T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU VE ATIKSU ARITMA PROSESLERİNİN BİLGİSAYAR ESASLI MODELLENMESİ

Necdet Cem AYLA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Mühendisliği Programı

Danışman

Prof. Dr. Kaan YETİLMEZSOY

Ocak, 2021

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU VE ATIKSU ARITMA PROSESLERİNİN BİLGİSAYAR ESASLI MODELLENMESİ

Necdet Cem AYLA tarafından hazırlanan tez çalışması 01.02.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Çevre Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Kaan YETİLMEZSOY
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Kaan YETİLMEZSOY, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Senem YAZICI GÜVENÇ, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Çiğdem YANGIN GÖMEÇ, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi _____

Bu çalışma, Prof Dr. Kaan YETİLMEZSOY'un 2018 yılı TÜBA-GEBİP Ödülü kapsamındaki projesini destekleyen Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA) tarafından finanse edilmiştir.

Aileme

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca bana rol model olan, yol gösteren, tezimle ilgili her konuda sabırla yardımcı olup, yardımıma her zaman hızlıca koşan çok değerli Hocam Sayın Prof. Dr. Kaan YETİLMEZSOY'a sonsuz teşekkürlerimi arz ederim.

Ayrıca Sayın Hocamın, 2018 yılı TÜBA-GEBİP Ödülü kapsamındaki projesini destekleyen ve bu çalışmada kullanılan bazı dokümanları finanse eden Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA)'ne de teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca eğitimimi her zaman ön planda tutan, her zaman kararlarımı ve yaptıklarımı destekleyen, maddî manevî hiçbir desteği esirgemeyen çok sevgili Aileme şükranlarımı ve minnetlerimi sunarım.

Necdet Cem AYLA

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ xviii

TABLO LİSTESİ xxv

ÖZET xxviii

ABSTRACT xxviii

1 GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 7
1.3 Hipotez 8

2 MATLAB® 9

2.1 MATLAB® Programının Tanıtımı 9

3 ATIKSU KARAKTERİZASYONU 14

3.1 Atıksu Karakterizasyonunu Belirleme ve Değerlendirme 14
3.1.1 Atıksu İçerisinde Bulunan Kirleticiler 14
3.2 Karakterizasyon Çalışmasının Önemi 15
3.3 Atıksu Karakterizasyonunda Başlıca Parametreler 16
3.3.1 Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) 16
3.3.2 Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) 16
3.3.3 Toplam Organik Karbon (TOK) 18
3.3.4 Teorik Oksijen İhtiyacı (TeOİ) 18
3.3.5 Toplam Oksijen İhtiyacı (TOİ) 18
3.3.6 Azot ve Fosfor 18
3.4 Atıksu Karakterizasyonunu Değerlendirme Problemi 18
3.5 Atıksu Karakterizasyonu Değerlendirme Probleminin Bilgisayar Tabanlı Modellenmesi 24

4 İÇME SULARININ NİTELİKLERİ 28

4.1 İçme Suları ve Nitelikleri 28
4.2 Suların Agresifliği 28

4.3 Korozyon Kontrolü 29
4.3.1 Langelier Doygunluk Indeksi 29
4.3.2 Ryzner Stabilite Indeksi 30
4.3.3 Doygunluk pH'sinin (pH_s) Hesaplanması 30
4.3.4 CO_3^{-2}'nin Denge Sabitleri 31
4.4 Su Agresifliği ve Ölçekleme Potansiyelinin Değerlendirilme Problemi 32
4.5 Su Agresifliği ve Ölçekleme Potansiyeli Değerlendirme Probleminin Bilgisayar Tabanlı Modellenmesi 34
5 MÜNFERİT ÇÖKELME 37
5.1 Münferit Çökelme 37
5.2 Münferit Çökelmenin Gerçekleştiği Ön Çöktürme Havuzunda Partikül Giderim Veriminin Hesaplanması ve Histogramda Gösterilmesi Problemi 39
5.3 Münferit Çökelmenin Gerçekleştiği Ön Çöktürme Havuzunda Partikül Giderim Veriminin Hesaplanması ve Histogramda Gösterilmesi Probleminin Bilgisayar Tabanlı Modellenmesi 42
6 YUMAKLI ÇÖKELME 46
6.1 Yumaklı Çökelme 46
6.2 Çöktürme Kolonu Deneyi ile Yumaklı Çökelme Giderim Veriminin Hesaplanması Problemi 47
6.3 Çöktürme Kolonu Deneyi ile Yumaklı Çökelme Giderim Verim Hesabı Probleminin Bilgisayar Tabanlı Modellenmesi 49
7 OKSİJEN TRANSFERİ 52
7.1 Oksijen Transfer Sistemleri 52
7.2 Deneysel Veriler Kullanılarak $K_L\alpha$ Değerinin Hesaplanması Problemi 54
7.3 Deneysel Veriler Kullanılarak $K_L\alpha$ Değerinin Hesaplanma Probleminin Bilgisayar Tabanlı Modellenmesi 57
8 FOTOLİZ 60
8.1 Fotoliz Tepkimesi 60
8.1.2 NDMA Organik Bileşiği 61
8.2 Fotolizin Endüstriyel Uygulamaları 61
8.3 Fotoliz Prosesi Dizaynı 63
8.4 Fotoliz Prosesi Dizayn Problemi 67
8.5 Fotoliz Prosesi Dizayn Probleminin Bilgisayar Tabanlı Modellenmesi 68
9 FİLTRASYON 71

9.1 İçme Suyu Arıtımında Filtreler ve Filtrasyon Mekanizması 71
9.2 Azalan Debili Birçok Filtrenin Kullanıldığı Filtrasyon Ünitesinde İstenen Yük Kayıplarına ve Maksimum Filtrasyon Debisine Ulaşabilmek İçin Gerçekleştirilecek Tasarım Problemi 75
9.3 Azalan Debili Birçok Filtrenin Kullanıldığı Filtrasyon Ünitesi İçin Bilgisayar Tabanlı Modelleme Gerçekleştirilmesi 80
10 SU İLETİMİ 84
10.1 Su İletim Tesisleri 84
10.1.1 Terfi İstasyonları 84
10.2 Terfi İstasyonu Maliyet Çalışmaları 88
10.2.1 Terfi İstasyonu Yatırım Maliyeti Çalışmaları 89
10.2.2 Terfi İstasyonu İşletme Maliyeti Çalışmaları 90
10.3 Terfi İstasyonu Maliyet Problemi 90
10.4 Terfi İstasyonu Maliyet Probleminin Bilgisayar Tabanlı Modellenmesi 94
11 ENDÜSTRİYEL KİRLİLİK 98
11.1 Endüstri Temelli Kirlilik 98
11.2 Endüstriyel Atıksuyun Alıcı Ortama Deşarjının Optimize Edilmesi Problemi 98
11.3 Endüstriyel Atıksuyun Alıcı Ortama Deşarjının Bilgisayar Tabanlı Optimizasyonu 104
12 ÇOKLU BÖLGE ARITMA ALTERNATİFİ BELİRLEME 108
12.1 Birden Çok Tesis İçin Arıtma Alternatifi Belirleme Problemi 110
12.2 Birden Çok Tesis İçin Arıtma Alternatifi Belirleme Probleminin Bilgisayar Ortamında Modellenmesi 112
13 AKTİF ÇAMUR PROSESLERİNDE AKIBET MODELİ 115
13.1 Biyolojik Arıtmada Biyotik ve Abiyotik Kayıplar 115
13.1.1 Adsorpsiyon Kaynaklı Kayıplar 116
13.1.2 Buharlaşma Kaynaklı Kayıplar 117
13.1.3 Biyotik ve Abiyotik Kayıpların Birlikte İfade Edilmesi 118
13.2 Aktif Çamur Prosesinde Benzen İçin Akıbet Modeli Geliştirilmesi 119
13.3 Aktif Çamur Prosesinde Benzen İçin Akıbet Modelinin Bilgisayar Tabanlı Geliştirilmesi 121
14 DÖRT ADIMLI AKTİF ÇAMUR PROSESİ İLE BİYOLOJİK AZOT GİDERİMİ 124

14.1 Biyolojik Azot Giderimi 124
14.2 Dört Bölmeli Aktif Çamur Prosesi İle Biyolojik Azot Giderimi 126
14.3 Biyolojik Yolla Azot Gideriminin Gerçekleşeceği Dört Adımlı Aktif Çamur Prosesinin Bilgisayar Ortamında Modellenmesi 133
15 DAMLATMALI FİLTRELER 137
15.1 Damlatmalı Filtreler 137
15.1.1 Damlatmalı Filtrelerin İşletilmesi ve Çalışma Prensipleri 138
15.1.2 Damlatmalı Filtrelerin Avantajları ve Dezavantajları 141
15.2 Damlatmalı Filtrelerde Hava Akış Debisi ve Basınç Düşüşlerinin Hesaplanması Problemi 144
15.3 Damlatmalı Filtrelerde Hava Akış Debisi ve Basınç Düşüşü Hesaplarının Bilgisayar Ortamında Modellenmesi 149
16 KARBON VE AZOT GİDEREN PROSESLER 153
16.1 Karbon ve Azotun Giderildiği Prosesler 153
16.2 Yalnızca Karbonun Giderildiği Tam Karışımlı Aktif Çamur Prosesleri 153
16.2.1 Yalnızca Karbonun Giderildiği Tam Karışımlı Aktif Çamur Prosesinin Tasarımı 156
16.2.2 Yalnızca Karbon Gideriminin Gerçekleştirildiği Tam Karışımlı Aktif Çamur Prosesinin Bilgisayar Ortamında Modellenmesi 168
16.3 Karbon ve Azot Gideriminin Birlikte Gerçekleştirildiği Prosesler 173
16.3.1 Karbon ve Azot Gideriminin Birlikte Gerçekleştirildiği Tam Karışımlı Aktif Çamur Proseslerinin Tasarımı 173
16.3.2 Hem Karbon Hem Azotun Giderildiği Aktif Çamur Prosesinin Bilgisayar Ortamında Modellenmesi 184
16.4 Preanoksik Denitrifikasyon Prosesi 189
16.4.1 Ludzack-Ettinger (LE) Prosesi 189
16.4.2 Modifiye Ludzack-Ettinger (MLE) Prosesi 189
16.4.3 MLE Prosesinin Tasarım Problemi 190
16.4.4 MLE Prosesinin Bilgisayar Ortamında Modellenmesi 197
17 MEMBRAN BİYOREAKTÖRLER 202
17.1 Membran Biyoreaktörler (MBR) 202

17.1.1 MBR'nin Geleneksel Aktif Çamur Prosesleriyle Karşılaştırılması....202
17.2 MBR Tasarım Problemi....204
17.3 MBR Tasarım Probleminin Bilgisayar Ortamında Modellenmesi....213
18 HAREKETLİ YATAK BİYOFİLM REAKTÖRLER 219
18.1 Hareketli Yatak Biyofilm Reaktörler (MBBR)....219
18.2 MBBR'nin Geleneksel Aktif Çamur Prosesleri ile Karşılaştırılması....221
18.3 MBBR Tasarım Problemi....223
18.4 MBBR'nin Bilgisayar Ortamında Modellenmesi....228
19 ANAEROBİK ARITMA 233
19.1 Anaerobik Arıtma Prosesleri....233
19.2 Anaerobik Temas Tankı Tasarım Problemi....235
19.3 Anaerobik Temas Tankı Tasarım Probleminin Bilgisayar Ortamında Modellenmesi....240
20 DEZENFEKSİYON 245
20.1 Dezenfeksiyon Üniteleri....245
20.1.1 Dezenfeksiyon Yöntemleri....246
20.1.2 Dezenfeksiyon Yan Ürünleri....247
20.2 Dispersiyon Temelli Klor Temas Tankı Tasarım Problemi....248
20.3 Dispersiyon Temelli Klor Temas Tankı Probleminin Bilgisayar Ortamında Modellenmesi....251
21 ANAEROBİK ÇAMUR ÇÜRÜTME 258
21.1 Anaerobik Çürütme....258
21.2 Anaerobik Çamur Çürütücü Prosesi Tasarım Problemi....259
21.3 Yüksek Hızlı Anaerobik Çamur Çürütücü Prosesi Tasarım Probleminin Bilgisayar Ortamında Modellenmesi....264
22 SONUÇ VE ÖNERİLER 268
22.1 Programlarda Meydana Gelebilecek Muhtemel Hatalar, Sebepleri ve Çözümleri....273
22.2 Çalışma Kapsamının Geliştirilmesi İçin Teknolojik Girişimler, Öneriler ve Gelecek Çalışmalar....278
22.2.1 Teknolojik Girişimler....278
22.2.2 Öneriler ve Gelecek Çalışmalar....279
KAYNAKÇA 280

A ATIKSU KARAKTERİZASYONU DEĞERLENDİRME PROGRAMI KODLARI 289

B SU AGRESİFLİĞİ VE ÖLÇEKLEME POTANSİYELİ DEĞERLENDİRME PROGRAMI KODLARI 291

C MÜNFERİT ÇÖKELME PROGRAM KODLARI 293

D YUMAKLI ÇÖKELME PROGRAMI KODLARI 297

E OKSİJEN TRANSFERİ PROGRAM KODLARI 299

F FOTOLİZ PROSESİ PROGRAM KODLARI 302

G FİLTRASYON PROGRAM KODLARI 304

H SU İLETİMİ (TERFİ İSTASYONU TASARIMI) PROGRAM KODLARI 308

İ ENDÜSTRİYEL KİRLİLİK (ALICI ORTAMA DEŞARJ OPTİMİZASYONU) PROGRAM KODLARI 310

J ÇOKLU BÖLGE ARITMA ALTERNATİFİ BELİRLEME PRORAM KODLARI 314

K AKIBET MODELİ PROGRAM KODLARI 318

L 4 ADIMLI AKTİF ÇAMUR PROSESİ PROGRAM KODLARI 321

M DAMLATMALI FİLTRE TASARIMI PROGRAM KODLARI 324

N YALNIZCA KARBON GİDEREN TAM KARIŞIMLI AKTİF ÇAMUR PROSESİ TASARIMI PROGRAM KODLARI 327

O KARBON VE AZOTU BİRLİKTE GİDEREN TAM KARIŞIMLI AKTİF ÇAMUR PROSESİ TASARIMI PROGRAM KODLARI 333

P MLE PROSES TASARIMI PROGRAM KODLARI 340

Q MBR PROSES TASARIMI PROGRAM KODLARI 347

R MBBR PROSES TASARIMI PROGRAM KODLARI 357

S ANAEROBİK TEMAS TANKI TASARIMI PROGRAM KODLARI 362

T KLOR TEMAS TANKI TASARIMI PROGRAM KODLARI 368

U YÜKSEK HIZLI ANAEROBİK ÇAMUR ÇÜRÜTÜCÜ PROSES TASARIMI PROGRAM KODLARI 371

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR 374

SİMGE LİSTESİ

AR_{20}	20^oC ve 1 atm Basınçta Hava Akış Debisi
μ_{AOB}	Amonyak Okside Eden Bakterilerin Büyüme Hızı
b_{AOB}	Amonyak Okside Eden Bakterilerin İçsel Ayrışma Katsayısı
P_d	Amortisman Oranı
A	Alan
N_A	Avogadro Sayısı
μ	Bakteri Büyüme Hızı
P	Basınç/Porozite
$\triangle P$	Basınç Düşüşü
θ_0	Basit Sarkacın Genliği (Başlangıç Açısı)
X	Biyokütle Konsantrasyonu
X_S	Biyolojik Olarak Bozunabilir Biyokütle Konsantrasyonu
Q_R	Çamur Geri Devir Debisi
*, ×	Çarpım
d, ø	Çap
X_R	Çökelen Partikül Fraksiyonu
$K_{\alpha n}$	Çözünme Tepkimesinin n'inci Denge Sabiti
C_s	Çözünmüş Oksijenin Doygunluk Derişimi
S_0	Çözünmüş Oksijen Konsantrasyonu/Birincil Arıtma Çıkış $BOİ_5$ Değeri
K_{sp}	Çözünürlük Sabiti
t_C	Çökelmenin Tamamlanması İçin Gereken Süre
Q	Debi
C	Derişim
D	Dispersiyon Sayısı/Filtre Malzemesinin Derinliği
pH_s	Doygunluk pH Değeri
$C_{elektrik}$	Elektrik Birim Ücreti
h_n	Eş Yüzde Giderim Eğrilerinin Arasındaki Uzaklık
n	Eş Yüzde Giderim Eğrilerinin Sayısı
P_i	Faiz Oranı
δ	Film Kalınlığı

L_B	Filtre Malzemesine Uygulanan $BOİ_5$ Yükü
P_{Gi}	Gaz Ara Yüzeyinde Çözünen Gaz Derişimi
δ_g	Gaz Filmin Kalınlığı
P_G	Gaz Kütlesinde Çözünen Gaz Derişimi
Y_{obs}	Gözlenen Yığın Sabiti
r_{ad}	Günlük Adsorplanan Bileşen
q_{max}	Günlük Maksimum Su İhtiyacı
X_T	Havalandırma Havuzu Toplam MLVSS Konsantrasyonu
k_H	Henry Sabiti
V	Hız/Hacim
OH·	Hidroksil Radikali
τ	Hidrolik Bekletme Süresi
λ	Işığın Dalga Boyu/Henry-Darcy Eşitliği Sabiti
ε	Işığın Molar Absorblama Kapasitesi
c	Işık Hızı
I	Işık Yoğunluğu
b	İçsel Ayrışma Katsayısı
R	İdeal Gaz Sabiti/Yarıçap/Giderilen Partikül Fraksiyonu
K_P	İncelenen Bileşenin Ayrışma Katsayısı
Z	İyonik Yük/Bağıl Basınç
γ_{iyon}	İyonun Aktivite Sabiti
[İyon]	İyonun Molar Konsantrasyonu
H_0	Jeodezik Yükseklik
SRT	Katı Bekletme Süresi
ϕ	Kuantum Verimi
N_P	Kulenin Dayanımı
μ_m/μ_{max}	Maksimum Spesifik Bakteri Büyüme Hızı
u	Malzeme Üniformluk Katsayısı
H_m	Manometrik Yükseklik
J	Membran Akısı
α	ML'den Arıtılmış Suya Kütle Aktarım Katsayısı
θ_n	n'nci Topun Fırlatılma Açısı
S_{NH}	NH_4^+-N Konsantrasyonu
K_{NH}	NH_4^+-N İçin Yarı Hız Sabiti
$K_{0,NOB}$	Nitrit Okside Eden Bakteriler İçin Çözünmüş Oksijen Yarı Hız Sabiti

μ_{NOB}	Nitrit Okside Eden Bakterilerin Büyüme Hızı
b_{NOB}	Nitrit Okside Eden Bakterilerin İçsel Ayrışma Katsayısı
S_{NO}	NO_2^--N Konsantrasyonu
K_{NO}	NO_2^--N İçin Yarı Hız Sabiti
K_L	Oksijen Kütle Aktarım Katsayısı
R_O	Oksijen İhtiyacı
C_d	Orifis Sabiti
V_P	Partikül Çökelme Hızı
P_F	Pik Faktör
h	Planck Sabiti
η	Pompa Verimi
k	Reaksiyon Hız Sabiti
Q_g	Reaktör Boyunca Gaz Debisi
$S_{g,VOC}$	Reaktörden Ayrılan Gazın VOC İçeriği
N_R	Reynolds Sayısı
T	Sıcaklık
ρ	Sıvı/Gaz Yoğunluğu
C_{Li}	Sıvı Ara Yüzeyinde Çözünen Gaz Derişimi
δ_s	Sıvı Filmin Kalınlığı
C_L	Sıvı Kütlesinde Çözünen Gaz Derişimi
S	Substrat Konsantrasyonu/Bileşenin Sıvı Fazdaki Konsantrasyonu
t	Süre
φ	Şekil Katsayısı
V_C	Terminal Çökelme Hızı
∑	Toplam
$K_L\alpha$	Tüm Kütle Aktarım Katsayısı
f_N	Uçucu Askıda Katı Maddenin Organik Azot İçeriği
L	Uzunluk/Kirlilik Miktarı/Atıksu Yükleme Oranı
P_X	Üretilen Çamur Miktarı
Y	Verim Katsayısı
$S_{L,VOC}$	VOC'nin Sıvı Konsantrasyonu
K_s	Yarı Hız Sabiti
g	Yerçekimi İvmesi
Δ_h	Yük Kaybı
H	Yükseklik/Çöktürme Kolonu Yüksekliği

KISALTMA LİSTESİ

AAPT	Amerikan Fizik Öğretmenleri Derneği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AD	Bileşenlerin Adsorpsiyon Hızı
AKM	Askıda Katı Madde
AOTR	Gerçek Oksijen Transfer Hızı
Ark	Arkadaşları
ASM	Aktif Çamur Modeli
B	Buharlaşma Kaynaklı Kayıp
BOD/BOİ	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
$BOİ_5$	5 Günlük Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
bTKN	Biyolojik Ayrışabilir Toplam Kjeldahl Azotu
$CaCO_3$	Kalsiyum Karbonat
$Ca(OCl)_2$	Kalsiyum Hipoklorit
Cl^-	Klor
Cl_2	Klor Gazı
cm	Santimetre
CO_2	Karbondioksit
CoA	Koenzim-A
COD/KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
Ç	İncelenen Bileşiğin Çıkış Atıksuyundaki Konsantrasyonu
dk	Dakika
DMN	Dimetilnitrözamin
EE	Elektriksel Verimlilik
g	Gram
G	İncelenen Bileşiğin Giriş Atıksuyundaki Konsantrasyonu
H^+	Hidrojen
H_2O	Su
H_2O_2	Hidrojen Peroksit
HAA	Haloasetikasit
HCO_3^-	Bikarbonat
IFA	Entegre Sabit Yatak Filmli Aktif Çamur Sistemleri

