ATIKSU ARITIMININ ESASLARI

Evsel, Endüstriyel Atıksu Arıtımı ve Arıtma Çamurlarının Kontrolü

(Yeniden Gözden Geçirilmiş Nüsha)

Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK
Dr. Hacer TİMUR
Dr. Ufuk KOŞKAN

2005
1. ATIKSU MİKTAR VE ÖZELLİKLERİ .................................................................................................................................................................................. 1
   1.1. Atiksu Akımmın Karakteristikleri ........................................................................................................................................................................ 1
      1.1.1. Birim Su Sarfıyatları .................................................................................................................................................................................. 1
      1.1.2. Atiksu Akımmın Zamanla Değişimi ......................................................................................................................................................... 5
      1.1.3. Yüzeysel Akış ve Sizma ............................................................................................................................................................................. 7
      1.1.4. Atiksu Miktar ve Dehilerinin Hesabı ......................................................................................................................................................... 7
         1.1.4.1. Atık Su Dehilerinin Hesabı ......................................................................................................................................................... 8
         1.1.4.2. Sanayı Dehilerinin Bulunması ......................................................................................................................................................... 9
         1.1.4.3. Sizma Dehisi Tahmini ................................................................................................................................................................. 10
   1.2. Atiksu Özellikleri ................................................................................................................................................................................... 10
      1.2.1. Atık Su Karakterizasyonunda Başlıca Parametreler ................................................................................................................................. 11
         1.2.1.1. Bivolojik Oksijen İhtiyacı (BOI) ..................................................................................................................................................... 11
         1.2.1.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI) ..................................................................................................................................................... 11
         1.2.1.3. Toplam Organik Karbon (TOK) ..................................................................................................................................................... 16
         1.2.1.4. Teorik Oksijen İhtiyacı (TeOİ) ......................................................................................................................................................... 16
         1.2.1.5. Toplam Oksijen İhtiyacı (TOİ) ......................................................................................................................................................... 17
         1.2.1.6. Azot-Fosfor ................................................................................................................................................................................ 17
      1.2.2. Evsel Atık Suunun Tipik Özellikleri .................................................................................................................................................... 18
      1.2.3. Endüstriyel Atık Su ................................................................................................................................................................................ 20
         1.2.3.1. Kirleticilerin yapıları ve tipik değerleri ............................................................................................................................................. 21
   2. ATIKSU DEHILERINİN ÖLÇÜMÜ ........................................................................................................................................................................... 26
      2.1. Debi Ölçümleri .................................................................................................................................................................................. 26
         2.1.1. Debi Ölçüm Cihazlarının Yerleştirilmesi ............................................................................................................................................... 26
         2.1.2. Debi Ölçüm Yöntemi ve Ölçme Cihazları ............................................................................................................................................... 28
            2.1.2.1. Basınçlı Borularda Debi Ölçüm Cihazları ........................................................................................................................................... 29
            2.1.2.2. Açık Kanallarda Debi Ölçümlü ......................................................................................................................................................... 36
            2.1.2.3. İz Madde Enjeksiyonu Yöntemi ile Debi Ölçümlü ............................................................................................................................. 49
            2.1.2.4. Yüzgeçlerle Debi Ölçümlü ................................................................................................................................................................. 50
   3. BORULAMA VE HİDROLİK HESAPLAR ................................................................................................................................................................ 52
      3.1. Tanımlar .................................................................................................................................................................................. 52
      3.2. Borulama .................................................................................................................................................................................. 53
         3.2.1. Hidrolık Profil .................................................................................................................................................................................. 53
      3.3. Yük Kayıplarının Hesaplanması ................................................................................................................................................................. 55
         3.3.1. Dairesel Kesitli Hatlarda Yersel Yük Kayıplarının Hesaplanması ......................................................................................................... 56
         3.3.2. Tam Dolu Borularda Yük Kayıpları ..................................................................................................................................................... 63
   4. FİZİKSEL ARITMA .................................................................................................................................................................................. 70
      4.1. Ön Aritma .................................................................................................................................................................................. 70
         4.1.1. Eleme .................................................................................................................................................................................. 70
         4.1.2. Kum Tutucular ........................................................................................................................................................................ 74
         4.1.3. Dengeleme .................................................................................................................................................................................. 78
            4.1.3.1. Dengeleme Ünitesinin Yeri ......................................................................................................................................................... 79
            4.1.3.2. Hat Üstü veya Hat Dışı Dengeleme ............................................................................................................................................... 79
            4.1.3.3. Gerekli Dengeleme Havuzu hacmi .................................................................................................................................................... 79
            4.1.3.4. Dengeleme Havuzu İnşası ......................................................................................................................................................... 80
            4.1.3.5. Karşıtma ve Hava Gereksinimi ..................................................................................................................................................... 81
            4.1.3.6. Pompa ve Pompa Kontrolü ......................................................................................................................................................... 81
         4.1.4. Ön Çöktürme ................................................................................................................................................................................ 82
      4.2. Atıksu Pompaları ve Pompa İstasyonları ..................................................................................................................................................... 86
      4.3. Karşıtma .................................................................................................................................................................................. 90
         4.3.1. Karşıtirmada Enerji Dağılımı ......................................................................................................................................................... 90
5. BİYOLOJİK ARITMA

