortalama Sıcaklık}-20} \times \text{Ulaşım Süresi} \quad (3.26)$$

K₁ : BOİ reaksiyon katsayısı, dk⁻¹

$$\text{Solunum} = \alpha_4 \times \text{Solunum Hızı} \times \text{Giren Biyokütle Konsantrasyonu} \quad (3.27)$$

$$\text{Solunum Hızı} = \text{Solunum Hızı}(20^\circ\text{C}) \times 1.047^{\text{NEM Ortalama Sıcaklık}-20} \times \text{Ulaşım Süresi} \quad (3.28)$$

Solunum Hızı : Alg biyokütlesi solunum hızı, dk⁻¹

α_4 : Birim alg solunumu başına düşen oksijen tüketimi, mg O₂ mg A⁻¹

$$\text{Nitrifikasyonda Harcanan Oksijen Miktarı} = \text{Nitrifikasyon} \times \alpha_5 \quad (3.29)$$

$$\text{Nitrifikasyon} = \text{Giren Amonyum Azot Konsantrasyonu} \times \beta_1 \quad (3.30)$$

$$\beta_1 = \beta_1(20^\circ\text{C}) \times 1.065^{\text{NEM Ortalama Sıcaklık} - 20} \times \text{Ulaşım Süresi} \quad (3.31)$$

α_5 : Nitrifikasyon oksijen tüketim katsayısı, mg O₂ mg N⁻¹

β_1 : Nitrifikasyon hızı, dk⁻¹

$$\text{SOİ} = K_4 / \text{Kesit Derinliği} \quad (3.32)$$

$$K_4 = K_4(20^\circ\text{C}) \times 1.06^{\text{NEM Ortalama Sıcaklık} - 20} \times \text{Ulaşım Süresi} \quad (3.33)$$

SOİ : Sediment Oksijen İhtiyacı

K_4 : SOİ reaksiyon katsayısı, mg O₂ m⁻² dk⁻¹

$$\text{NEM} = \frac{\text{NEM ÇO Farkı} \times \text{Giren Debi} - \text{Atmosferik Hava Alışverişi}}{\text{Kesit Yüzey Alanı}} \quad (3.34)$$

$$\text{NEM ÇO Farkı} = \text{ÇO}(t) - \text{Giren ÇO Konsantrasyonu}(t - \text{Ulaşım Süresi}) \quad (3.35)$$

$$\text{Atmosferik Hava Alışverişi} = \text{NEM Ort. ÇO Doy. Farkı} \times \text{Giren Debi} \times K_2 \quad (3.36)$$

NEM : Net ekosistem metabolizması, gr O₂ m⁻² dk⁻¹

Modeldeki “periyot” gündüz ve gece periyotlarını temsil etmektedir.

4. BULGULAR

4.1 Çevresel Değişkenlerin ve Akarsu Metabolizma Bileşenlerinin Karakterizasyonu

Tez kapsamında Ağustos 2015 – Aralık 2016 tarihleri arasında 17 ay süreyle elde edilen ve metabolizma bileşenleri ve çevresel değişken verilerinin aylara göre ortalamaları sırasıyla Çizelge 4.1 ve 4.2’de verilmiştir. Ayrıca, herbir akarsu kesiti için ortalama metabolizma bileşenlerinin ve çevresel değişkenlerin aralıkları (minimum ve maksimum değerleri) Çizelge 4.3’de verilmiştir. Çizelge 4.1’de görüleceği gibi 2015 yılında chl-a ölçümleri yapılamamıştır. 2015 yılında ölçülemeyen aylardaki chl-a değerlerinin (Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım, Aralık) 2016 yılında ölçülen değerlerle eşit olduğu kabul edilmiştir.

Çizelge 4.1. Ağustos 2015 – Aralık 2016 Arası Akarsu Kesitlerindeki Metabolizma Bileşenlerinin Aylara Göre Ortalama Değerleri

| Tarih | Kesit | n | BBÜ (gr O ₂ m ⁻² gün ⁻¹) | NEM (gr O ₂ m ⁻² gün ⁻¹) | S _k (gr O ₂ m ⁻² gün ⁻¹) |
|-----------------|---------|---|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Ağustos 2015 | Abant | 2 | 2.68 | -0.39 | -3.08 |
| | Mudurnu | 2 | 0.21 | -0.94 | -1.15 |
| | BD | 1 | 114.75 | 74.48 | -40.27 |
| | AD | 1 | 3.69 | -64.38 | -68.07 |
| Eylül 2015 | Abant | 1 | 1.41 | -2.60 | -4.01 |
| | Mudurnu | 1 | 0.24 | -4.85 | -5.09 |
| | BD | 5 | 20.81±4.72 | -10.75±8.34 | -31.56±10.84 |
| Ekim 2015 | AD | 5 | 10.04±21.91 | -60.59±30.56 | -70.62±15.73 |
| | Abant | 1 | 0.61 | -14.76 | -15.37 |
| | Mudurnu | 1 | 0.12 | -5.23 | -5.35 |
| | BD | 5 | 15.48±14.24 | -0.24±9.65 | -15.72±7.60 |
| Kasım 2015 | AD | 5 | 1.53±3.32 | -67.84±5.41 | -69.37±8.61 |
| | Abant | 1 | 0.60 | -3.45 | -4.04 |
| | Mudurnu | 1 | 0.08 | -3.20 | -3.28 |
| Aralık 2015 | BD | 6 | 4.72±1.17 | -39.57±26.20 | -44.29±26.75 |
| | AD | 6 | 1.54±2.36 | -84.54±30.46 | -86.09±31.49 |
| | Abant | 1 | 0.60 | -1.12 | -1.72 |
| Ocak 2016 | Mudurnu | 1 | 0.15 | -1.81 | -1.96 |
| | BD | 5 | 3.20±0.30 | -7.50±0.72 | -10.70±0.51 |
| | AD | 5 | 3.40±2.78 | -112.63±67.61 | -116.02±66.47 |
| Şubat 2016 | Abant | 1 | 0.26 | -11.36 | -11.62 |
| | Mudurnu | 1 | 0.15 | -2.33 | -2.48 |
| | BD | 5 | 1.18±0.47 | -10.38±2.81 | -11.56±2.48 |
| Mart 2016 | AD | 5 | 9.10±10.15 | -687.43±309.68 | -696.53±301.20 |
| | Abant | 1 | 0.45 | -5.50 | -5.95 |
| | Mudurnu | 1 | 0.28 | -4.59 | -4.87 |
| Aralık 2016 | BD | 1 | 0.34 | -358.20 | -358.54 |
| | AD | 1 | 39.13 | -961.87 | -1000.99 |
| | Abant | 1 | 0.93 | -2.86 | -3.79 |
| Eylül 2016 | Mudurnu | 1 | 0.97 | -1.30 | -2.27 |
| | BD | 5 | 25.48±41.39 | -83.36±42.58 | -108.84±69.17 |
| | AD | 5 | 9.75±14.10 | -228.79±79.50 | -238.54±92.78 |

Çizelge 4.1. (Devam).

| | | | | | |
|-----------------|---------|---|-------------|----------------|---------------|
| Nisan 2016 | Abant | 1 | 1.96 | -3.66 | -5.62 |
| | Mudurnu | 1 | 1.23 | -1.56 | -2.79 |
| | BD | 5 | 85.92±54.56 | 65.57±50.94 | -20.35±8.70 |
| | AD | 5 | 35.40±72.19 | -13.19±68.84 | -48.58±3.48 |
| Mayıs 2016 | Abant | 1 | 2.29 | -4.29 | -6.58 |
| | Mudurnu | 1 | 0.98 | -3.15 | -4.13 |
| | BD | 5 | 14.35±10.20 | -43.56±36.58 | -57.91±41.94 |
| Haziran 2016 | AD | 5 | 31.47±56.80 | -155.98±137.12 | -187.45±86.99 |
| | Abant | 1 | 2.20 | -6.98 | -9.19 |
| | Mudurnu | 1 | 0.45 | -5.03 | -5.48 |
| | BD | 5 | 21.58±9.59 | -2.22±14.55 | -23.79±6.17 |
| Temmuz 2016 | AD | 5 | 23.82±52.80 | -18.17±53.85 | -42.00±2.67 |
| | Abant | 1 | 1.78 | -5.46 | -7.25 |
| | Mudurnu | 1 | 0.28 | -5.10 | -5.38 |
| | BD | 6 | 11.34±6.99 | -4.28±7.22 | -15.62±2.33 |
| Ağustos 2016 | AD | 6 | 0.18±0.11 | -60.40±23.39 | -60.57±23.35 |
| | Abant | 1 | 2.04 | -3.82 | -5.85 |
| | Mudurnu | 1 | 0.42 | -3.80 | -4.22 |
| | BD | 6 | 5.59±0.48 | -13.69±2.60 | -19.28±2.78 |
| Eylül 2016 | AD | 6 | 0.14±0.18 | -49.27±3.92 | -49.41±4.09 |
| | Abant | 1 | 2.41 | -14.35 | -16.76 |
| | Mudurnu | 1 | 0.22 | -2.71 | -2.93 |
| | BD | 6 | 7.23±3.04 | -4.44±3.74 | -11.67±1.93 |
| Ekim 2016 | AD | 6 | 0.13±0.15 | -47.12±2.44 | -47.25±2.41 |
| | Abant | 1 | 1.54 | -4.32 | -5.86 |
| | Mudurnu | 1 | 0.11 | -3.99 | -4.10 |
| | BD | 3 | 2.76±0.69 | -6.17±1.47 | -8.93±1.18 |
| Kasım 2016 | AD | 3 | 2.26±3.76 | -52.32±4.79 | -54.58±2.92 |
| | Abant | 1 | 0.91 | -3.41 | -4.32 |
| | Mudurnu | 1 | 0.38 | -3.87 | -4.25 |
| | BD | 6 | 1.83±0.90 | -8.85±2.78 | -10.68±2.14 |
| Aralık 2016 | AD | 6 | 0.93±2.05 | -55.35±7.90 | -56.28±6.01 |
| | Abant | 1 | 0.28 | -2.64 | -2.93 |
| | Mudurnu | 1 | 0.18 | -0.64 | -0.82 |
| | BD | 6 | 3.05±0.71 | -4.47±1.02 | -7.52±0.54 |
| | AD | 6 | 7.77±18.87 | -29.81±22.58 | -37.58±10.28 |

Çizelge 4.2. Ağustos 2015 – Aralık 2016 Arası Akarsu Kesitlerindeki Çevresel Değişkenlerin Aylara Göre Ortalama Değerleri.

| Tarih | Kesit | <i>n</i> * | <i>P</i> _{atm} (bar) | <i>T</i> _{hava} (°C) | BN (%) | D (m) | W (m) | Q (m ³ s ⁻¹) | V (m s ⁻¹) | K ₂ (min ⁻¹) | pH | SC (µS cm ⁻¹) | BOI ₅ (mg L ⁻¹) | TN (mg L ⁻¹) | TP (mg L ⁻¹) | NH ₄ -N (mg L ⁻¹) | NO ₃ -N (mg L ⁻¹) | Orto-PO ₄ (mg L ⁻¹) | Blk. (NTU) | Chl-a (µg L ⁻¹) |
|-----------------|---------|------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------|----------|----------|----------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------|------|------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------|--------------------------------|
| Ağustos 2015 | Abant | 4017 | 0.8889±0.001 | 17.5±4.9 | 80.5±18.2 | 0.175 | 2.0 | 0.0244 | 0.114 | 0.0218 | 7.12 | 301 | 1.0 | 0.519 | 0.011 | 0.049 | 0.470 | 0.01 | 4.3 | - |
| | Mudurnu | 4104 | 0.9123±0.001 | 20.0±7.1 | 75.0±25.4 | 0.12 | 1.2 | 0.0105 | 0.082 | 0.0351 | 7.43 | 550 | 1.0 | 5.00 | 0.028 | 0.060 | 3.065 | 0.024 | 51.4 | - |
| | BD | 8538 | 0.9439±0.003 | 23.7±7.4 | 69.8±24.9 | 0.405 | 10.5 | 1.7462 | 0.418 | 0.0110 | 7.6 | 570 | 3.1 | 4.355 | 0.114 | 0.158 | 2.990 | 0.071 | 8.2 | - |
| Eylül 2015 | AD | 8538 | 0.9439±0.003 | 23.7±7.4 | 69.8±24.9 | 0.376 | 15.4 | 2.6147 | 0.449 | 0.0133 | 6.91 | 970 | 82.7 | 25.1 | 1.954 | 6.275 | 1.465 | 0.606 | 98.8 | - |
| | Abant | 2928 | 0.8914±0.002 | 18.0±6.8 | 62.7±25.6 | 0.15 | 1.9 | 0.008 | 0.065 | 0.0199 | 7.44 | 306 | 1.2 | 0.419 | 0.013 | 0.037 | 0.380 | 0.006 | 1.3 | - |
| | Mudurnu | 2974 | 0.9162±0.003 | 19.4±9.4 | 61.7±28.7 | 0.10 | 1.2 | 0.006 | 0.057 | 0.0386 | 7.42 | 588 | 1.2 | 8.595 | 0.024 | 0.033 | 3.280 | 0.024 | 15.7 | - |
| Ekim 2015 | BD | 8869 | 0.9487±0.002 | 19.8±5.6 | 70.8±20.3 | 0.459 | 10.7 | 0.9676 | 0.196 | 0.0053 | 7.68 | 661 | 2.4 | 6.60 | 0.135 | 0.083 | 3.185 | 0.106 | 4.1 | - |
| | AD | 8869 | 0.9487±0.002 | 19.8±5.6 | 70.8±20.3 | 0.308 | 15.1 | 1.5527 | 0.335 | 0.0158 | 6.97 | 1090 | 139.0 | 47.0 | 5.040 | 13.04 | 1.39 | 1.040 | 122.1 | - |
| | Abant | 2999 | 0.8884±0.001 | 9.8±3.5 | 86.1±14.1 | 0.17 | 2.0 | 0.0315 | 0.13 | 0.0251 | 7.74 | 312 | 1.5 | 0.871 | 0.094 | 0.030 | 0.2 | 0.033 | 3.2 | - |
| Kasım 2015 | Mudurnu | 2949 | 0.9188±0.002 | 11.3±4.2 | 82.8±11.9 | 0.1 | 1.2 | 0.009 | 0.083 | 0.0496 | 7.83 | 606 | 1.0 | 6.930 | 0.025 | 0.015 | 6.755 | 0.025 | 7.7 | - |
| | BD | 8614 | 0.9523±0.004 | 13.5±3.2 | 90.0±10.7 | 0.443 | 11.1 | 1.0408 | 0.211 | 0.0059 | 7.48 | 637 | 1.0 | 5.20 | 0.233 | 0.130 | 4.645 | 0.225 | 12.5 | - |
| | AD | 8614 | 0.9523±0.004 | 13.5±3.2 | 90.0±10.7 | 0.323 | 15.0 | 1.7695 | 0.366 | 0.0153 | 7.23 | 1032 | 95.0 | 26.690 | 2.759 | 9.60 | 0.200 | 1.280 | 68.4 | - |
| Aralık 2015 | Abant | 2779 | 0.8971±0.002 | 6.7±4.1 | 87.7±13.2 | 0.185 | 2.3 | 0.0394 | 0.135 | 0.0220 | 7.33 | 298 | 1.0 | 0.466 | 0.120 | 0.030 | 0.2 | 0.120 | 1.7 | - |
| | Mudurnu | 2792 | 0.9281±0.001 | 5.7±4.7 | 89.7±8.2 | 0.12 | 1.6 | 0.0081 | 0.047 | 0.0242 | 7.53 | 638 | 1.0 | 6.10 | 0.807 | 0.015 | 5.86 | 0.807 | 7.1 | - |
| | BD | 4410 | 0.9466±0.005 | 9.7±6.9 | 63.8±22.7 | 0.482 | 11.3 | 1.2577 | 0.231 | 0.0054 | 7.61 | 638 | 1.0 | 4.555 | 0.630 | 0.235 | 4.315 | 0.630 | 9.8 | - |
| Ocak 2016 | AD | 4410 | 0.9466±0.005 | 9.7±6.9 | 63.8±22.7 | 0.330 | 15.3 | 1.9388 | 0.384 | 0.0152 | 7.02 | 1064.5 | 148.0 | 30.240 | 2.750 | 23.90 | 0.200 | 1.048 | 76.7 | - |
| | Abant | 2840 | 0.8934±0.001 | 0.5±0.9 | 90.7±3.8 | 0.215 | 2.5 | 0.0529 | 0.136 | 0.0168 | 7.18 | 305 | 1.0 | 0.385 | 0.150 | 0.120 | 0.2 | 0.150 | 1.1 | - |
| | Mudurnu | 2870 | 0.9243±0.001 | 1.7±1.5 | 88.9±6.7 | 0.13 | 1.6 | 0.0104 | 0.058 | 0.0240 | 7.46 | 697 | 1.0 | 5.330 | 0.410 | 0.035 | 5.235 | 0.410 | 9.4 | - |
| Şubat 2016 | BD | 8405 | 0.957±0.001 | 0.4±4.0 | 86.1±12.4 | 0.481 | 11.6 | 1.2992 | 0.233 | 0.0054 | 7.64 | 624 | 1.0 | 4.760 | 0.675 | 0.240 | 4.52 | 0.645 | 4.4 | - |
| | AD | 8405 | 0.957±0.001 | 0.4±4.0 | 86.1±12.4 | 0.351 | 15.5 | 2.1633 | 0.400 | 0.0139 | 7.07 | 1003 | 144.0 | 22.940 | 2.694 | 19.50 | 0.855 | 1.280 | 92.6 | - |
| | Abant | 2755 | 0.8890±0.003 | -1.6±1.7 | 95.9±2.5 | 0.295 | 5.2 | 0.4387 | 0.359 | 0.0179 | 7.82 | 292 | 1.0 | 0.621 | 0.135 | 0.105 | 0.2 | 0.135 | 2.1 | 5.05 |
| Mart 2016 | Mudurnu | 2800 | 0.9164±0.003 | 0.4±2.1 | 91.9±3.2 | 0.16 | 2.3 | 0.1325 | 0.355 | 0.0551 | 7.81 | 771 | 1.0 | 4.175 | 0.287 | 0.115 | 4.06 | 0.210 | 76.8 | ~0 |
| | BD | 8440 | 0.9442±0.008 | 1.4±6.3 | 84.7±17.0 | 0.589 | 12.1 | 3.5331 | 0.492 | 0.0062 | 7.69 | 598 | 1.0 | 4.195 | 0.602 | 0.235 | 3.815 | 0.320 | 9.7 | 24.37 |
| | AD | 8440 | 0.9442±0.008 | 1.4±6.3 | 84.7±17.0 | 0.554 | 15.5 | 4.2783 | 0.496 | 0.0069 | 7.46 | 848 | 36.0 | 14.820 | 1.508 | 8.750 | 2.090 | 0.600 | 33.3 | 75.2 |
| Nisan 2016 | Abant | 2860 | 0.8889±0.001 | 2.0±1.3 | 91.9±12.3 | 0.24 | 4.9 | 0.3352 | 0.376 | 0.0270 | 7.63 | 278 | 1.0 | 0.358 | 0.082 | 0.115 | 0.2 | 0.080 | 4.1 | 2.75 |
| | Mudurnu | 2859 | 0.9137±0.001 | 5.2±1.8 | 82.9±15.9 | 0.17 | 2.4 | 0.1816 | 0.480 | 0.0603 | 7.78 | 603 | 1.0 | 5.410 | 0.133 | 0.295 | 4.960 | 0.077 | 63.3 | 0.97 |
| | BD | 10000 | 0.9446±0.002 | 7.6±5.8 | 81.8±19.2 | 0.793 | 14.1 | 11.398 | 1.021 | 0.0058 | 7.86 | 374 | 1.0 | 2.20 | 0.346 | 0.210 | 1.860 | 0.285 | 95.5 | 37.71 |
| Mayıs 2016 | AD | 10000 | 0.9446±0.002 | 7.6±5.8 | 81.8±19.2 | 0.81 | 17.8 | 12.199 | 0.846 | 0.0049 | 7.82 | 519 | 25.0 | 7.410 | 1.158 | 3.800 | 1.865 | 0.360 | 116.0 | 51.37 |
| | Abant | 2996 | 0.8887±0.003 | 1.3±4.1 | 77.0±16.5 | 0.305 | 5.2 | 0.6179 | 0.493 | 0.0208 | 7.66 | 258 | 1.0 | 0.439 | 0.115 | 0.110 | 0.2 | 0.080 | 1.3 | 13.24 |
| | Mudurnu | 2977 | 0.9148±0.003 | 2.9±5.1 | 71.0±19.8 | 0.145 | 2.3 | 0.1197 | 0.412 | 0.0730 | 7.89 | 528 | 1.0 | 4.478 | 0.095 | 0.066 | 4.360 | 0.070 | 20.2 | ~0 |
| Haziran 2016 | BD | 8725 | 0.9407±0.005 | 11.0±6.2 | 64.3±23.7 | 0.811 | 14.0 | 7.9433 | 0.698 | 0.0043 | 7.85 | 425 | 1.0 | 2.560 | 0.325 | 0.260 | 2.010 | 0.325 | 35.4 | 33.3 |
| | AD | 8725 | 0.9407±0.005 | 11.0±6.2 | 64.3±23.7 | 0.765 | 16.9 | 8.155 | 0.632 | 0.0045 | 7.55 | 605 | 36.0 | 9.200 | 0.991 | 5.050 | 1.585 | 0.605 | 54.0 | 249.29 |

Çizelge 4.2. (Devam).