IR	İç Resirkülasyon (Geri Devir) Oranı
İOP	İleri Oksidasyon Prosesleri
iTSS	İnert TSS
kg	Kilogram
LE	Ludzack-Ettinger
LSI	Langelier Doygunluk Indeksi
m	Metre
mm	Milimetre
MATLAB	Matrix Laboratory
MBBR	Hareketli Yatak Biyofilm Reaktör
MBR	Membran Biyoreaktör
MF	Mikrofiltrasyon
ML	Mixed-Liquor
MLE	Modifiye Ludzack-Ettinger
MLSS	Mixed-Liquor İçerisindeki SS
MLVSS	Mixed-Liquor İçerisindeki VSS
MO	Mikroorganizma Kaynaklı Biyotik Kayıplar
M.U.P.P.E.T.	Maryland Uni. Project in Physics and Educational Technology
N_2	Azot Gazı
$NaHCO_3$	Sodyum Bikarbonat
NaOCl	Sodyum Hipoklorit
nbCOD	Biyolojik Olarak Ayrışamayan KOİ
nbpCOD	Biyolojik Olarak Ayrışamayan Partiküler KOİ
nbVSS	Biyolojik Olarak Ayrışamayan VSS
NDMA	Nitrosodimetilamin
NF	Nanofiltrasyon
NH_3	Amonyak
NH_3-N	Amonyak Azotu
NH_4^+	Amonyum
NH_4^+-N	Amonyum Azotu
NO_2^-	Nitrit
NO_2^--N	Nitrit Azotu
NO_3^-	Nitrat
NO_3^--N	Nitrat Azotu
nm	Nanometre

OBr^-	Hipobromit
ON/Org-N	Organik Azot
PVL	Sanal Fizik Laboratuvarları
rbCOD	Kolay Ayrışabilir Formda KOİ
RBC	Döner Biyodisk
RSI	Ryzner Stabilite Indeksi
s	Saniye
sbCOD	Yavaş Ayrışan Biyolojik KOİ
sBOD	Çözünebilir Formda BOİ
sCOD	Çözünebilir Formda KOİ
sCODe	Çıkış Suyu Çözünebilir Formda KOİ
SDNR	Spesifik Denitrifikasyon Oranı
SOTR	Standart Oksijen Transfer Hızı
SS	Askıda Katı
TCOD/TKOİ	Toplam KOİ
TeOİ	Teorik Oksijen İhtiyacı
THM	Trihalometan
TKN	Toplam Kjeldahl Azotu
TN	Toplam Azot
TOİ	Toplam Oksijen İhtiyacı
TOK	Toplam Organik Karbon
TP	Toplam Fosfor
TSS	Toplam Askıda Katı Madde Miktarı
UCT	University of Cape Town
UF	Ultrafiltrasyon
UV	Ultraviyole
VOC	Uçucu Organifk Bileşik
VSS	Uçucu Formda Askıda Katı Madde Miktarı

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 MATLAB® programının R2020b sürümü ana ekranı 9

Şekil 2.2 MATLAB® programında örnek iki matrisin toplanması ve çarpılmasını, sonuçları ile birlikte gösteren basit bir uygulama 10

Şekil 2.3 MATLAB® programında yazılan örnek bir programa girilen verilerin kaydedildiği Workspace (çalışma alanı) bölmesi 11

Şekil 2.4 MATLAB® programında yazılan örnek bir programın kod düzenleme ekranı 13

Şekil 2.5 MATLAB®'de yazılan bir programı, "Standalone uygulama" olarak kaydeden "Application Compiler" eklentisinin örnek kullanımı 13

Şekil 3.1 Giriş KOİ akımının bileşenleri [28] 17

Şekil 3.2 Çıkış KOİ akımının bileşenleri [28] 17

Şekil 3.3 Atıksu karakterizasyonu ile ilgili MATLAB® programının parametre giriş ekranı 25

Şekil 3.4 Atıksu karakterizasyonu ile ilgili MATLAB® programının çalışma alanı görüntüsü 26

Şekil 3.5 Atıksu karakterizasyonu ile ilgili parametreleri ve değerlerini içeren sonuç ekranı 27

Şekil 4.1 Agresif sudan kaynaklı bakır boru korozyonu [35] 29

Şekil 4.2 Su agresifliği ve ölçekleme potansiyeli analizi yapılacak olan program için parametre işleme ekranı 35

Şekil 4.3 Su agresifliği ve ölçekleme potansiyeli analizi yapılacak olan programın içerdiği tüm formüller ve birbirleriyle ilişkileri 35

Şekil 4.4 Su agresifliği ve ölçekleme potansiyeli analizi için geliştirilen programın sonuç verileri ekranı 36

Şekil 4.5 Su agresifliği ve ölçekleme potansiyeli analizi için geliştirilen programda kullanılan tüm parametreleri ve sonuçları içeren MATLAB® çalışma alanı 36

Şekil 5.1 Giriş ve çıkış atıksuyunda litre başına düşen partikül miktarları ve çökelme hız aralıkları 42

Şekil 5.2 Münferit çökelme probleminde partikül miktarlarının ölçüleceği hız zaman aralıklarının girileceği pencere 43

Şekil 5.3 Münferit çökelme probleminde belirlenen aralıklarda ölçülen partikül miktarlarının girileceği pencere 43

Şekil 5.4 Münferit çökelme probleminde hesaplanan genel partikül giderim verim yüzdesinin gösterildiği sonuç ekranı 44

Şekil 5.5 Münferit çökelme probleminde, belirlenen hız aralıkları ve bu aralıklarda giderilen ve giderilemeyen partikül miktarlarının gösterildiği histogram 44

Şekil 5.6 Münferit çökelme problemi için oluşturulan programın MATLAB® çalışma alanı görüntüsü 45

Şekil 6.1 Çöktürme kolonu deneyi verilerine göre çizilen eş yüzde giderim eğrileri şeması [43] 48

Şekil 6.2 Çöktürme kolonu deney verilerinden hareketle çizilen eş yüzde giderim eğrileri grafiğinden okunan değerlerin girildiği birinci pencere 49

Şekil 6.3 Çöktürme kolonu deney verilerinden hareketle çizilen eş yüzde giderim eğrileri grafiğinden okunan değerlerin girildiği ikinci pencere 50

Şekil 6.4 Yumaklı çökelme için gerçekleştirilen çöktürme kolonu deneyi için toplam partikül giderim yüzdesinin gösterildiği sonuç ekranı 50

Şekil 6.5 Çöktürme kolonu deneyi ile yumaklı çökelme giderim veriminin hesabı için tasarlanan MATLAB® programının çalışma alanı görüntüsü 51

Şekil 7.1 Gaz fazından sıvı fazına oksijen transfer aktarımının şeması [45] 53

Şekil 7.2 Yüzeysel havalandırma deneyinde ölçüm zamanları ve ölçülen C_s-C_t değerlerinin ilişkisel grafiği 56

Şekil 7.3 Yüzeysel havalandırma deney verilerinin işlendiği MATLAB® ekranı 58

Şekil 7.4 Yüzeysel havalandırma deneyi için sıcaklık değerinin işlendiği MATLAB® ekranı 58

Şekil 7.5 Girilen yüzeysel havalandırma deney parametrelerine göre çizilen $\ln(C_s\text{-}C)/(C_s\text{-}C0)$zaman grafiği 59

Şekil 7.6 Yüzeysel havalandırma deneyi için su sıcaklığı, C_s değeri, sıcaklık ve 20^oC'deki $K_L\alpha$ değerlerinin gösterildiği sonuç ekranı 59

Şekil 8.1 NDMA bileşiğinin grafik modellemesi [51] 61

Şekil 8.2 Ultraviyole ışınları ile fotoliz gerçekleştirilen reaktörler ve kablo bağlantıları [53] 62

Şekil 8.3 Fotoliz reaktörlerinde kullanılan ultraviyole lambalar [54] 62

Şekil 8.4 Fotoliz prosesi dizayn programı için parametre işleme ekranı 69

Şekil 8.5 Fotoliz prosesi dizayn programı sonuç değerleri penceresi 70

Şekil 8.6 Fotoliz prosesi dizaynı programı MATLAB® çalışma alanı bölümü 70

Şekil 9.1 Yavaş kum filtresinin boyuna kesiti [59] 73

Şekil 9.2 Hızlı kum filtresinin boyuna kesiti [59] 73

Şekil 9.3 Azalan debili filtre uygulaması için istenen ve hedeflenen parametrelerin giriş ekranı 81

Şekil 9.4 Azalan debili filtre uygulaması için gerekli parametreler girildikten sonra ekrana gelen sonuç penceresi 82

Şekil 9.5 Azalan debili filtre uygulaması MATLAB® çalışma alanı 83

Şekil 10.1 Pozitif yer değiştirmeli bir pompanın kısımları [65] 85

Şekil 10.2 Üretici kataloğundan alınan gerçek bir santrifüj pompa [66] 86

Şekil 10.3 Terfi istasyonunun çizimi [73] 91

Şekil 10.4 Terfi istasyonu maliyetini hesaplayan programda kodlanan bütün denklemler ve denklemlerin birbiriyle ilişkileri 95

Şekil 10.5 Terfi istasyonu maliyetini hesaplayan programda kodlar çalıştırıldığında ekrana gelen parametre işleme ekranı 96

Şekil 10.6 Terfi istasyonu maliyetini hesaplayan programda, parametreler işlendikten sonra MATLAB® çalışma alanı görüntüsü 97

Şekil 10.7 Terfi istasyonu maliyetini hesaplayan programın sonuç çıktısı ekranı 97

Şekil 11.1 Üzerinde çalışılan problemin görsel modeli [76] 101

Şekil 11.2 Kodlar çalıştırıldığında ekrana gelen parametre işleme ekranı 105

Şekil 11.3 Programın sonuç çıktısı ekranı 106

Şekil 11.4 Parametreler işlendikten sonra MATLAB® çalışma alanı görüntüsü 107

Şekil 12.1 Arıtma alternatifleri, tesis yerleşimleri ve alıcı ortamın gösterildiği özet şema [76] 109

Şekil 12.2 Yazlık tesislerin arıtma, işletme ve yatırım maliyetlerini hesaplayabilmek için gereken verilerin işlendiği MATLAB® ekranı 113

Şekil 12.3 Yazlık tesislerin ortak arıtma tesisinin kurulacağı bölgeye olan uzaklıklarının işlendiği MATLAB® ekranı 114

Şekil 12.4 Birden çok bölge için arıtma alternatifi belirleme probleminin tüm maliyetlerinin hesap sonuçlarının gösterildiği, ortak arıtma tesisinin yeri ve arıtma alternatifi için öneri sunan sonuç ekranı 114

Şekil 13.1 Aktif çamur prosesi akıbet modeli için parametrelerin MATLAB® giriş ekranı 122

Şekil 13.2 Aktif çamur prosesi akıbet modeli için parametreler girildikten sonra ekrana gelen biyotik ve abiyotik kayıplar sonuç ekranı 123

Şekil 13.3 Aktif çamur prosesinde benzenin biyotik ve abiyotik kayıplarının modellendiği MATLAB® programı çalışma alanı 123

Şekil 14.1 Biyolojik azot giderim mekanizmaları [80] 124

Şekil 14.2 Azot giderim potansiyeli gözlenecek olan 4 adımlı aktif çamur proses şeması [82] 127

Şekil 14.3 4 adımlı tam karışımlı aktif çamur prosesi parametreleri [82] 130

Şekil 14.4 Biyolojik olarak azot giderecek 4 adımlı aktif çamur prosesi için modellenen bilgisayar programının veri giriş ekranı 134

Şekil 14.5 Biyolojik olarak azot giderecek 4 adımlı aktif çamur prosesi için modellenen bilgisayar programına veriler girildikten sonra ekrana gelen sonuç ekranı 135

Şekil 14.6 Biyolojik olarak azot giderecek 4 adımlı aktif çamur prosesi için modellenen bilgisayar programının çalışma alanı 135

Şekil 14.7 Biyolojik olarak azot giderecek 4 adımlı aktif çamur prosesi için modellenen bilgisayar programının bulduğu sonuçların doğruluğu 136

Şekil 14.8 Biyolojik olarak azot giderecek 4 adımlı aktif çamur prosesi için modellenen bilgisayar programı, farklı bir geri devir oranı ile tekrar test edildiğinde bulunan sonuçlar 136

Şekil 15.1 Aerobik biyofilm proseslerin sınıflandırılması [83] 137

Şekil 15.2 Klasik bir damlatmalı filtrenin yandan görünüşü ve fiziksel kısımları [83] 139

Şekil 15.3 Hindistan'daki bir atıksu arıtma tesisinde çalışan damlatmalı filtreler [84] 140

Şekil 15.4 Damlatmalı filtrelerde kullanılan taş/kaya malzemesi [88] 143

Şekil 15.5 Damlatmalı filtrelerde kullanılan rastgele plastik paket malzemesi [89] 143

Şekil 15.6 Damlatmalı filtrelerde kullanılan plastik malzemesi (çapraz akışlı) [90] 143

Şekil 15.7 Damlatmalı filtrelerde kullanılan plastik malzemesi (dik akışlı) [90] 144

Şekil 15.8 Damlatmalı filtre tasarımı gerçekleştirilen MATLAB® programının veri giriş ekranı 150

Şekil 15.9 Damlatmalı filtre tasarımı gerçekleştiren MATLAB® programının filtre malzemesi seçim ekranı 150

Şekil 15.10 Damlatmalı filtre tasarımı gerçekleştiren MATLAB® programının sonuç ekranı 151

Şekil 15.11 Damlatmalı filtre tasarımı gerçekleştiren MATLAB® programının çalışma alanı görüntüsü 152

Şekil 16.1 Klasik tam karışımlı aktif çamur prosesinin şematik gösterimi [94] 154

Şekil 16.2 Bilgisayar modellemesi yapılan yalnızca karbon gideriminin gerçekleştirildiği tam karışımlı aktif çamur prosesinin atıksu karakteristik değerlerinin giriş ekranı....169

Şekil 16.3 Bilgisayar modellemesi yapılan yalnızca karbon gideriminin gerçekleştirildiği tam karışımlı aktif çamur prosesinin dizayn kriterleri giriş ekranı....170

Şekil 16.4 Bilgisayar modellemesi yapılan yalnızca karbon gideriminin gerçekleştirildiği tam karışımlı aktif çamur prosesinin MATLAB® çalışma alanı görüntüsü....171

Şekil 16.5 Bilgisayar modellemesi yapılan yalnızca karbon gideriminin gerçekleştirildiği tam karışımlı aktif çamur prosesinin dizayn verileri sonuç ekranı....172

Şekil 16.6 Nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçleri [92]....173

Şekil 16.7 Bilgisayar modellemesi yapılan hem karbon hem de azot gideriminin gerçekleştirildiği tam karışımlı aktif çamur prosesinin atıksu karakteristik ve bazı dizayn değerlerinin giriş ekranı....185

Şekil 16.8 Bilgisayar modellemesi yapılan hem karbon hem de azot gideriminin gerçekleştirildiği tam karışımlı aktif çamur prosesinin dizayn kriterleri giriş ekranı....186

Şekil 16.9 Bilgisayar modellemesi yapılan hem karbon hem de azot gideriminin gerçekleştirildiği tam karışımlı aktif çamur prosesinin MATLAB® çalışma alanı görüntüsü....187

Şekil 16.10 Bilgisayar modellemesi yapılan hem karbon hem de azot gideriminin gerçekleştirildiği tam karışımlı aktif çamur prosesinin dizayn verileri sonuç ekranı....188

Şekil 16.11 Ludzack-Ettinger (LE) Proses Şeması [97]....189

Şekil 16.12 Modifiye Ludzack-Ettinger (MLE) Proses Şeması [97]....190

Şekil 16.13 Bilgisayar modellemesi yapılan preanoksik aşamalı MLE prosesinin atıksu karakteristik ve bazı dizayn değerlerinin giriş ekranı....198

Şekil 16.14 Bilgisayar modellemesi yapılan preanoksik aşamalı MLE prosesinin dizayn kriterleri giriş ekranı....199

Şekil 16.15 Bilgisayar modellemesi yapılan preanoksik aşamalı MLE prosesinin MATLAB® çalışma alanı görüntüsü....200

Şekil 16.16 Bilgisayar modellemesi yapılan preanoksik aşamalı MLE prosesinin dizayn verileri sonuç ekranı....201

Şekil 17.1 Membran biyoreaktör işletilen bir atıksu arıtma tesisinin genel şeması [100]....203

Şekil 17.2 Bilgisayar ortamında modellemesi yapılan MBR prosesinin atıksu karakteristik ve bazı dizayn değerlerinin giriş ekranı....214

Şekil 17.3 Bilgisayar ortamında modellemesi yapılan MBR prosesinin dizayn kriterleri giriş ekranı (1/2) 215

Şekil 17.4 Bilgisayar ortamında modellemesi yapılan MBR prosesinin dizayn kriterleri giriş ekranı (2/2) 216

Şekil 17.5 Bilgisayar ortamında modellemesi yapılan MBR prosesinin MATLAB® çalışma alanı görüntüsü 217

Şekil 17.6 MBR prosesi dizayn verileri sonuç ekranı 218

Şekil 18.1 MBBR proseslerinde kullanılabilen malzeme çeşitleri [103] 220

Şekil 18.2 FlooTech firmasının geliştirdiği FlooBed® isimli hareketli yatak biyofilm reaktörünün görüntüsü [105] 222

Şekil 18.3 MBBR prosesi için atıksu karakteristik değerlerinin giriş ekranı 229

Şekil 18.4 MBBR prosesi için reaktör dizayn verilerinin giriş ekranı 230

Şekil 18.5 MBBR prosesi için reaktör dizayn verilerinin MATLAB® çalışma alanı görüntüsü 231

Şekil 18.6 MATLAB®'de modellemesi gerçekleştirilen MBBR prosesinin tüm dizayn verileri sonuç ekranı 232

Şekil 19.1 Anaerobik temas tankı proses şeması 234

Şekil 19.2 MATLAB®'de modellenen anaerobik temas tankı tasarımı programının atıksu karakteristik değerleri giriş ekranı 241

Şekil 19.3 MATLAB®'de modellenen anaerobik temas tankı tasarımı programının dizayn koşulları giriş ekranı 242

Şekil 19.4 Anaerobik temas tankı bilgisayar modellemesinin MATLAB® çalışma alanı görüntüsü 243

Şekil 19.5 MATLAB®'de modellenen anaerobik temas tankı tasarımı programının sonuç ekranı 244

Şekil 20.1 Klor temas tankı örnek çizimi [118] 248

Şekil 20.2 Klor temas tankı prosesinin atıksu ve dizayn verileri giriş ekranı (I. durum) 252

Şekil 20.3 Klor temas tankı prosesinin MATLAB® çalışma alanı görüntüsü (I. durum) 253

Şekil 20.4 I. durumda Klor temas tankı dizayn verilerinin uygun olmadığına dair sonucun yer aldığı sonuç ekranı 254

Şekil 20.5 Klor temas tankı prosesinin atıksu ve dizayn verileri giriş ekranı (II. durum) 255

Şekil 20.6 Klor temas tankı prosesinin MATLAB® çalışma alanı görüntüsü (II. durum) 256

Şekil 20.7 II. durumda klor temas tankı dizayn verilerinin uygun olduğuna dair sonucun yer aldığı sonuç ekranı 257

Şekil 21.1 Anaerobik çürümenin metabolik yol haritası [122] 259

Şekil 21.2 Düşük ve yüksek hızlı anaerobik çamur çürütücü proseslerinin kesitleri [124] 261

Şekil 21.3 Emaye kaplama bir anaerobik çamur çürütücü [125] 261

Şekil 21.4 Tek bölmeli yüksek hızlı anaerobik çamur çürütücü prosesinin atıksu ve dizayn verileri giriş ekranı 265

Şekil 21.5 Tek bölmeli yüksek hızlı anaerobik çamur çürütücü prosesi bilgisayar modellemesinin MATLAB® çalışma alanı görüntüsü 266

Şekil 21.6 Tek bölmeli yüksek hızlı anaerobik çamur çürütücü prosesinin tasarım verileri sonuç ekranı 267

Şekil 22.1 Su sıcaklığının değişen değerlerine göre C_s parametresinin alacağı değerler ve uyarı mesajının yer aldığı satırı gösteren kod ekranı 275

Şekil 22.2 Su sıcaklığı değerinin giriş ekranı 275

Şekil 22.3 Su sıcaklığı, belirtilen sınırlar dışında girildiğinde programda gösterilecek uyarı mesajı kutusu 275

Şekil 22.4 Su sıcaklığı, belirtilen sınırlar dışında girildiğinde C_s'nin tanımsız olacağını gösteren MATLAB® Command Window ekranı görüntüsü 276

Şekil 22.5 Münferit çökelme programında, partiküllerin giderilen fraksiyonlarının 1'den büyük bir değer çıkması hâlinde, programın davranışını modelleyen kod ekranı 277

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 Tesis giriş atıksuyu bileşenleri ve değerleri [27] 19

Tablo 3.2 Aktif çamur çıkış atıksuyu bileşenleri ve değerleri [27] 19

Tablo 3.3 Atıksu karakterizasyonu değerlendirme problemi için bilinen ve bulunan değerler 22

Tablo 4.1 CO_3^{-2}'ün değişen sıcaklıklara göre denge sabitleri [36] 32

Tablo 4.2 İçme suyu numunesinin verileri [36] 32

Tablo 5.1 Çökelme hız aralıkları ve partikül miktarları [40] 39

Tablo 5.2 Partikül giderim verimi hesabı için gereken tüm parametreleri içeren detaylı tablo 40

Tablo 7.1 Yüzeysel havalandırma deney verileri [47] 54

Tablo 7.2 Zamana göre C_s-C_t değerleri [47] 55

Tablo 8.1 Fotoliz prosesi için çeşitli bileşikler için giderilme katsayısı değerleri [56] 64

Tablo 8.2 Fotoliz prosesi için çeşitli bileşikler için kuantum verimi değerleri [57] 66

