

# REAKSİYON KİNETİĞİ VE ATIKSU ARITIMI UYGULAMALARI

Editör  
**Şahset İRDEMEZ**

© Copyright 2021

*Bu kitabın, basım, yayın ve satış hakları Akademisyen Kitabevi A.Ş.'ne aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da Bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kayıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz. Bu kitap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır.*

**ISBN**

978-625-7496-83-4

**Kitap Adı**

Reaksiyon Kinetiği ve Atıksu Arıtımı Uygulamaları

**Editör**

Şahset İRDEMEZ

ORCID iD: 0000-0002-0205-4630

**Yayın Koordinatörü**

Yasin DİLMEN

**Sayfa ve Kapak Tasarımı**

Akademisyen Dizgi Ünitesi

**Yayıncı Sertifika No**

47518

**Baskı ve Cilt**

Vadi Matbaacılık

**Bisac Code**

TEC010030

**DOI**

10.37609/akya.736

**GENEL DAĞITIM**

**Akademisyen Kitabevi A.Ş.**

*Halk Sokak 5 / A*

*Yenişehir / Ankara*

*Tel: 0312 431 16 33*

*siparis@akademisyen.com*

**www.akademisyen.com**

## ÖNSÖZ

Bu kitap Çevre Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri tarafından, duyulan ihtiyaç üzerine kaleme alınmıştır. Kimyasal kinetik konusu çok detaylı bir konu olup her bir disiplinde farklı proseslerin uygulanması onu çok daha disiplinler arası hale getirmektedir. Dolayısıyla genel reaksiyon mekanizmaları birçok prosesi karşılamamaktadır. Bu kitapta reaksiyon kinetiği konusuna çevre mühendisliği açısından bakılmış ve kitapta verilen konuların ve örneklerin genel olarak çevre mühendislerine uygun olmasına çalışılmıştır. Kitabın hem çevre mühendislerine hem de akademik araştırmalar yapan öğretim üyelerine, yüksek lisans ve doktora öğrencilerimize iyi bir kaynak olacağını düşünüyoruz.

Bu kitabın hazırlanmasında uzun yılların getirdiği deneyimler ve çalışmalar başlıca kaynağımız olmuştur. Bu nedenle bizi bu günlere getiren hocalarımızdan hayatta olanlara sağlık ve afiyet, hayatını kaybetmiş olanlara Allah'tan rahmet diliyoruz.

Tüm Yazarlar Adına  
Doç. Dr. Şahset İRDEMEZ



# İÇİNDEKİLER

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Bölüm 1: Çözeltiler .....</b>                                 | <b>1</b>  |
| 1.1. Çözünme .....                                               | 2         |
| 1.2. Çözünürlüğe Etki Eden Faktörler .....                       | 4         |
| 1.3. Çözeltilerin Özellikleri.....                               | 4         |
| 1.4. Çözeltilerin Konsantrasyon Birimleri .....                  | 5         |
| Problemler .....                                                 | 10        |
| <br><b>Bölüm 2: Kimyasal Reaksiyonlar ve Eşitlikler .....</b>    | <b>13</b> |
| 2.1. Redoks Reaksiyonlarının Denkleştirilmesi.....               | 14        |
| 2.2. Reaksiyon Stokiyometrisi .....                              | 17        |
| 2.3. Eşdeğerlik Kavramı .....                                    | 17        |
| Problemler .....                                                 | 19        |
| <br><b>Bölüm 3: Kimyasal Denge .....</b>                         | <b>21</b> |
| 3.1. Denge Sabitinin Bulunması.....                              | 22        |
| 3.2. Denge Sabitinin Konsantrasyon Birimlerine Bağımlılığı ..... | 23        |
| 3.3. Dengeye Etki Eden Faktörler.....                            | 25        |
| 3.4. Heterojen Kimyasal Denge .....                              | 28        |
| Problemler .....                                                 | 30        |
| <br><b>Bölüm 4: Kimyasal Kinetik .....</b>                       | <b>31</b> |
| 4.1. Reaksiyon Hızı ve Yarılanma Süresi .....                    | 31        |
| 4.2. Reaksiyon Hızının Konsantrasyona Bağımlılığı .....          | 33        |
| 4.3. Molekülerite ve Derece .....                                | 33        |
| 4.4. Sıfırıncı Derece Reaksiyon Kinetiği.....                    | 35        |
| 4.5. Birinci Derece Reaksiyon Kinetiği .....                     | 38        |
| 4.5.1. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) Kinetiği .....        | 41        |
| 4.6. İkinci Derece Reaksiyon Kinetiği.....                       | 44        |
| 4.7. Üçüncü Derece Reaksiyon Kinetiği .....                      | 46        |
| 4.8. Birinci Derece Tersinir Reaksiyon Kinetiği.....             | 48        |
| 4.9. İkinci Derece Tersinir Reaksiyon Kinetiği.....              | 51        |
| 4.10. Eş Zamanlı Tersinir Olmayan Yan Reaksiyon Kinetiği .....   | 52        |
| 4.10.1. Nehir-Akarsu Kirliliği Kinetiği .....                    | 55        |

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| 4.11. Tersinir Olmayan Seri Reaksiyonlar..... | 61 |
| 4.12. Yalancı Derece Reaksiyon.....           | 63 |
| Problemler .....                              | 63 |