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------|-------|--------------|----------|-----------|--------|-------|---------|-------|--------|------|------|------|-------|--------|-------|--------|-------|------|--------|
| Nisan 2016 | Abant | 2895 | 0.8859±0.004 | 10.6±5.2 | 72.8±18.8 | 0.245 | 5 | 0.3955 | 0.431 | 0.0285 | 7.69 | 259 | 1.0 | 0.668 | 0.1 | 0.06 | 0.2 | 0.1 | 2.3 | 10.26 |
| | Mudurnu | 2908 | 0.9166±0.004 | 12.2±6.7 | 67.8±19.0 | 0.145 | 2.1 | 0.1005 | 0.399 | 0.0715 | 7.76 | 507 | 1.0 | 3.87 | 0.1 | 0.07 | 3.64 | 0.1 | 24.2 | 0.08 |
| | BD | 8669 | 0.9458±0.004 | 15.3±9.9 | 59.2±28.3 | 0.6795 | 13 | 4.5078 | 0.510 | 0.0048 | 7.76 | 493 | 1.0 | 4.4 | 0.2575 | 1.3 | 2.6 | 0.205 | 22.3 | 28.82 |
| | AD | 8669 | 0.9458±0.004 | 15.3±9.9 | 59.2±28.3 | 0.576 | 16.05 | 4.7747 | 0.517 | 0.0066 | 7.33 | 710 | 51.0 | 13.8 | 1.538 | 10.2 | 1.455 | 0.68 | 53.5 | 170.03 |
| Mayıs 2016 | Abant | 2854 | 0.8861±0.001 | 10±5.5 | 71.3±17.7 | 0.205 | 4.8 | 0.2561 | 0.356 | 0.0349 | 7.74 | 270 | 1.0 | 0.743 | 0.185 | 0.07 | 0.2 | 0.185 | 1.8 | 2.24 |
| | Mudurnu | 2877 | 0.9195±0.002 | 10.5±6.7 | 69.9±21.7 | 0.12 | 2.1 | 0.06325 | 0.302 | 0.0842 | 7.81 | 498 | 1.0 | 3.32 | 0.105 | 0.08 | 3.22 | 0.105 | 23.6 | ~0 |
| | BD | 8774 | 0.9391±0.003 | 13.6±4.4 | 82.1±16.7 | 0.755 | 13.25 | 6.3364 | 0.632 | 0.0046 | 8.00 | 437 | 1.0 | 2.755 | 0.338 | 0.33 | 1.715 | 0.22 | 26.4 | 48.68 |
| | AD | 8774 | 0.9391±0.003 | 13.6±4.4 | 82.1±16.7 | 0.710 | 16.35 | 7.1512 | 0.614 | 0.0050 | 7.50 | 630 | 38.0 | 12.84 | 1.376 | 8.1 | 1.1635 | 0.57 | 61.7 | 23.23 |
| Haziran 2016 | Abant | 2915 | 0.8889±0.002 | 18.3±8.1 | 66.8±25.9 | 0.185 | 3.8 | 0.1449 | 0.274 | 0.0354 | 7.77 | 269 | 1.0 | 0.473 | 0.075 | 0.04 | 0.2 | 0.075 | 1.4 | 13.34 |
| | Mudurnu | 2993 | 0.9209±0.002 | 17.3±7.3 | 70.7±21.1 | 0.11 | 2.1 | 0.04255 | 0.230 | 0.0823 | 7.70 | 489 | 1.0 | 3.61 | 0.18 | 0.055 | 3.335 | 0.18 | 32.2 | ~0 |
| | BD | 8759 | 0.9428±0.002 | 23.8±6.3 | 68.0±23.0 | 0.462 | 11.35 | 1.1329 | 0.215 | 0.0055 | 8.03 | 535 | 1.0 | 4.125 | 0.4775 | 0.165 | 3.615 | 0.465 | 10.4 | 9.01 |
| | AD | 8759 | 0.9428±0.002 | 23.8±6.3 | 68.0±23.0 | 0.356 | 15.25 | 1.7402 | 0.320 | 0.0117 | 7.33 | 922 | 73.0 | 21.9 | 2.08 | 17.7 | 0.2 | 0.71 | 76.7 | 39.64 |
| Temmuz 2016 | Abant | 2889 | 0.8827±0.002 | 20.3±8.9 | 59.8±26.9 | 0.15 | 2.7 | 0.0274 | 0.121 | 0.0302 | 7.72 | 303 | 1.0 | 0.682 | 0.18 | 0.09 | 0.2 | 0.18 | 1.4 | 2.9 |
| | Mudurnu | 2922 | 0.9125±0.002 | 20.0±8.0 | 66.7±22.6 | 0.1 | 1.8 | 0.01475 | 0.104 | 0.0577 | 7.88 | 575 | 1.0 | 6.675 | 0.3675 | 0.09 | 5.945 | 0.33 | 35.0 | ~0 |
| | BD | 10000 | 0.9416±0.003 | 20.4±5.6 | 72.5±19.3 | 0.457 | 11.05 | 1.1290 | 0.224 | 0.0058 | 8.18 | 587 | 1.0 | 5.385 | 0.195 | 0.17 | 4.71 | 0.195 | 16.1 | 30.26 |
| | AD | 10000 | 0.9416±0.003 | 20.4±5.6 | 72.5±19.3 | 0.358 | 15.15 | 1.7719 | 0.327 | 0.0117 | 7.47 | 955 | 62.0 | 20.7 | 1.935 | 16.75 | 0.685 | 0.68 | 96.6 | 34.35 |
| Ağustos 2016 | Abant | 2857 | 0.8839±0.001 | 21.4±6.5 | 70.9±22.7 | 0.11 | 2.4 | 0.0055 | 0.034 | 0.0227 | 7.65 | 320 | 1.0 | 0.493 | 0.17 | 0.055 | 0.2 | 0.17 | 1.3 | 2.38 |
| | Mudurnu | 2918 | 0.9133±0.002 | 22.3±6.1 | 68.0±18.8 | 0.095 | 1.7 | 0.00645 | 0.049 | 0.0381 | 7.52 | 600 | 1.0 | 9.11 | 0.18 | 0.055 | 9.025 | 0.18 | 19.9 | ~0 |
| | BD | 10000 | 0.9418±0.003 | 19.5±5.4 | 76.2±18.6 | 0.464 | 11.25 | 1.2354 | 0.235 | 0.0058 | 8.01 | 619 | 1.0 | 5.71 | 0.31 | 0.23 | 5.195 | 0.31 | 24.9 | 12.68 |
| | AD | 10000 | 0.9418±0.003 | 19.5±5.4 | 76.2±18.6 | 0.386 | 15.1 | 2.1215 | 0.361 | 0.0109 | 7.55 | 940 | 88.0 | 21.1 | 2.367 | 17.75 | 0.223 | 1.17 | 85.2 | 27.09 |
| Eylül 2016 | Abant | 2905 | 0.8875±0.002 | 9.1±2.5 | 91.1±8.7 | 0.125 | 2.5 | 0.0085 | 0.045 | 0.0218 | 7.60 | 620 | 5.0 | 2.060 | 0.352 | 1.325 | 0.2 | 0.23 | 4.8 | 2.39 |
| | Mudurnu | 2906 | 0.9166±0.002 | 11.4±2.6 | 87.5±8.2 | 0.105 | 1.8 | 0.01585 | 0.113 | 0.0559 | 7.96 | 668 | 1.0 | 5.325 | 0.095 | 0.095 | 5.16 | 0.095 | 36.1 | ~0 |
| | BD | 10000 | 0.9479±0.003 | 12.6±4.4 | 80.8±15.7 | 0.395 | 10.7 | 0.8856 | 0.209 | 0.0073 | 8.00 | 673 | 1.0 | 5.965 | 0.152 | 0.16 | 5.69 | 0.14 | 10.6 | 18.75 |
| | AD | 10000 | 0.9479±0.003 | 12.6±4.4 | 80.8±15.7 | 0.349 | 14.55 | 1.6057 | 0.316 | 0.0121 | 7.58 | 1018 | 31.0 | 26 | 2.301 | 23.25 | 1.23 | 0.88 | 70.6 | 87.99 |
| Ekim 2016 | Abant | 2852 | 0.8861±0.003 | 11.1±4.2 | 81.7±15.8 | 0.11 | 2.4 | 0.0045 | 0.021 | 0.0167 | 7.62 | 332 | 1.0 | 0.472 | 0.11 | 0.11 | 0.2 | 0.11 | 0.9 | 1.91 |
| | Mudurnu | 2843 | 0.9177±0.004 | 11.7±5.1 | 82.1±15.1 | 0.1 | 1.8 | 0.0094 | 0.069 | 0.0437 | 7.41 | 643 | 1.0 | 6.105 | 0.065 | 0.07 | 5.795 | 0.065 | 13.5 | ~0 |
| | BD | 5788 | 0.9508±0.002 | 9.5±4.8 | 79.1±15.2 | 0.370 | 10.8 | 0.8172 | 0.204 | 0.0081 | 7.72 | 691 | 1.0 | 6.515 | 0.15 | 0.19 | 5.77 | 0.125 | 11.3 | 39.72 |
| | AD | 5788 | 0.9508±0.002 | 9.5±4.8 | 79.1±15.2 | 0.346 | 14.5 | 1.5725 | 0.313 | 0.0122 | 7.13 | 1080 | 60.0 | 27.25 | 1.889 | 22.25 | 0.4 | 0.755 | 59.3 | 217.55 |
| Kasım 2016 | Abant | 2875 | 0.8846±0.003 | 10.2±3.4 | 69.6±13.4 | 0.115 | 2.4 | 0.0045 | 0.020 | 0.0146 | 7.59 | 383 | 1.0 | 0.391 | 0.055 | 0.045 | 0.2 | 0.055 | 1.8 | 4.31 |
| | Mudurnu | 2891 | 0.9146±0.004 | 10.7±5.0 | 69.2±16.9 | 0.1 | 1.7 | 0.00905 | 0.072 | 0.0451 | 7.48 | 672 | 1.0 | 4.915 | 0.0875 | 0.095 | 4.75 | 0.08 | 21.6 | ~0 |
| | BD | 10000 | 0.9495±0.003 | 6.0±6.4 | 78.0±18.2 | 0.343 | 10.5 | 0.7924 | 0.220 | 0.0098 | 7.71 | 675 | 1.0 | 5.605 | 0.2165 | 0.25 | 5.1 | 0.185 | 10.0 | 32.12 |
| | AD | 10000 | 0.9495±0.003 | 6.0±6.4 | 78.0±18.2 | 0.340 | 15.0 | 1.5558 | 0.305 | 0.0123 | 7.09 | 1024 | 94.0 | 22.45 | 1.985 | 22.25 | 0.2 | 0.96 | 43.0 | 194.91 |
| Aralık 2016 | Abant | 2896 | 0.8942±0.002 | -3.3±4.9 | 83.1±15.4 | 0.155 | 2.9 | 0.0449 | 0.158 | 0.0339 | 7.52 | 317 | 1.0 | 0.459 | 0.195 | 0.15 | 0.2 | 0.195 | 1.3 | 2.14 |
| | Mudurnu | 2914 | 0.9285±0.002 | -3.6±3.9 | 79.7±7.8 | 0.105 | 1.7 | 0.0105 | 0.080 | 0.0442 | 7.62 | 717 | 1.0 | 5.46 | 0.165 | 0.06 | 5.07 | 0.165 | 28.9 | ~0 |
| | BD | 10000 | 0.9512±0.005 | 0.1±5.4 | 83.2±14.2 | 0.337 | 10.85 | 0.8534 | 0.234 | 0.0105 | 7.83 | 734 | 1.0 | 6.37 | 0.19 | 0.31 | 5.465 | 0.18 | 11.7 | 39.09 |
| | AD | 10000 | 0.9512±0.005 | 0.1±5.4 | 83.2±14.2 | 0.350 | 15.15 | 1.6982 | 0.320 | 0.0121 | 7.30 | 1105 | 94.0 | 21.5 | 1.785 | 18.75 | 0.817 | 0.89 | 51.1 | 40.78 |

n^* : P_{atm} , T_{hava} ve BN 'nin veri (örnek) sayıları. Tablodaki diğer değişkenler her ay ikişer kez ($n=2$) ölçülmüştür.

Çizelge 4.3. Ortalama Metabolizma Bileşenleri ve Çevresel Değişkenlerin Aralıkları (Her Bir Bileşen ve Değişken için $n = 17$)

| Bileşenler ve Değişkenler | Birim | Abant | | Mudurnu | | BD | | AD | |
|---------------------------|-----------------------------------------------------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|----------|--------|
| | | Min | Maks | Min | Maks | Min | Maks | Min | Maks |
| BBÜ | gr O ₂ m ⁻² gün ⁻¹ | 0.26 | 2.68 | 0.08 | 1.23 | 0.34 | 114.75 | 0.13 | 39.13 |
| NEM | gr O ₂ m ⁻² gün ⁻¹ | -14.76 | -0.39 | -5.23 | -0.64 | -358.2 | 74.48 | -961.87 | -13.19 |
| S _k | gr O ₂ m ⁻² gün ⁻¹ | -16.76 | -1.72 | -5.48 | -0.82 | -358.54 | -7.52 | -1000.99 | -37.58 |
| P _{atm} | bar | 0.8827 | 0.8971 | 0.9123 | 0.9285 | 0.9391 | 0.957 | 0.9391 | 0.957 |
| T _{hava} | °C | -3.3 | 21.4 | -3.6 | 22.3 | 0.1 | 23.8 | 0.1 | 23.8 |
| BN | % | 59.8 | 95.9 | 61.7 | 91.9 | 59.2 | 90 | 59.2 | 90 |
| D | m | 0.11 | 0.305 | 0.095 | 0.17 | 0.337 | 0.811 | 0.308 | 0.81 |
| W | m | 1.9 | 5.2 | 1.2 | 2.4 | 10.5 | 14.1 | 14.5 | 17.8 |
| Q | m ³ s ⁻¹ | 0.0045 | 0.6179 | 0.006 | 0.1816 | 0.7924 | 11.398 | 1.5527 | 12.199 |
| V | m s ⁻¹ | 0.02 | 0.493 | 0.047 | 0.48 | 0.196 | 1.021 | 0.305 | 0.846 |
| K ₂ | min ⁻¹ | 0.0146 | 0.0354 | 0.024 | 0.0842 | 0.0043 | 0.011 | 0.0045 | 0.0158 |
| pH | - | 7.12 | 7.82 | 7.41 | 7.96 | 7.48 | 8.18 | 6.91 | 7.82 |
| SC | µS cm ⁻¹ | 258 | 620 | 489 | 771 | 374 | 734 | 519 | 1105 |
| BOİ ₅ | mg L ⁻¹ | 1 | 5 | 1 | 1.2 | 1 | 3.1 | 25 | 148 |
| TN | mg L ⁻¹ | 0.358 | 2.06 | 3.32 | 9.11 | 2.2 | 6.6 | 7.41 | 47 |
| TP | mg L ⁻¹ | 0.011 | 0.352 | 0.024 | 0.807 | 0.114 | 0.675 | 0.991 | 5.04 |
| NH ₄ -N | mg L ⁻¹ | 0.03 | 1.325 | 0.015 | 0.295 | 0.083 | 1.3 | 3.8 | 23.9 |
| NO ₃ -N | mg L ⁻¹ | 0.2 | 0.47 | 3.065 | 9.025 | 1.715 | 5.77 | 0.2 | 2.09 |
| Orto-PO ₄ -P | mg L ⁻¹ | 0.006 | 0.23 | 0.024 | 0.807 | 0.071 | 0.645 | 0.36 | 1.28 |
| Blk. | NTU | 0.9 | 4.8 | 7.1 | 76.8 | 4.1 | 95.5 | 33.3 | 122.1 |
| Chl-a | µg L ⁻¹ | 1.91 | 13.34 | 0 | 0.97 | 9.01 | 48.68 | 23.23 | 249.29 |

4.2 Betimleyici İstatistikler

Çoklu doğrusal olmayan regresyon modelleri için kullanılan açıklayıcı ve yanıt değişkenlerinin betimleyici istatistikleri sırasıyla Çizelge 4.4 ve 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Açıklayıcı Değişkenlerin Betimleyici İstatistikleri

| Değişken | Kesit | n | Ort. | SD | Min. | Maks. | Medyan | CV | Çarpıklık | Basıklık |
|--------------------------------------------|---------|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|----------|
| T _{hava} (°C) | Abant | 18 | 10.05 | 7.86 | -3.58 | 21.84 | 9.98 | 78.23 | -0.2 | -1.08 |
| | Mudurnu | 18 | 11.24 | 7.89 | -4.23 | 23.04 | 12.06 | 70.16 | -0.29 | -0.83 |
| | BD | 81 | 11.706 | 7.852 | -5.274 | 24.139 | 12.746 | 67.08 | -0.29 | -0.86 |
| | AD | 81 | 11.706 | 7.852 | -5.274 | 24.139 | 12.746 | 67.08 | -0.29 | -0.86 |
| BN (%) | Abant | 18 | 79.77 | 11.47 | 59.71 | 96.9 | 79.65 | 14.38 | -0.1 | -1.27 |
| | Mudurnu | 18 | 77.02 | 10.11 | 60.53 | 92.36 | 74.22 | 13.13 | 0.18 | -1.45 |
| | BD | 81 | 74.75 | 13.53 | 41.76 | 97.52 | 76.81 | 18.1 | -0.82 | 0.28 |
| | AD | 81 | 74.75 | 13.53 | 41.76 | 97.52 | 76.81 | 18.1 | -0.82 | 0.28 |
| P _{atm} (mm Hg) | Abant | 18 | 666.43 | 3.12 | 661.93 | 673.34 | 666.51 | 0.47 | 0.69 | 0.24 |
| | Mudurnu | 18 | 688.19 | 4.02 | 684.11 | 697.53 | 687.19 | 0.58 | 1.23 | 0.73 |
| | BD | 81 | 709.84 | 4.38 | 700.3 | 718.5 | 709.98 | 0.62 | -0.07 | -0.6 |
| | AD | 81 | 709.84 | 4.38 | 700.3 | 718.5 | 709.98 | 0.62 | -0.07 | -0.6 |
| T _{su} (°C) | Abant | 18 | 12.86 | 7.5 | 1.24 | 22.54 | 14.15 | 58.33 | -0.22 | -1.34 |
| | Mudurnu | 18 | 10.53 | 4.66 | 1.41 | 17 | 11.21 | 44.23 | -0.44 | -0.94 |
| | BD | 81 | 12.404 | 5.723 | 1.494 | 21.842 | 12.263 | 46.14 | -0.02 | -1.05 |
| | AD | 81 | 14.502 | 4.461 | 4.177 | 21.117 | 14.09 | 30.76 | -0.3 | -0.87 |
| BOİ ₅ (mg L ⁻¹) | Abant | 18 | 1.258 | 0.942 | 1 | 5 | 1 | 74.83 | 4.13 | 17.3 |
| | Mudurnu | 18 | 1.0086 | 0.0365 | 1 | 1.155 | 1 | 3.62 | 4.24 | 18 |
| | BD | 81 | 1.114 | 0.4113 | 1 | 3.105 | 1 | 36.92 | 3.51 | 11.25 |
| | AD | 81 | 79.63 | 39.16 | 25 | 148 | 73 | 49.18 | 0.46 | -0.95 |
| TN (mg L ⁻¹) | Abant | 18 | 0.6131 | 0.3863 | 0.3575 | 2.06 | 0.4825 | 63.01 | 3.42 | 12.96 |
| | Mudurnu | 18 | 5.523 | 1.561 | 3.32 | 9.11 | 5.328 | 28.27 | 0.93 | 0.76 |
| | BD | 81 | 4.946 | 1.205 | 2.2 | 6.6 | 5.2 | 24.37 | -0.62 | -0.38 |
| | AD | 81 | 22.372 | 8.578 | 7.41 | 47 | 21.9 | 38.34 | 1.1 | 2.24 |
| TP (mg L ⁻¹) | Abant | 18 | 0.1196 | 0.0822 | 0.0114 | 0.352 | 0.1125 | 68.7 | 1.12 | 2.66 |
| | Mudurnu | 18 | 0.1767 | 0.1936 | 0.0243 | 0.8065 | 0.1025 | 109.6 | 2.31 | 6.18 |
| | BD | 81 | 0.3245 | 0.1774 | 0.1135 | 0.675 | 0.2575 | 54.67 | 0.87 | -0.64 |
| | AD | 81 | 2.1907 | 0.8922 | 0.991 | 5.04 | 1.985 | 40.72 | 1.85 | 4.26 |
| NH ₄ -N (mg L ⁻¹) | Abant | 18 | 0.1439 | 0.297 | 0.03 | 1.325 | 0.065 | 206.42 | 4.14 | 17.36 |
| | Mudurnu | 18 | 0.0757 | 0.061 | 0.015 | 0.295 | 0.0628 | 80.55 | 2.91 | 10.61 |
| | BD | 81 | 0.2813 | 0.2704 | 0.083 | 1.3 | 0.235 | 96.12 | 3.37 | 10.5 |
| | AD | 81 | 15.709 | 6.136 | 3.8 | 23.9 | 17.7 | 39.06 | -0.31 | -1.24 |
| NO ₃ -N (mg L ⁻¹) | Abant | 18 | 0.24 | 0.0937 | 0.2 | 0.47 | 0.2 | 39.06 | 2.1 | 2.92 |
| | Mudurnu | 18 | 4.81 | 1.545 | 3.065 | 9.025 | 4.855 | 32.12 | 1.12 | 1.85 |
| | BD | 81 | 4.142 | 1.256 | 1.715 | 5.77 | 4.52 | 30.32 | -0.61 | -0.81 |
| | AD | 81 | 0.8562 | 0.6007 | 0.2 | 2.09 | 0.817 | 70.16 | 0.4 | -0.99 |
| Orto-PO ₄ (mg L ⁻¹) | Abant | 18 | 0.1069 | 0.069 | 0.006 | 0.23 | 0.105 | 64.57 | 0.06 | -1.03 |
| | Mudurnu | 18 | 0.165 | 0.1921 | 0.0238 | 0.8065 | 0.0975 | 116.43 | 2.5 | 7.2 |
| | BD | 81 | 0.2855 | 0.1658 | 0.0706 | 0.645 | 0.22 | 58.06 | 1.17 | 0.23 |
| | AD | 81 | 0.8743 | 0.2415 | 0.36 | 1.28 | 0.88 | 27.62 | 0.25 | -1.06 |
| Bulanıklık (NTU) | Abant | 18 | 2.241 | 1.284 | 0.901 | 4.813 | 1.74 | 57.29 | 1 | -0.53 |
| | Mudurnu | 18 | 29.89 | 19.61 | 7.11 | 76.75 | 23.91 | 65.63 | 1.04 | 0.53 |
| | BD | 81 | 15.58 | 12.27 | 4.09 | 95.51 | 11.25 | 78.73 | 3.76 | 21.8 |
| | AD | 81 | 70.9 | 22.82 | 33.34 | 122.05 | 70.58 | 32.18 | 0.49 | -0.21 |
| SC (µS cm ⁻¹) | Abant | 18 | 317.9 | 80.8 | 258 | 619.5 | 302 | 25.4 | 3.39 | 12.8 |
| | Mudurnu | 18 | 605.4 | 79.4 | 488.5 | 771 | 601.3 | 13.12 | 0.35 | -0.49 |
| | BD | 81 | 600.1 | 90.6 | 374 | 734 | 624 | 15.09 | -0.77 | -0.26 |
| | AD | 81 | 932.8 | 161.8 | 519 | 1105 | 1003 | 17.35 | -1.08 | -0.08 |
| pH | Abant | 18 | 7.5511 | 0.2228 | 7.12 | 7.82 | 7.625 | 2.95 | -1.02 | -0.15 |
| | Mudurnu | 18 | 7.6497 | 0.1923 | 7.405 | 7.96 | 7.655 | 2.51 | 0.09 | -1.66 |
| | BD | 81 | 7.817 | 0.1912 | 7.48 | 8.175 | 7.755 | 2.45 | 0.21 | -0.93 |
| | AD | 81 | 7.3119 | 0.2149 | 6.91 | 7.82 | 7.33 | 2.94 | -0.15 | -1.13 |
| Chl-a (µg L ⁻¹) | Abant | 18 | 4.358 | 3.798 | 1.915 | 13.341 | 2.395 | 87.15 | 1.84 | 2.09 |
| | Mudurnu | 18 | 0.0587 | 0.2295 | 0 | 0.9749 | 0 | 390.87 | 4.19 | 17.7 |
| | BD | 81 | 29.24 | 10.83 | 9.01 | 48.68 | 32.12 | 37.05 | -0.29 | -0.75 |
| | AD | 81 | 107.78 | 79.53 | 23.23 | 249.29 | 87.99 | 73.8 | 0.5 | -1.43 |

Çizelge 4.5. Yanıt Değişkenlerinin Betimleyici İstatistikleri

| Değişken | Kesit | n | Ort. | SD | Min. | Maks. | Medyan | CV | Çarpıklık | Basıklık |
|--------------------------------------------------------------------------|---------|----|--------|--------|---------|--------|--------|---------|-----------|----------|
| BBÜ (gr O ₂ m ⁻² gün ⁻¹) | Abant | 18 | 1.424 | 0.86 | 0.261 | 2.929 | 1.472 | 60.4 | 0.11 | -1.43 |
| | Mudurnu | 18 | 0.3706 | 0.3376 | 0.0783 | 1.232 | 0.2507 | 91.11 | 1.68 | 1.8 |
| | BD | 81 | 15.63 | 27.97 | 0.34 | 142.24 | 5.3 | 178.97 | 3.31 | 11.16 |
| | AD | 81 | 9.09 | 27.55 | 0 | 164.19 | 0.17 | 303.12 | 4.27 | 19.06 |
| NEM (gr O ₂ m ⁻² gün ⁻¹) | Abant | 18 | -5.08 | 4.27 | -14.76 | 0.23 | -3.74 | -84.2 | -1.38 | 1.2 |
| | Mudurnu | 18 | -3.058 | 1.591 | -5.232 | -0.618 | -3.176 | -52.02 | 0.13 | -1.4 |
| | BD | 81 | -15.01 | 52.74 | -358.2 | 127.31 | -7.74 | -351.29 | -3.37 | 23.08 |
| | AD | 81 | -121.8 | 201.7 | -1063 | 109.5 | -57.5 | -165.57 | -3.33 | 11.68 |
| S _k (gr O ₂ m ⁻² gün ⁻¹) | Abant | 18 | -6.5 | 4.234 | -16.762 | -1.719 | -5.736 | -65.14 | -1.41 | 1.4 |
| | Mudurnu | 18 | -3.428 | 1.556 | -5.482 | -0.825 | -3.689 | -45.39 | 0.28 | -1.17 |
| | BD | 81 | -30.64 | 48.87 | -358.54 | -6.9 | -15.27 | -159.48 | -4.74 | 27.09 |
| | AD | 81 | -130.9 | 200.9 | -1064.8 | -29.1 | -60.6 | -153.48 | -3.45 | 12.16 |

4.3 Çevresel Değişkenler ile Metabolizma Bileşenleri Arasındaki Doğrusal İlişkiler

Çevresel değişkenler ile metabolizma bileşenleri arasındaki doğrusal ilişkilerin tespit edilmesi için kullanılan Pearson korelasyon matrislerinin sonuçları Çizelge 4.6 – 4.9’da verilmiştir. Pearson korelasyon matrislerindeki ikinci satırlarda yer alan değerler *p* değerleridir (bkz. Çizelge 4.6 – 4.9).