5.1. Biyolojik Arıtma Sistemleri

5.1.1. Biyolojik Arıtmanın Amaçları...

5.1.2. Biyolojik Arıtma Mikroorganizmaların Rolü...

5.2. Mikrobiyolojik Metabolizmanın Tanımı

5.2.1. Mikroorganizma Çoğalmasında Besi Maddesi İhtiyacı...

5.2.2. Karbon ve Enerji Kaynakları...

5.2.3. Nütrient ve İz Element İhtiyacı...

5.3. Biyolojik Arıtma Öne Yer Alan Mikroorganizmalar

5.3.1. Bakteri...

5.3.2. Bakterilerin Hücre Kompozisyonu...

5.4. Bakteri Büyümesi...

5.5. Biyolojik Büyüme Kinetiği

5.5.1. Hücre Büyümeleri...

5.5.2. Substrat Limiti (kısıtlı) Büyümeler...

5.5.3. Hücre Büyümeleri ve Substrat Kullanımı...

5.5.4. İçsel Solumun Metabolizmanın Etkileri...

5.5.5. Çevre koşullarının Biyolojik Reaksiyon Etkisi...

5.5.5.1. Sıcaklığına etkisi...

5.5.5.2. pH...

5.5.5.3. Çözünmüş Oksijen...

5.5.5.4. Çözünmüş Karbondioksit...