Tablo 8.3 Fotoliz proses dizaynı için gerekli bilgiler [52] 67

Tablo 9.1 Hızlı ve yavaş kum filtrelerinin karşılaştırılması [60] 72

Tablo 9.2 Azalan debili filtrasyon için belirlenen hedefler ve diğer veriler [59] .. 75

Tablo 10.1 Terfi istasyonunun işletileceği yerleşim yerinin özellikleri [72] 90

Tablo 10.2 Terfi istasyonu maliyet problemi ile ilgili teknik bilgiler [72] 90

Tablo 10.3 Terfi istasyonu için kullanılacak olan boruların üreticisinin katalog bilgileri [72] 92

Tablo 10.4 Boru çaplarına göre yük kayıpları ve manometrik yükseklik değerleri [72] 92

Tablo 10.5 Terfi istasyonu problemi için boru çaplarına karşılık gelen yatırım maliyeti değerleri [72] 93

Tablo 10.6 Terfi istasyonu problemi için boru çaplarına karşılık gelen işletme maliyeti değerleri [72] 93

Tablo 10.7 Terfi istasyonu problemi için boru çaplarına karşılık gelen toplam maliyet değerleri [72] 94

Tablo 11.1 Endüstriyel tesis, atıksu ve alıcı ortamlar için kullanılacak parametreler ve değerleri [76] 99

Tablo 12.1 Tesislerin atıksu debileri ve alternatiflerin arıtma maliyetleri [76] ... 109

Tablo 12.2 Tesislerin ikinci durum için isale hattı maliyetleri [76] 110
Tablo 13.1 Adsorpsiyon için kullanılacak olan bileşiklerin K_p değerleri [79] 117
Tablo 13.2 Tesisten alınan veriler [79].....119
Tablo 13.3 Aktif çamur prosesleri için biyotik ve abiyotik kayıp hesaplamaları .121
Tablo 14.1 4 adımlı aktif çamur prosesinin tasarım verileri [82] 127
Tablo 14.2 4 adımlı aktif çamur prosesinin her bölmesinin konsantrasyon değerleri (iteratif yaklaşım ile) [82] 132
Tablo 15.1 Damlatmalı filtrelerin tipik uygulamaları ve dizayn parametreleri [85,86].....140
Tablo 15.2 Arıtma amacına göre damlatmalı filtrelerde kullanılabilen filtre materyalleri ve özellikleri [85] 142
Tablo 15.3 Damlatmalı filtre tasarım verileri ve atıksu karakteristik detayları [91] 144
Tablo 16.1 Tam karışımlı aktif çamur proses tasarımında kullanılan parametreler ve değerleri (20°C için) [95].....155
Tablo 16.2 Yalnızca karbon gideren bir aktif çamur prosesi ile arıtma gerçekleştiren atıksu arıtma tesisine giriş yapan atıksuyun karakteristik değerleri [95].....156
Tablo 16.3 Yalnızca karbon giderilen bir aktif çamur prosesi ile hem karbon hem de azotun giderildiği bir aktif çamur prosesinin tasarım verileri [96] 183
Tablo 16.4 Preanoksik aşamalı MLE prosesinin tasarımında kullanılacak olan veriler [98] 190
Tablo 16.5 $SDNR_b$ oranı hesaplanırken rbCOD oranlarına karşılık gelen sabitler [98].....193
Tablo 16.6 Preanoksik aşamalı MLE prosesi için ulaşılan tasarım verileri 196
Tablo 17.1 MBR prosesi için kullanılacak olan atıksu karakteristik ve tesis tasarım verileri [101] 204
Tablo 17.2 MBR dizaynı için ulaşılan tasarım verileri 211
Tablo 18.1 Karbon giderimi, nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçlerinin gerçekleştirildiği MBBR proseslerinde tipik substrat giderim akısı değerleri [102].....221
Tablo 18.2 Karbon giderimi, nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçlerinin gerçekleştirildiği MBBR prosesinin tasarım parametreleri ve kabuller [102] 223
Tablo 18.3 MBBR prosesinde tanklar ve hesaplanan tasarım verileri 228
Tablo 19.1 Anaerobik ve aerobik proseslerin birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları [107,108] 234

Tablo 19.2 Anaerobik temas tankı tasarlanacak olan tesise giren atıksuyun karakteristiği [109].....235

Tablo 19.3 Anaerobik ayrışma süresince pH'ı nötral seviyelerde tutabilmek amacıyla gerekli alkalinite miktarı [112].....239

Tablo 21.1 Tam karışımlı anaerobik çamur çürütücü prosesi için işletme sıcaklıkları ve önerilen SRT değerleri [126].....262

Tablo 21.2 Tam karışımlı anaerobik çamur çürütücü prosesi için kabul edilen dizayn verileri [126].....262

Tablo 22.1 Çalışma kapsamında yer alan problemlerin sonuç çıktısını verme süreleri.....269

ÖZET

Su ve Atıksu Arıtma Proseslerinin Bilgisayar Esaslı Modellenmesi

Necdet Cem AYLA

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Kaan YETİLMEZSOY

Günlük hayatta karşılaşılan problemlerin matematiksel olarak ifade edilerek bilgisayar ortamında bir yazılım vasıtasıyla çözülüp, tablo ve grafik gibi araçlarla görselleştirilmesine bilgisayar esaslı modelleme denir. Çevre Mühendisliği, birçok mühendislik dalının bileşimi olan multidisipliner bir bilim dalı olduğundan alt alanları ve bu alanlarda ele alınan konularda kullanılan matematiksel hesap yöntemleri oldukça fazladır. Tüm teknik alanlarda olduğu gibi Çevre Mühendisliği alanında çalışanlar için de bilgisayar ve yazılım desteği ciddi bir ihtiyaç hâline gelmiştir. Bu çalışmada; Çevre Mühendisliği alanında iterasyon gerektiren, elle çözümü zor olan ve zaman alan, formül ve parametre yükü fazla olan ve en önemlisi Çevre Mühendisliğinin bütün alt dallarından seçilen 21 hesaplama uygulaması, MATLAB® programı ile modellenmiştir. Modelleme çalışmalarında oluşturulan programların, bu alanda çalışan herkese hitap etmesi önemsenmiştir. Gerçekleştirilen modelleme çalışmaları ile MATLAB® kullanılarak Çevre Mühendisliği problemlerinin çok kısa süreler içerisinde ve yüksek hassasiyette çözülebileceği, zamandan ve enerjiden kayda değer tasarruf sağlanabileceği tespit edilmiştir. Aynı zamanda, bu programlar ile üzerinde çalışılan problemde yer alan parametreler (tank sayısı, sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen konsantrasyonu vb.)

kolayca değiştirilerek prosesin işleyişinin nasıl olacağı, arıtma veriminin ne yönde değişeceği, tank sayısı ve hacminin kirlilik yükü için uygun olup olmadığı, hangi ekipmanlar hangi boyutlarda kullanılırsa en uygun maliyetle dizayn yapılabileceği, elektrik tüketiminin hangi koşullar altında minimize edilebileceği gibi birçok fizibilite çalışması da hızlı ve esnek bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayar esaslı modelleme, Hesaplamalı modelleme, Su ve atıksu arıtma prosesleri, Proses dizaynı, MATLAB®

ABSTRACT

Computer-Based Modeling of Water and Wastewater Treatment Processes

Necdet Cem AYLA

Department of Environmental Engineering

Master of Science Thesis

Advisor: Prof. Dr. Kaan YETİLMEZSOY

Expressing mathematically, solving and visualizing with a computer software of the problems encountered in daily life is called computer-based modeling. Since Environmental Engineering is a multidisciplinary science that is a combination of many engineering branches, its sub-fields and usage of mathematical calculation methods with in these areas are quite much. As in all technical fields, computer and software support has become a necessity for those working in the field of Environmental Engineering. In this study; in the field of Environmental Engineering, 21 calculation applications that require iteration, difficult and time-consuming manual solution, with high formula and parameter load, and most importantly selected from all sub-branches of Environmental Engineering, have been modeled with the MATLAB® program. In modeling studies, it is important that the created programs address to everyone working in this field. With the modeling studies carried out, it has been determined that environmental engineering problems can be solved in a very short time and with high precision by using MATLAB®, and significant savings in time and energy can be achieved. At the same time, by changing the parameters (number of tanks, temperature, pH, dissolved oxygen saturation, etc.) in the problem being worked on with these programs is easy and flexible to

determine how the process will work, how the treatment efficiency will change, whether the number and volume of the tanks are suitable for the pollution load, which equipment and dimensions are appropriate and under which circumstance electricity consumption can be minimized.

Keywords: Computer based modeling, Computational modeling, Water and wastewater treatment processes, Process design, MATLAB®

1
GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Günümüz dünyasında teknik alanlarda çalışan mühendisler ve mimarlar, akademisyenler, öğretmenler ve öğrenciler, işlerinde ve derslerinde hesaplama gerektiren durumlarda bilgisayar ve yazılıma duyulan ihtiyacın farkındadır. Hiç şüphesiz ki, girdi sayısı arttığında ve/veya karmaşık bir problemin her yeni senaryosunda girdiler değiştiğinde, geleneksel elle yapılan hesaplamalar genellikle çok zaman alır ve zahmetlidir. Daha da önemlisi, farklı dinamik koşullar altında hem görsel hem de uygulamalı olarak davranışlarının incelenmesi gereken birçok fiziksel sistemin (örneğin yapı mekaniği, sıvı mekaniği) analizinde bilgisayar destekli tekniklerin kullanılması kaçınılmazdır. Dersler sırasında edinilen teorik bilgiler önemli ve temel ilkelerin öğrenilmesinde önemli bir rol oynasa da, bazı durumlarda bir kavramın bilimsel yorumu öğrenciler için sadece teorinin ele alındığı derslerle sınırlıdır. Bu noktada, modern bilgisayar teknolojilerinin (örneğin animasyon, dinamik nesneler ve incelenen fiziksel olguların görselleştirilmesi) uygulanması, öğrencilerin materyali daha iyi algılamalarını sağlar ve anlamalarına yardımcı olur [1]. Bu sorunlar göz önüne alındığında, öğrencilerin gelecekteki kariyerlerinde karşılaşacakları gerçek dünya sorunlarına daha sağlam ve pratik çözümler oluşturmaya teşvik etmek için onlara hesaplama yöntemleri, modelleme bilgisi ve simülasyon deneyimi hakkında eğitim verilmesi çok önemlidir [2,3].

Amerikan Fizik Öğretmenleri Derneği (AAPT), bilgisayar tabanlı uygulamaların lisans fizik müfredatına dahil edilmesini önermiştir [4]. Klasik mekanikteki konular, hesaplama yaklaşımlarına uygun olduğundan, bu tarz uygulamalar için en iyi adaydır [5]. Müfredatı iyileştirme çalışmaları, hesaplamalı fizik, bilgisayar bilimi ve geleneksel fizik eğitiminin sentezlenmesi, kendi simülasyonlarını geliştirmek isteyen öğrenciler için oldukça yararlı olacaktır [6]. Ayrıca, bilgisayar tabanlı uygulamaları desteklemek için, derslerle ilgili deneylerin müfredata dahil edilmesi,

teorik konuların görsel olarak anlaşılması bakımından hem öğrencilere hem de o disiplin üzerine çalışan kişilere önemli bir fırsat sunacaktır [3].

Kazakistan'daki Uluslararası Bilgi Teknolojileri Üniversitesinde yapılan bir çalışmada, Daineko ve ark. XNA4.0 çerçevesine dayalı olarak C#(.NET)'te geliştirilen ve Blender ve Maya 3D yazılımları ile 3 boyutlu modellenen sanal fizik laboratuvarlarının (PVL) kullanımının öğrencilere Fizik-1 ve Fizik-2 derslerinin öğretilmesine ilişkin performans üzerindeki etkisini araştırmıştır [1]. Yazarlar, fiziğin çeşitli alt alanlarından seçilerek tek bir müfredata entegre edilen dokuz deneyden (örneğin Atwood makinesi, Maxwell sarkacı, Clement-Desormes yöntemi, Stefan-Boltzmann sabiti, yarı iletkenlerin fotoiletkenlik özellikleri, manyetik indüksiyon, doğru akım yasaları, alternatif akım için Ohm yasası ve Frank-Hertz deneyi) oluşan bir PVL yazılım paketini uygulamışlardır. Çalışmada, sanal laboratuvarlar gibi yenilikçi bilgisayar teknolojilerinin, büyük tesis inşaa ve malzeme maliyetleri olmadan öğretim deneyimini geliştirmek ve eğitim kalitesini artırmak için dersler sırasında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Hesaplamalı bilimin giriş seviyesi fizik derslerine dahil edilmesine yönelik araştırmalar olumlu sonuçlar ortaya koymuştur. Örneğin, ABD Maryland Üniversitesinde Redish ve Wilson, öğrenci programlaması için giriş niteliğinde bir fizik dersinin başlangıcında, M.U.P.P.E.T. tabanlı bir hesaplama ortamı önermiştir [7]. Yazarlar, bilgisayarlı bir ortamda fizik öğretmenin çeşitli faydalarını görmüşlerdir. Çalışmada, giriş seviyesi fizik derslerinde hesaplamalı bilim araçları kullanıldığında, öğrencilerin yoğun bir matematik bilgisine ihtiyaç duymadan gerçek dünya problemlerini (örneğin hava direnci ile eğik atış) tartışabildikleri sonucuna varılmıştır.

Simülatör için Adobe Flash ve ActionScript kaynak kodunu kullanarak etkileşimli bir fizik eğitimi yazılımı geliştirmenin çeşitli yönlerini tartışmak için Kore Soongsil Üniversitesinde Lee ve Lee tarafından nesneye yönelik programlama diline dayalı bir çalışma gerçekleştirilmiştir [8]. Yazarlar, öğrencilerin fizikteki temel kavramları anlamalarını sağlayan ve Flash yazılımına dayanan etkileşimli simülasyonların üç örneğini göstermişlerdir: (i) Tek boyutlu kinematik: otobüs simülatörü, (ii) Newton'un hareket yasaları ve yerçekimi yasası: Yerçekimi ile etkileşime giren iki

gök cisminin hareketleri ve (iii) Güneş sistemindeki sekiz gök cisminin hareketleri. Yazarlar, önerilen programlama dilinin nesne yönelimli olması ve güçlü grafik yeteneği sayesinde öğrencilerin ilgili temel fizik kavramlarını sezgisel olarak kavrayabilecekleri sonucuna varmışlardır.

Sherin tarafından bildirilen başka bir çalışmada, her biri beş çift öğrenciden oluşan bir cebir havuzu ve bir programlama havuzu olmak üzere iki farklı öğrenci grubunun (California Üniversitesi, Berkeley, ABD) performanslarının karşılaştırılması amaçlanmıştır [9]. Çalışmada, cebir-fizik alanından geleneksel ders kitabı problemlerini (örneğin itilen blok, dikey aralık, hava direnci, yay üzerinde kütle, mahsur kalmış patenci, yüzer küp ve yağmurda koşma) çözmeleri istenmiştir. Programlama-fizik grubundaki öğrencilerden Boxer programlama ortamında çeşitli fiziksel hareket simülasyonları (örneğin itilen blok, düşen top, fırlatılan top, hava direnci, daha fazla hava direnci ve yay üzerinde kütle) oluşturmaları istenmiştir. Yazar, fizik formüllerinin cebirsel gösteriminin parametreler arasındaki nedensel ilişkileri açıklamamasından ötürü öğrencilerin bu nedensel ilişkiler yerine bir denklemin iki tarafı arasındaki dengenin varlığını ortaya koymaya yönlendirildiği sonucuna varmıştır. Öte yandan, programlama-fizik, öğrencileri zamanla değişen olguları aramaya ve belirli türlerdeki nedensel sezgileri ifade etmeye teşvik etmiştir.

Slovenya'da Ljubljana Üniversitesinde yürütülen bilgisayar destekli fiziksel çok alanlı bir modelleme çalışmasında Zupančič ve Sodja, MATLAB®-Simulink ve Dymola-Modelica ortamlarını kullanarak bir eğitim uygulama projesi çerçevesinde iki mekanik sistemi (ters çevrilmiş bir sarkaç ve bir laboratuvar helikopteri) modellemiştir [10]. Yazarlar endüstriyel uygulama projeleri için, binalardaki termal ve radyasyon akışlarının modellenmesi ve kontrolünü ve mineral yün üretiminden iki uygulamayı (bir reküperatör prosesi ve mekanik bir sarkaç sisteminin modellenmesi) tanımlamışlardır. Çalışmada, MATLAB®-Simulink'in doğrusal veya doğrusallaştırılmış modellere dayalı kontrol sistemlerinin tasarımı için çok kullanışlı bir ortam olduğu sonucuna varılmıştır. Benzer şekilde, ters modellere sahip Modelica tabanlı ortamlar, mekanik sistemlerin kontrolünde çok kullanışlı bulunmuştur.

İnteraktif bilgisayar simülasyonları ile desteklenen öğretimin öğrencilerin fizik hakkındaki inançları ve fizik dersindeki başarısı üzerindeki etkisini araştırmak için Selçuk Üniversitesinde Bozkurt ve İlik tarafından bir çalışma gerçekleştirilmiştir [11]. Çalışmada Java ve Flash programlama kaynakları kullanılarak gerçekleştirilen simülasyonlardan (hareketli adam ve enerji paten parkı) yararlanılmıştır. Yazarların analizine göre çalışmada, bilgisayar simülasyonlarını kullanan grupların geleneksel yöntemlerle çalışan gruplardan daha başarılı olduğu ve etkileşimli simülasyonlarla yapılan derslerin öğrencilerin fizik hakkındaki inançları ve fizik dersindeki başarısını olumlu yönde etkilediği sonucuna varılmıştır.

İsrail'deki Weizmann Bilim Enstitüsünde Taub ve ark. tarafından yapılan başka bir çalışmada, araştırmanın amacı, bilgisayar biliminin, öğrencilerin formüllerin arkasındaki fiziğe ilişkin kavramsal anlayışları üzerindeki etkisini incelemekti [12]. Çalışmada kullanılan programlama araçları Easy Java Simulations ve Maxima idi. Fizik eğitiminde bilgisayar simülasyonlarının öğrenmeye olan etkilerini değerlendirmek için, öğrenciler üç farklı fizik disiplinine tabi tutulmuştur: (i) Kinematik (bir roketin fırlatılma sürecinin ve bir düşman roketinin durdurulma sürecinin simülasyonu), (ii) dinamik (dairesel bir yolda giden arabanın simülasyonu) ve (iii) optik (bir aynanın önüne yerleştirilmiş bir merceğin önünde bulunan bir nesnenin simülasyonu). Yazarların analizinde, fiziksel bir sistemin nesne yönelimli olarak programlanmasının yardımıyla, uygulanan alanların her birinin bilgi entegrasyon süreçlerinin ortaya çıkmasına katkıda bulunduğunu ve öğrencilerin fiziğe ilişkin kavramsal anlayışlarını desteklediği belirtilmiştir.

Nguyen ve Santagata, bilgisayar tabanlı modellemenin, öğrencilerin öğrenme kapasitesini geliştirdiğini bildirmiştir [13]. Yaptıkları araştırmada bilgisayar destekli öğretim ve bilgisayarsız geleneksel öğretim için altmışar öğrencinin bulunduğu iki ayrı grup belirlenmiştir. İki gruptaki öğrencilere de toprak ekosistemi, nemin toprağa etkisi ve organik maddelerin topraktaki çözünme hızı ile ilgili aynı ders ve konu anlatılmıştır. Konu, bir gruba klasik yöntem ile diğer gruba ise bilgisayar destekli (toprak modellemesi, çeşitli videolar vb.) anlatılmıştır. Analizi yapılacak olan derslerin ses kayıtları alınmıştır. Dersin sonunda öğrencilere: (i) Organik maddenin çözünmesi nedir?, (ii) Toprağın koyulaşmasına ne sebep olur?,

(iii) Güneş ışığının toprak ekosistemine etkisi nedir? ve (iv) Sıcaklığın yükselmesi topraktaki nem oranını neden arttırır? şeklinde birçok soru sorulmuştur. Öğrenciler, sınıftaki davranışları, işlenen konu hakkındaki düşünceleri ve derslere katılım aktivitesi gibi durumlar bazında incelenmiştir. Sonuçlar, bilgisayar destekli öğretimin geleneksel öğretime göre daha fazla düşünmeye teşvik ettiğini ve bilimsel problemler hakkında neden-sonuca dayalı sorgulamaların arttığını ortaya koymuştur.

Zhang ve ark., bilim, mühendislik ve hesaplamalı düşünce arasındaki etkileşimi, modelleyerek öğrenme çerçevesinde incelemiştir [14]. Modellemenin, bilim, mühendislik ve teknolojinin ayrılamaz bir parçası olduğu görüşünü temellendirmişlerdir. Modelleme çalışmalarının özellikle gözlemlenemeyen ve görülemeyen veya gözlemlenmesi çok uzun süren fenomenler (kimyasal tepkimeler, kıtaların yer değiştirmesi vb.) için uygulanmasının öğrencilerin bilimsel düşünme ve problem çözme becerilerine olumlu etkide bulunduğu sonucuna varılmıştır. Araştırmacılar, bir programlama yazılımı olan Scratch'e az veya çok derecede aşina olan 99 adet öğrenci ve bu öğrencilere rehberlik eden 2 deneyimli fen bilgisi öğretmeni ile birlikte çalışmışlardır. Öğrenciler, haftanın üç günü geleneksel yöntemle 45'er dakika; iki gün ise 75'er dakika kişiselleştirilmiş bilgisayar destekli fen eğitimi almışlardır. Bilgisayar destekli eğitimin içeriğinde farklı yüzey malzemelerinin emilimi üzerine deneysel fizik araştırması, bir sıvı akış sisteminin bilgisayarda görsel modellenmesi ve incelemelerin ve bulguların bir bilgisayar programıyla tasarlanılarak sunulması yer almaktadır. Böylece araştırmacılar, çeşitli nitel ve nicel faktörler ile öğrencilerin bilgisayar modeli oluşturma ve mühendislik tasarımı yapma becerilerini değerlendirmişlerdir. Araştırma sonucunda, tüm bu uygulamalı model çalışmalarının, öğrencilerin bilimsel düşünce tarzlarını geliştirdiği, öğrencileri daha fazla sorgulamaya teşvik ettiği ve mühendislik tasarımları yapabilme becerilerini arttırdığı saptanmıştır.