Çizelge 4.6. Abant Kesiti için Pearson Korelasyon Matrisi (*n* = 306)

| Abant | BBÜ | NEM | S _k | T _{hava} | BN | P _{atm} | T _{su} | BOİ ₅ | TN | TP | NH ₄ -N | NO ₃ -N | Orto-PO ₄ | Blk. | SC | pH |
|----------------------|--------|--------|----------------|-------------------|--------|------------------|-----------------|------------------|--------|--------|--------------------|--------------------|----------------------|--------|--------|-------|
| NEM | 0.147 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0.56 | | | | | | | | | | | | | | | |
| S _k | -0.054 | 0.98 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0.83 | <0.001 | | | | | | | | | | | | | | |
| T _{hava} | 0.771 | 0.131 | -0.024 | | | | | | | | | | | | | |
| | <0.001 | 0.604 | 0.924 | | | | | | | | | | | | | |
| BN | -0.447 | -0.374 | -0.286 | -0.612 | | | | | | | | | | | | |
| | 0.063 | 0.127 | 0.249 | 0.007 | | | | | | | | | | | | |
| P _{atm} | -0.443 | 0.2 | 0.292 | -0.483 | 0.362 | | | | | | | | | | | |
| | 0.065 | 0.426 | 0.239 | 0.042 | 0.139 | | | | | | | | | | | |
| T _{su} | 0.795 | 0.073 | -0.088 | 0.952 | -0.521 | -0.356 | | | | | | | | | | |
| | <0.001 | 0.773 | 0.729 | <0.001 | 0.026 | 0.148 | | | | | | | | | | |
| BOİ ₅ | 0.258 | -0.607 | -0.666 | 0.004 | 0.242 | -0.082 | 0.11 | | | | | | | | | |
| | 0.301 | 0.008 | 0.003 | 0.986 | 0.333 | 0.747 | 0.664 | | | | | | | | | |
| TN | 0.333 | -0.689 | -0.763 | 0.058 | 0.207 | -0.204 | 0.182 | 0.952 | | | | | | | | |
| | 0.177 | 0.002 | <0.001 | 0.82 | 0.41 | 0.418 | 0.47 | <0.001 | | | | | | | | |
| TP | -0.011 | -0.492 | -0.494 | -0.261 | 0.236 | -0.061 | -0.178 | 0.684 | 0.723 | | | | | | | |
| | 0.965 | 0.038 | 0.037 | 0.296 | 0.346 | 0.811 | 0.481 | 0.002 | 0.001 | | | | | | | |
| NH ₄ -N | 0.232 | -0.526 | -0.578 | -0.088 | 0.271 | -0.064 | 0.006 | 0.978 | 0.916 | 0.747 | | | | | | |
| | 0.354 | 0.025 | 0.012 | 0.73 | 0.276 | 0.8 | 0.98 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | | | | | | |
| NO ₃ -N | 0.493 | 0.437 | 0.341 | 0.451 | -0.201 | 0.116 | 0.538 | -0.106 | -0.139 | -0.593 | -0.149 | | | | | |
| | 0.037 | 0.07 | 0.167 | 0.061 | 0.424 | 0.648 | 0.021 | 0.676 | 0.582 | 0.009 | 0.556 | | | | | |
| Orto-PO ₄ | -0.069 | -0.264 | -0.253 | -0.283 | 0.177 | -0.04 | -0.247 | 0.399 | 0.455 | 0.928 | 0.503 | -0.642 | | | | |
| | 0.786 | 0.289 | 0.312 | 0.255 | 0.483 | 0.874 | 0.323 | 0.101 | 0.058 | <0.001 | 0.033 | 0.004 | | | | |
| Blk. | 0.337 | -0.295 | -0.366 | 0.076 | 0.393 | -0.082 | 0.172 | 0.517 | 0.516 | 0.004 | 0.47 | 0.453 | -0.222 | | | |
| | 0.171 | 0.235 | 0.135 | 0.765 | 0.107 | 0.745 | 0.495 | 0.028 | 0.028 | 0.986 | 0.049 | 0.059 | 0.376 | | | |
| SC | 0.205 | -0.489 | -0.535 | 0.04 | 0.22 | -0.134 | 0.12 | 0.93 | 0.842 | 0.63 | 0.921 | -0.088 | 0.391 | 0.426 | | |
| | 0.415 | 0.04 | 0.022 | 0.876 | 0.38 | 0.595 | 0.636 | <0.001 | <0.001 | 0.005 | <0.001 | 0.729 | 0.109 | 0.078 | | |
| pH | -0.181 | -0.611 | -0.58 | -0.099 | -0.119 | -0.485 | -0.213 | 0.077 | 0.199 | 0.355 | 0.068 | -0.712 | 0.349 | -0.279 | -0.015 | |
| | 0.473 | 0.007 | 0.012 | 0.697 | 0.639 | 0.041 | 0.396 | 0.762 | 0.428 | 0.149 | 0.79 | 0.001 | 0.156 | 0.262 | 0.952 | |
| Chl-a | 0.04 | 0.022 | 0.014 | -0.055 | -0.287 | -0.048 | -0.184 | -0.154 | -0.149 | -0.146 | -0.137 | -0.235 | -0.152 | -0.237 | -0.316 | 0.351 |
| | 0.873 | 0.932 | 0.957 | 0.829 | 0.248 | 0.851 | 0.464 | 0.541 | 0.555 | 0.562 | 0.589 | 0.348 | 0.548 | 0.343 | 0.202 | 0.154 |

Abant kesiti için T_{hava} ile BBÜ arasında pozitif yönde korelasyonun yüksek iken S_k arasında ise korelasyonun düşük olduğu, BN ile BBÜ, NEM ve S_k arasında negatif yönde korelasyonun olduğu, P_{atm} ile BBÜ arasında negatif yönde, NEM ve S_k arasında ise pozitif yönde korelasyonun olduğu, T_{su} ile BBÜ arasında pozitif yönde korelasyonun yüksek iken NEM ve S_k arasında ise korelasyonun düşük olduğu, BOI_5 ile BBÜ arasında pozitif yönde, NEM ve S_k arasında ise negatif yönde korelasyonun olduğu, TN ile BBÜ arasında pozitif yönde, NEM ve S_k arasında ise negatif yönde (yüksek) korelasyonun olduğu, TP ile BBÜ arasında korelasyon düşük iken NEM ve S_k arasında ise negatif yönde korelasyonun olduğu, $\text{NH}_4\text{-N}$ ile BBÜ arasında pozitif yönde, NEM ve S_k arasında ise negatif yönde korelasyonun olduğu, $\text{NO}_3\text{-N}$ ile BBÜ, NEM ve S_k arasında pozitif yönde korelasyonun olduğu, orto- PO_4 ile BBÜ arasında korelasyon düşük iken NEM ve S_k arasında ise negatif yönde korelasyonun olduğu, bulanıklık ile BBÜ arasında pozitif yönde, NEM ve S_k arasında ise negatif yönde korelasyonun olduğu, SC ile BBÜ arasında pozitif yönde, NEM ve S_k arasında ise negatif yönde korelasyonun olduğu, pH ile BBÜ, NEM ve S_k arasında negatif yönde korelasyonun olduğu, chl-a ile BBÜ, NEM ve S_k arasında korelasyonun düşük olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.7. Mudurnu Kesiti için Pearson Korelasyon Matrisi ($n = 306$)

| Mudurnu | BBÜ | NEM | S _k | T _{hava} | BN | P _{atm} | T _{su} | BOI ₅ | TN | TP | NH ₄ -N | NO ₃ -N | Orto-PO ₄ | Blk. | SC | pH |
|----------------------------|--------|--------|----------------|-------------------|--------|------------------|-----------------|------------------|--------|--------|--------------------|--------------------|----------------------|-------|--------|-------|
| NEM | 0.207 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0.411 | | | | | | | | | | | | | | | |
| S_k | -0.006 | 0.977 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0.982 | <0.001 | | | | | | | | | | | | | | |
| T_{hava} | -0.001 | -0.351 | -0.359 | | | | | | | | | | | | | |
| | 0.998 | 0.153 | 0.144 | | | | | | | | | | | | | |
| BN | -0.535 | 0.067 | 0.184 | -0.55 | | | | | | | | | | | | |
| | 0.022 | 0.793 | 0.465 | 0.018 | | | | | | | | | | | | |
| P_{atm} | -0.198 | 0.149 | 0.195 | -0.588 | 0.386 | | | | | | | | | | | |
| | 0.431 | 0.555 | 0.438 | 0.01 | 0.113 | | | | | | | | | | | |
| T_{su} | -0.043 | -0.325 | -0.323 | 0.983 | -0.488 | -0.564 | | | | | | | | | | |
| | 0.865 | 0.189 | 0.192 | <0.001 | 0.04 | 0.015 | | | | | | | | | | |
| BOI₅ | -0.099 | -0.282 | -0.266 | 0.242 | -0.407 | -0.063 | 0.208 | | | | | | | | | |
| | 0.696 | 0.258 | 0.285 | 0.333 | 0.094 | 0.805 | 0.408 | | | | | | | | | |
| TN | -0.446 | -0.416 | -0.328 | 0.388 | -0.163 | -0.109 | 0.384 | 0.491 | | | | | | | | |
| | 0.063 | 0.086 | 0.184 | 0.112 | 0.517 | 0.666 | 0.116 | 0.039 | | | | | | | | |
| TP | -0.252 | -0.04 | 0.014 | -0.286 | 0.418 | 0.542 | -0.308 | -0.196 | 0.049 | | | | | | | |
| | 0.312 | 0.875 | 0.956 | 0.25 | 0.084 | 0.02 | 0.213 | 0.435 | 0.848 | | | | | | | |
| NH₄-N | 0.039 | -0.15 | -0.162 | -0.231 | 0.273 | -0.364 | -0.293 | -0.176 | -0.205 | -0.157 | | | | | | |
| | 0.878 | 0.553 | 0.522 | 0.357 | 0.274 | 0.138 | 0.238 | 0.484 | 0.415 | 0.535 | | | | | | |
| NO₃-N | -0.29 | -0.343 | -0.288 | 0.042 | 0.198 | 0.074 | 0.072 | -0.247 | 0.66 | 0.287 | -0.072 | | | | | |
| | 0.243 | 0.163 | 0.247 | 0.868 | 0.431 | 0.771 | 0.777 | 0.323 | 0.003 | 0.248 | 0.777 | | | | | |
| Orto-PO₄ | -0.244 | -0.03 | 0.023 | -0.25 | 0.385 | 0.585 | -0.266 | -0.183 | 0.069 | 0.993 | -0.236 | 0.295 | | | | |
| | 0.328 | 0.907 | 0.929 | 0.317 | 0.115 | 0.011 | 0.285 | 0.466 | 0.787 | <0.001 | 0.346 | 0.234 | | | | |
| Blk. | -0.12 | 0.217 | 0.248 | -0.046 | 0.222 | -0.418 | -0.087 | -0.18 | -0.346 | -0.18 | 0.642 | -0.373 | -0.267 | | | |
| | 0.636 | 0.388 | 0.322 | 0.856 | 0.377 | 0.084 | 0.733 | 0.475 | 0.16 | 0.474 | 0.004 | 0.128 | 0.284 | | | |
| SC | -0.63 | 0.118 | 0.257 | -0.55 | 0.638 | 0.324 | -0.494 | -0.055 | 0.187 | 0.299 | 0.076 | 0.33 | 0.264 | 0.138 | | |
| | 0.005 | 0.641 | 0.302 | 0.018 | 0.004 | 0.19 | 0.037 | 0.829 | 0.458 | 0.228 | 0.765 | 0.182 | 0.289 | 0.586 | | |
| pH | 0.378 | -0.138 | -0.223 | -0.248 | 0.062 | -0.099 | -0.221 | -0.298 | -0.327 | -0.02 | 0.317 | 0.034 | -0.07 | 0.224 | -0.113 | |
| | 0.122 | 0.586 | 0.374 | 0.322 | 0.807 | 0.696 | 0.379 | 0.23 | 0.186 | 0.937 | 0.2 | 0.894 | 0.783 | 0.372 | 0.655 | |
| Chl-a | -0.014 | -0.22 | -0.222 | -0.221 | 0.302 | -0.201 | -0.305 | -0.064 | -0.04 | -0.065 | 0.896 | 0.008 | -0.122 | 0.419 | -0.034 | 0.181 |
| | 0.956 | 0.379 | 0.375 | 0.379 | 0.223 | 0.424 | 0.219 | 0.801 | 0.874 | 0.799 | <0.001 | 0.974 | 0.631 | 0.083 | 0.894 | 0.473 |

Mudurnu kesiti için T_{hava} ile BBÜ arasında korelasyon düşük iken NEM ve S_k arasında ise negatif yönde korelasyonun olduğu, BN ile NEM arasında korelasyon düşük iken BBÜ ve S_k arasında sırasıyla negatif ve pozitif yönde korelasyonun olduğu, P_{atm} ile BBÜ arasında negatif yönde, NEM ve S_k arasında ise pozitif yönde korelasyonun olduğu, T_{su} ile BBÜ arasında korelasyon düşük iken NEM ve S_k arasında ise negatif yönde korelasyonun olduğu, BOI_5 ile BBÜ arasında korelasyon düşük iken NEM ve S_k arasında ise negatif yönde korelasyonun olduğu, TN ile BBÜ, NEM ve S_k arasında negatif yönde korelasyonun olduğu, TP ile BBÜ arasında negatif yönde korelasyonun olduğu, NEM ve S_k arasında ise düşük korelasyonun olduğu, $\text{NH}_4\text{-N}$ ile BBÜ arasında korelasyon düşük iken NEM ve S_k arasında ise negatif yönde korelasyonun olduğu, $\text{NO}_3\text{-N}$ ile BBÜ, NEM ve S_k arasında negatif yönde korelasyonun olduğu, orto- PO_4 ile BBÜ arasında negatif yönde korelasyonun olduğu, NEM ve S_k arasında ise düşük korelasyonun olduğu, bulanıklık ile BBÜ arasında negatif yönde, NEM ve S_k arasında ise pozitif yönde korelasyonun olduğu, SC ile BBÜ arasında negatif yönde, NEM ve S_k arasında ise pozitif yönde korelasyonun olduğu, pH ile BBÜ arasında pozitif yönde, NEM ve S_k arasında negatif yönde korelasyonun olduğu, chl-a ile BBÜ arasında korelasyonun düşük olduğu, NEM ve S_k arasında ise negatif yönde korelasyonun olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.8. Deşarj Öncesi Kesiti için Pearson Korelasyon Matrisi ($n = 1377$)

| BD | BBÜ | NEM | S _k | T _{hava} | BN | P _{atm} | T _{su} | BOİ ₅ | TN | TP | NH ₄ -N | NO ₃ -N | Orto-PO ₄ | Blk. | SC | pH |
|----------------------------|--------|--------|----------------|-------------------|--------|------------------|-----------------|------------------|--------|--------|--------------------|--------------------|----------------------|-------|--------|--------|
| NEM | 0.399 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <0.001 | | | | | | | | | | | | | | | |
| S_k | -0.142 | 0.851 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0.206 | <0.001 | | | | | | | | | | | | | | |
| T_{hava} | 0.298 | 0.109 | -0.053 | | | | | | | | | | | | | |
| | 0.007 | 0.334 | 0.638 | | | | | | | | | | | | | |
| BN | -0.237 | -0.069 | 0.061 | -0.313 | | | | | | | | | | | | |
| | 0.034 | 0.543 | 0.586 | 0.004 | | | | | | | | | | | | |
| P_{atm} | -0.156 | 0.198 | 0.303 | -0.526 | 0.293 | | | | | | | | | | | |
| | 0.163 | 0.076 | 0.006 | <0.001 | 0.008 | | | | | | | | | | | |
| T_{su} | 0.221 | 0.188 | 0.076 | 0.947 | -0.181 | -0.361 | | | | | | | | | | |
| | 0.047 | 0.093 | 0.499 | <0.001 | 0.106 | 0.001 | | | | | | | | | | |
| BOİ₅ | 0.267 | 0.126 | -0.017 | 0.302 | -0.061 | 0.022 | 0.329 | | | | | | | | | |
| | 0.016 | 0.262 | 0.883 | 0.006 | 0.586 | 0.847 | 0.003 | | | | | | | | | |
| TN | -0.198 | 0.411 | 0.556 | -0.026 | 0.204 | 0.446 | 0.15 | 0.266 | | | | | | | | |
| | 0.077 | <0.001 | <0.001 | 0.82 | 0.067 | <0.001 | 0.182 | 0.016 | | | | | | | | |
| TP | -0.172 | -0.158 | -0.072 | -0.359 | -0.184 | 0.057 | -0.358 | -0.308 | -0.477 | | | | | | | |
| | 0.125 | 0.159 | 0.522 | 0.001 | 0.1 | 0.616 | 0.001 | 0.005 | <0.001 | | | | | | | |
| NH₄-N | 0.598 | 0.341 | 0.025 | -0.011 | -0.269 | -0.045 | -0.138 | -0.188 | -0.207 | -0.027 | | | | | | |
| | <0.001 | 0.002 | 0.824 | 0.922 | 0.015 | 0.692 | 0.219 | 0.093 | 0.063 | 0.808 | | | | | | |
| NO₃-N | -0.413 | 0.265 | 0.522 | -0.225 | 0.267 | 0.425 | -0.029 | -0.224 | 0.802 | -0.187 | -0.343 | | | | | |
| | <0.001 | 0.017 | <0.001 | 0.043 | 0.016 | <0.001 | 0.794 | 0.045 | <0.001 | 0.095 | 0.002 | | | | | |
| Orto-PO₄ | -0.17 | -0.169 | -0.085 | -0.246 | -0.301 | 0.138 | -0.216 | -0.318 | -0.379 | 0.921 | -0.072 | -0.075 | | | | |
| | 0.128 | 0.131 | 0.449 | 0.027 | 0.006 | 0.218 | 0.052 | 0.004 | <0.001 | <0.001 | 0.523 | 0.507 | | | | |
| Blk. | 0.107 | -0.676 | -0.791 | 0.15 | -0.043 | -0.424 | -0.01 | -0.241 | -0.576 | -0.087 | 0.203 | -0.481 | -0.085 | | | |
| | 0.34 | <0.001 | <0.001 | 0.18 | 0.703 | <0.001 | 0.929 | 0.03 | <0.001 | 0.44 | 0.07 | <0.001 | 0.451 | | | |
| SC | -0.362 | 0.333 | 0.567 | -0.331 | 0.235 | 0.55 | -0.139 | 0.124 | 0.904 | -0.203 | -0.347 | 0.877 | -0.135 | -0.68 | | |
| | 0.001 | 0.002 | <0.001 | 0.003 | 0.035 | <0.001 | 0.215 | 0.269 | <0.001 | 0.069 | 0.002 | <0.001 | 0.231 | 0.001 | | |
| pH | -0.057 | -0.074 | -0.048 | 0.482 | -0.019 | -0.545 | 0.451 | -0.228 | -0.078 | -0.259 | -0.059 | 0.001 | -0.216 | 0.297 | -0.281 | |
| | 0.616 | 0.51 | 0.671 | 0.001 | 0.868 | 0.001 | 0.001 | 0.041 | 0.49 | 0.019 | 0.604 | 0.992 | 0.053 | 0.007 | 0.011 | |
| Chl-a | -0.126 | -0.205 | -0.149 | -0.525 | 0.213 | 0.221 | -0.579 | -0.307 | -0.243 | 0.044 | 0.113 | -0.156 | 0.016 | 0.153 | -0.1 | -0.313 |
| | 0.262 | 0.067 | 0.185 | <0.001 | 0.056 | 0.047 | 0.001 | 0.005 | 0.029 | 0.695 | 0.316 | 0.165 | 0.89 | 0.172 | 0.375 | 0.004 |

Deşarj öncesi kesiti için T_{hava} ile BBÜ ve NEM arasında pozitif yönde korelasyonun olduğu, S_k arasında ise korelasyonun düşük olduğu, BN ile BBÜ arasında negatif yönde korelasyonun olduğu, NEM ve S_k arasında ise düşük korelasyonun olduğu, P_{atm} ile BBÜ arasında negatif yönde, NEM ve S_k arasında ise pozitif yönde korelasyonun olduğu, T_{su} ile BBÜ ve NEM arasında pozitif yönde korelasyonun olduğu, S_k arasında ise korelasyonun düşük olduğu, BOI_5 ile BBÜ ve NEM arasında pozitif yönde korelasyonun olduğu, S_k arasında ise düşük korelasyonun olduğu, TN ile BBÜ arasında negatif yönde, NEM ve S_k arasında ise pozitif yönde korelasyonun olduğu, TP ile BBÜ ve NEM arasında negatif yönde korelasyonun olduğu, S_k arasında ise düşük korelasyonun olduğu, $\text{NH}_4\text{-N}$ ile BBÜ ve NEM arasında pozitif yönde korelasyonun olduğu, S_k arasında ise düşük korelasyonun olduğu, $\text{NO}_3\text{-N}$ ile BBÜ arasında negatif yönde korelasyonun olduğu, NEM ve S_k arasında ise pozitif yönde korelasyonun olduğu, orto- PO_4 ile BBÜ ve NEM arasında negatif yönde korelasyonun olduğu, S_k arasında ise düşük korelasyonun olduğu, bulanıklık ile BBÜ arasında pozitif yönde, NEM ve S_k arasında ise negatif yönde (yüksek) korelasyonun olduğu, SC ile BBÜ arasında negatif yönde, NEM ve S_k arasında ise pozitif yönde korelasyonun olduğu, pH ile BBÜ, NEM ve S_k arasında düşük korelasyonun olduğu, chl-a ile BBÜ, NEM ve S_k arasında negatif yönde korelasyonun olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.9. Deşarj Sonrası Kesiti için Pearson Korelasyon Matrisi ($n = 1377$)

| AD | BBÜ | NEM | S _k | T _{hava} | BN | P _{atm} | T _{su} | BOİ ₅ | TN | TP | NH ₄ -N | NO ₃ -N | Orto-PO ₄ | Blk. | SC | pH |
|----------------------------|--------|--------|----------------|-------------------|--------|------------------|-----------------|------------------|--------|--------|--------------------|--------------------|----------------------|--------|--------|--------|
| NEM | 0.096 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0.392 | | | | | | | | | | | | | | | |
| S_k | -0.04 | 0.991 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0.721 | <0.001 | | | | | | | | | | | | | | |
| T_{hava} | 0.11 | 0.374 | 0.36 | | | | | | | | | | | | | |
| | 0.326 | 0.001 | 0.001 | | | | | | | | | | | | | |
| BN | -0.057 | -0.237 | -0.23 | -0.313 | | | | | | | | | | | | |
| | 0.61 | 0.033 | 0.039 | 0.004 | | | | | | | | | | | | |
| P_{atm} | -0.095 | 0.075 | 0.088 | -0.526 | 0.293 | | | | | | | | | | | |
| | 0.4 | 0.507 | 0.434 | <0.001 | 0.008 | | | | | | | | | | | |
| T_{su} | -0.041 | 0.555 | 0.563 | 0.884 | -0.166 | -0.228 | | | | | | | | | | |
| | 0.714 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | 0.137 | 0.04 | | | | | | | | | | |
| BOİ₅ | -0.154 | 0.327 | 0.349 | -0.171 | -0.167 | 0.501 | 0.085 | | | | | | | | | |
| | 0.171 | 0.003 | 0.001 | 0.127 | 0.135 | <0.001 | 0.448 | | | | | | | | | |
| TN | -0.174 | 0.357 | 0.382 | 0.153 | -0.058 | 0.401 | 0.441 | 0.682 | | | | | | | | |
| | 0.12 | 0.001 | <0.001 | 0.173 | 0.61 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | | | | | | | | |
| TP | -0.127 | 0.277 | 0.296 | 0.204 | -0.043 | 0.373 | 0.436 | 0.709 | 0.945 | | | | | | | |
| | 0.26 | 0.012 | 0.007 | 0.068 | 0.702 | 0.001 | <0.001 | <0.001 | 0.001 | | | | | | | |
| NH₄-N | -0.228 | 0.445 | 0.478 | -0.169 | -0.076 | 0.375 | 0.167 | 0.433 | 0.444 | 0.264 | | | | | | |
| | 0.041 | <0.001 | <0.001 | 0.132 | 0.498 | 0.001 | 0.137 | <0.001 | 0.001 | 0.017 | | | | | | |
| NO₃-N | 0.163 | -0.564 | -0.589 | -0.162 | 0.079 | -0.217 | -0.437 | -0.492 | -0.287 | -0.185 | -0.614 | | | | | |
| | 0.145 | <0.001 | <0.001 | 0.149 | 0.482 | 0.051 | <0.001 | <0.001 | 0.009 | 0.099 | <0.001 | | | | | |
| Orto-PO₄ | -0.241 | 0.383 | 0.418 | -0.131 | 0.106 | 0.581 | 0.197 | 0.759 | 0.572 | 0.627 | 0.451 | -0.563 | | | | |
| | 0.03 | <0.001 | <0.001 | 0.245 | 0.348 | <0.001 | 0.078 | <0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | | | | |
| Blk. | -0.053 | 0.224 | 0.232 | 0.498 | -0.085 | 0.051 | 0.623 | 0.458 | 0.589 | 0.695 | 0.09 | -0.132 | 0.318 | | | |
| | 0.641 | 0.045 | 0.037 | <0.001 | 0.449 | 0.652 | <0.001 | <0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.422 | 0.24 | 0.004 | | | |
| SC | -0.291 | 0.386 | 0.428 | -0.164 | 0.13 | 0.547 | 0.218 | 0.643 | 0.774 | 0.619 | 0.741 | -0.526 | 0.658 | 0.247 | | |
| | 0.008 | <0.001 | <0.001 | 0.143 | 0.246 | <0.001 | 0.051 | <0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.026 | |
| pH | 0.092 | -0.309 | -0.322 | 0.211 | 0.149 | -0.526 | -0.004 | -0.819 | -0.666 | -0.601 | -0.342 | 0.339 | -0.492 | -0.202 | -0.595 | |
| | 0.413 | 0.005 | 0.003 | 0.059 | 0.184 | <0.001 | 0.97 | <0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.071 | 0.001 | |
| Chl-a | -0.057 | 0.048 | 0.056 | -0.158 | -0.296 | 0.187 | -0.169 | 0.046 | 0.015 | -0.063 | -0.057 | -0.106 | 0.085 | -0.368 | -0.046 | -0.289 |
| | 0.612 | 0.67 | 0.619 | 0.159 | 0.007 | 0.095 | 0.131 | 0.682 | 0.892 | 0.577 | 0.614 | 0.344 | 0.449 | 0.001 | 0.683 | 0.009 |

Deşarj sonrası kesiti için T_{hava} ile BBÜ, NEM ve S_k arasında pozitif yönde korelasyonun olduğu, BN ile BBÜ arasında korelasyonun düşük olduğu, NEM ve S_k arasında ise negatif yönde korelasyonun olduğu, P_{atm} ile BBÜ, NEM ve S_k arasında düşük korelasyonun olduğu, T_{su} ile BBÜ arasında düşük korelasyonun olduğu, NEM ve S_k arasında ise pozitif yönde korelasyonun olduğu, BOI_5 ile BBÜ arasında negatif yönde korelasyonun olduğu, NEM ve S_k arasında ise pozitif yönde korelasyonun olduğu, TN ile BBÜ arasında negatif yönde, NEM ve S_k arasında ise pozitif yönde korelasyonun olduğu, TP ile BBÜ arasında negatif yönde korelasyonun olduğu, NEM ve S_k arasında ise pozitif yönde korelasyonun olduğu, $\text{NH}_4\text{-N}$ ile BBÜ arasında negatif yönde korelasyonun olduğu, NEM ve S_k arasında ise pozitif yönde korelasyonun olduğu, $\text{NO}_3\text{-N}$ ile BBÜ arasında pozitif yönde korelasyonun olduğu, NEM ve S_k arasında ise negatif yönde korelasyonun olduğu, orto- PO_4 ile BBÜ arasında negatif yönde korelasyonun olduğu, NEM ve S_k arasında ise pozitif yönde korelasyonun olduğu, bulanıklık ile BBÜ arasında korelasyon düşük iken NEM ve S_k arasında ise pozitif yönde korelasyonun olduğu, SC ile BBÜ arasında negatif yönde, NEM ve S_k arasında ise pozitif yönde korelasyonun olduğu, pH ile BBÜ arasında korelasyon düşük iken, NEM ve S_k arasında negatif yönde korelasyonun olduğu, chl-a ile BBÜ, NEM ve S_k arasında korelasyonun düşük olduğu görülmektedir.

4.4 Çoklu Doğrusal Olmayan Regresyon Modelleri

S_k ve NEM için oluşturulan regresyon modelleri sırasıyla Çizelge 4.10 ve 4.11'de verilmiştir. Modellerin validasyonunda 2015 yılına ait verilerden yararlanılarak ölçüm değerleriyle model tahmin değerleri karşılaştırılmıştır. Modellerin validasyon sonuçları Şekil 4.1 ve 4.2'de verilmiştir.