5.5.5.5. Iyon Konsantrasyonu...

5.5.5.6. Büyümeye ve Substrat Giderim Kinetiklerinin Biyolojik Arıtma Uygulanması...

5.5.7. Mikroorganizma ve Substrat Kütle Dengesi...

5.5.8. Arıtılmış Atıksu Mikroorganizma ve Substrat Konsantrasyonları...

5.6. Biyolojik Arıtma Prosesleri...

5.6.1. Bazı Tanımalar...

5.6.2. Biyolojik Arıtma Prosesleri...

5.6.3. Biyolojik Arıtma Proseslerinin Uygulanması...

5.7. Biyolojik Arıtma Sistemlerinin Tasarımı

5.7.1. Aktif Çamur Prosesleri...

5.7.1.1. Proses tasarımını Yaklaşımı...

5.7.1.2. Proses Kontrollü...

5.8. Askıda Büyüyen Havali Arıtma Sistemleri

5.8.1. Aktif Çamur Prosesi...

5.8.2. Uzun Havaalandırmalı Aktif Çamur Prosesi...

5.8.3. Oksidasyon Hendeği...

5.9. Yüzeyde Büyüyen (Biyofilmlı) Havali Sistemler...
5.9.6. Besin Maddelerinin Kontrolü ................................................................. 165
5.9.7. Azotun Biyolojik Nitrifikasyon-Denitrifikasyon ile Giderimi .......... 167
6. İLERİ ATIKSU ARITIMI .............................................................................. 181
   6.1. İleri Atısu Arıtma İlkolu ................................................................. 181
   6.1.1. Antılmiş Atıksudaki Azot Maddeler ........................................... 181
6.1.2. Antılmanın Etkileri ........................................................................ 181
   6.2. İleri Atısu Arıtma için Kullanılan Arıtma Teknolojileri ...................... 183
   6.2.1. Teknolojilerin Sınıflandırılması .................................................. 183
   6.2.2. Proseslerin Arıtma Seviyeleri ..................................................... 184
   6.3. Granüler Filtrasyon ile AKM Giderimi ........................................... 185
   6.3.1. Granüler Filtrasyonun Uygulanması ......................................... 186
   6.3.2. Filtre İşletme Problemleri ......................................................... 186
   6.3.3. Kimyasal İlaveli ile Çıkış Suyu Filtrasyonu ................................... 186
6.4. Mikro-elek ile Artık AKM Giderimi .................................................. 187
6.5. Besin Maddelerinin Kontrolü ............................................................... 187
   6.5.1. Besi Maddeleri Kontrol Stratejisi .............................................. 187
   6.5.2. Azot Giderimi ve Kontrolü ....................................................... 188
   6.5.3. Fosfor Giderimi ......................................................................... 188
6.6. Biyolojik Nitrifikasyon ile Amonyak Dönüşümü ................................ 188
   6.6.1. Nitrifikasyon Prosesinin Tanımı ............................................... 189
   6.6.2. Nitrifikasyon Proseslerinin Sınıflandırılması ............................... 190
   6.6.3. Birleşik (Tek Camurlu) Sistemler ............................................... 191
   6.6.4. Ayri Nitrifikasyon Sistemleri ..................................................... 196
   6.6.5. İşletme Şartları ......................................................................... 197
6.7. Azotun Biyolojik Nitrifikasyon-Denitrifikasyon ile Giderimi .......... 198
   6.7.1. Birleşik Karbon Oksidasyonu, Nitrifikasyon ve Denitrifikasyon Prosesi ........................................................................ 199
   6.7.2. Ayri Denitrifikasyon Sistemleri ................................................ 202
   6.7.3. Denitrifikasyon Proseslerinin Kýyaslanması ................................ 207
6.8. Biyolojik Metotlarla Fosfor Giderimi ................................................. 208
   6.8.1. A/O prosesi ............................................................................... 209
   6.8.2. PhoStrip Prosesi ........................................................................ 209
   6.8.3. Ardışık Kesikli Reaktör ............................................................ 210
   6.8.4. Biyolojik Fosfor Giderim Proseslerinin Kýyaslanması ............... 212
6.9. Azot ve Fosforun Birlikte Biyolojik Giderimi ................................. 212
7. HAVASIZ ARITMA SİSTEMLERİ ........................................................................................................ 243

7.1. Havasız Aritma Genel Bakış ........................................................................................................... 243

7.1.1. Havasız Aritma Sisteminin Üstünlükleri ...................................................................................... 243

7.1.2. Havasız Aritma Sisteminin Kişitleri .......................................................................................... 245

7.2. Havasız Aritmanın Esasları ............................................................................................................ 246

7.2.1. Mikrobiyolojik Prosesler ........................................................................................................... 246

7.2.2. Mikrobiyolojik Yapı .................................................................................................................. 247

7.2.3. Bivoreaksiyonlar ....................................................................................................................... 248

7.2.4. Mikroorganizmalar Arasındaki Karşıtlıklı İlişkiler .................................................................. 250

7.2.5. Metanojen Populasyonun pH ile Değişimi .............................................................................. 251

7.2.6. Biyogaz Üretimi ....................................................................................................................... 252

7.2.7. Havasız Aritmada Alkalinite İhtiyacı ....................................................................................... 252

7.2.8. Sülfaflat Havasız Aritmaya Etkisi ............................................................................................. 253

7.3. Havasız Aritma Teknolojileri .......................................................................................................... 254

7.3.1. Havasız Reaktör Tipleri ............................................................................................................. 254

7.3.1.1. Askıda Çoğalan Sistemler .................................................................................................... 254

7.3.1.2. Biyofilm Sistemleri .............................................................................................................. 256

7.3.1.3. Diğer Sistemler .................................................................................................................... 257

7.3.2. Havasız Reaktörlerin Karşılaştırılması .................................................................................. 258

7.4. İşletmeye Alma ve Proses Kontrolü .............................................................................................. 259

7.4.1. Çevre Sartları .......................................................................................................................... 259

7.4.1.1. İşletmeye Alma ...................................................................................................................... 259

7.4.1.2. optimum Çevre Sartları ...................................................................................................... 261

7.4.2. Havasız Süreçlerin İzlenmesi ve Kontrolü .............................................................................. 265

7.4.2.1. Proses Kontrolü .................................................................................................................... 265
8. ÇAMUR ARITİMİ VE UZAKLASTIRILMASI

8.1. Çamur Kaynakları, Özellikleri ve Miktarları

8.1.1. Çamur Kaynakları
8.1.2. Çamur Özellikleri
8.1.3. Çamur Miktarı

8.2. Çamur Aritim Sistemleri Ağış Şemasi

8.3. Çamur ve Köpük İletimi

8.3.1. Pompa Tipleri
8.3.2. Çamur Tipine Göre Pompa Seçimi
8.3.3. Yük Kaybının Hesabı
8.3.4. Çamurun Borularla İletimi

8.4. Ön İşlemler

8.4.1. Çamur Öğütme
8.4.2. Kum Açırıcı
8.4.3. Çamur Karıştırma
8.4.4. Çamur Depolama