Sarabonda ve arkadaşları, Modellus yazılımına dayalı simülasyonlar uygulayarak öğrencilerin fizik kavramlarını (ağırlık ve kütle) öğrenmelerine bir bilgisayar simülasyonunun katkısını araştırmıştır [15]. Analizde, kuzey Portekiz'deki dört okuldan öğrenciler, (i) sadece "uygulamalı" aktivitelerin kullanıldığı, (ii) sadece bir

bilgisayar simülasyonunun kullanıldığı ve (iii) her ikisinin de kullanıldığı üç farklı senaryoya tabi tutulmuştur. Çalışmada, bilgisayar simülasyonunun tek başına veya "uygulamalı" aktivitelerle birlikte kullanılarak öğrencilerin fizik kavramlarını daha iyi bir şekilde öğrenmesini sağladığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca yazarlar, elde edilen toplam kazanımların (çok yüksek düzeyde kavrama, yüksek düzeyde kavrama ve düşük düzeyde kavrama açısından) ağırlık ve kütle kavramlarını öğretmek için bilgisayar simülasyonunu kullanırken öğretmenlerin pedagoji/aracılık rolüyle bağlantılı olduğunu vurgulamışlardır.

Yetilmezsoy, IMECE adını verdiği, Türk geleneklerinde yardımlaşma ve sinerjiyi ifade eden kelime ile aynı yazılışta olan, Türkçe açılımı "Matematiksel, Deneysel ve Bilgisayar Temelli Eğitim" olan bir eğitim metodolojisi üzerinde çalışmıştır [16]. Metodun amacı, geleneksel matematiksel çözüm yöntemlerinin, görselleştirme uygulamalarının ve MATLAB® bazlı simülasyonun, mühendislik öğrencilerinin öğrenim kalitelerine olan sinerjik etkisini keşfetmektir. Çalışma, bir su deşarj problemi (Bernoulli prensibine/ Toricelli yasasına özel yaklaşım) üzerinde, bir devlet ve bir de vakıf olmak üzere iki üniversitede lisans ve lisansüstü düzeydeki derslerde yürütülmüştür. Çalışmada, dikey silindirik, konik ve küresel olmak üzere üç farklı tank modelinin deneysel sonuçları ve çözüm algoritmaları, MATLAB® programı üzerinde yazılmıştır. Ek olarak, deneysel verilerin elde edildiği her laboratuvar ölçekli sistem için yeni ampirik eşitlikler geliştirilmiştir. Bahsedilen IMECE metodunun etkisi, "Öğrenci Anketi" ve "Öğrenci Değerlendirmesi" çerçevesinde 84 öğrenci üzerinde, istatistiksel yöntemler ile ölçülmüştür. Ölçüm sonucunda, metodun öğrencileri memnun etme düzeyi %97.73 olurken öğrenme kalitelerine olan olumlu etkisi %67.36, ortalama olumlu etki %82.55 düzeyinde gerçekleşmiştir [16].

Son olarak, Yetilmezsoy ve Mungan, öğrencilerin simülasyon ve veri sunumu ile ilgili bilgisayar kullanım yetkinliğinin iyileştirilmesi amacıyla, klasik mekanik ve hidrolik konuları üzerinde, MATLAB® programında zaman bazlı simülasyonlar geliştirmişlerdir [17]. Bahsedilen konular ile ilgili üç problem seçilmiştir. Bunlar: aynı anda farklı başlangıç hızları ve yatay açılarla fırlatılan n tane topun eğik atış hareketi, yüksek genlik değerlerindeki bir basit sarkacın salınım hareketi ve tank

içerisinde bir delikten gravitasyonel kuvvetler etkisinde akan su problemleridir. Problemler, geleneksel eşitlikler kullanılarak düzenlendikten sonra MATLAB® programında simüle edilmiştir. MATLAB®'de ilk olarak problemlerin giriş parametreleri tanımlanmıştır. Topların eğik atış hareketi problemi için giriş parametreleri: başlangıç hızları (V_1, V_2, …, V_n), yatay fırlatılma açıları (θ_1, θ_2, …, θ_n), top sayısı (n) ve yerçekimi ivmesi (g) şeklindedir. Basit sarkacın salınım hareketi problemi için giriş parametreleri: ip uzunluğu (L), genlik (θ_0) ve yerçekimi ivmesi (g) şeklindedir. Su deşarjı probleminde ise giriş parametreleri: başlangıç yüksekliği (h_0), son yükseklik (h), su tankının çapı (D), tanktaki deliğin çapı (d_0), deşarj sabiti (C_d) ve yerçekimi ivmesi (g) şeklindedir. Parametre girişlerinin ardından, optimize edilmiş klasik mekanik ve hidrolik eşitlikleri tanımlanmıştır. Parametreler, eşitlikte gerekli yerlere yerleştirilerek MATLAB® tarafından çözümlenmiştir. Çalışmanın son adımında, MATLAB® tarafından kullanıcıya sunulan sonuç çıktıları, çeşitli grafikler ve animasyonlar oluşturulmak üzere kullanılmıştır. Tüm problemler çözülürken, animasyonlar ve grafikler oluşturulurken MATLAB®'e girilen bir komut sayesinde, her bir adımda geçen toplam süre ve bilgisayarın bu işlemleri gerçekleştirirken kullandığı işlemci kaynağı gözlenmiş ve kaydedilmiştir. En yüksek işlemci kullanımı, problemlere göre sırasıyla, %17, %4 ve %18 olarak kaydedilmiştir. MATLAB® ortamında simüle edilen bu çalışmaların önemli öğretim ve araştırma temelli hedefleri karşıladığı belirlenmiştir. MATLAB®'in güçlü ve esnek özellikleri kullanılarak, araştırılan bu problemlerin değişik girdi değerleri ile birçok senaryosu öğrenciler tarafından, kısa sürelerde değerlendirilmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada, içme suyu ve atıksu arıtma prosesleri detaylı bir şekilde incelenmiştir ve arıtma tesislerinde kullanılan her ünitenin çalışma prensibi ile ilgili belli başlı bazı problemler ele alınmıştır. Tesise giren su ve atıksuyun ünitelerde uğrayacağı değişim, mikroorganizmaların davranışları, üretilen çamur vb. maddelerin miktarları, suların içerisinde yer alan kirleticilerin ne ölçüde giderildiği, kirlilik yüküne göre tasarlanması gerekli ekipman boyutları, ünitelerin tüketeceği güç, kullanılan ekipmanların maliyetleri gibi çok yönlü bir problem analizi gerçekleştirilmiştir. Problemlerin çözümünde yalnızca sayısal hesaplamalar

yapılmamış; bulunan sayısal verilerden hareketle seçilmesi gereken yol, yöntem, ekipman, ünite gibi karar analizleri de gerçekleştirilmiştir.

Problemler, geleneksel yöntem ile çözüldüğünde oldukça zaman alıcı ve yorucu olabilmektedir. Çevre Mühendisliği proseslerinin tasarımı yapılırken kullanılan formüllerin ve parametrelerin fazlalığı, geleneksel yolla işlem yapma sırasında hatalara da oldukça açıktır. Çalışmanın başlıca amacı, Çevre Mühendisliği ile ilgili problemlerin MATLAB® kullanılarak daha kısa sürede, daha akıcı ve esnek bir şekilde ve de yüksek seviyede doğruluk payı ile hesaplanılmasını sağlamaktır.

1.3 Hipotez

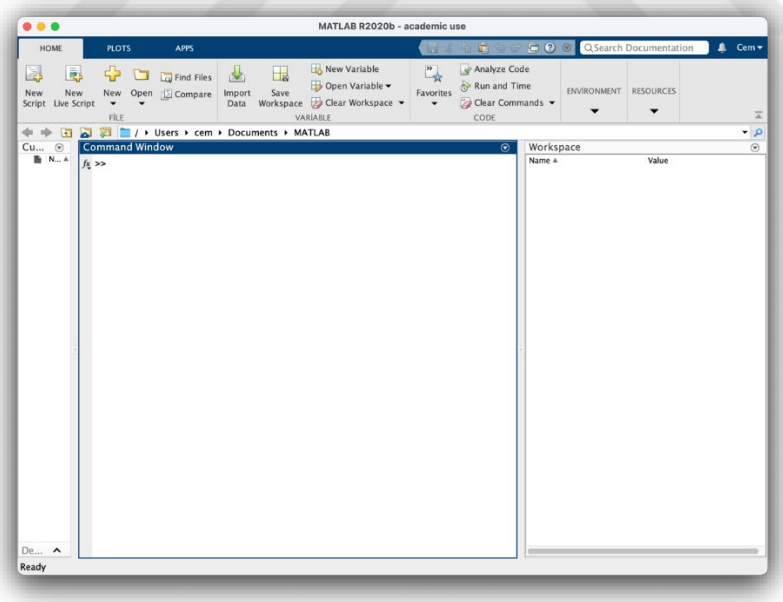
Bu çalışmada ele alınan konular, Çevre Mühendisliğinin her alanından problemler içermektedir. Bu problemler, Çevre Mühendisliği öğrencilerinin, akademisyenlerin ve sahada çalışan mühendislerin sürekli olarak üzerinde çalıştıkları problemlerdir. Dolayısı ile hesaplamalar yapılırken, tasarımlar gerçekleştirilirken, uygun maliyetli ve verimli metotlar seçilirken güvenilir bir bilgisayar programına olan ihtiyaç açıktır.

Çevre Mühendisliği ile ilgili problemlerin bilgisayar tabanlı modellenmesi hakkındaki literatür boşluğu, bu çalışma ile birlikte bir ölçüde giderilecek olup Çevre Mühendisliği alanında çalışan herkes, problem çözme ve tasarım yapma konularında hızlıca sonuca varacaklardır. MATLAB®'in sade arayüzü ve esnek yapısı sayesinde, değişen girdilere karşılık meydana gelecek sonuçlar daha hızlı bir şekilde öngörülecek olup, arıtma tesisleri gibi büyük ölçekli sistemlerin çalışma prensibi daha iyi anlaşılacaktır.

2
MATLAB®

2.1 MATLAB® Programının Tanıtımı

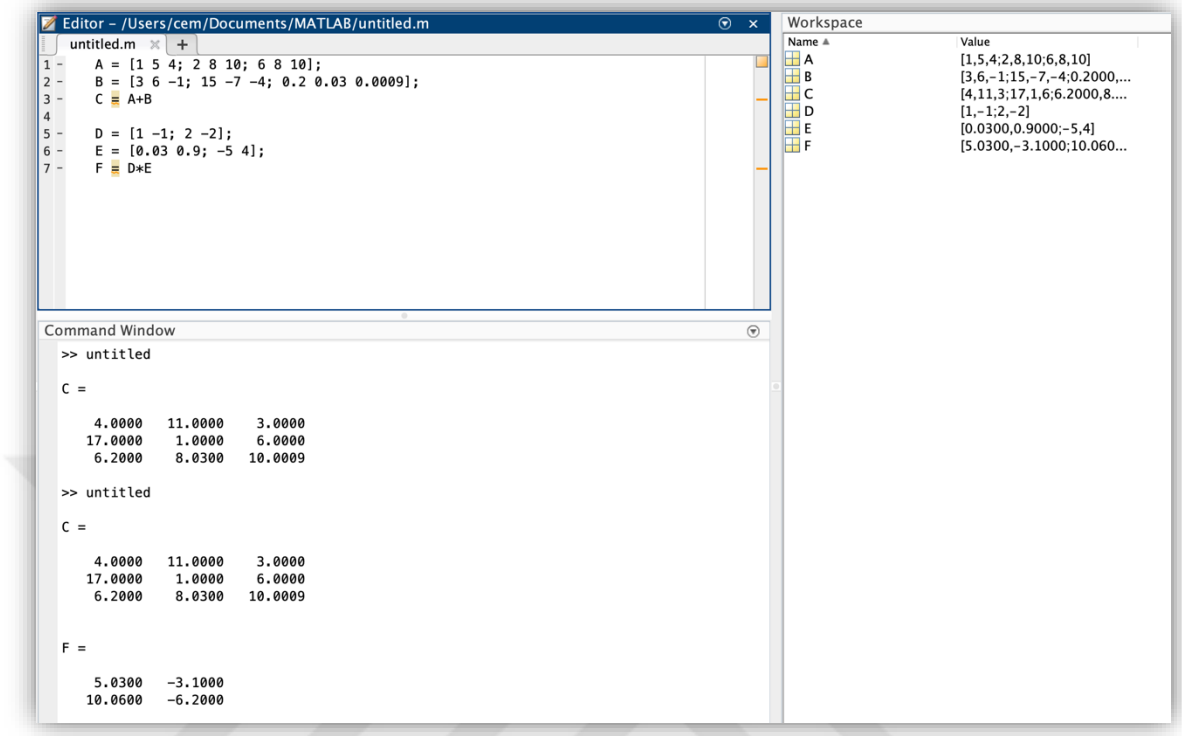
MATLAB® (MATrix LABoratory), matematiksel işlemlerden üç boyutlu görüntü işlemeye kadar çok çeşitli görevleri yerine getirmek için gereken bütünleşik fonksiyonları kapsayan karmaşık bir yazılım paketidir. Ayrıca MATLAB®, kullanıcıların programları kendi kriterlerine göre özelleştirmelerine olanak tanıyan eksiksiz programlama araç setleri sağlar. MATLAB® kullanmak için bütünleşik fonksiyonların iyi öğrenilmesi gerekmektedir. Bu durumda en iyi yaklaşım, MATLAB® öğrenmekte olan kullanıcılara, gelecekteki kariyerleri için hem programlama kavramlarını hem de gelişmiş işlev özelliklerini birlikte öğretmektir [23]. MATLAB®'in kullanımı çok kolay olduğundan, programlama ve problem çözme tekniklerinin öğretilmesinde mükemmel bir hesaplama ortamı sağlar [2,3,18,19,20].



Şekil 2.1 MATLAB® programının R2020b sürümü ana ekranı

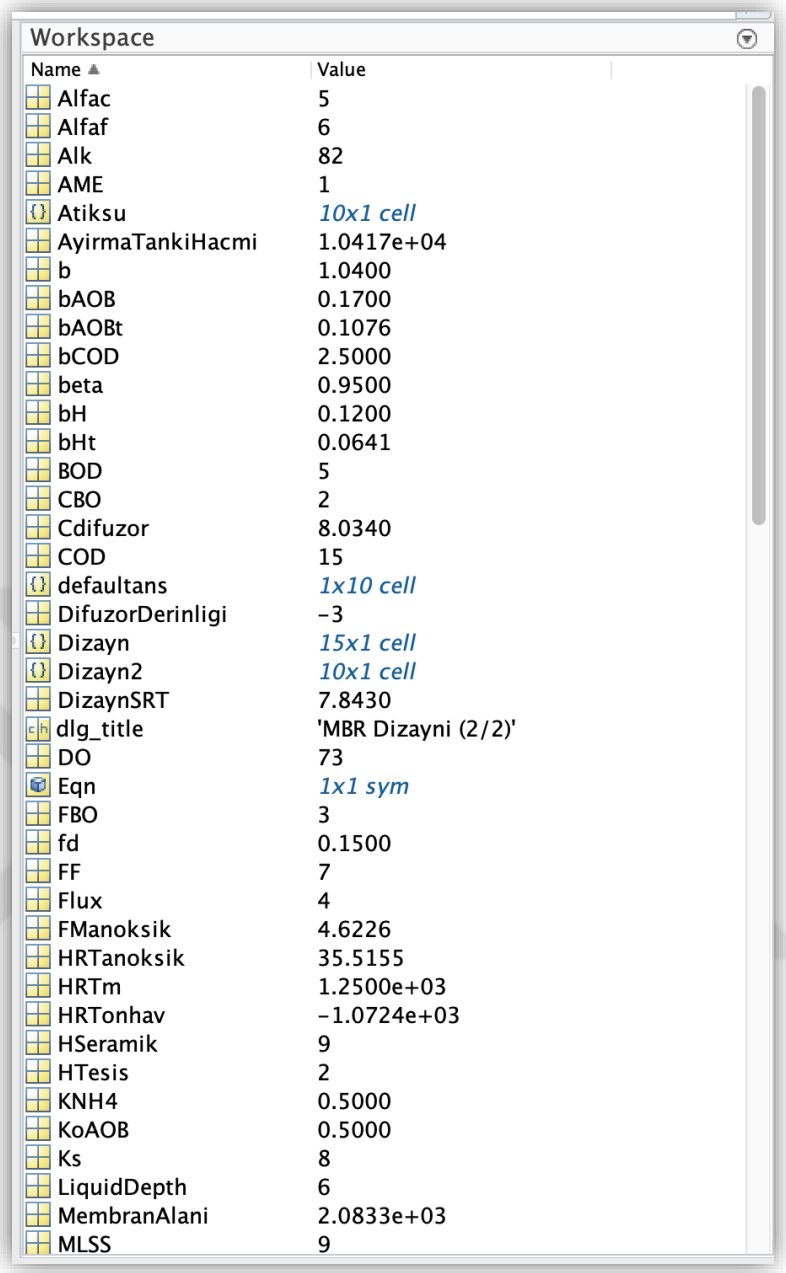
MATLAB®'in hesaplama ortamına matrisler (r> 1 ve c> 1 iken r × c), yönü olmayan sayısal büyüklükler (r = c = 1 iken r × c), satır dizileri veya yatay vektörler (c> 1 iken

1 × c) ve sütun dizileri veya dikey vektörler (r> 1 iken r × 1) şeklinde çeşitli matematiksel değişkenler kolaylıkla girilebilir [3].



Şekil 2.2 MATLAB® programında örnek iki matrisin toplanması ve çarpılmasını, sonuçları ile birlikte gösteren basit bir uygulama

Bu yaklaşım, karmaşık hesaplamaların çeşitli bütünleşik fonksiyonlar ve/veya M dosyalarındaki kullanıcı tarafından tanımlanmış işlevler kullanılarak verimli bir şekilde yapılmasına olanak tanır [3,19]. Bu nedenle, bir problem matris tabanlı bir çözümle formüle edilebilirse, MATLAB®, üst düzey bir dilde benzer bir programdan önemli ölçüde daha hızlı çalışır. MATLAB®, kullanıcıya bir matris oluşturma kolaylığı sağlasa da, C programlama dilindeki bir "for/end döngüsü" gibi bir döngü kullanılarak matris tanımlanmasına da olanak vermektedir. Ayrıca, sayısal hesaplamalar yapılırken MATLAB®'in C programlama diline göre temel avantajı MATLAB®'in anlık yorumlanabiliyor ve değiştirilebiliyor olmasıdır. Yani, C programlama dilinde, her değişiklik yapıldığında kaynağın derlenmesi gerekirken MATLAB®'de bir sonraki komuta geçmeden önce mevcut komutun sonucunu görülebilmektedir [21].

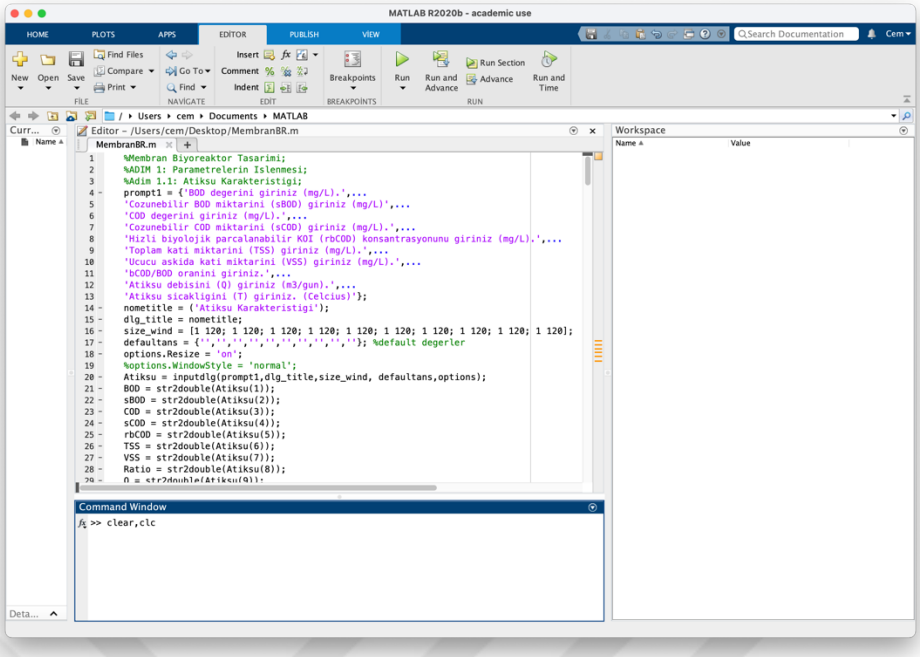


Şekil 2.3 MATLAB® programında yazılan örnek bir programa girilen verilerin kaydedildiği Workspace (çalışma alanı) bölmesi

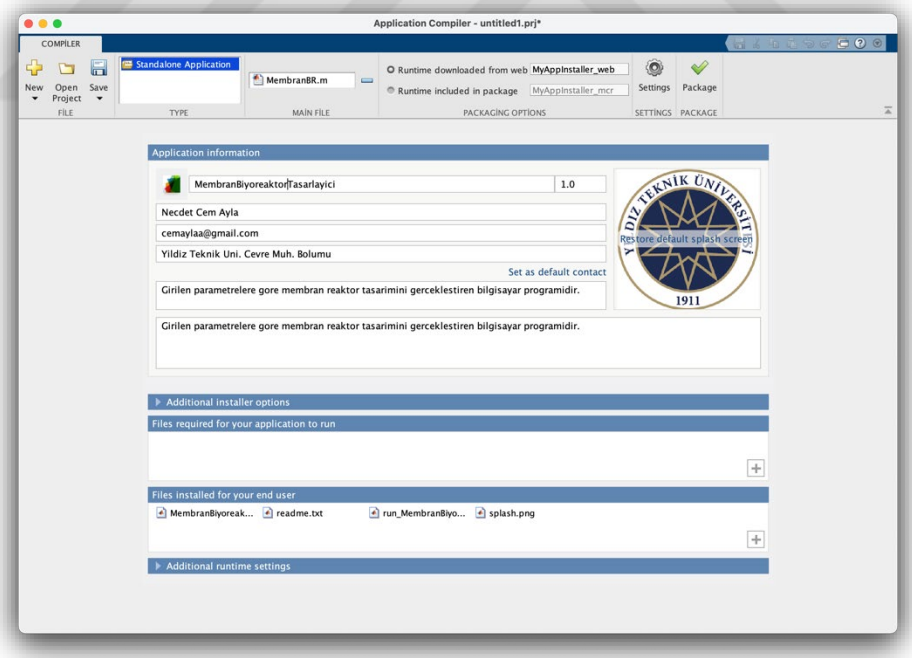
Bir "yoğun hesaplama" programının (yani sayısal verilerin büyük ölçekli işlenmesi veya başka bir deyişle, insanlar veya bilgisayarlar tarafından gerçekleştirilen, genellikle oldukça basit ancak uzun süren matematiksel bir çalışma) MATLAB®'de yazılması, diğer programlara kıyasla genellikle daha kolaydır [19]. Örneğin Python, temel matematik işlemlerini bile gerçekleştirmek için eklenti kitaplıklar gerektiren genel amaçlı bir programlama dilidir. Python'daki matris ve dizi matematiği, doğal

operatörler değil işlev çağrıları gerektirir ve yönsüz sayısal büyüklükler, 1 boyutlu diziler ve 2 boyutlu diziler arasındaki farkların takibi gerekir. MATLAB® ise yönsüz sayısal büyüklükler, 1 boyutlu, 2 boyutlu ve çok boyutlu diziler arasında yapay bir ayrım yapmaz. Python'dan farklı olarak, MATLAB® araç kutuları bilimsel uygulamalar ve mühendislik uygulamaları için profesyonel olarak geliştirilmiş, titizlikle test edilmiş, sahada istikrarlı hale getirilmiş ve tam olarak belgelenmiş işlevsellik sunar [22]. Benzer şekilde, R programlama dilinin aksine, MATLAB® (i) yüksek verimli bir geliştirme ortamı, (ii) kapsamlı araç kutuları ve uygulamalar, (iii) daha hızlı performans ve kolay kullanım ve (iv) kalite güvencesi ve güvenilirlik sağlar [23].