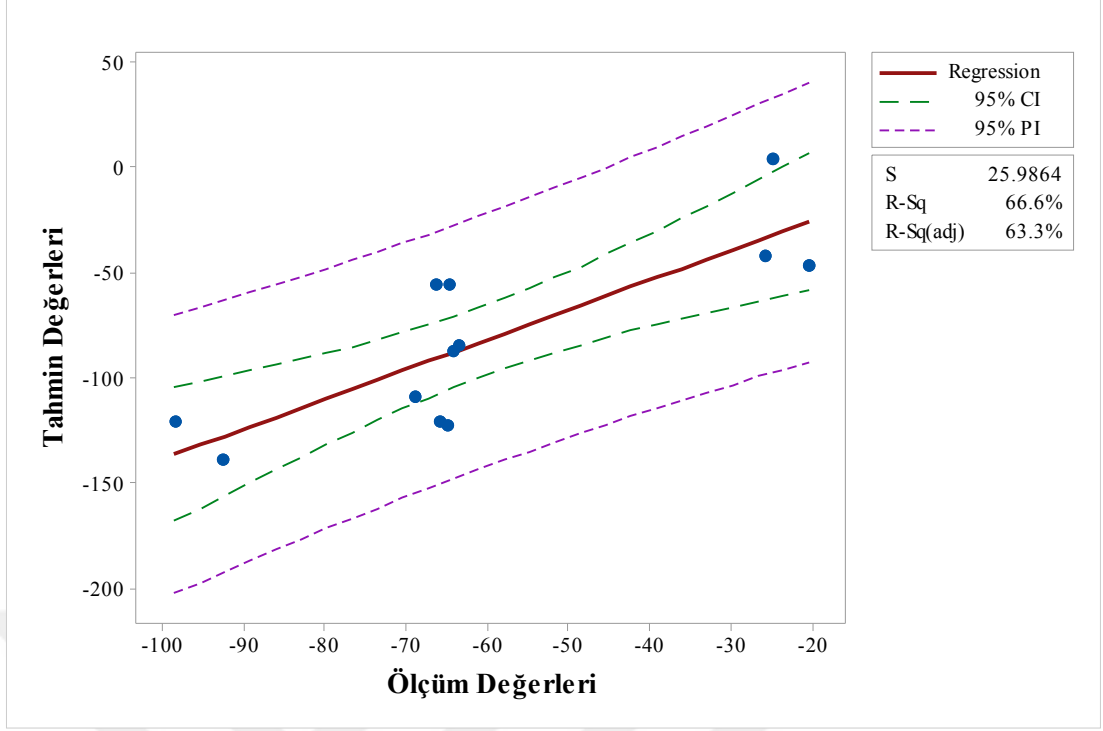
Çizelge 4.10. S_k ($\text{gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) için Regresyon Modeli (Stepwise Giren ve Çıkan için α Katsayısı 0.05, $n= 2384$)

| Terim | SS _{adj} | F-değeri | T-değeri | VIF | Katsayı | SE | p |
|-------------------------------------------|-------------------|----------|----------|---------|-----------|----------|--------|
| Regresyon | 3514081 | 58.28 | - | - | - | - | <0.001 |
| Sabit | - | - | 5.48 | - | 6642 | 1213 | <0.001 |
| DOY | 48401 | 16.05 | -4.01 | 4646.77 | -11.43 | 2.85 | <0.001 |
| P _{atm} | 91704 | 30.42 | -5.52 | 37.44 | -10.02 | 1.82 | <0.001 |
| DOY×T _{hava} | 25512 | 8.46 | -2.91 | 2.32 | -0.01082 | 0.00372 | 0.004 |
| DOY×P _{atm} | 52606 | 17.45 | 4.18 | 5284.84 | 0.01793 | 0.00429 | <0.001 |
| DOY×BOİ ₅ | 445630 | 147.81 | 12.16 | 181.47 | 0.05699 | 0.00469 | <0.001 |
| DOY×SC | 62360 | 20.68 | -4.55 | 79.67 | -0.001648 | 0.000362 | <0.001 |
| BN×BOİ ₅ | 57287 | 19.0 | -4.36 | 39.43 | -0.03896 | 0.00894 | <0.001 |
| T _{su} ×BOİ ₅ | 60761 | 20.15 | 4.49 | 74.08 | 0.2618 | 0.0583 | <0.001 |
| BOİ ₅ ×SC | 663257 | 219.99 | -14.83 | 421.82 | -0.03089 | 0.00208 | <0.001 |
| BOİ ₅ ×pH | 560289 | 185.84 | 13.63 | 990.97 | 6.248 | 0.458 | <0.001 |
| BOİ ₅ ×NH ₄ -N | 507464 | 168.32 | -12.97 | 152.93 | -0.8503 | 0.0655 | <0.001 |
| BOİ ₅ ×Orto-PO ₄ -P | 536133 | 177.83 | -13.34 | 59.86 | -10.320 | 0.774 | <0.001 |
| Bulanıklık×SC | 82448 | 27.35 | 5.23 | 78.45 | 0.00638 | 0.00122 | <0.001 |
| Bulanıklık×pH | 268661 | 89.11 | -9.44 | 40.49 | -1.130 | 0.120 | <0.001 |
| Bulanıklık×Chl-a | 140297 | 46.53 | 6.82 | 4.66 | 0.01512 | 0.00222 | <0.001 |
| Bulanıklık×NO ₃ -N | 40958 | 13.59 | 3.69 | 4.65 | 0.661 | 0.179 | <0.001 |
| pH×NH ₄ -N | 489861 | 162.48 | 12.75 | 87.69 | 8.092 | 0.635 | <0.001 |
| NG | 628269 | 69.46 | - | - | - | - | <0.001 |
| Deşarj öncesi (BD) | | | 5.23 | 73.04 | 384.4 | 73.5 | <0.001 |
| Deşarj sonrası (AD) | | | -8.60 | 173.82 | -975 | 113 | <0.001 |
| Mudurnu | | | 6.19 | 12.06 | 302.0 | 48.8 | <0.001 |
| Abant (referans) | | | | | | | |

Denklem halindeki gösterimi;

$$\begin{aligned}
 S_k = & 6642 - 11.43 \cdot \text{DOY} - 10.02 \cdot P_{\text{atm}} + 0 \cdot \text{Abant} + 384.4 \cdot \text{BD} - 975 \cdot \text{AD} \\
 & + 302 \cdot \text{Mudurnu} - 0.01082 \cdot \text{DOY} \times T_{\text{hava}} + 0.01793 \cdot \text{DOY} \times P_{\text{atm}} \\
 & + 0.05699 \cdot \text{DOY} \times \text{BOI}_5 - 0.001648 \cdot \text{DOY} \times \text{SC} - 0.03896 \cdot \text{BN} \times \text{BOI}_5 \\
 & + 0.2618 \cdot T_{\text{su}} \times \text{BOI}_5 - 0.03089 \cdot \text{BOI}_5 \times \text{SC} + 6.248 \cdot \text{BOI}_5 \times \text{pH} \\
 & - 0.8503 \cdot \text{BOI}_5 \times \text{NH}_4\text{-N} - 10.320 \cdot \text{BOI}_5 \times \text{Orto-PO}_4\text{-P} \\
 & + 0.00638 \cdot \text{Bulanıklık} \times \text{SC} - 1.130 \cdot \text{Bulanıklık} \times \text{pH} \\
 & + 0.01512 \cdot \text{Bulanıklık} \times \text{Chl-a} + 0.661 \cdot \text{Bulanıklık} \times \text{NO}_3\text{-N} \\
 & + 8.092 \cdot \text{pH} \times \text{NH}_4\text{-N}
 \end{aligned} \tag{4.1}$$

S_k çoklu doğrusal olmayan regresyon modelinin R^2_{adj} , R^2_{pred} , S ve DW istatistiği sonuçları sırasıyla 87.14 %, 81.66 %, 54.9 ve 1.117 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.1. S_k için Ölçüm Değerleriyle Model Tahmin Değerlerinin Karşılaştırılması ($n=172$)

$$S_{ktahmin} = 2.98 + 1.413 S_{kölçüm} \quad (4.2)$$

S_k çoklu doğrusal olmayan regresyon modelinin validasyon sonuçları; R^2 , S ve p sırasıyla 66.6 %, 25.98 ve 0.001 olarak bulunmuştur.

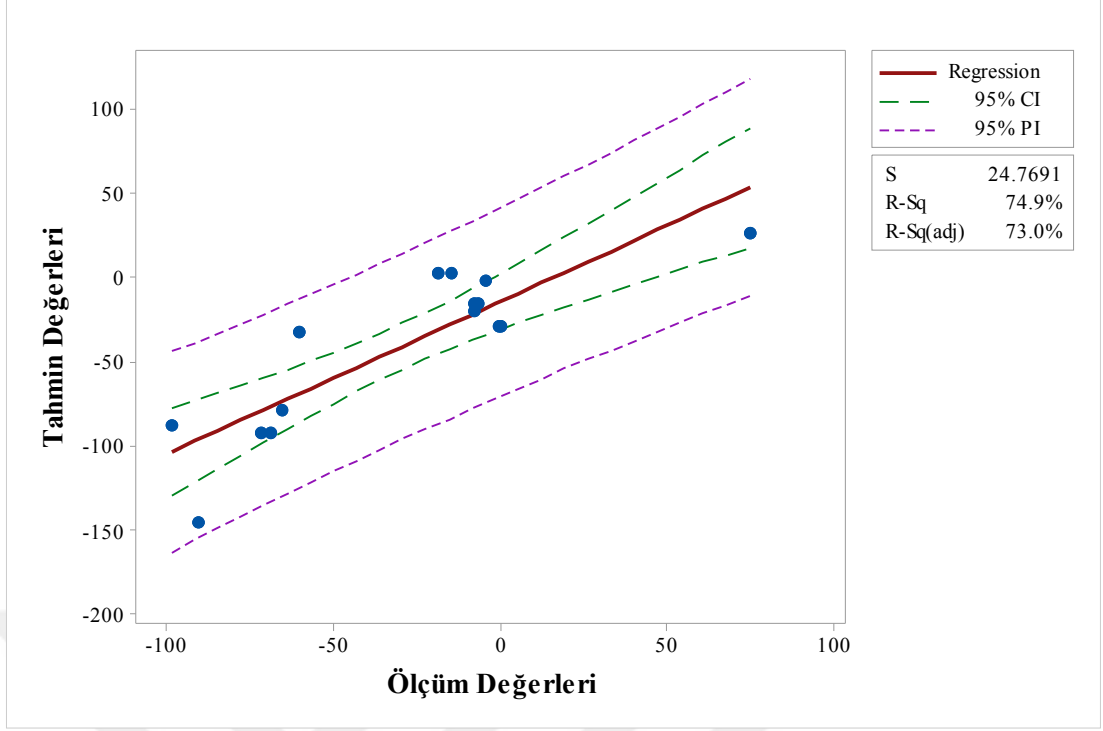
Çizelge 4.11. NEM (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) için Regresyon Modeli (Stepwise Giren ve Çıkan için α Katsayısı 0.05, $n= 2724$)

| Terim | SS _{adj} | F-değeri | T-değeri | VIF | Katsayı | SE | p |
|-------------------------------------------|-------------------|----------|----------|---------|----------|---------|--------|
| Regresyon | 3447628 | 59.05 | - | - | - | - | <0.001 |
| Sabit | - | - | -0.61 | - | -12.7 | 20.7 | 0.542 |
| DOY | 6563 | 1.80 | -1.34 | 2.15 | -0.0905 | 0.0675 | 0.182 |
| DOY×T _{hava} | 44656 | 12.24 | -3.50 | 2.06 | -0.01349 | 0.00386 | 0.001 |
| DOY×NH ₄ -N | 652643 | 178.84 | 13.37 | 65.91 | 0.2033 | 0.0152 | <0.001 |
| T _{hava} ×TP | 189427 | 51.91 | 7.20 | 23.05 | 9.25 | 1.28 | <0.001 |
| BOİ ₅ ×SC | 503696 | 138.03 | -11.75 | 549.57 | -0.03072 | 0.00262 | <0.001 |
| BOİ ₅ ×pH | 538650 | 147.60 | 12.15 | 1091.24 | 6.428 | 0.529 | <0.001 |
| BOİ ₅ ×NH ₄ -N | 103701 | 28.42 | -5.33 | 93.72 | -0.3009 | 0.0564 | <0.001 |
| BOİ ₅ ×Orto-PO ₄ -P | 34619 | 9.49 | -3.08 | 66.93 | -2.773 | 0.90 | 0.002 |
| TN×Bulanıklık | 426060 | 116.75 | 10.81 | 261.51 | 0.8958 | 0.0829 | <0.001 |
| TP×Bulanıklık | 469307 | 128.60 | -11.34 | 246.90 | -8.888 | 0.784 | <0.001 |
| Bulanıklık×pH | 114715 | 31.43 | -5.61 | 8.61 | -0.3405 | 0.0607 | <0.001 |
| SC×NH ₄ -N | 160770 | 44.06 | -6.64 | 126.55 | -0.03970 | 0.00598 | <0.001 |
| NH ₄ -N×NO ₃ -N | 113407 | 31.08 | 5.57 | 7.85 | 10.36 | 1.86 | <0.001 |
| NG | 689025 | 62.94 | - | - | - | - | <0.001 |
| Deşarj öncesi (BD) | | | -0.34 | 3.83 | -6.2 | 18.5 | 0.737 |
| Deşarj sonrası (AD) | | | -13.69 | 77.72 | -1141.5 | 83.4 | <0.001 |
| Mudurnu | | | -0.23 | 2.62 | -5.7 | 25.0 | 0.821 |
| Abant (referans) | | | | | | | |

Denklem halindeki gösterimi;

$$\begin{aligned}
 \text{NEM} = & -12.7 - 0.0905 \cdot \text{DOY} + 0 \cdot \text{Abant} - 6.2 \cdot \text{BD} - 1141.5 \cdot \text{AD} - 5.7 \cdot \text{Mudurnu} \\
 & - 0.01349 \cdot \text{DOY} \times T_{\text{hava}} + 0.2033 \cdot \text{DOY} \times \text{NH}_4\text{-N} + 9.25 \cdot T_{\text{hava}} \times \text{TP} \\
 & - 0.03072 \cdot \text{BOİ}_5 \times \text{SC} + 6.428 \cdot \text{BOİ}_5 \times \text{pH} - 0.3009 \cdot \text{BOİ}_5 \times \text{NH}_4\text{-N} \\
 & - 2.773 \cdot \text{BOİ}_5 \times \text{Orto-PO}_4\text{-P} + 0.8958 \cdot \text{TN} \times \text{Bulanıklık} \\
 & - 8.888 \cdot \text{TP} \times \text{Bulanıklık} - 0.3405 \cdot \text{Bulanıklık} \times \text{pH} \\
 & - 0.03970 \cdot \text{SC} \times \text{NH}_4\text{-N} + 10.36 \cdot \text{NH}_4\text{-N} \times \text{NO}_3\text{-N} \quad (4.3)
 \end{aligned}$$

NEM çoklu doğrusal olmayan regresyon modelinin R^2_{adj} , R^2_{pred} , S ve DW istatistiği sonuçları sırasıyla 84.6 %, 80.04 %, 60.41 ve 1.48 olarak bulunmuştur.

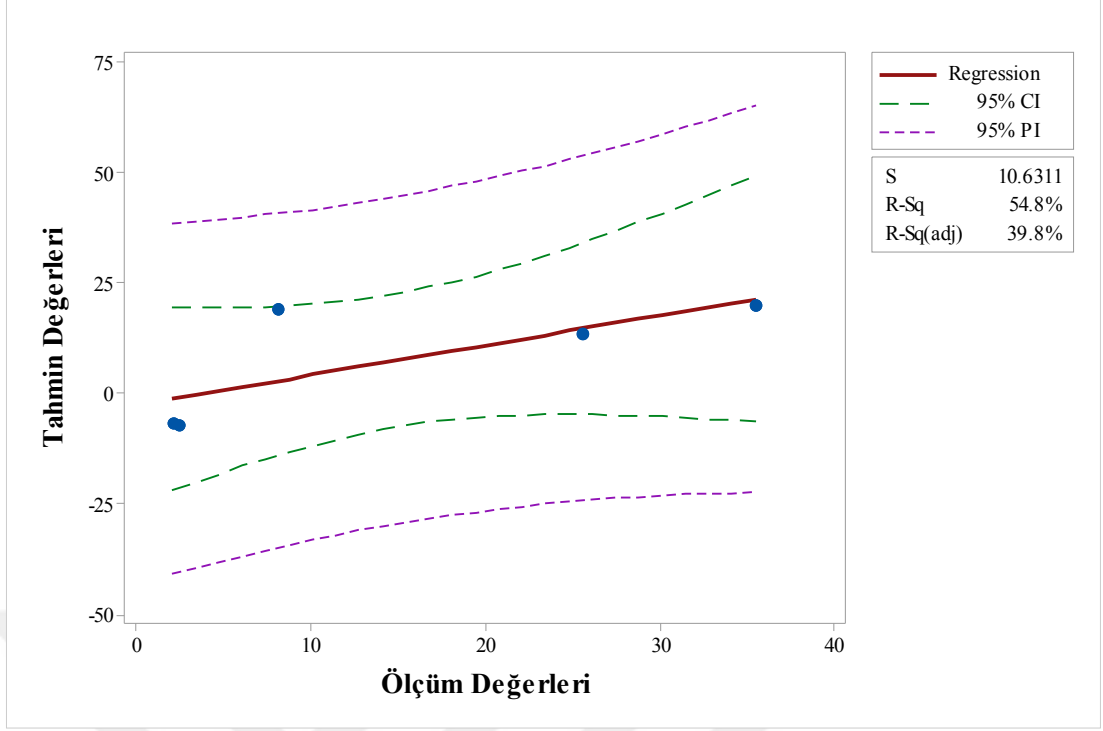


Şekil 4.2. NEM için Ölçüm Değerleriyle Model Tahmin Değerlerinin Karşılaştırılması ($n=184$)

$$NEM_{\text{tahmin}} = -14.18 + 0.9057 NEM_{\text{ölçüm}} \quad (4.4)$$

NEM çoklu doğrusal olmayan regresyon modelinin validasyon sonuçları; R^2 , S ve p sırasıyla 74.9 %, 24.77 ve < 0.001 olarak bulunmuştur.

BBÜ için oluşturulan regresyon modelinin R^2_{adj} ve R^2_{pred} değerleri (10.39 %, 7.67 %) düşük çıktığından dolayı model değerlendirmeye alınmamıştır. BBÜ tahmin değerleri, NEM ve S_k çoklu doğrusal olmayan regresyon modellerinden elde edilen tahmin değerlerinin farkları alınarak bulunmuştur (bkz. Denklem 3.8). BBÜ tahmin değerleri ile ölçüm değerlerinin (hesaplanan) karşılaştırılması Şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.3. BBÜ için Ölçüm Değerleriyle Model Tahmin Değerlerinin Karşılaştırılması ($n=15$)

$$BBÜ_{\text{tahmin}} = -2.447 + 0.675 BBÜ_{\text{ölçüm}} \quad (4.5)$$

BBÜ için validasyon sonuçları; R^2 , S ve p sırasıyla 54.8 %, 10.63 ve 0.152 olarak bulunmuştur.

4.5 Akarsu Metabolizma Bileşenlerinin Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması

4.5.1 Tüm Verilere Göre Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması

Tüm verilere göre tek yönlü ANOVA sonuçları Çizelge 4.12 – 4.14’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. BBÜ (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.034$)

| Kesit | <i>n</i> | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|---------------------|----------|--------|--------|------|--------|-------------------------------|--------------------------------|
| Abant | 18 | 1.424 | 0.86 | A | 25.213 | 2.87% | 1.94% |
| Mudurnu | 18 | 0.3706 | 0.3376 | A | | | |
| Deşarj öncesi (BD) | 81 | 15.63 | 27.97 | A | | | |
| Deşarj sonrası (AD) | 81 | 9.09 | 27.55 | A | | | |

Çizelge 4.13. NEM (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = < 0.001$)

| Kesit | <i>n</i> | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|---------------------|----------|--------|-------|------|---------|-------------------------------|--------------------------------|
| Abant | 18 | -5.08 | 4.27 | A | 133.856 | 13.05% | 12.22% |
| Mudurnu | 18 | -3.058 | 1.591 | A | | | |
| Deşarj öncesi (BD) | 81 | -15.01 | 52.74 | A | | | |
| Deşarj sonrası (AD) | 81 | -121.8 | 201.7 | B | | | |

Çizelge 4.14. S_k (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = < 0.001$)

| Kesit | <i>n</i> | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|---------------------|----------|--------|-------|------|---------|-------------------------------|--------------------------------|
| Abant | 18 | -6.500 | 4.234 | A | 132.763 | 13.10% | 12.27% |
| Mudurnu | 18 | -3.428 | 1.556 | A | | | |
| Deşarj öncesi (BD) | 81 | -30.64 | 48.87 | A | | | |
| Deşarj sonrası (AD) | 81 | -130.9 | 200.9 | B | | | |

4.5.2 Mevsimlere Göre Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması

Mevsimlere göre tek yönlü ANOVA sonuçları Çizelge 4.15 – 4.26’da verilmiştir.

Çizelge 4.15. Kış Mevsimi için BBÜ (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.133$)

| Kesit | n | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|---------------------|----|--------|--------|------|--------|-------------------------------|--------------------------------|
| Abant | 4 | 0.3984 | 0.1593 | A | 9.3432 | 6.73% | 2.41% |
| Mudurnu | 4 | 0.1927 | 0.0596 | A | | | |
| Deşarj öncesi (BD) | 17 | 2.385 | 1.150 | A | | | |
| Deşarj sonrası (AD) | 17 | 8.72 | 14.35 | A | | | |

Çizelge 4.16. Kış Mevsimi için NEM (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.009$)

| Kesit | n | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|---------------------|----|--------|-------|------|---------|-------------------------------|--------------------------------|
| Abant | 4 | -5.15 | 4.52 | A | 247.226 | 19.98% | 16.28% |
| Mudurnu | 4 | -2.340 | 1.655 | A | | | |
| Deşarj öncesi (BD) | 17 | -27.9 | 85.2 | A | | | |
| Deşarj sonrası (AD) | 17 | -302.4 | 371.4 | A | | | |

Çizelge 4.17. Kış Mevsimi için S_k (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.008$)

| Kesit | n | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|---------------------|----|--------|-------|------|---------|-------------------------------|--------------------------------|
| Abant | 4 | -5.55 | 4.42 | A | 248.872 | 20.74% | 17.07% |
| Mudurnu | 4 | -2.533 | 1.702 | A | | | |
| Deşarj öncesi (BD) | 17 | -30.3 | 84.6 | A | | | |
| Deşarj sonrası (AD) | 17 | -311.1 | 374.1 | A | | | |

Çizelge 4.18. İlkbahar Mevsimi için BBÜ (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.365$)

| Kesit | n | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|---------------------|----|--------|--------|------|--------|-------------------------------|--------------------------------|
| Abant | 3 | 1.726 | 0.706 | A | 46.928 | 0.82% | <0.01% |
| Mudurnu | 3 | 1.0596 | 0.1493 | A | | | |
| Deşarj öncesi (BD) | 15 | 41.9 | 49.3 | A | | | |
| Deşarj sonrası (AD) | 15 | 25.5 | 51.0 | A | | | |

Çizelge 4.19. İlkbahar Mevsimi için NEM (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.015$)

| Kesit | <i>n</i> | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|---------------------|----------|--------|-------|------|---------|-------------------------------|--------------------------------|
| Abant | 3 | -3.605 | 0.719 | A | 100.341 | 20.60% | 16.66% |
| Mudurnu | 3 | -2.003 | 1.000 | A | | | |
| Deşarj öncesi (BD) | 15 | -20.4 | 76.7 | A | | | |
| Deşarj sonrası (AD) | 15 | -132.7 | 130.9 | A | | | |

Çizelge 4.20. İlkbahar Mevsimi için S_k (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.002$)

| Kesit | <i>n</i> | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|---------------------|----------|--------|-------|------|--------|-------------------------------|--------------------------------|
| Abant | 3 | -5.331 | 1.417 | A | 80.542 | 31.76% | 28.38% |
| Mudurnu | 3 | -3.063 | 0.957 | A | | | |
| Deşarj öncesi (BD) | 15 | -62.4 | 57.4 | A | | | |
| Deşarj sonrası (AD) | 15 | -158.2 | 107.4 | B | | | |

Çizelge 4.21. Yaz Mevsimi için BBÜ (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.321$)

| Kesit | <i>n</i> | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|---------------------|----------|--------|--------|------|--------|-------------------------------|--------------------------------|
| Abant | 5 | 2.277 | 0.435 | A | 24.087 | 1.33% | <0.01% |
| Mudurnu | 5 | 0.3136 | 0.1228 | A | | | |
| Deşarj öncesi (BD) | 18 | 18.01 | 25.70 | A | | | |
| Deşarj sonrası (AD) | 18 | 6.93 | 27.80 | A | | | |

Çizelge 4.22. Yaz Mevsimi için NEM (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = < 0.001$)

| Kesit | <i>n</i> | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|---------------------|----------|--------|-------|------|--------|-------------------------------|--------------------------------|
| Abant | 5 | -3.41 | 3.00 | A | 25.732 | 37.31% | 34.35% |
| Mudurnu | 5 | -3.163 | 2.105 | A | | | |
| Deşarj öncesi (BD) | 18 | -2.47 | 21.47 | A | | | |
| Deşarj sonrası (AD) | 18 | -45.18 | 34.23 | B | | | |

Çizelge 4.23. Yaz Mevsimi için S_k (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = < 0.001$)

| Kesit | <i>n</i> | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|---------------------|----------|--------|-------|------|--------|-------------------------------|--------------------------------|
| Abant | 5 | -5.69 | 2.73 | A | 10.848 | 75.74% | 74.52% |
| Mudurnu | 5 | -3.477 | 2.189 | A | | | |
| Deşarj öncesi (BD) | 18 | -20.48 | 6.92 | B | | | |
| Deşarj sonrası (AD) | 18 | -52.11 | 15.49 | C | | | |

Çizelge 4.24. Sonbahar Mevsimi için BBÜ (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.01$)

| Kesit | <i>n</i> | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|---------------------|----------|--------|--------|------|--------|-------------------------------|--------------------------------|
| Abant | 6 | 1.245 | 0.696 | A B | 8.2853 | 11.34% | 9.21% |
| Mudurnu | 6 | 0.1921 | 0.1133 | A B | | | |
| Deşarj öncesi (BD) | 31 | 8.79 | 8.98 | A | | | |
| Deşarj sonrası (AD) | 31 | 2.59 | 8.92 | B | | | |