## **Bölüm 5: Reaksiyon Derecesinin Belirlenmesi ..... 67**

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 5.1. Formülde Yerine Koyma Yöntemi .....                         | 67 |
| 5.2. Grafik Çizme Yöntemi.....                                   | 69 |
| 5.3. Yarılanma Süresi Yöntemi .....                              | 71 |
| 5.4. Diferansiyel Alma ve Teğetlerin Eğimini Bulma Yöntemi ..... | 72 |
| 5.5. Konsantrasyonların Değiştirilmesi Yöntemi.....              | 73 |
| Problemler .....                                                 | 75 |

## **Bölüm 6: Reaksiyon Hızı-Sıcaklık İlişkisi..... 77**

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 6.1. Aktivasyon Enerjisi ..... | 77 |
| 6.2. Kataliz .....             | 81 |
| Problemler .....               | 84 |

## **Bölüm 7: Heterojen Reaksiyon Kinetiği..... 85**

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.1. Enzim Katalizörlüğünde Yürüyen Reaksiyonlar .....                     | 87  |
| 7.1.1. Enzim Kinetiği .....                                                | 89  |
| 7.2. Adsorpsiyon Kinetikleri.....                                          | 92  |
| 7.2.1. Adsorpsiyon İzotermi .....                                          | 93  |
| 7.2.2. Adsorpsiyon Proseslerinde Reaksiyon<br>Hız Sabitinin Bulunması..... | 98  |
| 7.2.3. Denge Sabitlerinin ve Termodinamik Değerlerin<br>Bulunması .....    | 101 |
| 7.2.4. Sürekli Sistemlerde Adsorpsiyon Kinetiği .....                      | 105 |
| 7.3. İyon Değişimi Kinetiği .....                                          | 108 |
| 7.3.1. İyon değişimi kimyası.....                                          | 109 |
| 7.3.2. Sürekli Sistemlerde İyon Değişimi Kinetiği.....                     | 110 |
| Problemler .....                                                           | 111 |

## **Bölüm 8: Reaktör Kinetiği ..... 113**

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 8.1. Kesikli Reaktörler .....        | 113 |
| 8.2. Sürekli Reaktörler .....        | 116 |
| 8.2.1. Tam Karışimli Reaktörler..... | 116 |

|                                                                                  |            |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 8.2.2. Tapa (Piston) Akışlı Reaktörler .....                                     | 119        |
| Problemler .....                                                                 | 121        |
| <b>Bölüm 9: Oksijen Transferi ve Havalandırma Kinetiği .....</b>                 | <b>123</b> |
| 9.1. Gazların Sudaki Çözünürlüğünü Etkileyen Faktörler.....                      | 124        |
| 9.2. Gaz Transfer Hızının ve Havalandırma Hız Sabitinin<br>Bulunması .....       | 125        |
| Problemler .....                                                                 | 130        |
| <b>Bölüm 10: MİKROBİYAL BÜYÜME KİNETİĞİ.....</b>                                 | <b>133</b> |
| 10.1. Biyolojik Reaktör Kinetiği .....                                           | 139        |
| 10.1.1. Arıtılmış Atıksuda Mikroorganizma ve<br>Substrat Konsantrasyonları ..... | 141        |
| 10.2. Aktif Çamur Prosesleri .....                                               | 142        |
| 10.2.1. Aktif Çamur Sistemlerinde Madde<br>Korunum Denklemleri .....             | 143        |
| 10.3. Kinetik Katsayıların Tayini .....                                          | 148        |
| 10.4. Piston Akımlı ve Geri Devirli Biyolojik Reaktörler .....                   | 151        |
| Problemler .....                                                                 | 153        |
| Örnek Problemlerin Çözümleri .....                                               | 155        |
| Kaynaklar .....                                                                  | 178        |
| İndeks .....                                                                     | 179        |



## YAZARLAR

### **Dr. Öğr. Üyesi Züleyha BİNGÜL**

Iğdır Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü  
ORCID iD: 0000-0003-2472-9077

### **Dr. Öğr. Üyesi Fatma EKMEKYAPAR TORUN**

Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü  
ORCID iD: 0000-0002-2289-176X

### **Dr. Öğr. Üyesi Sinan KUL**

Bayburt Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü  
ORCID iD: 0000-0002-7824-756X

### **Prof. Dr. Ergün YILDIZ**

Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü  
ORCID iD: 0000-0002-6745-5718

### **Prof. Dr. Yalçın Şevki YILDIZ**

Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü  
ORCID iD: 0000-0002-5509-0731

### **Prof. Dr. Alper Erdem YILMAZ**

Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü  
ORCID iD: 0000-0002-0666-7653

4-

$$\frac{dS}{dt} * V = Q * S_o - Q * S - \left[ \frac{k * X * S}{K_s + S} \right] * V$$

Her iki taraf V ile bölünür ve kararlı halde birikim=0 ve  $K_s$  ihmal edilirse;

$$0 = \frac{S_o}{\theta} - \frac{S}{\theta} - k * X \quad S = S_o - k * X * \theta$$

## KAYNAKLAR

- Kimyasal Kinetik, Doç. Dr. Nevzat KÜLCÜ, Erciyes Üniversitesi yayınları, 1991
- Wastewater Engineering, Treatment, Disposal and Reuse, Metcalf & Eddy, 1991. McGraw-Hill international Editions, Third Edition.
- Atıksu Arıtımının Esasları, Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK, Dr. Hacer TİMUR, Dr. Ufuk KOŞKAN
- Çevre Mühendisliğinde Temel İşlemler ve Prosesler Ders Notları, 1993, Prof. Dr. Bülent Keskinler, Prof. Dr. Ergün YILDIZ