Ayrıca, MATLAB®'in diğer yöntemlere veya dillere göre aşağıdaki avantajları da vardır: (i) Komut satırı, bir hesap makinesi gibi kullanılarak karmaşık matematiksel işlemler gerçekleştirilebilir ve diğer tüm bilgisayar dilleri gibi yinelemeli görevler gerçekleştiren program ve bazı işlevler geliştirilebilir, (ii) iki dizinin birlikte eklenmesi için bir “for veya while” döngüsü yerine yalnızca tek satırlık bir komut gerekir, (iii) verileri grafiğe dökmek ve ardından grafiksel etkileşimli araçları kullanarak renk, çizgi stillerini ve işaretçileri belirlemek çok kolaydır ve (iv) ek araç kutuları (daha özelleştirilmiş işlevsellik sağlayan özel işlev kümeleri) ile programın işlevselliği büyük ölçüde genişletilebilir [24].



Şekil 2.4 MATLAB® programında yazılan örnek bir programın kod düzenleme ekranı



Şekil 2.5 MATLAB®'de yazılan bir programı, "Standalone uygulama" olarak kaydeden "Application Compiler" eklentisinin örnek kullanımı

3
ATIKSU KARAKTERİZASYONU

3.1 Atıksu Karakterizasyonunu Belirleme ve Değerlendirme

Evsel, endüstriyel, tarımsal veya herhangi bir amaç için kullanılıp kirletilmiş olan sulara atıksu denir. Kullanma veya içme suyunu atıksuya dönüştüren, yani kirleten, organik ve inorganik birçok bileşen bulunmaktadır. Atıksu karakterizasyon çalışmaları, atıksuyun içeriğindeki bu bileşenlerin miktarlarının belirlenmesine dayalıdır. Atıksu numuneleri, laboratuvarda birçok nitel ve nicel analize tabi tutularak ölçümler gerçekleştirilir. Ölçümler, atıksuyun arıtılacağı prosesi belirlemek için oldukça önemlidir.

3.1.1 Atıksu İçerisinde Bulunan Kirleticiler

3.1.1.1 Ana Kirleticiler

Atıksu içerisinde ana kirletici olarak sınıflandırılan bileşikler, aynı zamanda mikroorganizmalar için besi maddesi (nütrient) görevi gören azot ve fosfordur. Azot ve fosforun yanısıra canlıların ve bütün organik maddelerin temelini oluşturan karbonlu bileşikler de atıksuların içeriğinde bulunan ana kirleticilerdendir. Azot, atıksularda genellikle amonyum azotu (NH_3-N), nitrit azotu (NO_2^--N), nitrat azotu (NO_3^--N) ve organik azot (Org-N) şeklinde bulunmaktadır. Çoğunlukla sentetik deterjan kaynaklı olan nitrit ve nitrat, evsel atıksularda sık görülmez ancak endüstriyel atıksularda oldukça fazla görülür. Fosfor ise organik fosfor, ortofosfat ve polifosfat bileşikleri cinsinden görülmektedir [25].

3.1.1.2 Diğer Kirleticiler

Ana kirleticiler dışında yer alan kirleticiler çok çeşitli olup kısaca şu şekilde kategorize edilebilir:

- Ağır metaller (siyanür, krom, kurşun, civa vb.),
- Kağıt ve gıda atıkları gibi organik maddeler,

- Çözünebilen organik maddeler (üre, ilaç, protein, fruktoz vb.),
- İnorganik maddeler (seramik, kum, metal parçaları vb.),
- Çözünebilen inorganik maddeler (tuz, tiyosülfat, amonyak vb.),
- Toksinler (pestisitler, herbisitler, zehir niteliğindeki maddeler),
- Mikroplastikler (polietilen, polyester, poliamid vb.),
- Emülsiyonlar (mayonez, boya, yapıştırıcı vb.),
- Bakteriler (*Salmonella, Vibrio cholerae, Campylobacter* vb.),
- Virüsler (hepatit A, enterovirüsler vb.),
- Çeşitli protozoalar ve parazitlerdir [26].

3.2 Karakterizasyon Çalışmasının Önemi

Atıksu karakterizasyon çalışmaları, bir atıksu arıtma prosesinin kurulması ve işletilmesi için kilit adım olarak görülmektedir. Atıksu içeriği gözardı edilerek tasarlanan tesisler yetersiz performans gösterebilir veya gereğinden fazla yer işgal edip güç tüketimi yaparak israfa sebep olabilir.

Arıtma prosesleri temel olarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik faaliyet yürütülecek şekilde tasarlanır. Fiziksel prosesler, genellikle her türlü arıtma tesisinin girişine konumlandırılan, kendiliğinden çökebilen ve yüzer hâlde bulunan maddelerin giderimi için tasarlanır. Bu proseslere örnek olarak elek, ızgara, kum ve yağ tutucu gösterilebilir. Kimyasal prosesler, atıksuda kendiliğinden çökemeyen çözünmüş ve askıda hâlde bulunan kirleticilerin giderimi için tasarlanan proseslerdir. Bu kirleticileri çöktürmek için pH şartlandırma ve koagülant dozajlama yapılır. Biyolojik prosesler, aerobik ve anaerobik ortamlarda gerçekleşen, mikroorganizmaların görev aldığı sistemlerdir. Biyolojik prosesler, mikroorganizmaların, atıksu içerisindeki kirletici maddeleri bünyelerine alarak atıksudan uzaklaştırması esasına dayanır. Azot ve fosfor gibi nütrientler, mikroorganizmalar için çok önemli besin kaynaklarıdır. Fakat nütrient konsantrasyonu ile mikroorganizma konsantrasyonu arasında hassas bir denge bulunmaktadır. Atıksuda, mikroorganizmaların beslenmesine ve üremelerine yetecek kadar nütrient miktarının olması gereklidir. Bu sebeple, atıksu

karakterizasyon çalışmaları büyük önem arz etmektedir. Biyolojik proseslere örnek olarak aktif çamur prosesleri, biyofilm, stabilizasyon havuzları ve havalandırmalı lagünler verilebilir. Aktif çamur prosesleri en yaygın kullanılan ve gelenekselleşmiş biyolojik proseslerdendir. Aktif çamur prosesi, ön çöktürme havuzu, havalandırma havuzu ve son çöktürme havuzunu içerir. Prosesin son aşaması ise bakteri, virüs ve diğer patojen mikroorganizmaların uzaklaştırılması için kullanılan dezenfeksiyon üniteleridir [27].

3.3 Atıksu Karakterizasyonunda Başlıca Parametreler

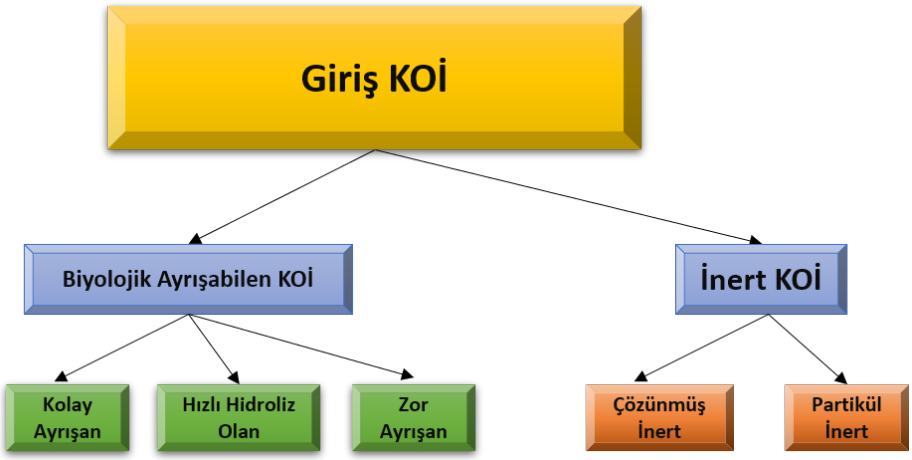
Atıksu içerisinde bulunan her bir maddenin tek tek ölçülmesi mümkün değildir. Bu yüzden kirliliğin boyutunu gösterecek bazı parametreler tanımlanmıştır.

3.3.1 Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ)

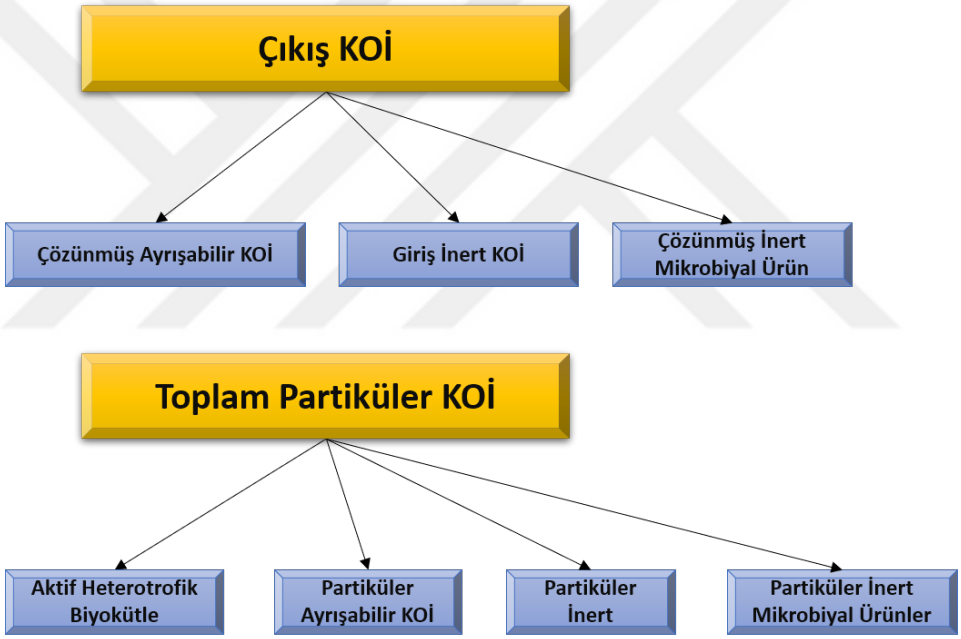
Karbon içerikli maddelerin oksitlenmesi sırasında harcanan oksijen miktarının bir göstergesidir. Biyokimyasal oksidasyon, su içinde bir yanma olayı olup, bu yanma esnasında suda çözünmüş (erimiş) oksijen kullanılır. Organik madde ihtiva eden sularda suların biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ), karbonlu maddelerin tamamen CO_2'ye ayrışmasına kadar artar. Karbonlu maddelerin ayrışması 5. günden sonra çok yavaşladığı için (%60-70) genellikle laboratuvar analizlerinde 5 günlük BOİ ölçümleri ($BOİ_5$) dikkate alınır [28, 29].

3.3.2 Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

KOİ değerinin BOİ'den farkı, organik olmayan maddelerin oksitlenmesi esnasında harcanan oksijen miktarının da hesaba dahil edilmesidir. Hem biyokimyasal hem de kimyasal oksidasyonun bir ölçüsüdür. Ancak yine de bir miktar kimyasal olarak okside olamayan madde her zaman mevcuttur. KOİ'nin giriş atıksuyu ve havalandırma havuzu çıkış atıksuyunda çeşitli bileşenlerine ayrışması söz konusudur [28].



Şekil 3.1 Giriş KOİ akımının bileşenleri [28]



Şekil 3.2 Çıkış KOİ akımının bileşenleri [28]

KOİ'nin çeşitli bileşenlerinin üzerinde çalışılan modelde nasıl kullanıldığı ve nasıl hesaplar yapıldığı, çalışmanın ilerleyen bölümlerinde gösterilmiştir.

3.3.3 Toplam Organik Karbon (TOK)

Atıksu numunesinde su ile kovalent bağlı tüm organik karbon atomlarının toplam konsantrasyonudur. Hem doğal hem de yapay tüm organik maddeleri içine alır. Toplam karbon miktarından toplam inorganik karbon miktarı çıkarılarak elde edilebilir [30].

3.3.4 Teorik Oksijen İhtiyacı (TeOİ)

Atıksu numunenin kimyasal formülü bilindiği takdirde oksijen ile tepkimesi yazılarak elde edilen oksijen ihtiyacı miktarıdır. KOİ ve BOİ'den daha büyük bir değerdir.

3.3.5 Toplam Oksijen İhtiyacı (TOİ)

Atıksu numunesinin platinle katalizlenen bir yanma odasında gerçekleştirdiği tepkimede sarf ettiği oksijen miktarıdır. Ölçüm esnasında numunenin kimyasal formülüne ihtiyaç bulunmamaktadır [31].

3.3.6 Azot ve Fosfor

Mikroorganizmalar için nütrient olan azot ve fosfor elementlerinin atıksudaki varlığı mutlaka ölçülmesi gereken parametrelerdir. Eğer sudaki nütrient miktarı az ise mikroorganizmalar yeterince faaliyet gösteremeyecek ve arıtma performansı düşecektir. Aynı zamanda alıcı ortamda nütrient kaynaklı meydana gelebilecek koku ve ötrofikasyon gibi istenmeyen durumların engellenebilmesi için de çıkış atıksuyunda azot ve fosfor ölçümü yapılmalıdır.

3.4 Atıksu Karakterizasyonunu Değerlendirme Problemi

Bu bölümde, örnek bir tesis üzerinde yapılan çalışma ile atıksu karakterizasyonu değerlendirilmiştir. Bu tesise giriş yapan atıksuda çeşitli ölçümler gerçekleştirilmiş ve değerleri Tablo 3.1'de verilmiştir. Ardından aktif çamur prosesinin çıkışında da ölçümler gerçekleştirilmiş ve değerleri Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.1 Tesis giriş atıksuyu bileşenleri ve değerleri [27]

Bileşenler	**Değerleri ve Birimleri**
BOİ (BOD)	200 mg/L
Toplam KOİ (TCOD)	420 mg/L
Çözünebilen KOİ (sCOD)	170 mg/L
Hızlı hidroliz olan (kolayca biyolojik ayrışabilir) KOİ (rbCOD)	80 mg/L
Toplam askıda katı miktarı (TSS)	220 mg/L
Uçucu askıda katı miktarı (VSS)	200 mg/L
Toplam Kjeldahl azotu (TKN)	40 mg/L
Amonyum azotu (NH_4^+-N)	26 mg/L
Alkalinite	200 mg $CaCO_3$/L

Tablo 3.2 Aktif çamur çıkış atıksuyu bileşenleri ve değerleri [27]

Bileşenler	**Değerleri ve Birimleri**
Çözünebilir çıkış KOİ (sCODe)	30 mg/L
Çıkış organik azot (sON)	1.2 mg/L

Verilen parametreler ışığında diğer birçok parametre için matematiksel hesaplamalar yapılmıştır.

1. Adım: Biyolojik olarak ayrışabilir KOİ miktarının bulunması

Literatür verilerine göre toplam BOİ'nin yaklaşık 1.6 katıdır [29].

$$bCOD = 1.6 * BOİ \tag{3.1}$$

bCOD = 1.6 * 200 = 320 mg/L olarak bulunur.

2. Adım: Biyolojik olarak ayrışamayan partiküler KOİ miktarının bulunması

Öncelikle biyolojik olarak ayrışamayan KOİ miktarının bulunması gereklidir. Bunun için toplam KOİ miktarından 1. adımda bulunan biyolojik ayrışabilir KOİ miktarı çıkarılmaktadır.

$$nbCOD = TCOD - bCOD \tag{3.2}$$

nbCOD = 420 – 320 = 100 mg/L olarak bulunur.

Biyolojik olarak ayrışamayan partiküler KOİ'nin elde edilebilmesi için biyolojik olarak ayrışamayan KOİ miktarından çıkış suyunda ölçülen çözünebilir KOİ miktarının çıkarılması gerekmektedir.

$$nbpCOD = nbCOD - sCODe \tag{3.3}$$

nbpCOD = 100 – 30 = 70 mg/L olarak bulunur.

3. Adım: Biyolojik ayrışması yavaş olan KOİ miktarının bulunması

Biyolojik olarak yavaş ayrışan KOİ miktarı bulunurken toplam biyolojik ayrışabilir KOİ miktarından hızlıca hidroliz olabilen KOİ miktarının çıkarılması gerekmektedir.

$$sbCOD = bCOD - rbCOD \tag{3.4}$$

sbCOD = 320 – 80 = 240 mg/L olarak bulunur.

4. Adım: Biyolojik olarak ayrışamayan uçucu askıda katı miktarının bulunması

Uçucu askıda katı madde miktarı ile uçucu KOİ miktarı arasında bir oran bulunmalıdır.

$$VSS_{COD} = \frac{TCOD - sCOD}{VSS} \tag{3.5}$$

VSS_{COD} = (420 – 170) / 200 = 1.25 g COD/g VSS şeklinde elde edilir.

Biyolojik olarak ayrışamayan uçucu askıda katı miktarı ise biyolojik olarak ayrışamayan partiküler KOİ'nin 4. adımda bulunan VSS_{COD} oranına bulunması sonucu elde edilir.

$$nbVSS = \frac{nbpCOD}{VSS_{COD}} \tag{3.6}$$

nbVSS = 70 / 1.25 = 56 mg/L olarak bulunmaktadır.

5. Adım: İnert toplam askıda katı madde miktarının bulunması

Toplam askıda katı madde miktarından uçucu askıda katı madde miktarının çıkarılması ile bulunur.

$$iTSS = TSS - VSS \tag{3.7}$$

iTSS = 220 – 200 = 20 mg/L şeklinde elde edilmektedir.

6. Adım: Biyolojik olarak ayrışamayan partiküler organik azot miktarının bulunması

Öncelikle uçucu askıda katı maddenin organik azot içeriği bulunmalıdır.

$$f_N = \frac{TKN - sON - (NH_4 - N)}{VSS} \tag{3.8}$$

f_N parametresi (40 – 1.2 – 26) / 200 işlemi sonucu 0.064 olarak bulunmaktadır.

f_N parametresi bulunduktan sonra biyolojik olarak ayrışamayan partiküler organik azot miktarı bulunabilir.

$$nbpON = f_N * (nbVSS) \tag{3.9}$$

nbpON = 0.064 * 56 = 3.584 mg/L elde edilir.

7. Adım: Toplam biyolojik olarak ayrışabilir Kjeldahl azotunun bulunması

$$bTKN = TKN - nbpON - sON \tag{3.10}$$

bTKN parametresi (40–3.584–1.2) işlemi sonucu 35.216 mg/L olarak bulunmaktadır.

Toplam 7 işlem adımında gerçekleştirilen atıksu karakterizasyon çalışmasının toplu sonuçları Tablo 3.3'te belirtildiği gibidir.