Çizelge 4.25. Sonbahar Mevsimi için NEM (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = <0.001$)

| Kesit | <i>n</i> | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|---------------------|----------|--------|-------|------|--------|-------------------------------|--------------------------------|
| Abant | 6 | -7.15 | 5.76 | A | 18.556 | 65.11% | 64.18% |
| Mudurnu | 6 | -3.976 | 0.954 | A | | | |
| Deşarj öncesi (BD) | 31 | -12.60 | 18.21 | A | | | |
| Deşarj sonrası (AD) | 31 | -61.97 | 21.59 | B | | | |

Çizelge 4.26. Sonbahar Mevsimi için S_k (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = <0.001$)

| Kesit | <i>n</i> | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|---------------------|----------|--------|-------|------|--------|-------------------------------|--------------------------------|
| Abant | 6 | -8.39 | 6.00 | A | 17.772 | 64.30% | 63.34% |
| Mudurnu | 6 | -4.168 | 0.956 | A | | | |
| Deşarj öncesi (BD) | 31 | -21.39 | 18.14 | A | | | |
| Deşarj sonrası (AD) | 31 | -64.56 | 20.05 | B | | | |

4.5.3 Akarsu Kesitleri İçin Mevsimlere Göre Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması

Her akarsu kesiti için mevsimlere göre tek yönlü ANOVA sonuçları Çizelge 4.27 – 4.38’de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Abant için Mevsimlere Göre BBÜ (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.001$)

| Mevsim | <i>n</i> | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|----------|----------|--------|--------|------|-------|-------------------------------|--------------------------------|
| Kış | 4 | 0.3984 | 0.1593 | C | 0.551 | 58.89% | 43.88% |
| İlkbahar | 3 | 1.726 | 0.706 | A B | | | |
| Yaz | 5 | 2.277 | 0.435 | A | | | |
| Sonbahar | 6 | 1.245 | 0.696 | B C | | | |

Çizelge 4.28. Abant için Mevsimlere Göre NEM (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.507$)

| Mevsim | n | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|----------|---|--------|-------|------|-------|-------------------------------|--------------------------------|
| Kış | 4 | -5.15 | 4.52 | A | 4.345 | <0.01% | <0.01% |
| İlkbahar | 3 | -3.605 | 0.719 | A | | | |
| Yaz | 5 | -3.41 | 3.00 | A | | | |
| Sonbahar | 6 | -7.15 | 5.76 | A | | | |

Çizelge 4.29. Abant için Mevsimlere Göre S_k (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.652$)

| Mevsim | n | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|----------|---|--------|-------|------|------|-------------------------------|--------------------------------|
| Kış | 4 | -5.55 | 4.42 | A | 4.41 | <0.01% | <0.01% |
| İlkbahar | 3 | -5.331 | 1.417 | A | | | |
| Yaz | 5 | -5.69 | 2.73 | A | | | |
| Sonbahar | 6 | -8.39 | 6.00 | A | | | |

Çizelge 4.30. Mudurnu için Mevsimlere Göre BBÜ (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = <0.001$)

| Mevsim | n | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|----------|---|--------|--------|------|-------|-------------------------------|--------------------------------|
| Kış | 4 | 0.1927 | 0.0596 | B | 0.113 | 88.74% | 84.21% |
| İlkbahar | 3 | 1.0596 | 0.1493 | A | | | |
| Yaz | 5 | 0.3136 | 0.1228 | B | | | |
| Sonbahar | 6 | 0.1921 | 0.1133 | B | | | |

Çizelge 4.31. Mudurnu için Mevsimlere Göre NEM (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.255$)

| Mevsim | n | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|----------|---|--------|-------|------|-------|-------------------------------|--------------------------------|
| Kış | 4 | -2.340 | 1.655 | A | 1.523 | 8.26% | <0.01% |
| İlkbahar | 3 | -2.003 | 1.00 | A | | | |
| Yaz | 5 | -3.163 | 2.105 | A | | | |
| Sonbahar | 6 | -3.976 | 0.954 | A | | | |

Çizelge 4.32. Mudurnu için Mevsimlere Göre S_k (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.447$)

| Mevsim | n | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|----------|---|--------|-------|------|-------|-------------------------------|--------------------------------|
| Kış | 4 | -2.533 | 1.702 | A | 1.564 | <0.01% | <0.01% |
| İlkbahar | 3 | -3.063 | 0.957 | A | | | |
| Yaz | 5 | -3.477 | 2.189 | A | | | |
| Sonbahar | 6 | -4.168 | 0.956 | A | | | |

Çizelge 4.33. Deşarj Öncesi için Mevsimlere Göre BBÜ (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = <0.001$)

| Mevsim | n | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|----------|----|-------|-------|------|--------|-------------------------------|--------------------------------|
| Kış | 17 | 2.385 | 1.150 | B | 24.884 | 20.84% | 13.33% |
| İlkbahar | 15 | 41.9 | 49.3 | A | | | |
| Yaz | 18 | 18.01 | 25.70 | B | | | |
| Sonbahar | 31 | 8.79 | 8.98 | B | | | |

Çizelge 4.34. Deşarj Öncesi için Mevsimlere Göre NEM (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.528$)

| Mevsim | n | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|----------|----|--------|-------|------|--------|-------------------------------|--------------------------------|
| Kış | 17 | -27.9 | 85.2 | A | 52.998 | <0.01% | <0.01% |
| İlkbahar | 15 | -20.4 | 76.7 | A | | | |
| Yaz | 18 | -2.47 | 21.47 | A | | | |
| Sonbahar | 31 | -12.60 | 18.21 | A | | | |

Çizelge 4.35. Deşarj Öncesi için Mevsimlere Göre S_k (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.039$)

| Mevsim | n | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|----------|----|--------|-------|------|--------|-------------------------------|--------------------------------|
| Kış | 17 | -30.3 | 84.6 | A B | 47.186 | 6.77% | <0.01% |
| İlkbahar | 15 | -62.4 | 57.4 | B | | | |
| Yaz | 18 | -20.48 | 6.92 | A B | | | |
| Sonbahar | 31 | -21.39 | 18.14 | A | | | |

Çizelge 4.36. Deşarj Sonrası için Mevsimlere Göre BBÜ (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.063$)

| Mevsim | n | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|----------|----|------|-------|------|--------|-------------------------------|--------------------------------|
| Kış | 17 | 8.72 | 14.35 | A B | 26.792 | 5.44% | <0.01% |
| İlkbahar | 15 | 25.5 | 51.0 | A | | | |
| Yaz | 18 | 6.93 | 27.80 | A B | | | |
| Sonbahar | 31 | 2.59 | 8.92 | B | | | |

Çizelge 4.37. Deşarj Sonrası için Mevsimlere Göre NEM (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = <0.001$)

| Mevsim | n | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|----------|----|--------|-------|------|---------|-------------------------------|--------------------------------|
| Kış | 17 | -302.4 | 371.4 | B | 179.469 | 20.79% | 13.82% |
| İlkbahar | 15 | -132.7 | 130.9 | A | | | |
| Yaz | 18 | -45.18 | 34.23 | A | | | |
| Sonbahar | 31 | -61.97 | 21.59 | A | | | |

Çizelge 4.38. Deşarj Sonrası için Mevsimlere Göre S_k (gr O_2 m^{-2} $gün^{-1}$) Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = <0.001$)

| Mevsim | <i>n</i> | Ort. | SD | Grup | S | R^2_{adj} | R^2_{pred} |
|----------|----------|--------|-------|------|---------|-------------|--------------|
| Kış | 17 | -311.1 | 374.1 | B | 177.153 | 22.22% | 15.42% |
| İlkbahar | 15 | -158.2 | 107.4 | A B | | | |
| Yaz | 18 | -52.11 | 15.49 | A | | | |
| Sonbahar | 31 | -64.56 | 20.05 | A | | | |

4.5.4 Debilere göre Grup Ortalamalarının Karşılaştırılması

Debilere göre tek yönlü ANOVA sonuçları Çizelge 4.39 – 4.44’de verilmiştir.

Çizelge 4.39. Yüksek Debilerde BBÜ (gr O_2 m^{-2} $gün^{-1}$) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.328$)

| Kesit | <i>n</i> | Ort. | SD | Grup | S | R^2_{adj} | R^2_{pred} |
|---------------------|----------|-------|-------|------|--------|-------------|--------------|
| Abant | 5 | 1.177 | 0.905 | A | 40.661 | 1.03% | <0.01% |
| Mudurnu | 5 | 0.723 | 0.476 | A | | | |
| Deşarj öncesi (BD) | 21 | 30.24 | 45.37 | A | | | |
| Deşarj sonrası (AD) | 21 | 22.27 | 43.69 | A | | | |

Çizelge 4.40. Yüksek Debilerde NEM (gr O_2 m^{-2} $gün^{-1}$) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.001$)

| Kesit | <i>n</i> | Ort. | SD | Grup | S | R^2_{adj} | R^2_{pred} |
|---------------------|----------|--------|-------|------|---------|-------------|--------------|
| Abant | 5 | -5.53 | 3.39 | A | 224.759 | 24.47% | 21.63% |
| Mudurnu | 5 | -2.584 | 1.331 | A | | | |
| Deşarj öncesi (BD) | 21 | -34.1 | 98.3 | A | | | |
| Deşarj sonrası (AD) | 21 | -304.2 | 334.0 | B | | | |

Çizelge 4.41. Yüksek Debilerde S_k (gr O_2 m^{-2} $gün^{-1}$) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = <0.001$)

| Kesit | <i>n</i> | Ort. | SD | Grup | S | R^2_{adj} | R^2_{pred} |
|---------------------|----------|--------|-------|------|---------|-------------|--------------|
| Abant | 5 | -6.71 | 2.93 | A | 215.810 | 26.91% | 24.16% |
| Mudurnu | 5 | -3.307 | 1.132 | A | | | |
| Deşarj öncesi (BD) | 21 | -64.4 | 85.7 | A | | | |
| Deşarj sonrası (AD) | 21 | -326.5 | 323.2 | B | | | |

Çizelge 4.42. Düşük Debilerde BBÜ (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = 0.036$)

| Kesit | <i>n</i> | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|---------------------|----------|--------|--------|------|--------|-------------------------------|--------------------------------|
| Abant | 13 | 1.518 | 0.860 | A | 15.242 | 3.84% | 2.60% |
| Mudurnu | 13 | 0.2352 | 0.1210 | A | | | |
| Deşarj öncesi (BD) | 60 | 10.51 | 16.13 | A | | | |
| Deşarj sonrası (AD) | 60 | 4.48 | 17.28 | A | | | |

Çizelge 4.43. Düşük Debilerde NEM (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = <0.001$)

| Kesit | <i>n</i> | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|---------------------|----------|--------|-------|------|--------|-------------------------------|--------------------------------|
| Abant | 13 | -4.90 | 4.68 | A | 26.168 | 47.51% | 46.82% |
| Mudurnu | 13 | -3.24 | 1.692 | A | | | |
| Deşarj öncesi (BD) | 60 | -8.32 | 17.98 | A | | | |
| Deşarj sonrası (AD) | 60 | -57.94 | 36.33 | B | | | |

Çizelge 4.44. Düşük Debilerde S_k (gr O₂ m⁻² gün⁻¹) Grup Ortalamalarının Doğallık Derecesine Göre Karşılaştırılması ($\alpha = 0.05, p = <0.001$)

| Kesit | <i>n</i> | Ort. | SD | Grup | S | R ² _{adj} | R ² _{pred} |
|---------------------|----------|--------|-------|------|--------|-------------------------------|--------------------------------|
| Abant | 13 | -6.42 | 4.74 | A | 21.690 | 54.83% | 54.23% |
| Mudurnu | 13 | -3.475 | 1.731 | A | | | |
| Deşarj öncesi (BD) | 60 | -18.84 | 14.28 | A | | | |
| Deşarj sonrası (AD) | 60 | -62.42 | 30.38 | B | | | |

Çizelge 4.12 – 4.44’de yer alan grup harfleri istatistiksel olarak anlamlı farkları göstermektedir.

4.6 Süreç Temelli Çözünmüş Oksijen ve NEM Modeli

4.6.1 Model Kalibrasyon Sonuçları

Modelde kalibre edilen katsayılar ve kalibrasyon sonuçları sırasıyla Çizelge 4.45 ve 4.46’de verilmiştir. Model katsayılarının kalibrasyonunda Brown ve Barnwell (1987)’deki katsayı aralıkları kullanılmıştır. Kalibrasyon sonrası modelin aylara göre ÇO konsantrasyonundaki dakikalık tahmin değerleri ile saha ölçüm değerlerinin karşılaştırılması Şekil 4.4 – 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4.45. Model Kalibrasyon Katsayıları

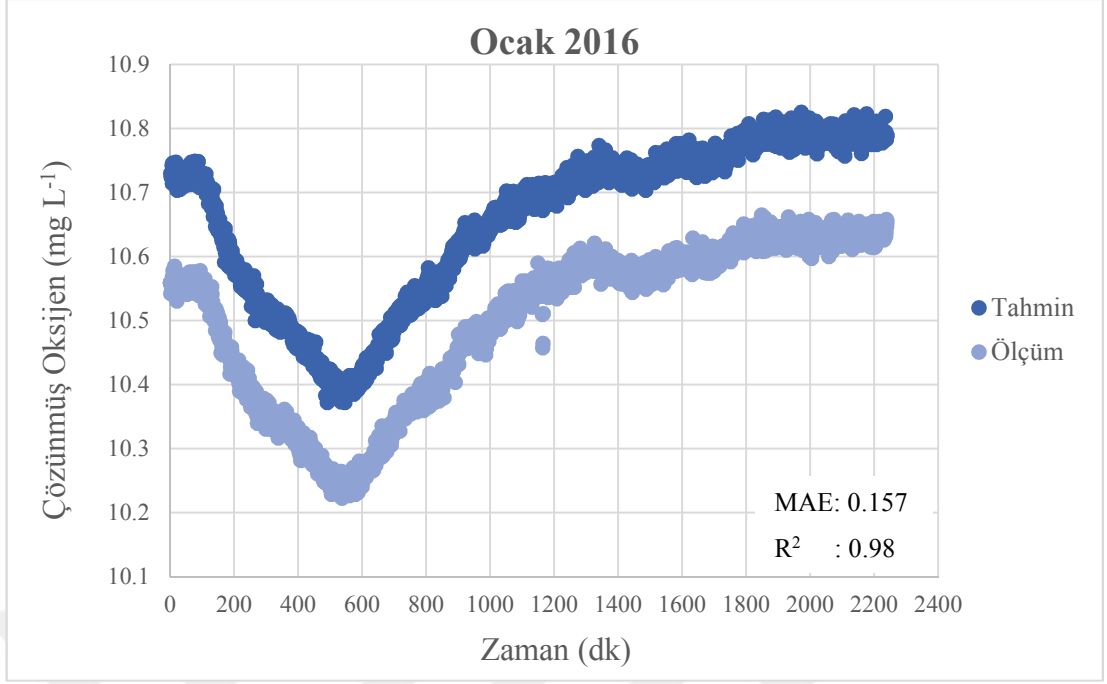
| Katsayı (20 °C) | Açıklama | Değer | Birim |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------|
| K_1 | : BOİ reaksiyon katsayısı | 3 | gün ⁻¹ |
| K_4 | : Sediment oksijen ihtiyacı (SOİ) reaksiyon katsayısı | 12.2 | mg O ₂ m ⁻² gün ⁻¹ |
| α_3 | : Birim alg büyümesi başına düşen oksijen üretimi | 1.6 | mg O ₂ mg A ⁻¹ |
| α_4 | : Birim alg solunumu başına düşen oksijen tüketimi | 1.9 | mg O ₂ mg A ⁻¹ |
| α_5 | : Nitrifikasyon oksijen tüketim katsayısı (NH ₃ → NO ₂) | | mg O ₂ mg N ⁻¹ |
| α_6 | : Nitrifikasyon oksijen tüketim katsayısı (NO ₂ → NO ₃) | 4.5* | mg O ₂ mg N ⁻¹ |
| β_1 | : Nitrifikasyon hız sabiti (NH ₃ → NO ₂) | | gün ⁻¹ |
| β_2 | : Nitrifikasyon hız sabiti (NO ₂ → NO ₃) | 1** | gün ⁻¹ |
| ρ | : Alg solunum hızı | 0.5 | gün ⁻¹ |
| μ | : Alg büyüme-çoğalma hızı (maksimum) | 2 | gün ⁻¹ |
| K_N | : Azot yarı doygunluk katsayısı | 0.2 | mg-N L ⁻¹ |
| K_P | : Fosfor yarı doygunluk katsayısı | 0.03 | mg-P L ⁻¹ |

* α_5 ve α_6 ’nin toplamı. ** β_1 ve β_2 ’nin toplamı.

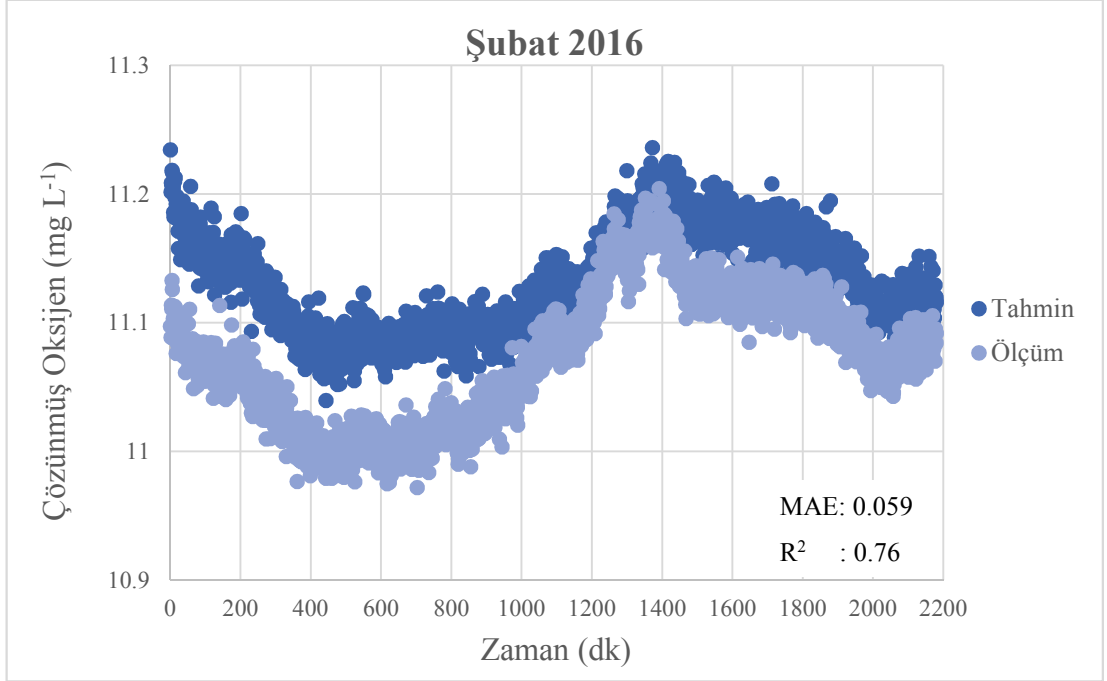
Çizelge 4.46. Model Kalibrasyon Sonuçları (2016)

| Ay | Ç.O. (mg L ⁻¹) MAE | NEM (gr O ₂ m ⁻² dk ⁻¹) MAE | Ç.O. (mg L ⁻¹) R ² | NEM (gr O ₂ m ⁻² dk ⁻¹) R ² | <i>n</i> | <i>n</i> |
|---------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|
| Ocak | 0.157 | 0.0054 | 0.98 | 0.17 | 2239 | 2239 |
| Şubat | 0.059 | 0.0016 | 0.76 | 0.06 | 2181 | 2181 |
| Mart | 0.023 | 0.0011 | 0.88 | 0.07 | 2089 | 2089 |
| Nisan | 0.044 | 0.0014 | 0.96 | <0.001 | 2014 | 2014 |
| Mayıs | 0.065 | 0.0017 | 0.97 | 0.2 | 1935 | 1935 |
| Haziran | 0.075 | 0.0015 | 0.91 | 0.45 | 1905 | 1905 |
| Temmuz | 0.310 | 0.0013 | 0.02 | 0.46 | 1909 | 1909 |
| Ağustos | 2.021 | 0.0031 | 0.002 | 0.19 | 2145 | 2135 |
| Eylül | 2.290 | 0.0055 | 0.45 | <0.001 | 2034 | 2034 |
| Ekim | 1.267 | 0.0016 | 0.01 | 0.04 | 2173 | 2168 |
| Kasım | 1.097 | 0.0013 | 0.09 | 0.007 | 2233 | 2222 |
| Aralık | 0.078 | 0.0004 | 0.91 | 0.005 | 2243 | 2243 |

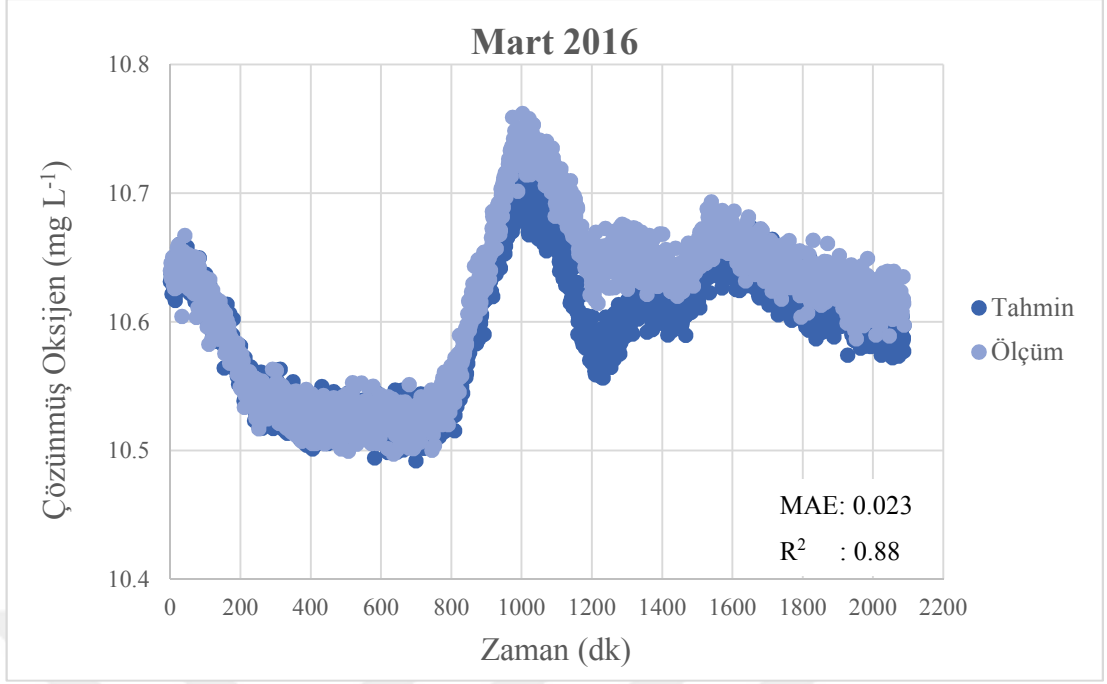
NEM² in gün cinsinden MAE kalibrasyon sonuçları yaklaşık olarak 0.58 – 7.92 gr O₂ m⁻² gün⁻¹ arasında değişmektedir.