8.5. Yoğunlaştırma

8.5.1. Uygulama Alanları

8.6. Stabilizasyon

8.6.1. Kireç Stabilizasyonu
8.6.2. İşil Aritim

8.7. Havasız (ANAEROBIK) Çamur Çürütme

8.7.1. Çürümüş Çamur Suyu Özellikleri
8.7.2. Inhibitor ve Zehirli Maddeler

8.8. Havalı (AEROBIK) Çamur Çürütme

8.8.1. Havalı Çürütme Mekanizması

8.9. Kompostlaştırma

8.9.1. Havalı Kompostlaştırma
8.9.1.1. Kompostlaştırma mekanizması
8.9.1.2. Kompostlaştırma mekanizmasını etkileyen parametreler
8.9.1.3. Kompostlaştırma uygulamaları
8.9.2. Havasız Kompostlaştırma

8.10. Şartlandırılması

8.10.1. Kimyasal Şartlandırılması
8.10.2. İşıl Aritim
8.10.3. Diğer Prosesler

8.11. Dezenfeksiyon

8.11.1. Pastörizasyon
8.11.2. Uzun süreli depolama

8.12. Çamur Kurutma

8.12.1. Çamur Kurutmanın Önemi
8.12.2. Başlıca Çamur Kurutma Teknikleri
8.12.3. Çamur Lagünleri
9. DENIZ DESARJI UYGULAMALARI .......................................................................................................................... 344
  9.1. Deşarj Öncesi Atıksu Artımı .................................................................................................................................. 344
  9.2. Deniz Deşarji Öncesi Artıma Yöntemleri ........................................................................... 345
  9.3. Deşarj Şartları .................................................................................................................................................. 347
  9.4. Su Kalitesi Standartları ............................................................................................................................... 347
  9.5. Deşarj Edilen Atıksuların Seyrelmesi .......................................................................................... 349
  9.6. Seyrelme Hesapları ........................................................................................................................................ 350
      9.6.1. İlk Seyrelme Hesabı ......................................................................................................................... 351
            9.6.1.1. Durgun ve Uniform Yoğunluklu Ortamda Yatay Dairesel Jet Deşarjında İlk Seyrelme Hesabı .......................................................................................................................... 352
      9.6.2. İkinci Seyrelme (S2) Hesabı ............................................................................................................. 360
      9.6.3. Üçüncü Seyrelme (S3) Hesabı ........................................................................................................ 366
10. ARITMA SİSTEMLERİ İNDE VERİM, ENERJİ, BAKIM VE İŞLETME ....................................................................... 374
    10.1. Maliyet Analizin Eşasları ......................................................................................................................... 376
    10.2. Farklı artıma metodlarının yaklaşık maliyetleri ........................................................................... 377
    10.3. Aritma maliyetlerinin karşılaştırılması ................................................................................................. 377
    10.4. İleri Biyolojik Aritma Sistemlerinde İşletme ve Yatırım Maliyeti ............................................. 378
    10.5. Çeşitli Sistemlerin İşletme Maliyetleri .................................................................................................. 380
    10.6. Türkiye’den örnekler ............................................................................................................................... 385
11. ATıKSU ARITMA SİSTEMLERİ İNDE ÖLÇÜ VE KONTROL ............................................................................. 396
    11.1. Kontrol Değişkenleri ............................................................................................................................... 396
      11.1.1. Birleşik Kontrol .................................................................................................................................. 396
      11.1.2. Ölçeme Bölümü veya Algılavıcı Cihazlar .................................................................................. 397
      11.1.3. Sinyal İletim Cihazları (Transmitter) ........................................................................................ 397
      11.1.4. Mekanik Sinyal İletimi .................................................................................................................. 397
      11.1.5. Pnomatik Sinyal İletimi ................................................................................................................. 397
      11.1.6. Elektrik Akımı ile Sinyal İletimi ................................................................................................. 397
    11.2. Aritma Sisteminde Otomatik Kontrolle İlgili Değişik Uygulamalar: ........................................ 398
      11.2.1. 1Diferansiyel Basınç Ölçümü ile Debi Kontrolü ........................................................................... 398
      11.2.2. Havalandırma Sistemi .................................................................................................................... 399
      11.2.3. Köpük Pompası ve Sevive Kontrolü .......................................................................................... 400
      11.2.4. Çamur Pompası ........................................................................................................................... 401
      11.2.5. Aktif Çamur Kontrolü .................................................................................................................. 401
      11.2.6. Klorlama Tesisi ............................................................................................................................. 402
    11.3. Atıksuların Aritından Kontrol Stratejilerinin Önemi ........................................................................... 402
12. ACİL EYLEM PLANı ................................................................................................................................................. 408
    12.1. Amacı ......................................................................................................................................................... 408
    12.2. Hedefler ..................................................................................................................................................... 408
    12.3. Acil Durumun Sebebi ............................................................................................................................. 409
      12.3.1. Doğal A Fetler .................................................................................................................................. 409
      12.3.2. Personel Devamızlığı .................................................................................................................. 410
      12.3.3. Yolların Kapanması ...................................................................................................................... 411
      12.3.4. İrtibat Kaybı .................................................................................................................................. 411
      12.3.5. Kusurlu Bakım ............................................................................................................................... 411
      12.3.6. Kayıtsız İşletme Anlayışı ........................................................................................................... 411
      12.3.7. Kazalar ........................................................................................................................................... 411
      12.3.8. Proses Arızaları ............................................................................................................................. 411
    12.4. Acil Eylem Planı .......................................................................................................................................... 412
      12.4.1. Personel Sorumluluğu .................................................................................................................. 412
      12.4.2. Acil Eylem Merkezi ...................................................................................................................... 412
14. ENDÜSTRİYEL KİRLENME KONTROLÜ .......................................................... 427
14.1. Endüstriyel Atıksu Kaynak ve Özellikleri .................................................. 427
  14.1.1. İstemeyen Atık Özellikleri .................................................................. 427
  14.1.2. Atıksu Kaynak ve Özellikleri ................................................................ 429
  14.1.3. Su Tekrar Kullanımı ve Kaynakta Atık Kontrolu ..................................... 432
14.2. Atıksu Ağırmış Prosesleri .......................................................................... 434
14.3. Ön ve Birinci Kademe Ağırmış .................................................................. 440
  14.3.1. Dengeleme ........................................................................................... 440
  14.3.2. Nötralizasyon ...................................................................................... 442
    14.3.2.1. Proses Tipleri .................................................................................. 442
  14.3.3. Sistem ................................................................................................... 443
  14.3.4. Proses Kontrolü ................................................................................... 443
  14.3.5. Yağ Tutma ........................................................................................... 445
14.4. Endüstriyel Atıksu Ağırmış ...................................................................... 446
  14.4.1. Koagülasyon ......................................................................................... 446
    14.4.1.1. Koagülant Özellikleri .................................................................... 447
    14.4.1.2. Koagülant Yardımcılar .................................................................... 449
  14.4.1.3. Endüstriyel Uygulamalar .................................................................. 450