Tablo 3.3 Atıksu karakterizasyonu değerlendirme problemi için bilinen ve bulunan değerler

Bileşenler	**Değerleri ve Birimleri**
BOİ (BOD)	200 mg/L
Toplam KOİ (TCOD)	420 mg/L
Çözünebilen KOİ (sCOD)	170 mg/L
Biyolojik olarak ayrışabilen KOİ (bCOD)	320 mg/L
Biyolojik olarak ayrışamayan KOİ (nbCOD)	100 mg/L

Tablo 3.3 Atıksu karakterizasyonu değerlendirme problemi için bilinen ve bulunan değerler (devamı)

Bileşenler	**Değerleri ve Birimleri**
Biyolojik olarak yavaş ayrışan KOİ (sbCOD)	240 mg/L
Biyolojik olarak ayrışabilen KOİ (bCOD)	320 mg/L
Biyolojik olarak ayrışamayan KOİ (nbCOD)	100 mg/L
Biyolojik olarak yavaş ayrışan KOİ (sbCOD)	240 mg/L
Biyolojik olarak ayrışamayan partiküler KOİ (nbpCOD)	70 mg/L
Toplam askıda katı miktarı (TSS)	220 mg/L
Uçucu askıda katı miktarı (VSS)	200 mg/L
Uçucu askıda katı madde miktarı ve uçucu KOİ miktarı arasındaki oran (VSS_{COD})	1.25 g COD/g VSS
Biyolojik olarak ayrışamayan uçucu askıda katı miktarı (nbVSS)	56 mg/L
İnert toplam askıda katı madde (iTSS)	20 mg/L
Toplam Kjeldahl azotu (TKN)	40 mg/L

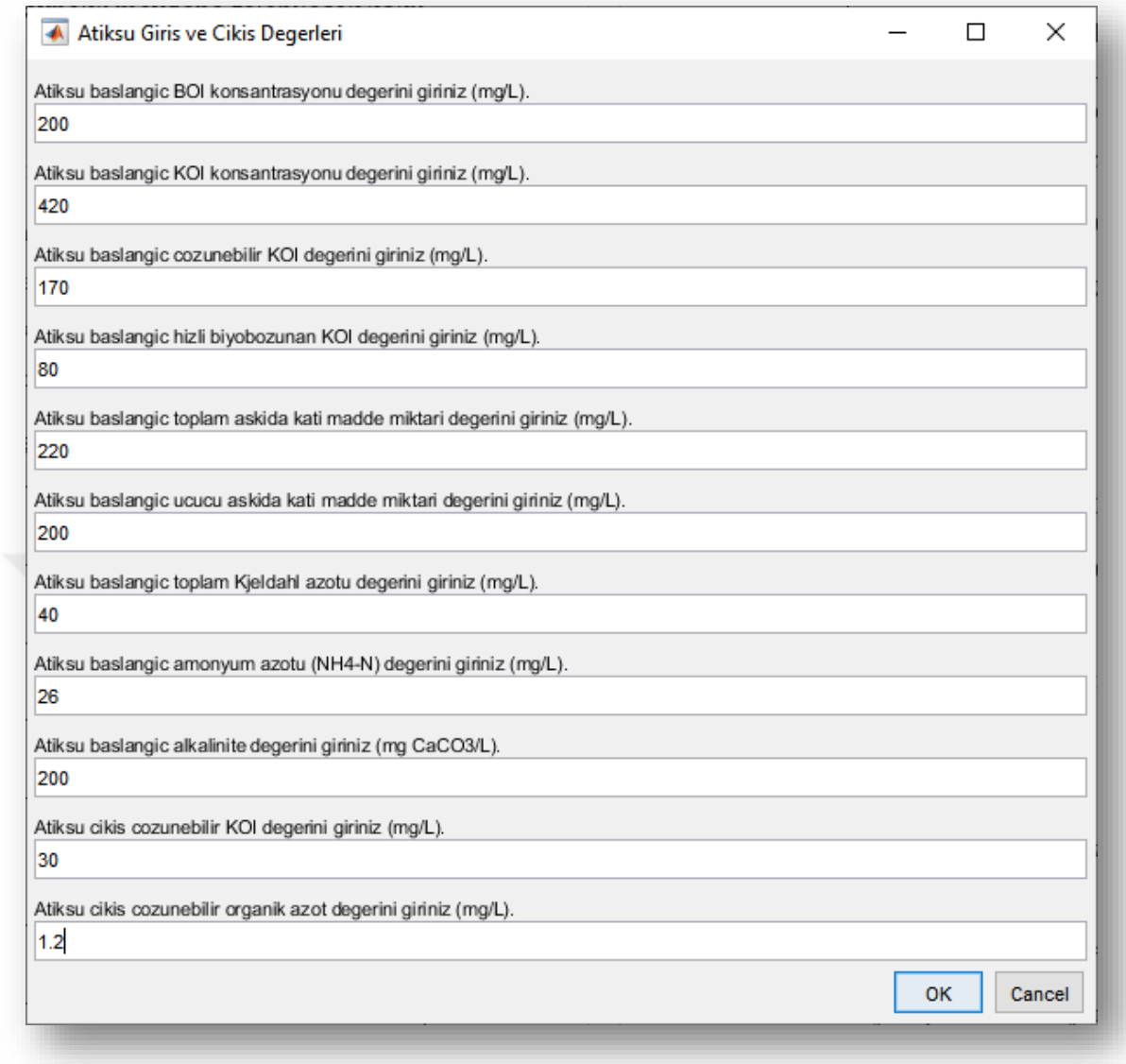
Tablo 3.3 Atıksu karakterizasyonu değerlendirme problemi için bilinen ve bulunan değerler (devamı)

Bileşenler	**Değerleri ve Birimleri**
Uçucu askıda katı maddenin organik azot içeriği (f_N)	0.064
Biyolojik olarak ayrışamayan partiküler organik azot (nbpON)	3.584 mg/L
Çözünebilir çıkış KOİ (sCODe)	30 mg/L
Toplam biyolojik olarak ayrışabilir Kjeldahl azotu (bTKN)	35.216 mg/L
Amonyum azotu (NH_4^+-N)	26 mg/L
Çözünebilir çıkış KOİ (sCODe)	30 mg/L
Çıkış organik azot (sON)	1.2 mg/L
Alkalinite	200 mg $CaCO_3$/L

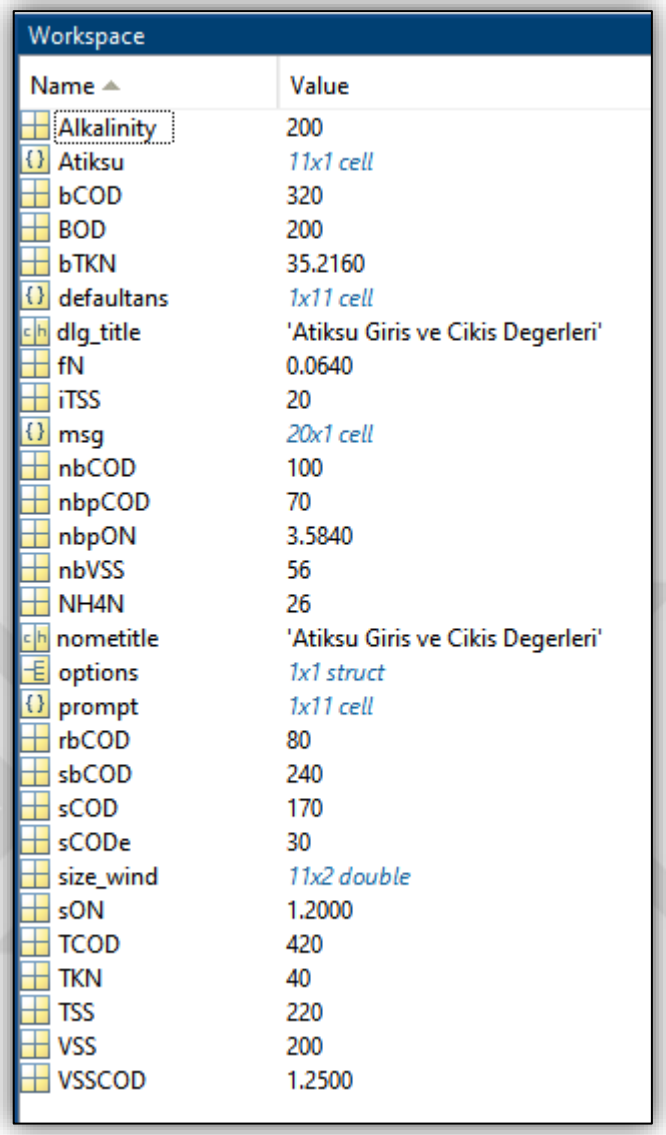
3.5 Atıksu Karakterizasyonu Değerlendirme Probleminin Bilgisayar Tabanlı Modellenmesi

Matematiksel çözümü verilmiş olan problemin MATLAB® yazılımı yardımıyla modellenmesinde, kullanıcıdan giriş ve çıkış atıksuyu ile ilgili bazı parametrelerin işlenmesi istenmektedir. Parametreler işlendikten sonra matematiksel hesaplamalar, MATLAB® programında hızlıca yapılmakta ve ekrana bir sonuç çıktısı gelmektedir. Sonuç çıktısı ekranı 20 adet parametrenin değerini içermektedir.

Bilgisayar ortamında yapılan modelleme çalışması ile problemin matematiksel çözümü birebir uyumludur.



Şekil 3.3 Atıksu karakterizasyonu ile ilgili MATLAB® programının parametre giriş ekranı



Şekil 3.4 Atıksu karakterizasyonu ile ilgili MATLAB® programının çalışma alanı görüntüsü



Şekil 3.5 Atıksu karakterizasyonu ile ilgili parametreleri ve değerlerini içeren sonuç ekranı

4
İÇME SULARININ NİTELİKLERİ

4.1 İçme Suları ve Nitelikleri

Suların içilebilir nitelikte olması için canlı sağlığına zararının olmaması gerekmektedir. Fakat doğal kaynak sularında, havza yapısı başta olmak üzere birçok sebepten ötürü canlı sağlığını tehdit edebilecek birçok madde bulunabilir. İçme suyu arıtma tesisleri, sulardaki istenmeyen bu maddelerin giderilmesi amacıyla kurulur. Kaynağından alınan suyun içilebilir olması için aşağıdaki niteliklere sahip olması gerekmektedir:

- Kokusuz, tortusuz, berrak ve renksiz olmalıdır. Yağ, fenol gibi organik maddeler sularda koku ve renk oluşturabilir. Askıda katı maddeler de suları bulanıklaştırır. Bu maddelerin giderilmesi gerekir.
- Patojen (hastalık yapıcı) mikroorganizma bulunmamalıdır. Suyun bütün bakteri ve virüslerden arındırılması için dezenfeksiyon işlemleri uygulanmalıdır.
- Ağır metaller (arsenik, civa, krom, kurşun vb.) başta olmak üzere sağlığa zararlı kimyasallar bulunmamalıdır.
- Fe^{+2} ve Mn^{+2} ile sertlik oluşturan Ca^{+2} ve Mg^{+2} katyonlarının seviyeleri belli bir eşikte olmalıdır. Çok sert suların sağlığa ciddi bir zararı olmasa da içimi hoş değildir.
- Sular agresif olmamalıdır [32].

4.2 Suların Agresifliği

Suların agresifliği, serbest karbondioksit (CO_2) ile bikarbonat (HCO_3^-) iyonunun dengede olmamasından ileri gelir [33]. Agresif suların etkisi ile su arıtma tesisi, iletim, depolama, yükseltme ve dağıtım sistemlerinde su ile temas maddelerin kısmî çözünmesine "korozyon" denilmektedir [34]. Korozyon sonucu suya karışan maddeler nedeniyle borulardaki su akış kalitesi ve kapasitesi ile suyun kimyasal ve

mikrobiyolojik düzeni bozulabilmektedir. Bundan dolayı korozyon da içme sularının iletiminde mutlaka kontrol edilmesi gereken bir unsur olmaktadır.



Şekil 4.1 Agresif sudan kaynaklı bakır boru korozyonu [35]

4.3 Korozyon Kontrolü

Korozyon, tek bir faktör sonucu oluşabildiği gibi birçok faktörün bileşimi sonucunda da oluşabilecek bir durumdur. Bu sebeple korozyon kontrolünde birçok parametrenin ayrı ayrı incelenmesi gerekir. Bu parametreler genel olarak: Çözünmüş oksijen konsantrasyonu, Ca^{+2} ve Mg^{+2} derişimleri, pH, HCO_3^- ve CO_3^{-2} derişimleri ve mikroorganizma varlığıdır. Korozyon analizini bu parametrelerin varlığında gerçekleştirebilecek birçok yöntem mevcut olsa da bu çalışmada, çoğunlukla evlere iletilen sular için kullanılan "Langelier Indeksi" ve çoğunlukla endüstriyel kurumlara iletilen sular için kullanılan "Ryzner Indeks"leri üzerinde çalışılmıştır [34].

4.3.1 Langelier Doygunluk Indeksi

Arıtılmış içme sularında, $CaCO_3$ ölçeklemesi geliştirme eğilimini ölçen bir metottur. 1946 yılında W. F. Langelier tarafından önerilmiş ve hâlen daha geçerliliğini koruyan bir ölçüm metodudur [36].

$$Langelier\ Doygunluk\ Indeksi\ (LSI) = pH - pH_s \tag{4.1}$$

Eşitlik (4.1)'deki;

pH = Kaynağından alınan konsantre içme suyu numunesinde ölçülen pH değerini,

pH_s = $CaCO_3$ için doygunluk pH değerini ifade etmektedir.

Yapılan ölçümler sonucunda bulunan LSI değerleri şu şekilde yorumlanmaktadır:

LSI > 0: Su, $CaCO_3$'e aşırı doymuştur. Ölçekleme meydana gelebilir.

LSI < 0: Su, $CaCO_3$'e yeterince doymamıştır. LSI < 0 sular, borularda $CaCO_3$ kaynaklı meydana gelmiş mevcut tortuları yok etme eğilimindedir.

LSI = 0: Su, nötr olarak düşünülür. Ölçekleme oluşmaz.

4.3.2 Ryzner Stabilite Indeksi

Daha çok endüstriyel uygulamalar için kullanılan, 1944 yılında J. W. Ryzner tarafından önerilmiş olan ölçekleme potansiyeli ölçüm metodudur.

$$Ryzner\ Stabilite\ Indeksi\ (RSI) = 2pH_s - pH \tag{4.2}$$

Yapılan ölçümlerin Ryzner Stabilite Indeksi ile yorumlanması şu şekilde gerçekleştirilmektedir:

RSI < 5.5: Yoğun ölçekleme meydana gelebilir.

5.5 < RSI < 6.2: Ölçekleme meydana gelebilir.

6.2 < RSI < 6.8: Herhangi bir olumsuz durum meydana gelmez.

6.8 < RSI < 8.5: Su agresif yapıdadır.

RSI > 8.5: Su aşırı agresif yapıdadır.

4.3.3 Doygunluk pH'sinin (pH_s) Hesaplanması

Langelier Doygunluk ve Ryzner Stabilite Indekslerinde kullanılan "pH_s" parametresi, Eşitlik (4.3)'te gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$pH_S = -log\left(\frac{K_{\alpha 2} * \gamma_{Ca^{+2}} * [Ca^{+2}] * \gamma_{HCO3^-} * [HCO_3^{\ -}]}{K_{sp}}\right) \tag{4.3}$$

Bu eşitlikte;

$K_{\alpha 2}$: HCO_3^- 'ün çözünme tepkimesinin denge sabitini,

γ_{Ca+2}: Ca^{+2} 'nin aktivite sabitini,

$[Ca^{+2}]$: Ca^{+2}'nin molar konsantrasyonunu,

γ_{HCO3-}: HCO_3^-'ün aktivite sabitini,

$[HCO_3^-]$: HCO_3^-'ün molar konsantrasyonunu,

K_{sp}: $CaCO_3$'ün ürün olarak oluştuğu tepkimenin çözünürlük sabitini ifade eder.

"γ" ile gösterilen aktivite sabitleri ise Eşitlik (4.4)'te gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$log_{\gamma} = -0.5 * (Z_i)^2 * \left(\frac{\sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}} - 0.3 * I\right) \quad (4.4)$$

Bu eşitlikte;

Z_i: iyonik yükü,

I: iyonik gücü ifade etmektedir.

"I" ile gösterilen iyonik güç ise Eşitlik (4.5)'te gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$I = 2.5 * 10^{-5} * TDS \quad (4.5)$$

İyonik gücü bulduran bu eşitlikte "TDS" ile ifade edilen parametre, su içerisindeki toplam çözünmüş katı madde miktarını (mg/L) ifade etmektedir.

4.3.4 CO_3^{-2}'nin Denge Sabitleri

Bir kimyasal tepkimede denge sabiti yalnızca sıcaklıkla değişir. Langelier ve Ryzner Indekslerinin hesaplanmasında kullanılacak olan denge sabitlerinin sıcaklıkla değişimi Tablo 4.1'de gösterildiği gibidir [36].

Tablo 4.1 CO_3^{-2}'ün değişen sıcaklıklara göre denge sabitleri [36]

Sıcaklık (°C)	**Denge sabitleri**		
	$K_{\alpha 1}$ (* 10^7)	**$K_{\alpha 2}$ (* 10^{11})**	**K_{sp} (* 10^9)**
5	3.020	2.754	8.128
10	3.467	3.236	7.080
15	3.802	3.715	6.020
20	4.169	4.169	5.248
25	4.467	4.477	4.571
40	5.012	6.026	3.090

4.4 Su Agresifliği ve Ölçekleme Potansiyelinin Değerlendirilme Problemi

Bir içme suyu numunesinin ölçüm verileri kullanılarak suyun agresiflik seviyesi ve ölçeklemeye olan eğilimi, öncelikle teorik olarak çözümlenmiştir. Teorik çözümü yapılan çalışmada kullanılan içme suyu numunesinin muhteva ettiği bileşenler ve değerleri Tablo 4.2'de verildiği gibidir.

Tablo 4.2 İçme suyu numunesinin verileri [36]

Bileşen	**Konsantrasyonlar**	
	g/m^3	**mol/L (molar)**
Ca^{+2}	5	$0.125 * 10^{-3}$
HCO_3^-	10	$0.164 * 10^{-3}$
TDS	20	-
pH: 7.7, Sıcaklık: 20°C		

1. Adım: İyonik gücün bulunması

Eşitlik (2.5) kullanılarak iyonik güç bulunabilir.

$I = 2.5 * 10^{-5} * 20 = 50 * 10^{-5}$ bulunur.

2. Adım: Aktivite sabitlerinin bulunması

Ca^{+2} katyonu için aktivite sabitinin bulunması:

Eşitlik (2.4) kullanılarak aktivite sabitleri bulunabilir.

Ca^{+2} katyonu için "Z" değeri 2'dir.

$$\log \gamma_{Ca+2} = -(0.5) * (2)^2 * \left[\frac{\sqrt{50 * 10^{-5}}}{1+\sqrt{50 * 10^{-5}}} - (0.3) * (50 * 10^{-5})\right] = -0.0434$$

$\gamma_{Ca+2} = 0.905$ olarak hesaplanmaktadır.

HCO_3^- anyonu için aktivite sabitinin bulunması:

HCO_3^- anyonu için "Z" değeri 1'dir.

$$\log \gamma_{HCO3-} = -(0.5) * (1)^2 * \left[\frac{\sqrt{50 * 10^{-5}}}{1+\sqrt{50 * 10^{-5}}} - (0.3) * (50 * 10^{-5})\right] = -0.0109$$

$\gamma_{HCO3-} = 0.975$ olarak hesaplanmaktadır.

3. Adım: Doygunluk pH değerinin (pH_s) bulunması

Suyun $CaCO_3$'e doyduğu pH değeri (pH_s), Eşitlik (2.3) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$pH_S = -log\left[\frac{(4.17 * 10^{-11}) * (0.905) * (0.125 * 10^{-3}) * (0.975) * (0.164 * 10^{-3})}{5.25 * 10^{-9}}\right]$$

$pH_s = -\log(1.43 * 10^{-10})$

$pH_s = 9.84$ olarak hesaplanmaktadır.

4. Adım: Langelier ve Ryzner Index değerlerinin bulunması

Langelier Doygunluk Indeksinin bulunması:

Eşitlik (2.1) kullanılarak;

LSI = 7.7 – 9.84

LSI = - 2.14 sonucuna ulaşılmaktadır. LSI < 0 olduğundan, suyun $CaCO_3$'e yeterince doymadığı yorumu yapılabilmektedir.

Ryzner Stabilite Indeksinin bulunması:

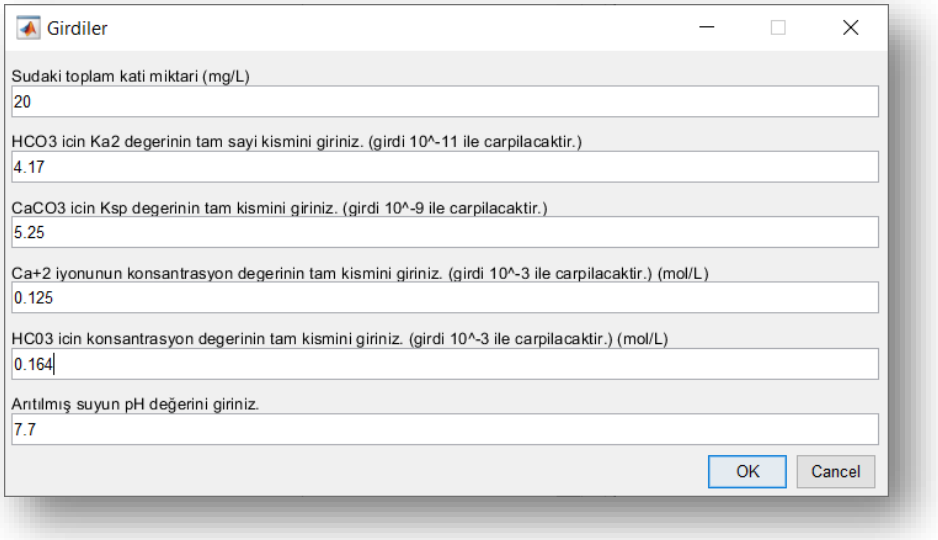
Eşitlik (2.2) kullanılarak;

RSI = 2 * (9.84) – 7.7

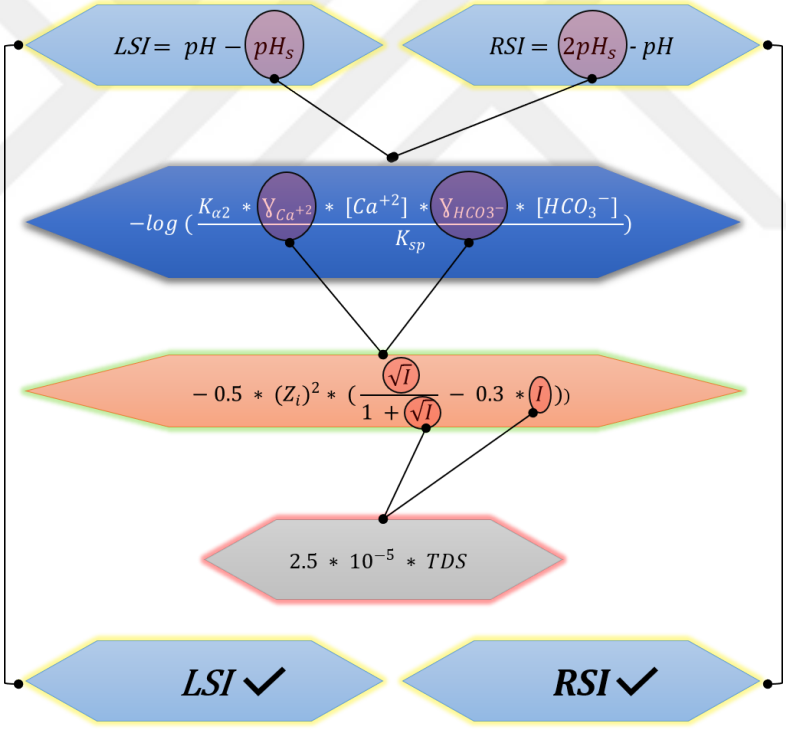
RSI = 11.98 sonucuna ulaşılmaktadır. RSI > 8.5 olduğundan, suyun aşırı agresif bir yapıda olduğu yorumu yapılabilmektedir.