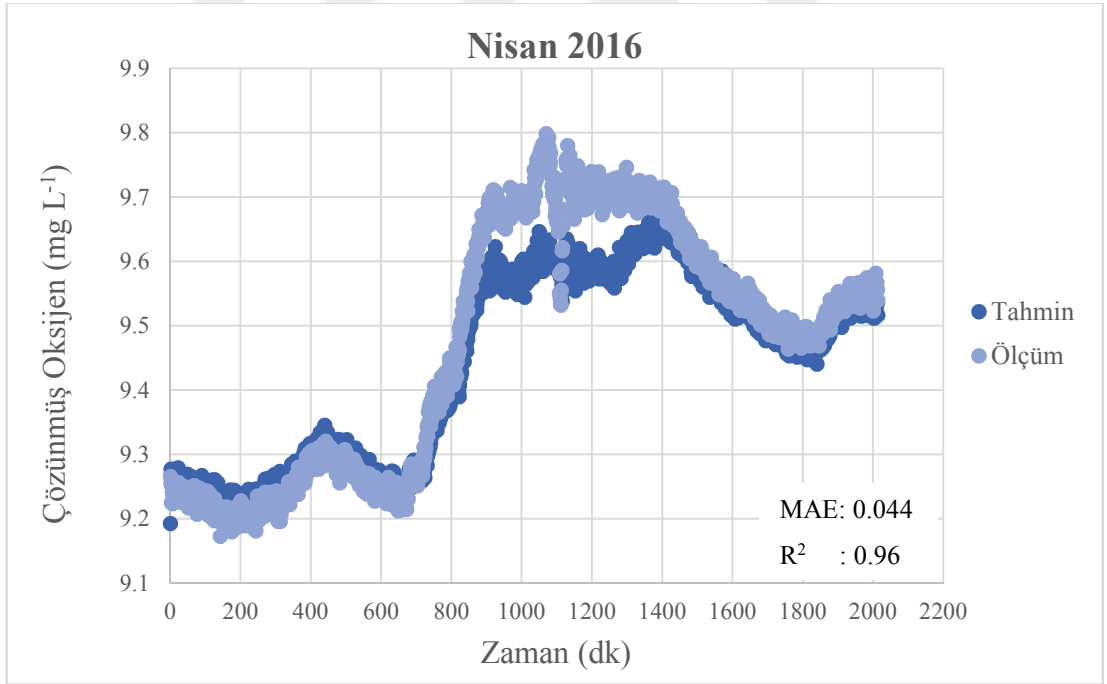
Şekil 4.4. Ocak Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim



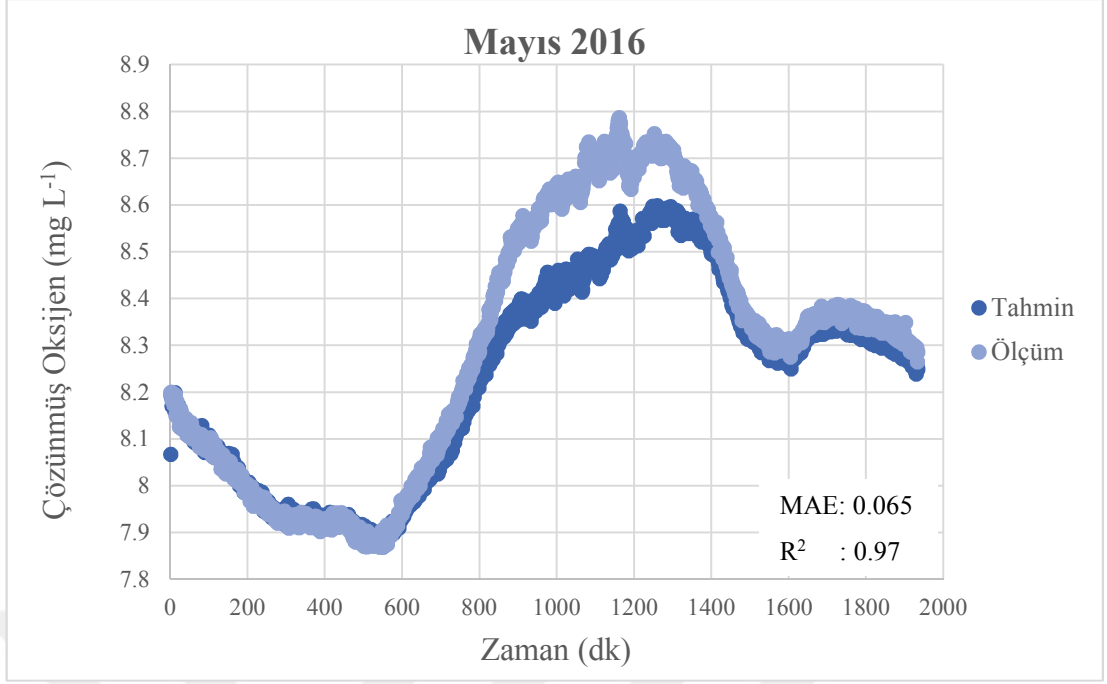
Şekil 4.5. Şubat Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim



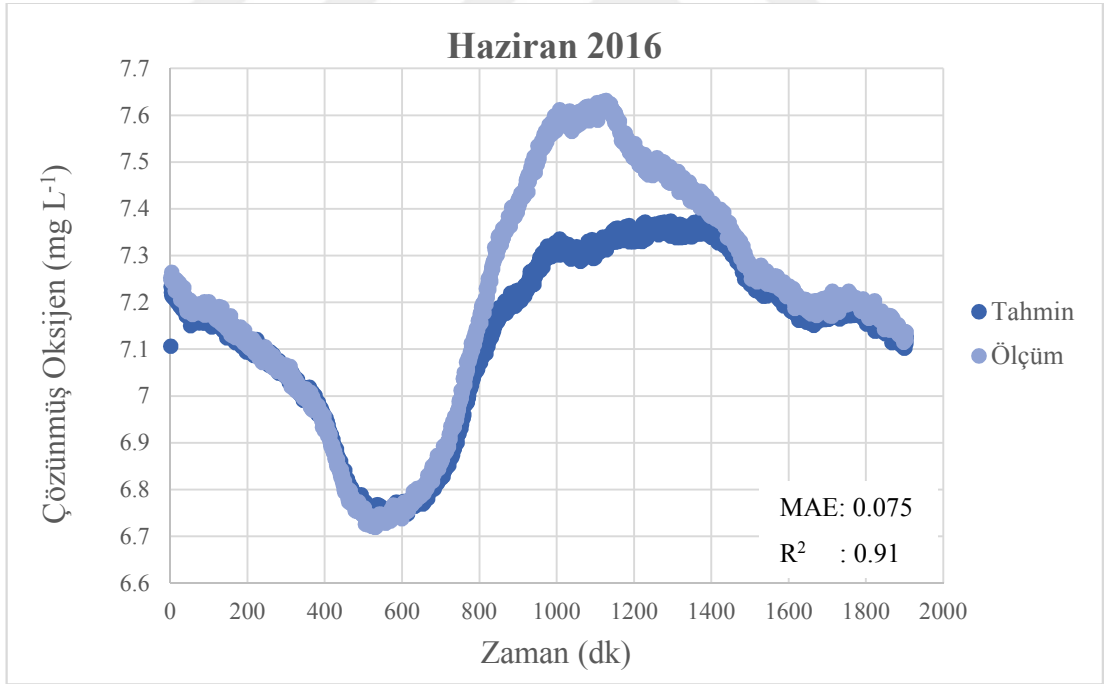
Şekil 4.6. Mart Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim



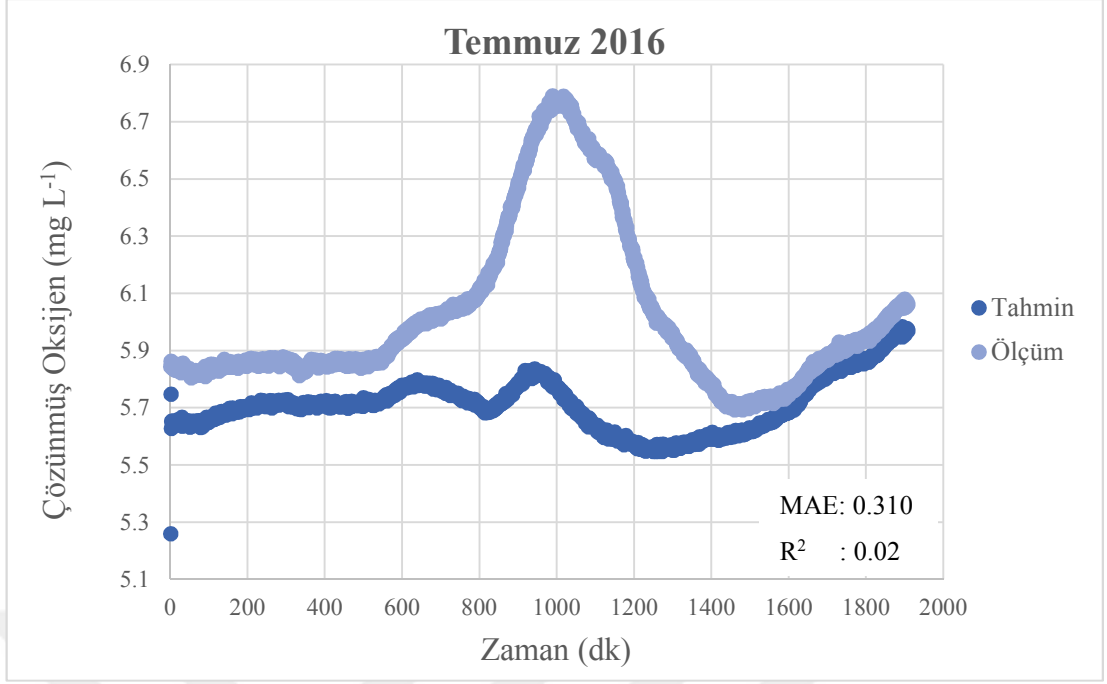
Şekil 4.7. Nisan Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim



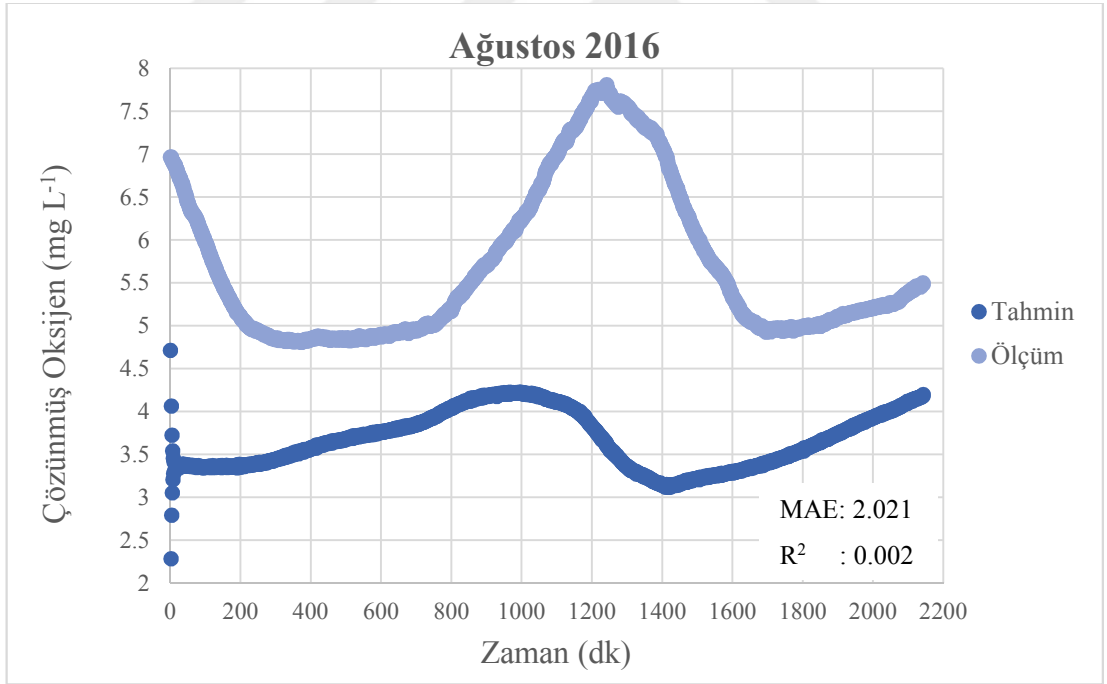
Şekil 4.8. Mayıs Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim



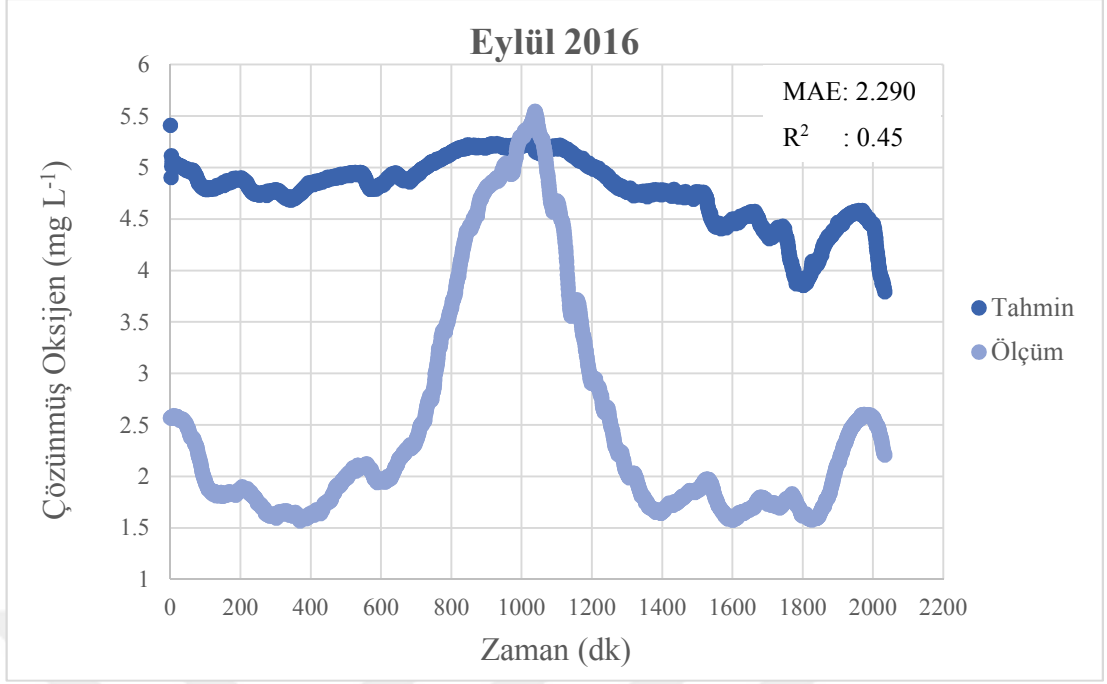
Şekil 4.9. Haziran Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim



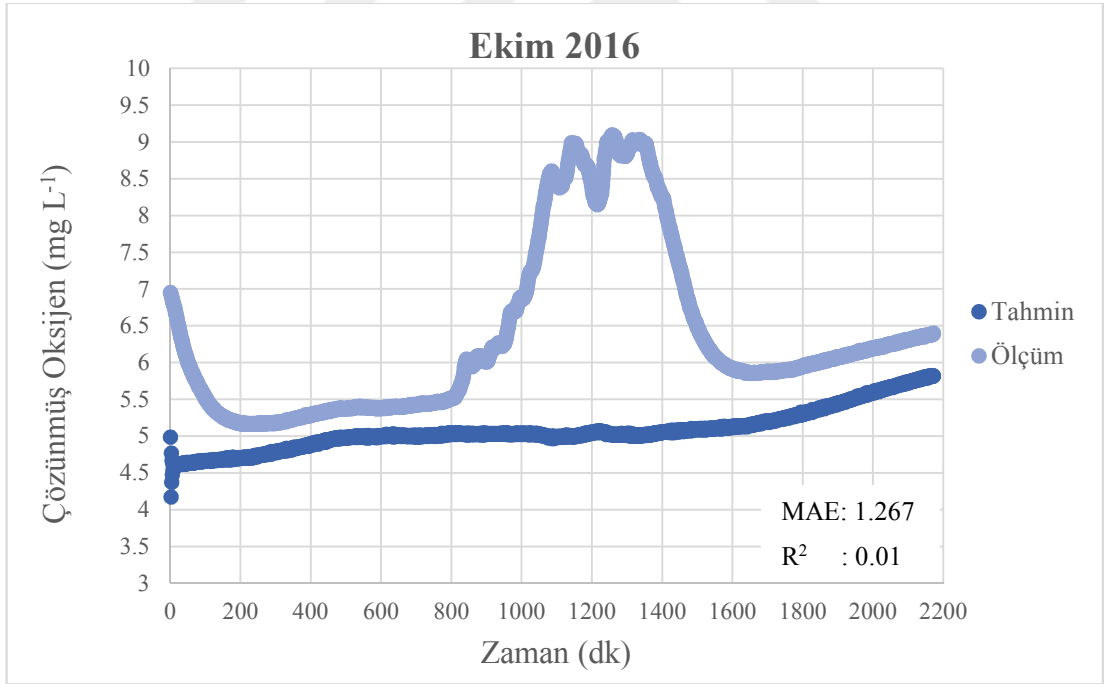
Şekil 4.10. Temmuz Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim



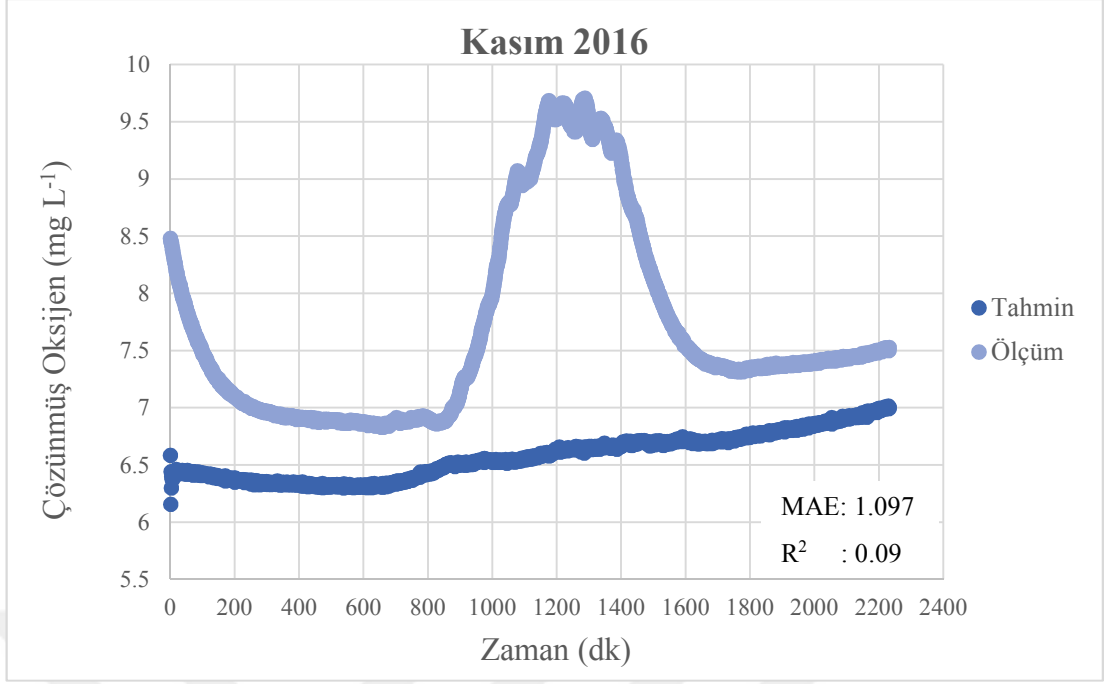
Şekil 4.11. Ağustos Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim



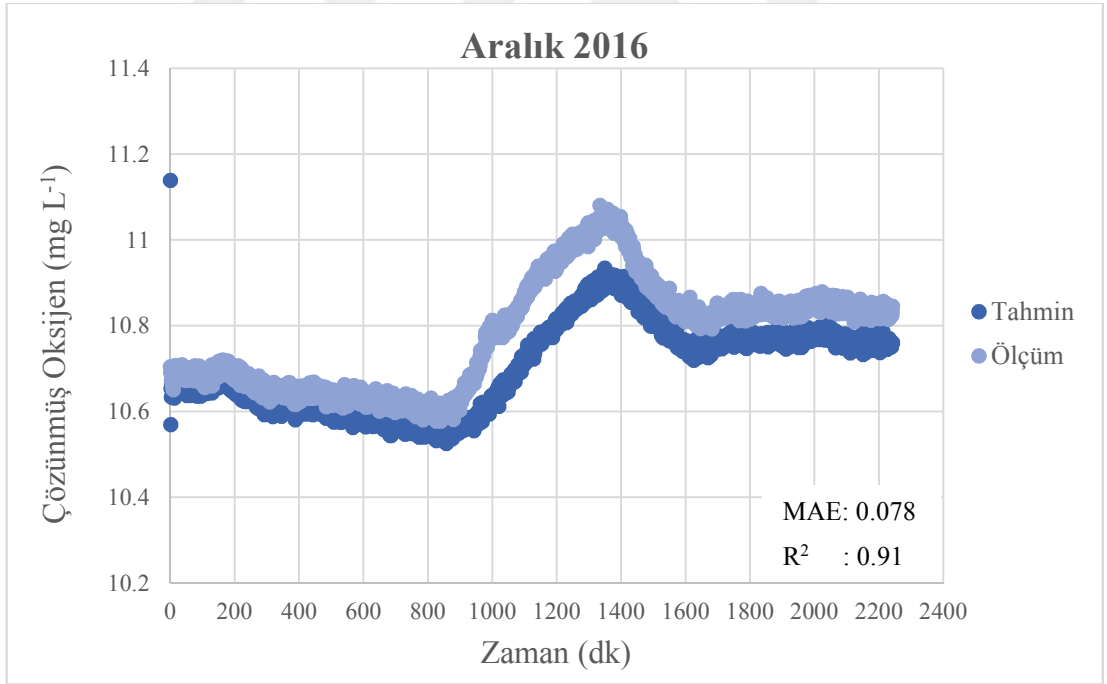
Şekil 4.12. Eylül Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim



Şekil 4.13. Ekim Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim



Şekil 4.14. Kasım Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim



Şekil 4.15. Aralık Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim

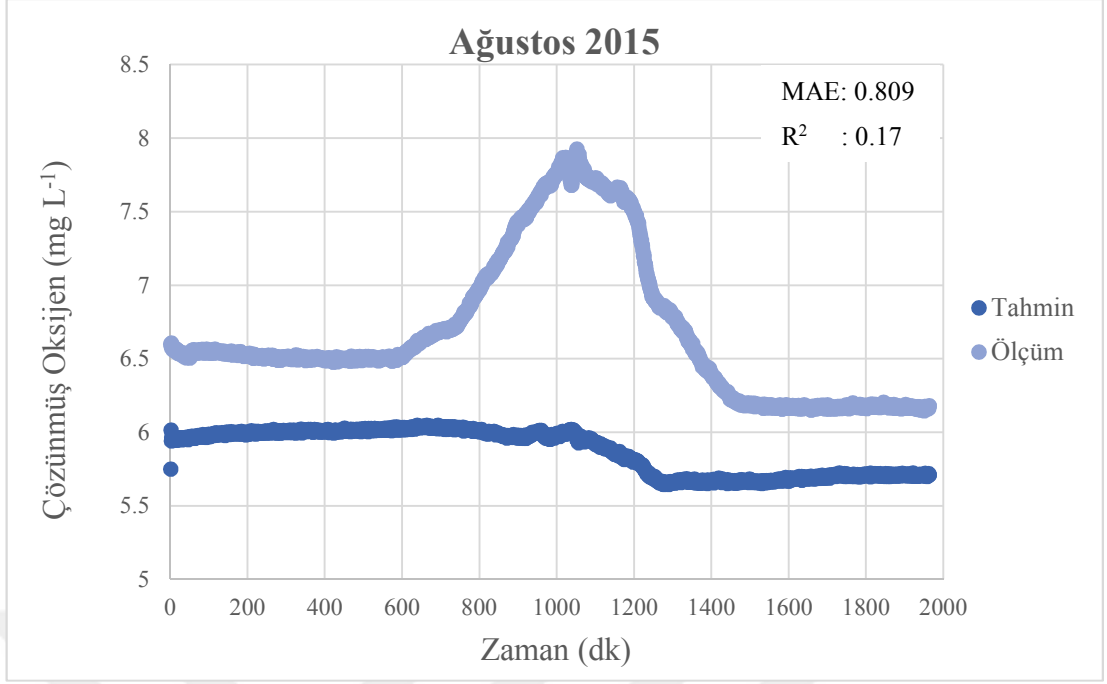
4.6.2 Model Validasyon Sonuçları

Model validasyon sonuçları Çizelge 4.47’de verilmiştir. Validasyon sonrası modelin aylara göre ÇO konsantrasyonundaki dakikalık tahmin değerleri ile saha ölçüm değerlerinin karşılaştırılması Şekil 4.16 – 4.20’da verilmiştir.

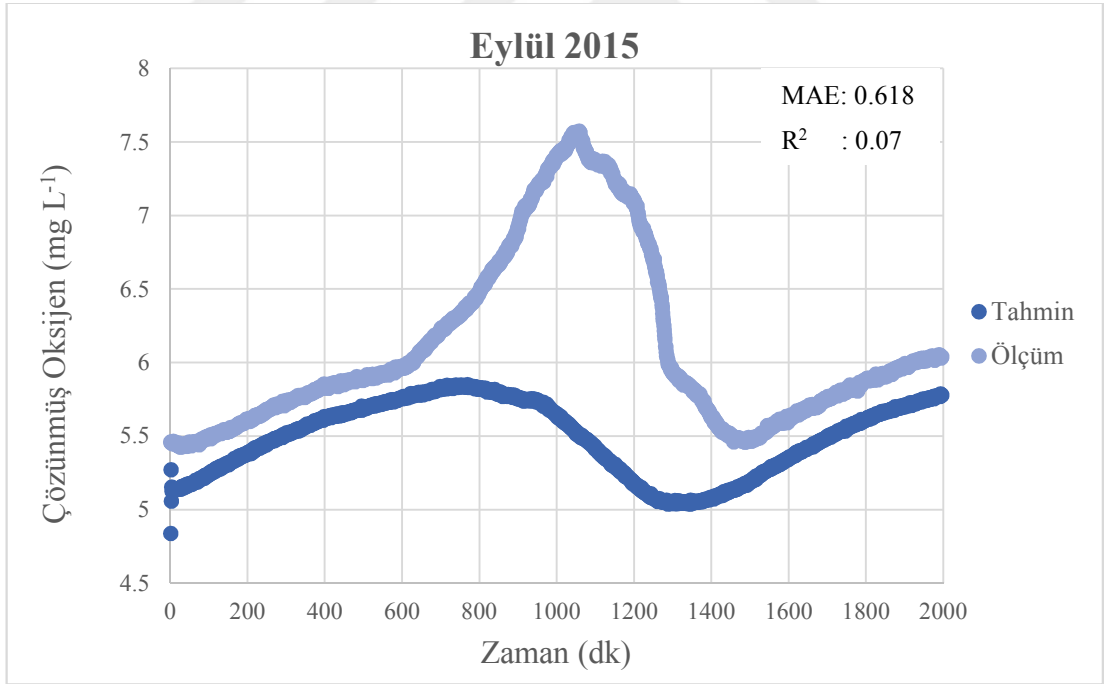
Çizelge 4.47. Model Validasyon Sonuçları (2015)

| Ay | Ç.O. (mg L ⁻¹) MAE | NEM (gr O ₂ m ⁻² dk ⁻¹) MAE | Ç.O. (mg L ⁻¹) R ² | NEM (gr O ₂ m ⁻² dk ⁻¹) R ² | <i>n</i> | <i>n</i> |
|---------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|
| Ağustos | 0.809 | 0.0049 | 0.17 | 0.39 | 1964 | 1964 |
| Eylül | 0.618 | 0.0017 | 0.07 | 0.08 | 1997 | 1997 |
| Ekim | 0.754 | 0.0054 | 0.08 | 0.01 | 2112 | 2112 |
| Kasım | 0.096 | 0.0009 | 0.92 | 0.03 | 2201 | 2201 |
| Aralık | 0.166 | 0.0019 | 0.77 | 0.005 | 2242 | 2242 |

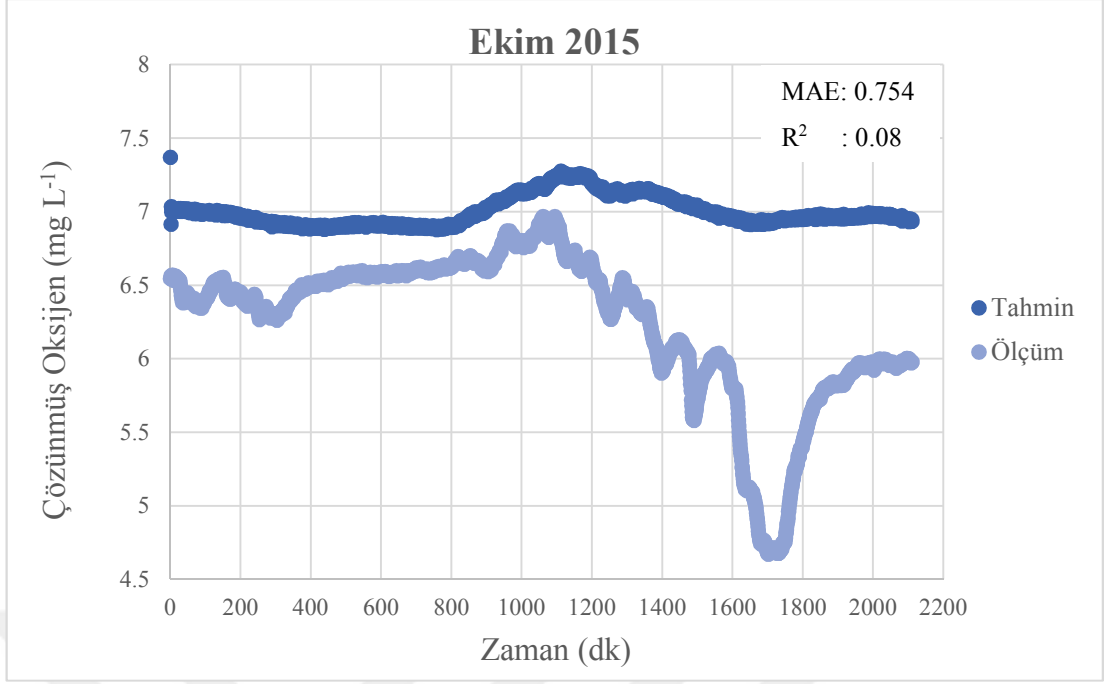
NEM’ in gün cinsinden MAE validasyon sonuçları yaklaşık olarak 1.3 – 7.78 gr O₂ m⁻² gün⁻¹ arasında değişmektedir.