13. ARITMA TESİSLERİNİN TASARIMI VE İŞLETİLMESİ ........................................ 418
13.1. Tesis Yerleşimi ve Hidrolik Profil ................................................................ 418
13.2. Pompa İstasyonları ..................................................................................... 418
13.3. İzgaralar ..................................................................................................... 419
13.4. Kum Tutucu ................................................................................................ 419
13.5. Yağ ve Gres ................................................................................................ 419
13.6. Yüzdürme Üniteleri ..................................................................................... 419
13.7. Dengeleme Tankları ................................................................................... 420
13.8. Ön Çöktürme ............................................................................................. 420
13.9. İkinci Kademe veya Son Çöktürme Havuzları .............................................. 420
13.10. Biyolojik Ağırmış .................................................................................... 420
13.11. Çamurun Susuzlaştırılması ve Bertarafı .................................................... 420
13.12. Ağırmış Tesislerinde İşletme için Gereken Güç İhtivası .............................. 421
13.13. Personel ................................................................................................... 421
13.15. Bazı Mekanik/Elektriksel Huşuslar ............................................................ 422
13.16. Yeni Bir Ağırmış Tesisinin İşletmeye Alınması .......................................... 423
13.17. Tesislerin Rutin İşletme Eşyası ................................................................ 423
13.18. (Ortak) Atıksu Ağırmış Tesisleri ............................................................... 424
13.19. Sorunlu İşletme Prensipleri ...................................................................... 424

12.4.3. Acil Ekipman Envanteri ...................................................................... 413
12.4.4. Kayıtların Yedeklenmesi ....................................................................... 413
12.5. Acil Eylem Prosedürü .............................................................................. 414
  12.5.1. Endüstriyel Kazalar ve Toksik Zehirlenme .......................................... 414
12.6. Mahalli Polis ve İtfaiyenin Koordinasyonu ................................................. 415
  12.6.1. Polis Merkezi ...................................................................................... 415
  12.6.2. İtfaiye Merkezi ................................................................................... 415
12.7. Yaralanmalar .............................................................................................. 416