4.5 Su Agresifliği ve Ölçekleme Potansiyeli Değerlendirme Probleminin Bilgisayar Tabanlı Modellenmesi

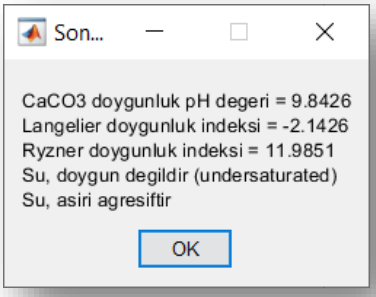
Langelier ve Ryzner Indeksleri kullanılarak suyun agresiflik durumu ve ölçek oluşumuna olan eğilimin hesaplanılması amacıyla MATLAB® programı kullanılarak bir modelleme çalışması gerçekleştirilmiştir. 5 adımdan oluşan programın 1. adımında kullanıcıdan Tablo 4.2'deki parametrelerin değerlerini işlemesi istenilir (Şekil 4.1). Problemlerde denge sabiti parametreleri, 10'un negatif kuvvetleriyle çarpılarak hesaplandığından, dikkat hatalarına açıktır. Bu sebeple MATLAB® programında kullanıcıdan denge sabitinin sadece tam sayı kısmının işlenmesi istenmiştir. Program, işlenen değeri otomatik olarak 10'un gereken negatif kuvvetiyle çarpacaktır. Programın 2. adımında, teorik çözüm kısmında yapılan hesaplamalarda kullanılan tüm denklemler işlenmiştir. Bu denklemler ve birbirleriyle olan ilişkileri Şekil 4.2'de gösterildiği gibidir. Programın 3. adımında, LSI ve RSI değerlerinin hesaplanılması sağlanmıştır. Programın 4. adımında ise bulunan tüm sayısal değerlerin ekrana "fprintf" komutu ile yazdırılması sağlanmış olup bu sayısal değerlerin ölçekleme potansiyeli ve suyun agresif yapısı ile ilgili ifade ettiği anlamın sözel olarak yazdırılması, "if" komutu ile karşılaştırma yaptırılarak sağlanmıştır. Programın son adımında ekrana gelen pencerede (Şekil 4.3), tüm sayısal değerler ve suyun yapısı ile bilgi yer almaktadır. MATLAB® çalışma alanı görüntüsü de Şekil 4.4'te gösterildiği gibidir.



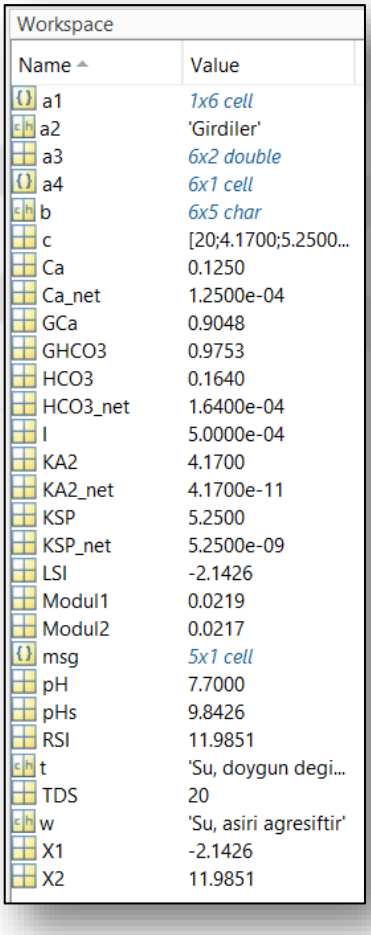
Şekil 4.2 Su agresifliği ve ölçekleme potansiyeli analizi yapılacak olan program için parametre işleme ekranı



Şekil 4.3 Su agresifliği ve ölçekleme potansiyeli analizi yapılacak olan programın içerdiği tüm formüller ve birbirleriyle ilişkileri



Şekil 4.4 Su agresifliği ve ölçekleme potansiyeli analizi için geliştirilen programın sonuç verileri ekranı



Şekil 4.5 Su agresifliği ve ölçekleme potansiyeli analizi için geliştirilen programda kullanılan tüm parametreleri ve sonuçları içeren MATLAB® çalışma alanı

5
MÜNFERİT ÇÖKELME

5.1 Münferit Çökelme

Çökelme olayı, ön çöktürme veya ana çöktürme havuzlarında kirletici partiküllerin, flokların ya da askıda hâlde bulunan taneciklerin yerçekimi sayesinde havuz dibine ilerleyerek orada birikmesidir. Çökelme işleminin amacı; kirletici katı partiküllerinden arındırılmış bir su ile yoğunlaşmış bir çamur elde etmektir [37]. Çökelme olayının çeşitli tiplerde olabileceği ilk olarak Coe ve Clevenger tarafından 1916'da ortaya atılmış ve sonrasında 1955 yılında Fitch ve Talmadge tarafından aydınlatılmıştır. Fitch ve Talmadge'ın deneysel verileri ile ortaya çıkan sonuca göre çökelme dört farklı tipte olabilmektedir [38].

1. I. tip çökelme (serbest/ayrık/münferit çökelme),

2. II. tip çökelme (yumaklı çökelme),

3. III. tip çökelme (kuşaklı/engelli çökelme),

4. IV. tip çökelme (sıkışık çökelme) şeklindedir.

Çalışmanın bu bölümünde incelenecek olan çökelme türü, I. tip yani münferit çökelme işlemidir. Münferit çökelme, yumaklaşmamış, ayrık taneciklerin çökelmesidir. Tanecikler ayrı ayrı birimler şeklinde çökelir, aralarında kaydadeğer bir etkileşim veya yumak oluşturma eğilimi bulunmaz ve de çökelme hızı yükseklikle değişmez.

Çöktürme havuzunun tasarımında en önemli parametre seçilen terminal hızdır. V_c ile gösterilir. Terminal hıza eşit veya daha hızlı olan partiküller, sudan tamamiyle giderilebilecektir [39]. Partiküller sudan giderildikçe atıksu akımı da berraklaşacaktır. Atıksuyun berraklaşma hızı, Eşitlik (5.1)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$Q = A * V_C \quad (5.1)$$

Eşitlik (5.1)'de;

Q: debiyi (m^3/s),

A: çöktürme havuzunun yüzey alanını (m^2),

V_C: partiküllerin terminal çökelme hızını (m/s) ifade etmektedir.

Verilen bu eşitliklerde çöktürme işleminin ideal olduğu varsayılır. Gerçek uygulamalarda türbülans, kısa devre, hız gradyanı gibi çok çeşitli faktörlerin çöktürmeye etki ettiği bilinmektedir [40].

Çökelme hızı terminal hızdan daha küçük olan partiküller, hidrolik bekletme süresi boyunca tamamen çökelemezler. Bu taneciklerin çökelme oranları Eşitlik (5.3)'te verilen eşitlikteki gibi hesaplanmaktadır.

$$X_R = \frac{V_P}{V_C} \quad (5.2)$$

Eşitlik (5.2)'de;

X_R: çökelme hızı terminal hızdan küçük olan partiküllerin, verilen hidrolik bekletme süresinin bitiminde çökelme işlemini tamamlayan fraksiyonlarını,

V_P: partiküllerin çökelme hızını,

V_C: partiküllerin terminal çökelme hızını ifade etmektedir.

Münferit çökelme için çökelme hızı – giderilen partikül fraksiyonu eğrisi çizilmek istendiğinde öncelikle atıksudan giderilen toplam partikül fraksiyonunun bulunması gerekmektedir.

$$Toplam\ giderilen\ fraksiyon = \int_0^{X_R} \frac{V_P}{V_C}\, dx + (1 - X_R) \quad (5.3)$$

Eşitlik (5.3)'te;

1 – X_C: çökelme hızı, terminal hıza eşit veya terminal hızdan büyük partiküllerin fraksiyonları,

Sınırlı integral ile ifade edilen kısım ise Eşitlik (5.2)'nin bir başka ifadesidir [38].

Eşitlik (5.3) yerine Eşitlik (5.4) de kullanılabilir.

$$Toplam\ giderilen\ fraksiyon\ = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{V_{n_i}}{V_c}}{\sum_{i=1}^{n} n_i} \tag{5.4}$$

5.2 Münferit Çökelmenin Gerçekleştiği Ön Çöktürme Havuzunda Partikül Giderim Veriminin Hesaplanması ve Histogramda Gösterilmesi Problemi

2 $m^3/m^2/sa$ terminal çökme hızına sahip partiküllerin bulunduğu ön çöktürme havuzunda partikül giderim verimi hesaplanacaktır. Yapılan deneylerden elde edilen verilere göre partiküllerin çökelme hız aralıkları ve bu aralıklarda çökelen partiküllerin miktarları Tablo 5.1'de verildiği gibidir [40].

Tablo 5.1 Çökelme hız aralıkları ve partikül miktarları [40]

Çökelme Hız Aralıkları (m/sa)	Litre Başına Düşen Partikül
0.0 – 0.5	30
0.5 – 1.0	50
1.0 – 1.5	90
1.5 – 2.0	110
2.0 – 2.5	100
2.5 – 3.0	70
3.0 – 3.5	30
3.5 – 4.0	20

1. Adım: Giderim verimini hesaplarken gerekecek bazı parametrelerin hesaplandığı daha detaylı bir tablo oluşturulur.

Tablo 5.2 Partikül giderim verimi hesabı için gereken tüm parametreleri içeren detaylı tablo

Çökelme Hız Aralıkları (m/sa)	**Ortalama Çökelme Hızı (m/sa)**	**Litre Başına Düşen Partikül Miktarları ($\times 10^{-5}$)**	**Giderilen Partikül Fraksiyonları**	**Giderilen Partikül Miktarları ($\times 10^{-5}$)**	**Çıkış Atıksuyunda Kalan Partiküller ($\times 10^{-5}$)**
0.0 – 0.5	0.25	30	0.125	3.75	26.25
0.5 – 1.0	0.75	50	0.375	18.75	31.25
1.0 – 1.5	1.25	90	0.625	56.25	33.75
1.5 – 2.0	1.75	110	0.875	96.25	13.75
2.0 – 2.5	2.25	100	1	100	0
2.5 – 3.0	2.75	70	1	70	0
3.0 – 3.5	3.25	30	1	30	0
3.5 – 4.0	3.75	20	1	20	0
Toplam		**500**		**395**	**105**

Tablo 5.2'deki sütunların hesaplanış şekilleri aşağıda verildiği gibidir:

2. sütundaki sayılar, 1. sütunda verilen hız aralıklarının ortalaması şeklindedir. Yani,

$$Ortalama\ çökelme\ hızı\ = \frac{Alt\ sınır + üst\ sınır}{2} \quad (5.5)$$

4. sütunda yer alan giderilen partikül fraksiyonları ise Eşitlik (5.5) yardımıyla bulunur. 1. satır için;

Ortalama çökelme hızı = (0.0 + 0.5) / 2 = 0.25 m/s iken;

Giderilen partikül fraksiyonu = 0.25 / 2 = 0.125 şeklindedir.

5. sütunda yer alan giderilen partikül miktarları ise 3. ve 4. sütunda yer alan değerlerin çarpımı şeklinde hesaplanır. Yani, atıksuda o çökme hız aralığında yer alan partikül miktarı ile partiküllerin giderim fraksiyonunun çarpımı ile bulunur. 1. satır için;

Giderilen partikül miktarı = 30 * 0.125 = 3.75 şeklindedir.

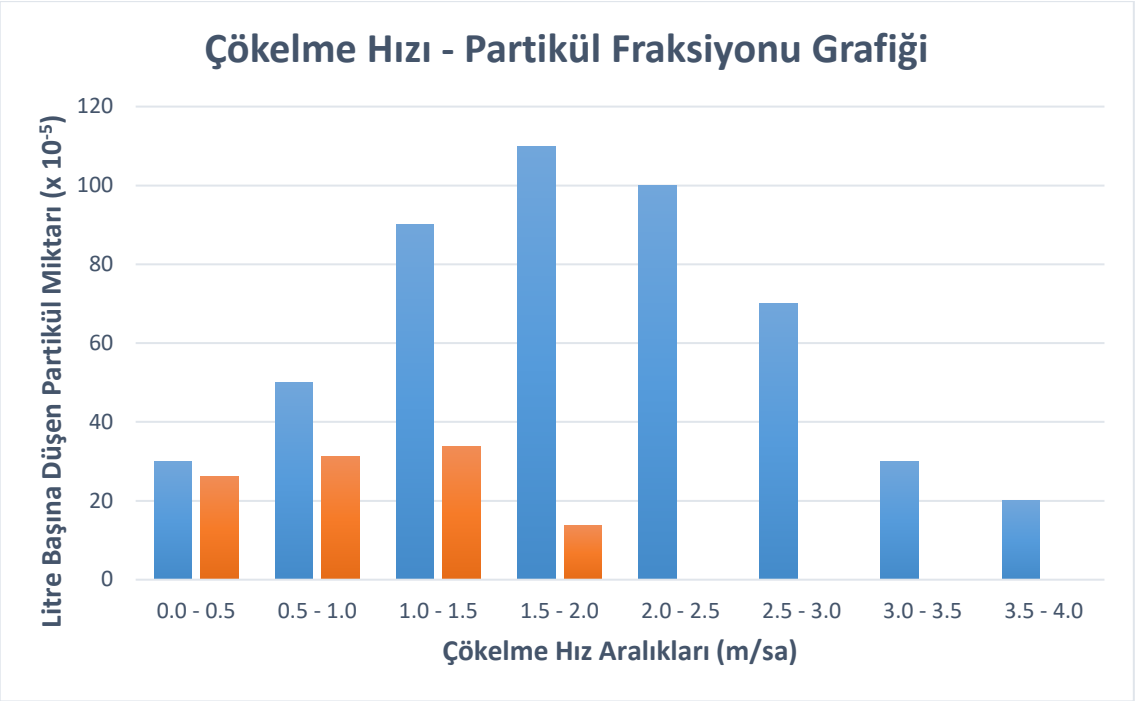
6. sütunda yer alan çıkış atıksu akımında hâlâ daha bulunmaya devam edecek partikül fraksiyonu ise toplam partikül miktarından giderilen partikül miktarının çıkarılması ile yani 3. sütundaki değerlerden 5. sütundaki değerlerin çıkarılması ile hesaplanmaktadır. 1. satır için;

Çıkış atıksu akımında kalan partikül miktarı = 30 – 3.75 = 26.25 şeklindedir.

2. Adım: Tüm hız aralıkları için yukarıda verilen işlemler uygulanarak oluşturulan tablodan hareketle, son olarak giderilen toplam partikül fraksiyonu, Eşitlik (5.6) yardımı ile bulunur.

$$Toplam\ Giderilen\ Fraksiyon\ = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{V_{n_i}}{V_c}}{\sum_{i=1}^{n} n_i} = \frac{395 \times 10^{-5}}{500 \times 10^{-5}} \times 100 = \%79 \quad (5.6)$$

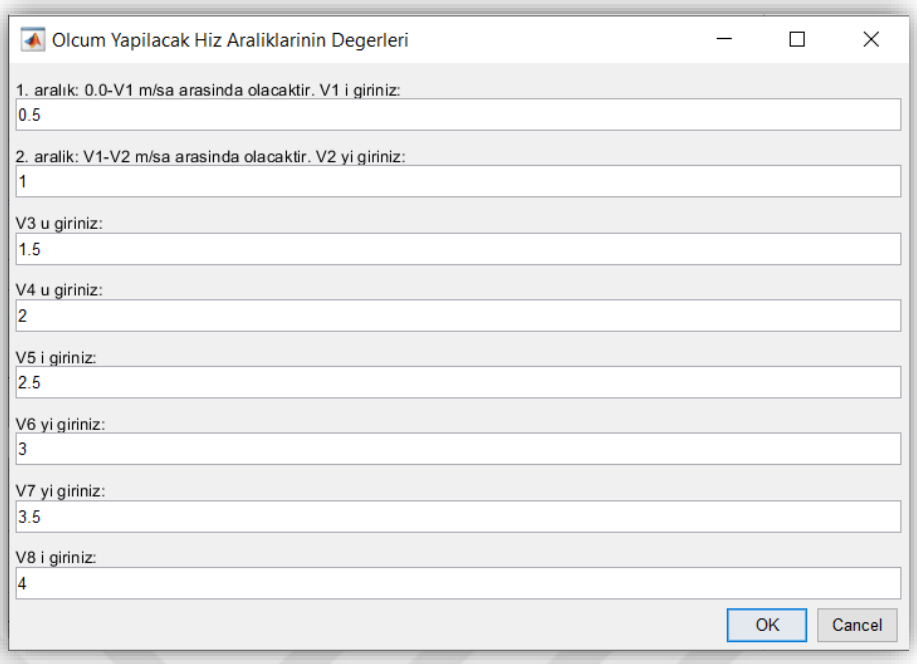
3. Adım: Tüm elde edilen veriler, daha kolay anlaşılabilecek bir araç olan histogram ile ifade edilecektir. Bu histogram, Şekil 5.1'de verildiği gibidir.



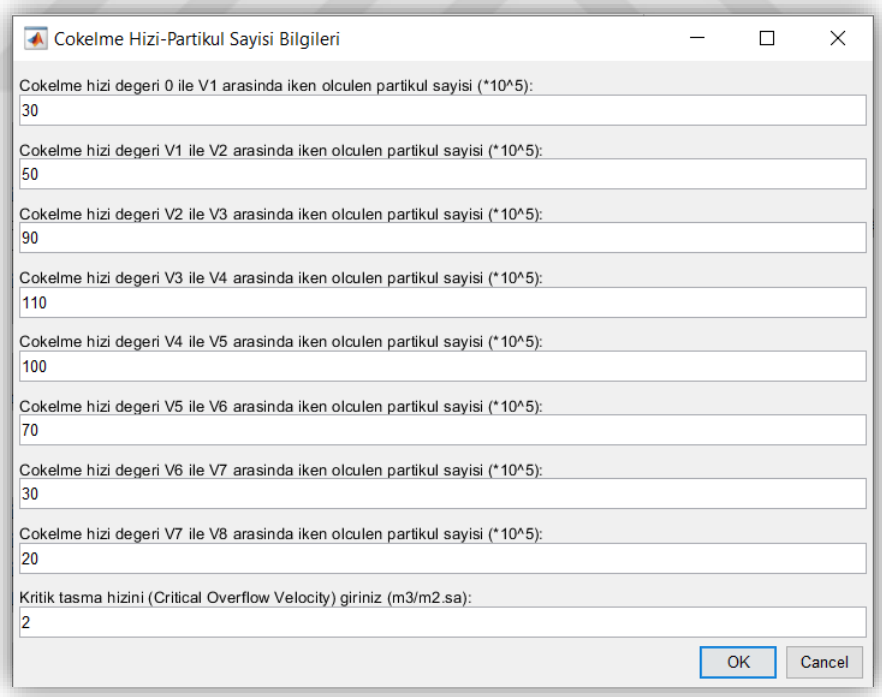
Şekil 5.1 Giriş ve çıkış atıksuyunda litre başına düşen partikül miktarları ve çökelme hız aralıkları

5.3 Münferit Çökelmenin Gerçekleştiği Ön Çöktürme Havuzunda Partikül Giderim Veriminin Hesaplanması ve Histogramda Gösterilmesi Probleminin Bilgisayar Tabanlı Modellenmesi

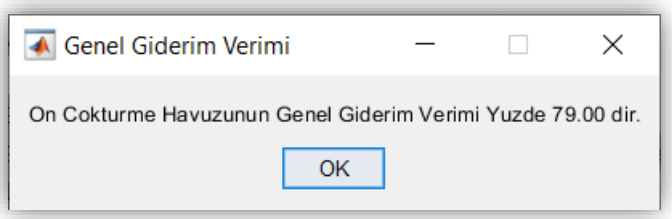
Münferit çökelmenin gerçekleştiği ön çöktürme havuzunda, seçilen terminal hıza göre oluşturulan hız aralıkları ve bu hız aralıklarında ne kadar partikülün giderildiği ile ilgili bir bilgisayar esaslı modelleme çalışması, MATLAB® programında yapılmıştır. Programı kullanacak olan kişilerden, oluşturacakları hız aralıklarını girmeleri beklenir. Sonrasında ise deneysel verilerden elde edilen partikül miktarlarının girişi sağlanır. Kullanıcılar istenen tüm parametreleri girdikten sonra öncelikle ekrana bu ön çöktürme havuzundaki partikül giderim veriminin yüzde kaç olduğu ile ilgili bir sonuç ekranı, hemen ardından ise Şekil 5.1'deki histogramın bilgisayar ortamındaki modeli gelir. Bu bilgisayar tabanlı modelleme çalışmasında, Tablo 5.1'deki girdiler kullanılarak Tablo 5.2'deki tüm sonuçlar ve Şekil 5.1'deki histogram tamamen birbiri ile örtüşecek şekilde bulunmuştur.