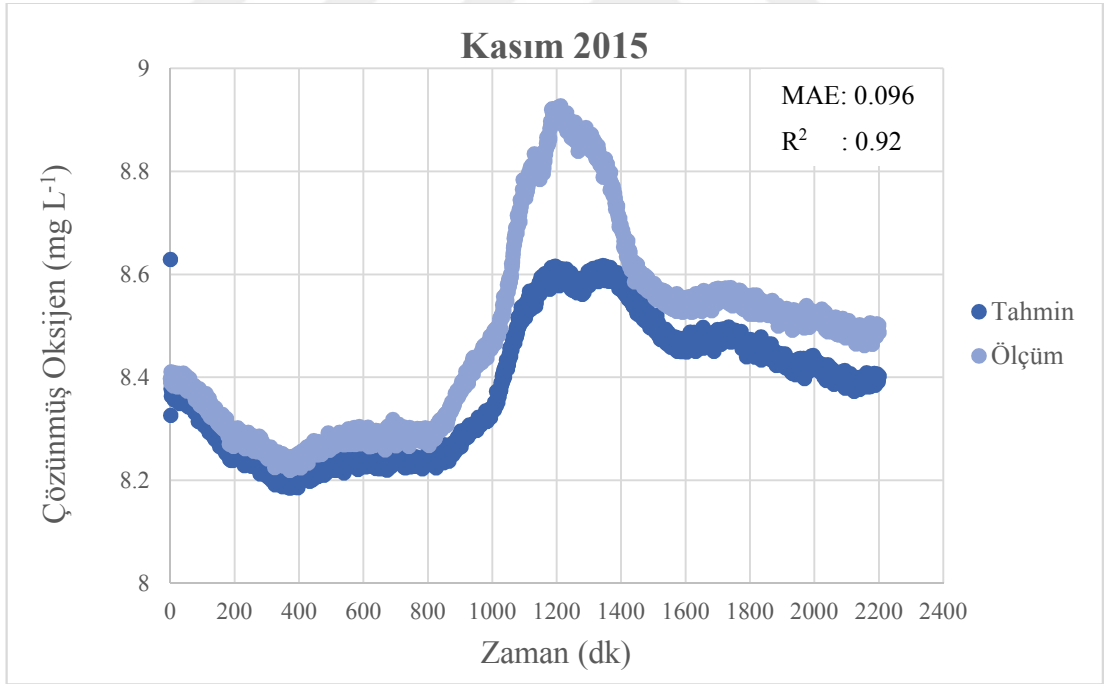
Şekil 4.16. Ağustos Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim



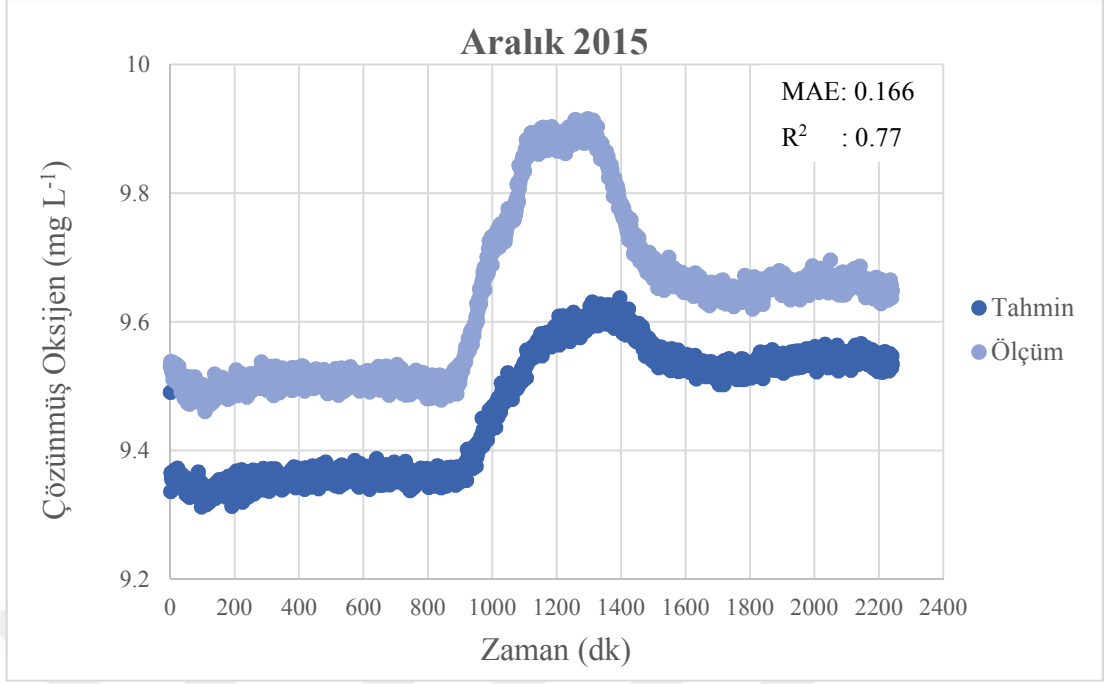
Şekil 4.17. Eylül Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim



Şekil 4.18. Ekim Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim



Şekil 4.19. Kasım Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim



Şekil 4.20. Aralık Ayı Gün İçerisinde ÇO Konsantrasyonundaki Dakikalık Değişim

5. TARTIŞMA VE VARGILAR

5.1 Metabolizma Bileşenleri ile Çevresel Değişkenler Arasındaki Doğrusal İlişkilerin Değerlendirilmesi

Dört akarsu kesitinde de metabolizma bileşenleri ile çevresel değişkenler arasında farklı doğrusal ilişkilerin olması mekânsal ve zamansal olarak korelasyonların değiştiğini göstermektedir. Buna istinaden seçilen bu çevresel değişkenlerin tek başlarına metabolizma bileşenlerindeki değişimleri doğrudan açıklayamayacağı sonucuna varılabilir. Bunlar dikkate alınarak çevresel değişkenlerin birbirleriyle olan ikili etkileşimleri regresyon modellerine dahil edilmiştir. Ayrıca, bu mekânsal ve zamansal heterojenliği modele yansıtmak için akarsu kesitleri (kategorik değişken) ve DOY, açıklayıcı değişken olarak modellerde kullanılmıştır.

Akarsu kesitlerinde korelasyonlar farklılık gösterse de deşarj sonrası yüksek değerlerde ölçülen BOI_5 ($r = 0.349$, $p = 0.001$), NH_4-N ($r = 0.478$, $p < 0.001$) ve bulanıklığın ($r = 0.232$, $p = 0.037$) S_k ile pozitif, BBÜ ile negatif korelasyon göstermesi beklenen bir durumdur (BOI_5 : $r = -0.154$, $p = 0.171$; NH_4-N : $r = -0.228$, $p = 0.041$; Blk: $r = -0.053$, $p = 0.641$). Deşarjlarla birlikte akarsu ortamına verilen organik maddelerin parçalanması ve NH_4-N 'nin oksidasyonu (nitrifikasyon) sonucu oksijen tüketimi artacağından dolayı S_k 'nin da artmasına neden olmuş olabilir. Bulanıklığın ve askıda katı madde miktarının artması güneş ışığının soğurulmasına, dolayısıyla BBÜ'nün azalmasına etken olmuş olabilir. Deşarj sonrası yüksek miktarlarda ölçülen orto- PO_4-P de ($r = 0.418$, $p < 0.001$) S_k ile pozitif korelasyon göstermiştir. Orto- PO_4-P ve NH_4-N 'nin heterotrofik mikroorganizmalar için besin kaynağı olması deşarj sonrasındaki S_k 'nin artmasında etken olmuş olabilir. Benzer şekilde deşarj sonrası T_{su} ($r = 0.563$, $p < 0.001$) ile S_k 'nin pozitif korelasyon göstermesi sıcaklıkla beraber heterotrofik canlı aktivitesinin artmasına bağlanabilir. Bu durum Abant ve deşarj öncesi için BBÜ' de görülmektedir. T_{su} ile BBÜ'nün pozitif korelasyon göstermesi sıcaklıkla beraber ototrofik canlı aktivitesinin artmasına bağlanabilir (Abant: $r = 0.795$, $p < 0.001$; deşarj öncesi: $r = 0.221$, $p = 0.047$).

5.2 Çoklu Doğrusal Olmayan Regresyon Modellerinin Değerlendirilmesi

S_k için regresyon modeli R^2_{adj} ve R^2_{pred} sırasıyla 87.14 % ve 81.66 % olarak parametrelendirilmiştir. Buna göre, DOY, NG, P_{atm} , $DOY \times T_{hava}$, $DOY \times P_{atm}$, $DOY \times BOI_5$, $DOY \times SC$, $BN \times BOI_5$, $T_{su} \times BOI_5$, $BOI_5 \times SC$, $BOI_5 \times pH$, $BOI_5 \times NH_4-N$, $BOI_5 \times Orto-PO_4-P$, Bulanıklık $\times SC$, Bulanıklık $\times pH$, Bulanıklık $\times Chl-a$, Bulanıklık $\times NO_3-N$, $pH \times NH_4-N$ değişkenleri ve etkileşimleri S_k 'yi 81.66 % açıklayabilmektedir.

F değerlerine göre modelin tahmin gücüne en büyük katkıda bulunan ve yanıt değişkeniyle (S_k) en çok ilişkisi olan açıklayıcı değişken $BOI_5 \times SC$ etkileşimidir. VIF değerlerine göre DOY, NG (Mudurnu hariç), $DOY \times P_{atm}$, $DOY \times BOI_5$, $DOY \times SC$, $T_{su} \times BOI_5$, $BOI_5 \times SC$, $BOI_5 \times pH$, $BOI_5 \times NH_4-N$, $BOI_5 \times Orto-PO_4-P$, Bulanıklık $\times SC$, Bulanıklık $\times pH$, $pH \times NH_4-N$ değişkenleri ve etkileşimleri çoklu eş doğrusallıklar (VIF > 40) göstermektedir. VIF değerlerinin yüksek çıkması modelin güvenirliliği açısından istenmeyen bir durumdur (bkz. Çizelge 4.10). DW istatistiğine bakıldığında (DW = 1.117) otokorelasyonun olmadığı görülmektedir. Model, validasyon için ayrılan ölçüm değerlerini 66.6 % (R^2) oranında tahmin edebilmiştir.

NEM için regresyon modeli R^2_{adj} ve R^2_{pred} sırasıyla 84.6 % ve 80.04 % olarak parametrelendirilmiştir. Buna göre, DOY, NG, $DOY \times T_{hava}$, $DOY \times NH_4-N$, $T_{hava} \times TP$, $BOI_5 \times SC$, $BOI_5 \times pH$, $BOI_5 \times NH_4-N$, $BOI_5 \times Orto-PO_4-P$, $TN \times Bulanıklık$, $TP \times Bulanıklık$, Bulanıklık $\times pH$, $SC \times NH_4-N$, $NH_4-N \times NO_3-N$ değişkenleri ve etkileşimleri NEM' i 80.04 % açıklayabilmektedir.

F değerlerine göre modelin tahmin gücüne en büyük katkıda bulunan ve yanıt değişkeniyle (NEM) en çok ilişkisi olan açıklayıcı değişken $DOY \times NH_4-N$ etkileşimidir. VIF değerlerine göre NG (Deşarj sonrası), $DOY \times NH_4-N$, $BOI_5 \times SC$, $BOI_5 \times pH$, $BOI_5 \times NH_4-N$, $BOI_5 \times Orto-PO_4-P$, $TN \times Bulanıklık$, $TP \times Bulanıklık$, $SC \times NH_4-N$ değişkenleri ve etkileşimleri çoklu eş doğrusallıklar (VIF > 40) göstermektedir. VIF değerlerinin yüksek çıkması modelin güvenirliliği açısından yine istenmeyen bir durumdur (bkz. Çizelge 4.11). DW istatistiğine bakıldığında (DW =

1.48) otokorelasyonun olmadığı görülmektedir. Model, validasyon için ayrılan ölçüm değerlerini 74.9 % (R^2) oranında tahmin edebilmiştir.

S_k ve NEM için oluşturulan regresyon modellerinin R^2_{adj} ve R^2_{pred} değerleri (sırasıyla 87.14 % ve 81.66 %, 84.6 % ve 80.04 %) yüksek çıkmasına rağmen BBÜ için düşük değerler (10.39 %, 7.67 %) elde edilmiştir. Bu sonuç, S_k ve NEM modellerinde açıklayıcı değişken olarak kullanılan çevresel değişkenlerin BBÜ'nün açıklanmasında yetersiz kaldığını göstermektedir. Bu çalışmadaki modellerde kullanılan çevresel değişkenlerin yanı sıra BBÜ ile ilişkili olan fotosentetik aktif radyasyon (PAR), gölgelenme yüzdesi (Burrell v.d., 2014) v.b. değişkenlerin de BBÜ için oluşturulacak modellerde dikkate alınması gerektiği sonucuna varılabilir.

5.3 Tek Yönlü Varyans Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

17 aylık tüm veriler ele alındığında doğallık derecesine göre grup ortalamalarının karşılaştırılması sonucu (varyans analizi) her akarsu kesiti için BBÜ' de istatistiksel olarak anlamlı derecede bir farkın olmadığı (A) ortaya çıkmıştır (bkz. Çizelge 4.12). Yine de ortalamalara bakıldığında (Deşarj öncesi için BBÜ: 15.6 gr O₂ m⁻² gün⁻¹, Deşarj sonrası için BBÜ: 9.1 gr O₂ m⁻² gün⁻¹) kentsel atıksu arıtma tesisi deşarjlarının BBÜ'yü azalttığı söylenebilir. Bunun sebebi, arıtılmış atıksu deşarjlarının yanı sıra yüksek miktarda askıda katı madde ve bulanıklık ihtiva eden arıtılmamış atıksu deşarjlarının da ortama verilmesi sonucu güneş ışınlarının soğurulması nedeniyle fotosentezin gerçekleşmemesi olabilir. NEM ve S_k grup ortalamalarında ise Abant Çayı başlangıç noktası, Mudurnu Çayı başlangıç noktası ve deşarj öncesi akarsu kesitleri için istatistiksel olarak anlamlı derecede bir farkın olmadığı (A), deşarj sonrası da ise farkın olduğu (B) sonucuna varılmıştır (bkz. Çizelge 4.13 ve 4.14). Ortalama S_k 'lara bakıldığında (Deşarj öncesi için S_k : -30.6 gr O₂ m⁻² gün⁻¹, Deşarj sonrası için S_k : -130.9 gr O₂ m⁻² gün⁻¹) kentsel atıksu arıtma tesisi deşarjlarının solunumu arttırdığı söylenebilir. Arıtılmış ve arıtılmamış atıksu deşarjlarından kaynaklanan yüksek miktardaki organik maddelerin (BOİ₅) ayrışması, NH₄-N, NO₃-N, orto-PO₄-P besin maddelerinin (mikroorganizmalar için besin kaynağı) ve heterotrofik mikroorganizmaların akarsu ortamına verilmesi ortalama S_k 'nın artmasına neden gösterilebilir. Havza ölçeğinde değerlendirilecek olursa, referans olarak seçilen Abant Çayı ve Mudurnu Çayı başlangıç noktalarından deşarj öncesine

kadar BBÜ, NEM ve S_k 'da istatistiksel olarak önemli bir değişimin olmadığı, S_k ve NEM' in kentsel atıksu arıtma tesisi deşarjlarından sonra değişim gösterdiği görülmüştür.

17 aylık tüm veriler ile mevsimlere göre Tek yönlü varyans analiz sonuçlarının karşılaştırılmasında aşağıdaki farklılıklar belirlenmiştir:

- 1) Kış mevsiminde her akarsu kesiti için BBÜ, NEM ve S_k 'da istatistiksel olarak anlamlı derecede bir farkın olmadığı (A) sonucuna varılmıştır. 17 aylık toplam verilerden farklı olarak kış mevsiminde S_k 'da deşarj sonrası istatistiksel olarak anlamlı derecede farkın olmaması, yağışlarla birlikte akarsu debisinin artmasından kaynaklanıyor olabilir. Akarsu debisinin artması, seyrelmeden dolayı deşarj etkisinin azalmasında etken olmuş olabilir. Kışın istatistiksel olarak S_k 'da farkın olmadığı sonucuna varılsa da ortalama S_k 'lara bakıldığında deşarj öncesi ve deşarj sonrası arasında sayısal olarak farkın olduğu görülmektedir (bkz. Çizelge 4.17).
- 2) Kışın deşarj sonrasında deşarj öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede bir farkın olmamasına rağmen ortalama BBÜ'nün arttığı (Deşarj öncesi için S_k : $2.385 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$, Deşarj sonrası için S_k : $8.72 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) sonucuna varılmıştır. 17 aylık toplam verilerin aksine kışın deşarj sonrası ortalama BBÜ'nün artmasında yine debi artışı etken olmuş olabilir. Seyrelmeden dolayı su ortamındaki askıda katı madde konsantrasyonu azalacağından fotosentetik canlılar güneş ışığından daha çok faydalanmış olabilir.
- 3) Yaz mevsiminde Abant Çayı ve Mudurnu Çayı başlangıç noktaları (A) ile deşarj öncesi (B) arasında S_k 'da istatistiksel yönden anlamlı derecede farkın olduğu ortaya çıkmıştır. Yazın sıcaklığın artmasıyla sudaki heterotrofik canlıların çoğalması ve aktivitelerinin artması S_k 'daki bu farkın oluşmasında etken olmuş olabilir.
- 4) Sonbahar mevsiminde deşarj sonrasında deşarj öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede BBÜ'de farkın olduğu ve azaldığı sonucuna varılmıştır.

İlkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde 17 aylık toplam verilerde olduğu gibi deşarj sonrası S_k 'da istatistiksel olarak farkın olduğu ve deşarjların S_k 'yı arttırdığı sonucuna varılmıştır. Ortalama BBÜ'lere bakıldığında kış mevsimi hariç diğer mevsimlerde deşarj sonrası BBÜ'de azalma görülmektedir. Verilerin mevsimsel

olarak ayrılması yukarıdaki farklılıkların görülmesine imkân sağlamıştır. Yine de bu istisnai durumlar haricinde genel eğilim aynıdır.

Abant için BBÜ’de, kış ve yaz mevsimleri arasında anlamlı derecede farklılığın olduğu, NEM ve S_k için ise tüm mevsimlerde istatistiksel olarak farkın olmadığı ortaya çıkmıştır. Mudurnu için BBÜ’de, ilkbahar mevsiminde diğer mevsimlere göre anlamlı derecede farklılığın olduğu, NEM ve S_k için ise tüm mevsimlerde istatistiksel olarak farkın olmadığı sonucuna varılmıştır. Deşarj öncesi için BBÜ’de, ilkbahar mevsiminde diğer mevsimlere göre anlamlı derecede farklılığın olduğu, NEM için tüm mevsimlerde istatistiksel olarak farkın olmadığı, S_k için ise ilkbahar ve sonbahar mevsimleri arasında anlamlı derecede farklılığın olduğu ortaya çıkmıştır. Deşarj sonrası için BBÜ’de, ilkbahar ve sonbahar mevsimleri arasında anlamlı derecede farklılığın olduğu, NEM için kış mevsiminde diğer mevsimlere göre anlamlı derecede farklılığın olduğu, S_k için ise kış mevsiminde ilkbahar hariç diğer mevsimlere göre anlamlı derecede farklılığın olduğu belirlenmiştir.

Yüksek ve düşük debilere göre Tek yönlü varyans analizi uygulandığında her iki kategoride de tüm akarsu kesitleri için BBÜ’de istatistiksel olarak anlamlı derecede bir farkın olmadığı (A) ortaya çıkmıştır. Ortalamalara bakıldığında 17 aylık toplam verilerde olduğu gibi deşarj sonrası BBÜ’de azalma görülmektedir (bkz. Çizelge 4.39, 4.42). NEM ve S_k grup ortalamalarında ise yine 17 aylık toplam verilerde olduğu gibi her iki kategoride de Abant Çayı başlangıç noktası, Mudurnu Çayı başlangıç noktası ve deşarj öncesi akarsu kesitleri için istatistiksel olarak anlamlı derecede bir farkın olmadığı (A), deşarj sonrası da ise farkın olduğu (B) sonucuna varılmıştır.

Akarsu hidroliği (Akarsu debisi, hızı, derinliği, genişliği), akarsu metabolizmasının hesaplanmasında büyük önem arz etmekte olup akarsu kesitlerindeki metabolizma bileşenlerinin (BBÜ, NEM, S_k) sonuçlarında etkili olmuştur. Akarsu kesitlerindeki debiler ile kesit alanları birebir oranda değişmediği için (hız, derinlik ve genişliğe bağlı olarak) $gr\ O_2\ m^{-2}\ gün^{-1}$ cinsinden hesaplamalarda bu değişkenler önemli rol oynamıştır.

Genel bir değerlendirme yapılacak olursa sonuçlar, Bolu KAAT deşarjlarının akarsu metabolizmasını etkilediğini göstermiştir. Deşarj sonrası S_k 'nin arttığı, BBÜ'nün ise istatistiksel olarak anlamlı derecede fark olmasa da azaldığı ortaya çıkmıştır. Bu sonuca benzer şekilde, Kicklighter (1987) hazne yöntemini kullanarak atıksu arıtma tesisi deşarjlarının BBÜ'yü azalttığını ve bu azalmanın atıksu renginden (ışığın soğurulması) kaynaklandığını işaret etmiştir. Bu, arıtılmamış atıksu deşarjlarındaki yüksek miktarda bulanıklık ve askıda katı maddelerin ışığı soğurması sonucu BBÜ'yü azaltabildiği yorumlarını desteklemektedir. Gücker v.d. (2006) atıksu arıtma tesisi deşarjlarının BBÜ'ü ve S_k 'yi arttırdığını bulmuşlardır. Gücker v.d. (2006)'daki BBÜ'nün arttığı sonucu tez çalışmasındaki BBÜ sonuçlarıyla ters düşse de S_k bakımından aynı sonucun çıkması Bolu KAAT deşarjlarının solunumu arttırdığı tezini güçlendirmektedir. Chen (2013) ve Chesworth (2016) gibi literatürdeki birçok araştırmacı da atıksu arıtma tesisi deşarjlarının S_k 'yi arttırdığı sonucuna varmışlardır (bkz. Çizelge 1.1). Gücker v.d. (2006) arıtılmış atıksu deşarjlarını ele almışlardır. Arıtılmış atıksu deşarjlarının besi maddesi (NH_4-N , NO_3-N , orto- PO_4-P) konsantrasyonlarını arttırarak BBÜ'yü tetiklediğini ortaya koymuşlardır. Bu tez çalışmasında ise arıtılmış atıksularla beraber arıtılmamış atıksular da (yüksek miktarda bulanıklık ve askıda katı madde içeren) ortama verilmektedir. Bundan kaynaklanan ışık yetersizliği ortama verilen besi maddelerinin fotosentetik canlıların çoğalmasındaki etkisini (BBÜ'nün artması) engellemiş olabilir. Aristi v.d. (2015) bu vargıyı ışığın sınırlı olduğu akarsu kesitlerinde besi maddesi artışının BBÜ üzerinde etkisinin olmayabileceğini göstererek desteklemektedir. İlgili literatüre bakıldığında tez çalışmasındaki deşarj öncesi ve sonrası ortalama BBÜ sonuçlarının diğer çalışmalar ile yakın değerlerde çıktığı görülmektedir. Deşarj sonrası ortalama S_k 'da ise en yüksek sonucun (S_k : $-130.9 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) bu tez çalışmasına ait olduğu görülmektedir. Bu sonuca en yakın değer, Gücker v.d. (2006)'nin bulduğu $59 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ dür. Gücker v.d. (2006) arıtılmış atıksu deşarjlarını ele almasına rağmen bu yüksek sonucu elde etmişlerdir. Bu çalışmada ortalama S_k 'nin yüksek çıkması, arıtılmış atıksuların yanı sıra arıtılmamış atıksuların da ortama verilmesi ve akarsu debisinin yüksek seviyelerde (Şubat 2016 için akarsu debisi $12.2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) olmasıyla ilişkilendirilebilir.

Her mevsimde, dört akarsu kesiti için de ortalama NEM hızlarının negatif olduğu ortaya çıkmıştır. NEM hızlarının negatif olması biyokütlenin azaldığını ve yıl boyunca genel olarak heterotrofik bir ortamın baskın olduğunu işaret etmektedir.

Deşarjlarla birlikte ortama verilen yüksek miktardaki organik maddelerin parçalanmasının yanı sıra yüksek konsantrasyondaki $\text{NH}_4\text{-N}$ 'nin oksidasyonu da (nitrifikasyon) ortamdaki CO 'nun azalmasına neden olabilmektedir. Bu yüzden, deşarj sonrası S_k 'nin arttığı sonucuna nitrifikasyonu da göz önünde bulundurmak gerekir. Çünkü nitrifikasyon solunumdan farklı olarak ototrofik bir reaksiyon olup organik karbonun azalmasını temsil etmez.

5.4 Süreç Temelli Çözünmüş Oksijen Modelinin Değerlendirilmesi

Geliştirilen süreç temelli modelde, fotosentez ve solunum mekanizmaları sadece alg biyokütlesine göre tasarlanmıştır. Akarsu ortamındaki su bitkileri ve diğer heterotrofik canlılar (böcek, balık, heterotrofik mikroorganizmalar vb.) modele dâhil edilmemiştir. Bu eksiklikler model tahmin sonuçlarını etkilemiştir.

Model kalibrasyon sonuçlarına göre Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim ve Kasım, validasyon sonuçlarına göre ise Ağustos, Eylül, Ekim aylarında CO model tahmin değerleriyle ölçüm değerleri arasındaki farkların (MAE) arttığı görülmektedir. (bkz. Çizelge 4.46 ve 4.47). Bu farkın oluşması, o aylardaki su debisi ve hızındaki düşüşle birlikte bekletme süresinin artmasına bağlanabilir. Bekletme süresinin artması, su kütleindeki fotosentez ve solunum sürelerini etkilediğinden dolayı yukarıda bahsedilen girdi eksiklikleriyle birlikte CO sonuçlarında farkların çıkmasına neden olmuştur. Şekil 4.10 – 4.14, 4.16, 4.17'ye bakıldığında gündüz saatlerinde ölçülen CO konsantrasyonu artarken modelin bu artışa yetersiz kaldığı görülmektedir. Su bitkilerinin fotosenteze olan katkısı ve modelde bu girdinin olmaması bunu açıklamaktadır. Örneğin, Şekil 4.14'de Kasım 2016 için CO ölçüm ve model tahmin değerleri arasındaki fark açılırken Şekil 4.19'da Kasım 2015 için bu değerlerin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bunun sebebi yukarıda belirtildiği gibi Kasım 2016'daki akarsu debisi ve hızının ($Q: 0.0045 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, $V: 0.02 \text{ m s}^{-1}$) Kasım 2015'den ($Q: 0.0394 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, $V: 0.135 \text{ m s}^{-1}$) daha düşük seviyelerde olması ve buna istinaden bekletme süresinin artarak su kütlelerinin fotosentez ve solunum mekanizmalarına daha

çok maruz kalmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 4.18'de (Ekim 2015) gün içinde ölçülen ÇO konsantrasyonlarında ani bir düşüş görülmektedir. Bunun sebebi, Abant çayı başlangıcında bulunan otellerden kaynaklı ara ara gerçekleşen deşarj sızıntıları neden olmuş olabilir. Bu sızıntılarla beraber organik madde yükünün artması gün içindeki ÇO tüketimini arttırmıştır. ÇO ölçümlerinin sadece başlangıcında ve bitiminde su numuneleri alındığından dolayı modelde girdi olarak ortalama BOI_5 konsantrasyonları kullanılmıştır. Bununla beraber zamana bağlı organik madde artışı modele yansıtılmadığından dolayı model tahmin değerleri ÇO ölçüm değerlerindeki bu düşüşü yakalayamamıştır. Sahada ölçülen ile modelin tahmin ettiği ÇO konsantrasyonları arasındaki 0.1 mg L^{-1} lik farkın oluşması bile yüksek debilerde NEM'nin dakikalık değerlerini büyük oranda etkileyip R^2 'lerin düşük çıkmasına neden olmuştur (bkz. Çizelge 4.46 ve 4.47).

Model, modüler olduğundan dolayı geliştirilebilir özelliğe sahip olup yeterli verilerle birlikte bu eksik girdiler entegre edilerek daha iyi tahmin sonuçları elde edilebilir. Bu eksik girdilere rağmen diğer ayların sonuçlarına bakıldığında modelin ölçüm değerleriyle aynı eğilimi gösterdiği ve iyi sonuçlar verdiği söylenebilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında Türkiye’de ilk defa akarsu metabolizması üzerine çalışılmış olup çalışmadaki her bir hipotez için elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

Hipotez 1: KAAT deşarjlarının akarsu metabolizmasına etkisi,

1. Tek yönlü varyans analiz sonuçlarına göre kentsel atıksu arıtma tesisi deşarjlarının akarsu metabolizmasını etkilediği, deşarjların ortalama S_k 'yı arttırdığı (deşarj öncesi: $-30.6 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$, deşarj sonrası: $-130.9 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$), ortalama BBÜ’de ise istatistiksel olarak anlamlı derecede bir fark yaratmadığı (deşarj öncesi: $15.6 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$, deşarj sonrası: $9.1 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) sonucuna varılmıştır.
2. Ortalama NEM hızlarına göre dört akarsu kesiti için de yıl boyunca genel olarak heterotrofik bir ortamın baskın olduğu ortaya çıkmıştır.

Hipotez 2: Çevresel değişkenler ile metabolizma bileşenleri arasındaki ilişkiler ve istatistiksel olarak modellenabilirliği,

3. Her bir akarsu kesiti için çevresel değişkenler ile metabolizma bileşenleri arasında farklı doğrusal ilişkiler elde edilmiştir. Bu sonuç, çevresel değişkenler ile metabolizma bileşenleri arasındaki korelasyonların mekânsal ve zamansal olarak değişebildiğini göstermiştir.
4. Çevresel değişkenler ile NEM ve S_k arasında oluşturulan çoklu doğrusal olmayan regresyon modellerinin validasyon tahmin sonuçları sırasıyla 74.9 % ve 66.6 % olarak bulunmuştur.

Hipotez 3: ÇO ve NEM’nin dakika ölçeğinde süreç temelli modellenebilirliği,

5. STELLA yazılım programı kullanılarak Abant Çayı başlangıç noktası için geliştirilen süreç temelli modelin ÇO ve NEM validasyon sonuçları sırasıyla MAE: $0.096 - 0.809 \text{ mg L}^{-1}$ ve $0.0009 - 0.0054 \text{ gr O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ dk}^{-1}$ arasında elde edilmiştir.

Akarsu metabolizma bileşenleri, akarsuların kalite durumlarını göstermek amacıyla kullanılabilir. Metabolizma temelli deşarj standartları geliştirilirken bu tez kapsamında yapılan çalışmalardan yararlanılabilir. Uç olaylara karşı (ani sıcaklık dalgası, şiddetli yağış, anlık deşarj v.b.) akarsu ekosistemlerinin tepkisini tahmin edebilmek için yüksek frekanslı ($dt = 1$ dk) verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Hale hazırdaki su kalite modellerinin zamansal çözünürlüğü ise gün mertebesindedir. Bu nedenle, modellerin zamansal çözünürlüklerini dakika mertebesine indirebilmek için yeni çalışmalar yapılmaktadır. Tez çalışmasında geliştirilen süreç temelli ÇO modeli, yapılan bu çalışmalara katkı sağlayacaktır.

Bu tez ışığında ileri ki çalışmalarda iki istasyon yöntemi (two station) kullanılarak akarsu kesiti (reach) boyunca metabolizmanın değişimini görebilmek için zamansal ve mekânsal olarak en az kaç metrelik bir akarsu kesitinde ölçüm yapılması ihtiyacının belirlenmesi üzerine çalışılabilir. Bununla birlikte, literatürdeki farklı atmosferik oksijen alışveriş katsayı (K_2) formüllerine göre metabolizma bileşenlerinin nasıl değişeceği üzerine çalışmalar yapılabilir. Çalışmanın devamı olarak oluşturulan regresyon modellerinin belirsizlik analizleri (Monte Carlo v.b.) gerçekleştirilebilir. STELLA modelinin hassasiyet analizleri yapılarak modelin nasıl performans göstereceğine bakılabilir. Ayrıca, model farklı senaryolara göre de çalıştırılarak sonuçlar irdelenebilir.

Saha ölçümlerinden edinilen tecrübeler doğrultusunda, ÇO ve T_{su} ölçümleri için akarsuya yerleştirilen problemlerin yosun, katı madde v.b. kirlenmelerden etkilenmemesi için iki günden fazla bekletilmemesi tavsiye edilir. Problemler akarsuda kaldığı sürece kir-tortu bağlamakta (fouling) ve dolayısıyla ölçüm değerlerini etkileyebilmektedir. Akarsu metabolizma bileşenlerinin hesaplanmasında debi ve hız ölçümleri çok büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada, ÇO ve T_{su} ölçümleri esnasında (ölçüm başlangıcında ve ölçüm sonunda olmak üzere) ikişer kez debi ve hız ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ortalama değerler yerine ilk ve son ölçüm değerleri arasında ÇO ve T_{su} ölçümleriyle eş zamanlı (1 dk aralık) olacak şekilde interpolasyon uygulanarak daha hassas sonuçların elde edilmesine çalışılmıştır. Yine de, imkânlar doğrultusunda ortalama veya interpolasyon yerine ÇO ve T_{su} ölçümleriyle beraber eş zamanlı olarak debi ve hız ölçümlerinin gerçekleştirilmesi önerilir.

7. KAYNAKLAR

- Amerikan Halk Sağlığı Birliği (1999) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Yayın No:20, Washington.
- Aristi I, Schiller DV, Arroita M, Barcelo D, Ponsati L, Garcia-Galan MJ, Sabater S, Elozegi A ve Acuna V (2015) “Mixed Effects of Effluents from a Wastewater Treatment Plant on River Ecosystem Metabolism: Subsidy or Stress?”, *Freshwater Biology*, 60, 1398–1410.
- Bales JD ve Nardi MR (2007) Automated Routines for Calculating Whole-Stream Metabolism–Theoretical Background and User’s Guide: U.S. Geological Survey Techniques and Methods 4–C2, 33, Reston, Virginia, (online at <http://pubs.water.usgs.gov/tm4c2/>).
- Bayazıt M (2003) Hidroloji, 3. Baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Bernot MJ, Sobota DJ, Hall RO, Mulholland PJ, Dodds WK, Webster JR, Tank JL, Ashkenas LR, Cooper LW, Dahm CN, Gregory SV, Grimm NB, Hamilton SK, Johnson SL, McDowell WH, Meyer JL, Peterson B, Poole GC, Valett HM, Arango C, Beaulieu JJ, Burgin AJ, Crenshaw C, Helton AM, Johnson L, Merriam J, Niederlehner BR, O’Brien JM, Potter JD, Sheibley RW, Thomas SM ve Wilson K (2010) “Inter-Regional Comparison of Land-Use Effects on Stream Metabolism”, *Freshwater Biology*, 55:1874–1890.
- Bott TL, Brock JT, Cushing CE, Gregory SV, King D ve Petersen RC (1978) “A comparison of Methods for Measuring Primary Productivity and Community Respiration in Streams”, *Hydrobiologia*, 60: 3–12.
- Bott TL (2006) “Primary Productivity and Community Respiration”, in Hauer, F.R., and Lamberti, G.A., eds., *Methods in Stream Ecology: San Diego*, Academic Press, Inc., 533–556.
- Brown LC ve Barnwell TO (1987) The Enhanced Stream Water Quality Models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: Documentation and User Manual, EPA/600/3-87/007, Environmental Research Laboratory Office of Research and Development U.S. EPA, Athens, Georgia.
- Burrell TK, O’Brien JM, Graham SE, Simon KS, Harding JS ve McIntosh AR (2014) “Riparian Shading Mitigates Stream Eutrophication in Agricultural Catchments”, *Freshwater Science*, 33(1):73–84.
- Ciavatta S, Pastres R, Badetti C, Ferrari G ve Beck MB (2008) “Estimation of Phytoplanktonic Production and System Respiration from Data Collected by a Real-Time Monitoring Network in the Lagoon of Venice”, *Ecological Modelling*, 212: 28–36.

- Chesworth CT (2016) Lagoon Wastewater Effluent Impacts Stream Metabolism in Red River Tributaries, Yüksek Lisans Tezi, Western Ontario Üniversitesi, London.
- Chen G (2013) Ecosystem Oxygen Metabolism in an Impacted Temperate River Network: Application of the $\delta^{18}\text{O}$ -DO Approach, Doktora Tezi, Waterloo Üniversitesi, Waterloo.
- Elmore HL ve West WF (1961) "Effect of Water Temperature on Stream Reaeration", *Journal of the Sanitary Engineering Division*, 87: 59–71.
- Fellows CS, Valett HM ve Dahm CN (2001) "Whole-Stream Metabolism in Two Montane Streams: Contribution of the Hyporheic Zone", *Limnology and Oceanography*, 46(3):523–531.
- Feng ML, Sun T, Zhang LX ve Shen XM (2012) "Net Ecosystem Metabolism Simulation by Dynamic Dissolved Oxygen Model in Yellow River Estuary, China", *Procedia Environmental Sciences*, 13:807–817.
- Ganning B ve Wulff F (1970) "Measurements of Community Metabolism in Some Baltic Brackish Water Rockpools by Means of Diel Oxygen Curves", *Oikos*, 21(2): 292-298.
- Gaarder T ve Gran HH (1927) *Investigations of the Production of Plankton in the Oslo Fjord*, Rapports et Proces-Verbaux des Reunions, Kopenhag.
- Grimm NB ve Fisher SG (1984) "Exchange Between Interstitial and Surface Water: Implications for Stream Metabolism and Nutrient Cycling", *Hydrobiologia*, 111:219-228.
- Gücker B, Brauns M ve Pusch MT (2006) "Effects of Wastewater Treatment Plant Discharge on Ecosystem Structure and Function of lowland Streams", *Journal of the North American Benthological Society*, 25(2):313–329.
- Gücker B, Boechat IG ve Giani A (2009) "Impacts of Agricultural Land Use on Ecosystem Structure and Whole-Stream Metabolism of Tropical Cerrado Streams", *Freshwater Biology*, 54:2069–2085.
- Hall RO ve Tank JL (2003) "Ecosystem Metabolism Controls Nitrogen Uptake in Streams in Grand Teton National Park, Wyoming", *Limnology and Oceanography*, 48(3):1120–1128.
- Hall RO ve Tank JL (2005) "Correcting Whole-Stream Estimates of Metabolism for Groundwater Input", *Limnology and Oceanography*, 3:222–229.
- Hall RO, Tank JL, Baker MA, Rosi-Marshall EJ ve Hotchkiss ER (2016) "Metabolism, Gas Exchange, and Carbon Spiraling in Rivers", *Ecosystems*, 19: 73–86.

- Hanson PC, Carpenter SR, Kimura N, Wu C, Cornelius SP ve Kratz TK (2008) "Evaluation of Metabolism Models for Free-Water Dissolved Oxygen Methods in Lakes", *Limnology and Oceanography Methods*, 6:454–465.
- Hart AM (2013) *Seasonal Variation in Whole Stream Metabolism Across Varying Land Use Types*, Yüksek Lisans Tezi, Virginia Politeknik ve Devlet Üniversitesi, Blacksburg, Virginia.
- Hondzo M, Voller VR, Morris M, Foufoula-Georgiou E, Finlay J, Ganti V ve Power ME (2013) "Estimating and Scaling Stream Ecosystem Metabolism along Channels with Heterogeneous Substrate", *Ecohydrology*, 6:679–688.
- Houser JN, Mulholland PJ ve Maloney KO (2005) "Catchment Disturbance and Stream Metabolism: Patterns in Ecosystem Respiration and Gross Primary Production along a Gradient of Upland Soil and Vegetation Disturbance", *Journal of the North American Benthological Society*, 24(3):538–552.
- Houser JN, Bartsch LA, Richardson WB, Rogala JT ve Sullivan JF (2015) "Ecosystem Metabolism and Nutrient Dynamics in the Main Channel and Backwaters of the Upper Mississippi River", *Freshwater Biology*, 60:1863–1879.
- Izagirre O, Agirre U, Bermejo M, Pozo J ve Elozegi A (2008) "Environmental Controls of Whole-Stream Metabolism Identified From Continuous Monitoring of Basque Streams", *Journal of the North American Benthological Society*, 27(2):252–268.
- Kaenel BR, Buehrer H ve Uehlinger U (2000) "Effects of Aquatic Plant Management on Stream Metabolism and Oxygen Balance in Streams", *Freshwater Biology*, 45:85-95.
- Karakaya N, Evrendilek F ve Güngör K (2011) "Modeling and Validating Long-Term Dynamics of Diel Dissolved Oxygen with Particular Reference to pH in a Temperate Shallow Lake (Turkey)", *Clean–Soil, Air, Water*, 39(11): 966-971.
- Kaushal SS, Delaney-Newcomb K, Findlay SEG, Newcomer TA, Duan S, Pennino MJ, Sivirichi GM, Sides-Raley AM, Walbridge MR ve Belt KT (2014) "Longitudinal Patterns in Carbon and Nitrogen Fluxes and Stream Metabolism along an Urban Watershed Continuum", *Biogeochemistry*, 121:23–44.
- Kicklighter DW (1987) *Effects of Kraft Mill Effluent on Riffle Community Metabolism in a Large River*, Yüksek Lisans Tezi, Montana Üniversitesi, Missoula.
- Loperfido JV, Just CL ve Schnoor JL (2009) "High-Frequency Diel Dissolved Oxygen Stream Data Modeled for Variable Temperature and Scale", *Journal of Environmental Engineering*, 135(12):1250–1256.

- Marzolf ER, Mulholland PJ ve Steinman AD (1994) "Improvements to the Diurnal Upstream-Downstream Dissolved Oxygen Change Technique for Determining Whole-Stream Metabolism in Small Streams", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 51(7):1591–1599.
- McCutchan JH, Lewis WM ve Saunders JF (1998) "Uncertainty in the Estimation of Stream Metabolism From Open-Channel Oxygen Concentrations", *Journal of the North American Benthological Society*, 17(2):155–164.
- McCutchan JH, Saunders JF, Lewis WM ve Hayden MG (2002) "Effects of Groundwater Flux on Open-Channel Estimates of Stream Metabolism", *Limnology and Oceanography*, 47:321–324.
- Mulholland PJ, Fellows CS, Tank JL, Grimm NB, Webster JR, Hamilton SK, Marti E, Ashkenas L, Bowden WB, Dodds WK, McDowell WH, Paul MJ, Peterson BJ (2001) "Inter-Biome Comparison of Factors Controlling Stream Metabolism", *Freshwater Biology*, 46:1503–1517.
- Mulholland PJ, Houser JN ve Maloney KO (2005) "Stream Diurnal Dissolved Oxygen Profiles as Indicators of in Stream Metabolism and Disturbance Effects: Fort Benning as a Case Study", *Ecological Indicators*, 5:243–252.
- Muslu Y (1993) *Hidroloji ve Meskûn Bölge Drenajı*, 1527, 1. Baskı, İTÜ Matbaası, İstanbul.
- Odum HT (1956) "Primary Production in Flowing Waters", *Limnology and Oceanography*, 1, 102–117.
- Owens M, Edwards RW ve Gibbs JW (1964) "Some Reaeration Studies in Streams", *International Journal of Air and Water Pollution*, 8(8/9):469–486.
- Riley AJ ve Dodds WK (2013) "Whole-Stream Metabolism: Strategies for Measuring and Modeling Diel Trends of Dissolved Oxygen", *Freshwater Science*, 32(1):56–69.
- Reichert P, Uehlinger U, Acuna V (2009) "Estimating Stream Metabolism From Oxygen Concentrations: Effect of Spatial Heterogeneity", *Journal of Geophysical Research*, 114:G03016.
- Roberts BJ, Mulholland PJ ve Hill WR (2007) "Multiple Scales of Temporal Variability in Ecosystem Metabolism Rates: Results from 2 Years of Continuous Monitoring in a Forested Headwater Stream", *Ecosystems*, 10:588–606.
- Roley SS, Tank JL, Griffiths NA, Hall RO ve Davis RT (2014) "The influence of Floodplain Restoration on Whole-Stream Metabolism in an Agricultural Stream: Insights From a 5-Year Continuous Data Set", *Freshwater Science*, 33(4):1043–1059.

- Ruggiero A, Solimini AG ve Carchini G (2006) “Effects of a Waste Water Treatment Plant on Organic Matter Dynamics and Ecosystem Functioning in a Mediterranean Stream”, *Annales De Limnologie-International Journal of Limnology*, 42:97–107.
- Sanchez-Perez JM, Gerino M, Sauvage S, Dumas P, Maneux E, Julien F, Winterton P ve Vervier P (2009) “Effects of Wastewater Treatment Plant Pollution on In-Stream Ecosystems Functions in an Agricultural Watershed”, *Annales De Limnologie-International Journal of Limnology*, 45:79–92.
- Seeley MC (1969) “The Diurnal Curve in Estimates of Primary Production”, *Chesapeake Science*, 10:322–326.
- Staehr PA ve Sand-Jensen K (2007) “Temporal Dynamics and Regulation of Lake Metabolism”, *Limnology and Oceanography*, 52:108–120.
- Staehr PA, Bade D, Van de Bogert MC, Koch GR, Williamson C, Hanson P, Cole JJ ve Kratz T (2010) “Lake Metabolism and the Diel Oxygen Technique: State of the Science”, *Limnology and Oceanography Methods*, 8:628–644.
- T.C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Resmi İstatistikler, www.mgm.gov.tr, 20 Eylül 2017.
- Uzarski DG, Burton TM ve Stricker CA (2001) “A New Chamber Design for Measuring Community Metabolism in a Michigan Stream”, *Hydrobiologia*, 455:137–155.
- Vallino JJ, Hopkinson CS ve Garritt RH (2005) “Estimating Estuarine Gross Production, Community Respiration and Net Ecosystem Production: a Nonlinear Inverse Technique”, *Ecological Modelling*, 187:281–296.
- Van de Bogert MC, Carpenter SR, Cole JJ ve Pace ML (2007) “Assessing Pelagic and Benthic Metabolism Using Free Water Measurements”, *Limnology and Oceanography Methods*, 5:145–155.
- Wagner RJ, Boulger RW Jr, Oblinger CJ ve Smith BA (2006) *Guidelines and Standard Procedures for Continuous Water-Quality Monitors: Station Operation, Record Computation, and Data Reporting*: U.S. Geological Survey Techniques and Methods Report 1-D3, U.S. Geological Survey Enterprise Publishing Network, Reston, Virginia.
- Wang H, Hondzo M, Xu C, Poole V ve Spacie A (2003) “Dissolved Oxygen Dynamics of Streams Draining an Urbanized and an Agricultural Catchment”, *Ecological Modelling*, 160:145–161.
- Wassenaar LI, Venkiteswaran JJ, Schiff SL ve Koehler G (2010) “Aquatic Community Metabolism Response to Municipal Effluent Inputs in Rivers Quantified Using Diel $\delta^{18}\text{O}$ Values of Dissolved Oxygen”, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 67:1232–1246.

Williamson CE, Dodds W, Kratz TK ve Palmer M (2008) “Lakes and Streams as Sentinels of Environmental Change in Terrestrial and Atmospheric Processes”, *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6:247–254.

Yates AG, Brua RB, Culp JM ve Chambers PA (2013) “Multi-Scaled Drivers of Rural Prairie Stream Metabolism along Human Activity Gradients”, *Freshwater Biology*, 58:675–689.

Young RG ve Hury AD (1998) “Effects of Land Use on Stream Metabolism and Organic Matter Turnover”, *Ecological Applications*, 9:1359–1376.



8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Miraç ERYİĞİT
Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa, 28 Nisan 1984
Lisans Üniversite : Çukurova Üniversitesi
Yüksek Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi
Elektronik posta : miraceryigit@hotmail.com
İletişim Adresi : Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Çevre Mühendisliği Bölümü Gölköy/Bolu 14300

İş Deneyimi

Uzman/Abant İzzet Baysal Üniversitesi Çevre Müh. Bölümü/Bolu 2013-Devam
Çevre Mühendisi/Kalkan Belediyesi/Fen İşleri Müdürlüğü/Antalya 2012-2013
Çevre Mühendisi/Remondis A.Ş./İstanbul 2012
Çevre Mühendisi/Gökşin İnşaat Ltd. Şti./Bursa 2008-2009
Çevre Mühendisi/Anadolu Çevre Ltd. Şti./Bursa 2006-2007

Yayın Listesi

Eryiğit M ve Karahan H (2013) “Şiddet-Süre-Frekans Bağıntısının Yapay Bağışıklık Algoritması Kullanılarak Belirlenmesi”, VII. Ulusal Hidroloji Kongresi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.

Eryiğit M (2015) “Cost optimization of water distribution networks by using artificial immune systems”, Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA, 64(1): 47-63.

Eryigit M, Karakaya N ve Evrendilek F (2016) “Data-driven Simulations of Stream Metabolism using Diel Oxygen Technique”, 1st International Black Sea Congress on Environmental Sciences (IBCESS), Giresun Üniversitesi, Giresun, Türkiye, 31 Ağustos–03 Eylül.

Eryigit M (2016) “Water Loss Detection in Water Distribution Networks by using Artificial Immune Systems-Based on Model Calibration”, International Symposium of Water and Wastewater Management (UKSAY), 26–28 Ekim, Malatya, Türkiye.

Eryiğit M (2017) “Water Loss Detection in Water Distribution Networks by Artificial Immune Systems-Based on Model Calibration”, Pamukkale University Journal of Engineering Science, DOI: 10.5505/pajes.2017.04900.

Büyükada M, Eryiğit M ve Evrendilek F (2017) “Concurrent Optimization of Decolorization, COD Removal, and Their Costs in Response to Photocatalytic Degradation Integrating Experimental Designs, Artificial Immune System, and Empirical Modeling”, Chiang Mai Journal of Science, in press.