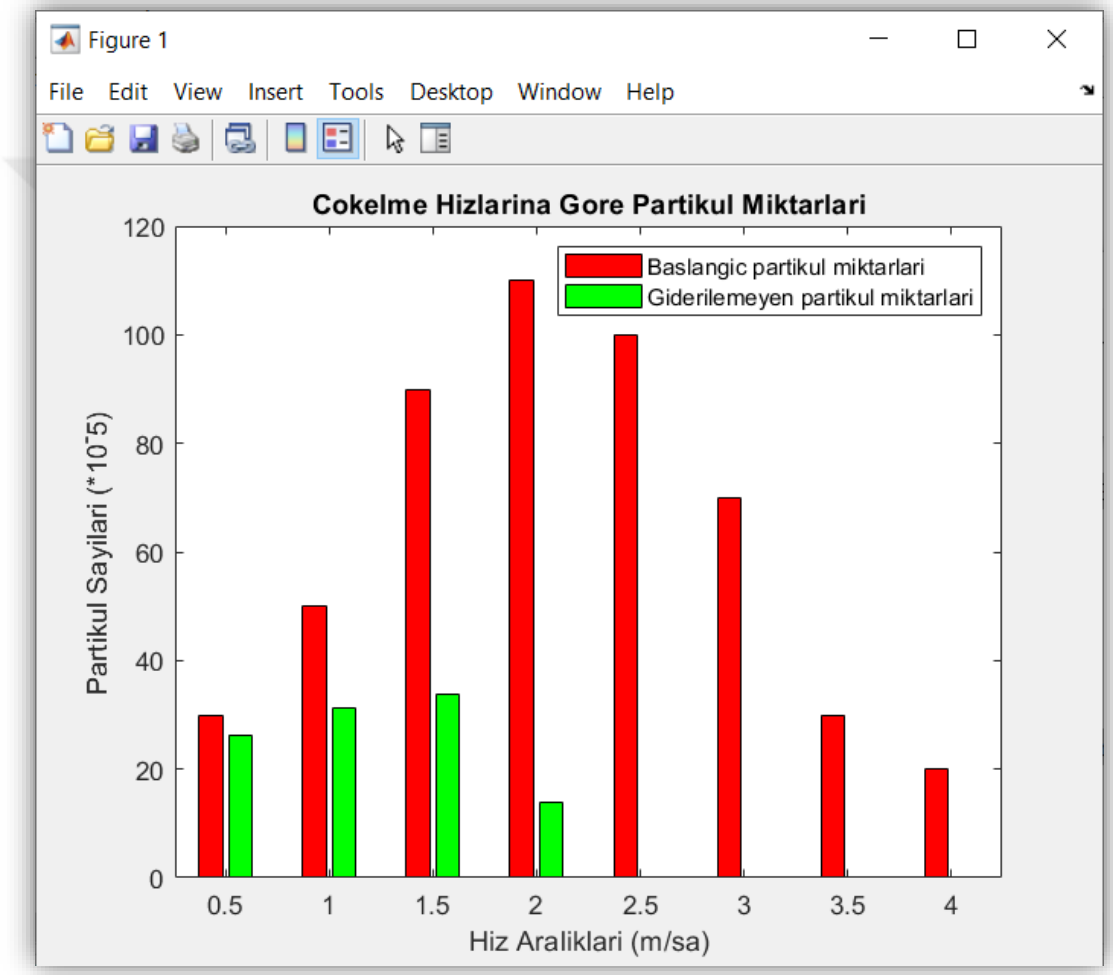
Şekil 5.2 Münferit çökelme probleminde partikül miktarlarının ölçüleceği hız zaman aralıklarının girileceği pencere



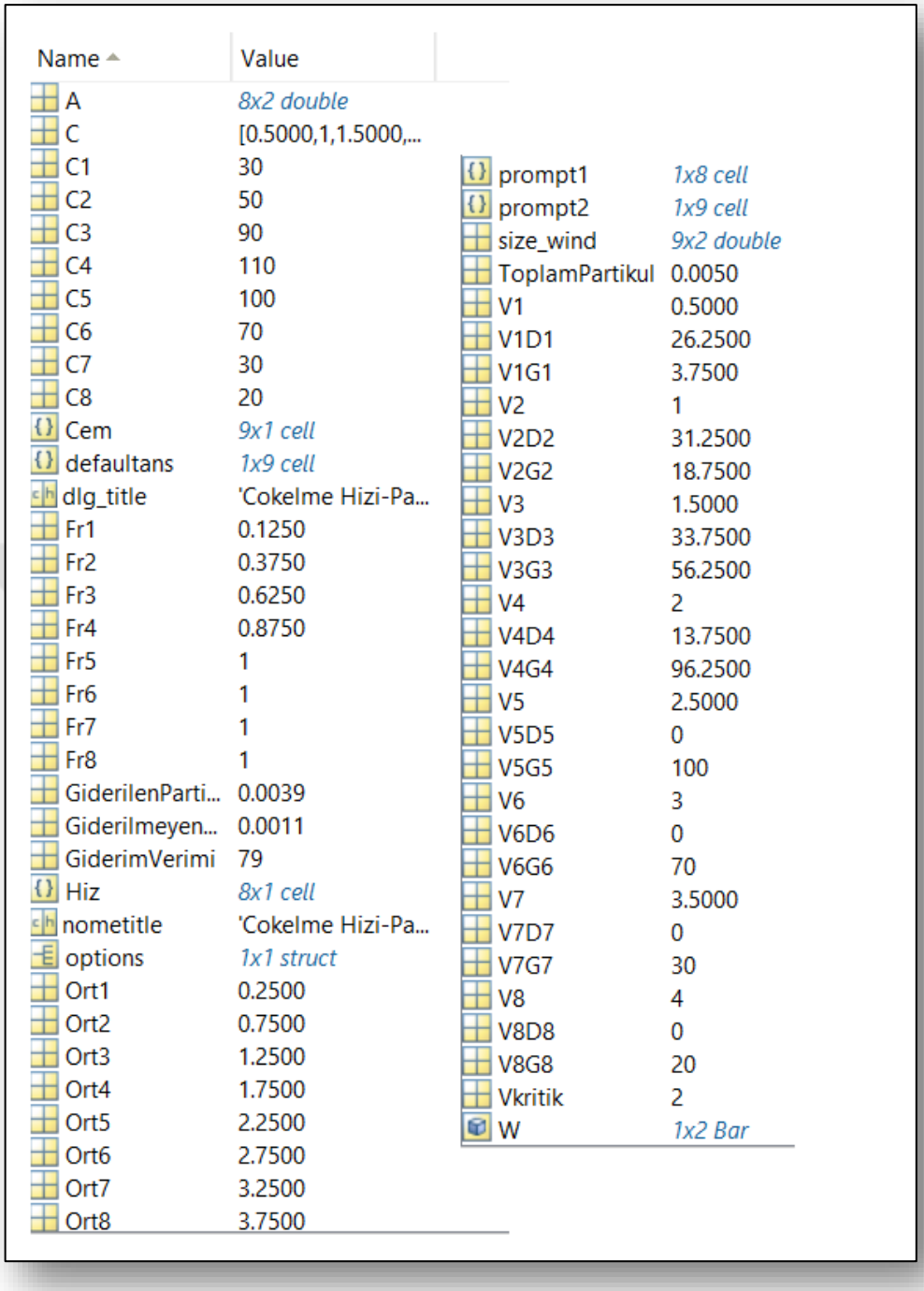
Şekil 5.3 Münferit çökelme probleminde belirlenen aralıklarda ölçülen partikül miktarlarının girileceği pencere



Şekil 5.4 Münferit çökelme probleminde hesaplanan genel partikül giderim verim yüzdesinin gösterildiği sonuç ekranı



Şekil 5.5 Münferit çökelme probleminde, belirlenen hız aralıkları ve bu aralıklarda giderilen ve giderilemeyen partikül miktarlarının gösterildiği histogram



Şekil 5.6 Münferit çökelme problemi için oluşturulan programın MATLAB® çalışma alanı görüntüsü

6
YUMAKLI ÇÖKELME

6.1 Yumaklı Çökelme

Atıksu içerisinde kendiliğinden çökelemeyen askıda hâlde bulunan taneciklerin diğer tanecikler ile etkileşime girerek, boyutlarını büyültmek amacıyla floklar oluşturması ve bu flokların çökelmesi olayına yumaklı çökelme denmektedir. Yumaklı çökelmeye floküler çökelme veya II. tip çökelme de denilebilmektedir. Bu tip çökelmede flok oluşturup boyutunu büyüten tanecikler, daha hızlı ve kolayca çökelebilmektedir [41].

Yumaklı çökelmenin karakteristik özelliklerini belirlemek için genelde kesikli çökelme deneyleri yapılır. Kesikli çökelme deneyinde en sık kullanılan deney materyali de çöktürme kolonlarıdır. Çöktürme kolonları genelde 130-205 mm. çapında ve yüksekliği de gerçekte çökelme olayının meydana geleceği çöktürme havuzunun yüksekliğine eşit olmalıdır [42].

Çöktürme kolonlarında eşit aralıklarla örnek (numune) alma noktaları belirlenir. Bu noktalardan belirlenen zamanlarda örnekler alınır ve askıda katı madde (AKM) derişimleri belirlenir. Başlangıçtaki AKM derişimi ile her alınan örneğin AKM derişimleri kullanılarak yüzde giderim verimleri bulunur. Sonrasında ise II. tip çökelme için eğriler çizilir. Bu eğrilerden hareketle toplam giderilen partikül fraksiyonu elde edilir.

Yumaklı çökelmede, münferit çökelmenin aksine havuz derinliğinin büyük önemi vardır. Dolayısıyla yapılan çöktürme kolonu deneylerinde de derinlik önem arz eder.

$$V_C = \frac{H}{t_C} \tag{6.1}$$

Eşitlik (6.1)'de;

V_C: terminal çökelme hızını (m/s),

H: çöktürme kolonunun yüksekliğini (m),

t_C: istenen giderim verimine ulaşmak için geçmesi gereken zamanı (dakika) ifade etmektedir.

Giderilen partikül fraksiyonu ise Eşitlik (6.2) ile hesaplanmaktadır.

$$R, \% = \sum_{h=1}^{n} \left(\frac{\Delta h_n}{H} * \frac{R_n + R_{n+1}}{2} \right) \quad (6.2)$$

Eşitlik (6.2)'de;

R: giderilen partikül fraksiyonu (TSS), %,

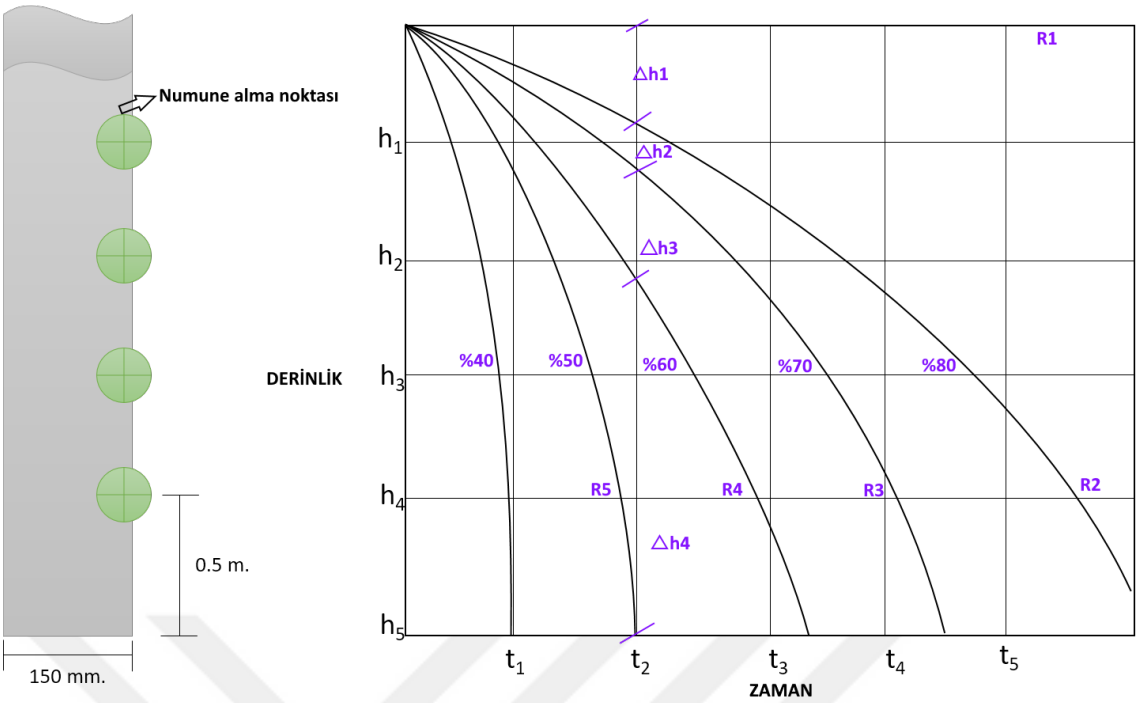
n: eş yüzde giderim eğrilerinin sayısı,

h_n: eş yüzde giderim eğrilerinin aralarındaki uzaklık (m),

H: çöktürme kolonunun yüksekliğini (m) ifade etmektedir.

6.2 Çöktürme Kolonu Deneyi ile Yumaklı Çökelme Giderim Veriminin Hesaplanması Problemi

Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen çöktürme kolonu deneyinden elde edilen veriler ışığında çizilen eş yüzde giderim eğrileri şeması Şekil 6.1'de verilmiştir [43].



Şekil 6.1 Çöktürme kolonu deneyi verilerine göre çizilen eş yüzde giderim eğrileri şeması [43]

1. Adım: Eşitlik (6.2), Şekil 6.1'deki eğrilere göre düzenlenirse;

$$= \frac{\Delta h_1}{h_5} x \frac{R_1 + R_2}{2} + \frac{\Delta h_2}{h_5} x \frac{R_2 + R_3}{2} + \frac{\Delta h_3}{h_5} x \frac{R_3 + R_4}{2} + \frac{\Delta h_4}{h_5} x \frac{R_4 + R_5}{2} \quad (6.3)$$

2. Adım: Şekil 6.1'deki eğrilerden ölçülen değerler Eşitlik (6.3)'teki yerine yazılırsa;

$$= 0.2\, x\, \frac{100+80}{2} + 0.11\, x\, \frac{80+70}{2} + 0.15\, x\, \frac{70+60}{2} + 0.54\, x\, \frac{60+50}{2}$$

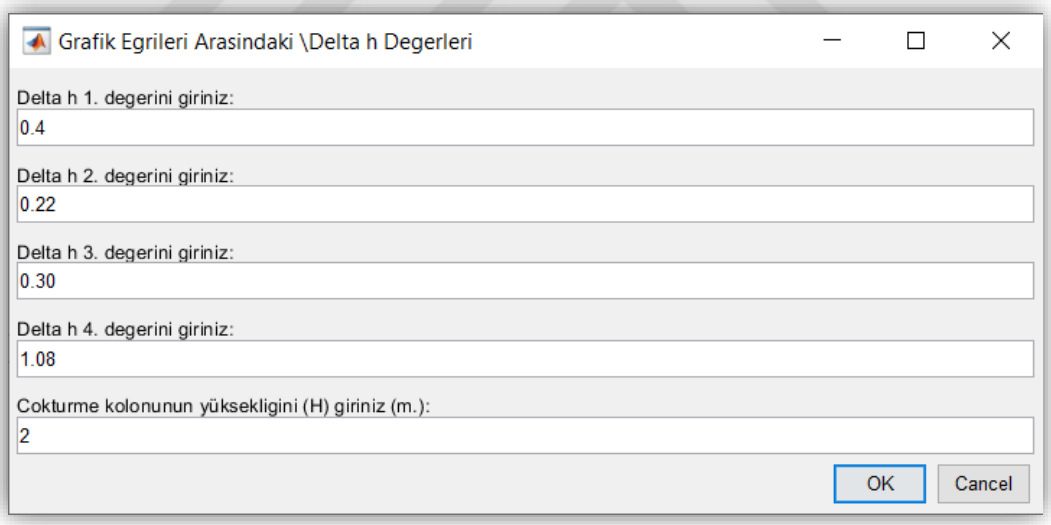
Gerekli matematiksel işlemler yapıldığında partikül giderim veriminin %65.70 olduğu bulunur.

6.3 Çöktürme Kolonu Deneyi ile Yumaklı Çökelme Giderim Verim Hesabı Probleminin Bilgisayar Tabanlı Modellenmesi

Yumaklı çökelme için uygulanan çöktürme kolonu deneyinde toplam partikül giderim oranı, oldukça karmaşık ve çok parametreli bir matematiksel formül ile bulunabilmektedir. Maddi hatalara açık olan bu eşitlikler, MATLAB® programı üzerinde modellenmiştir.

MATLAB® üzerinde yazılan bu programda, kullanıcıdan, deneyde kullanılan çöktürme kolonunun yüksekliğinin, deney verilerinden hareketle çizilen eş yüzde giderim eğrilerinde belirlenen yüzde verim oranlarının, eğriler arasında ölçülen derinlik farklarının iki ayrı pencerede girilmesi istenir.

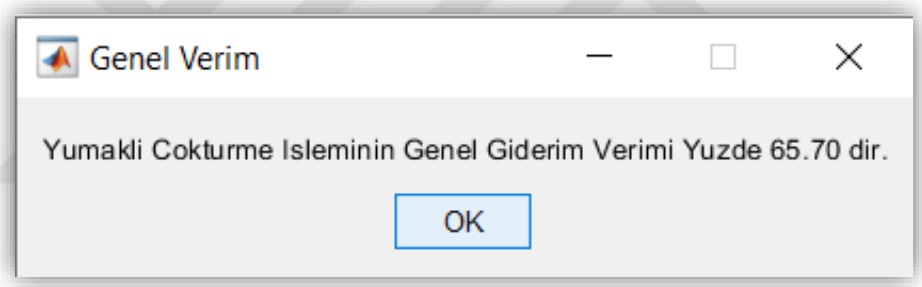
Kullanıcı gerekli parametrelerin girişini yaptığında, sonuç ekranında toplam partikül giderim oranı, % cinsinden gösterilir.



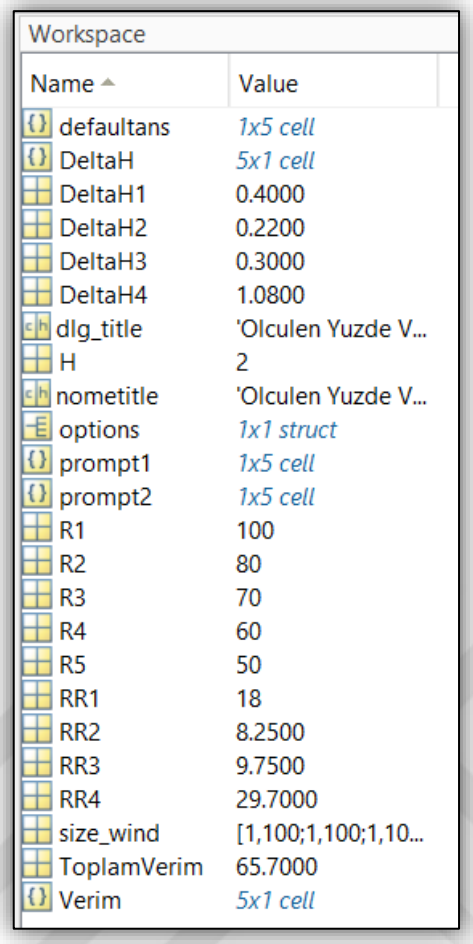
Şekil 6.2 Çöktürme kolonu deney verilerinden hareketle çizilen eş yüzde giderim eğrileri grafiğinden okunan değerlerin girildiği birinci pencere



Şekil 6.3 Çöktürme kolonu deney verilerinden hareketle çizilen eş yüzde giderim eğrileri grafiğinden okunan değerlerin girildiği ikinci pencere



Şekil 6.4 Yumaklı çökelme için gerçekleştirilen çöktürme kolonu deneyi için toplam partikül giderim yüzdesinin gösterildiği sonuç ekranı



Şekil 6.5 Çöktürme kolonu deneyi ile yumaklı çökelme giderim veriminin hesabı için tasarlanan MATLAB® programının çalışma alanı görüntüsü

7
OKSİJEN TRANSFERİ

7.1 Oksijen Transfer Sistemleri

Havalandırmalı havuzlar, aktif çamur sistemleri ve aerobik çürütücüler gibi birçok içme suyu ve atıksu arıtma sisteminde, oksijen olmazsa olmaz bir parametredir. İçme suyu elde edilen kaynak suları, çeşitli istenmeyen gazları ve demir, manganez gibi elementleri içerirler. Oksijen transfer sistemleri, içme sularında bu istenmeyen gazları ve elementleri sudan uzaklaştırmak için kullanılır. Mikroorganizmaların ana yürütücü olduğu atıksu arıtma sistemlerinde ise oksijen, mikrobiyal faaliyetlerin başlaması ve devam etmesi için gereken en önemli maddelerdendir [43].

Oksijen transferi, gaz halde bulunan oksijenin, sıvı içerisinde çözünmesi ve sıvı kütlesine yayılması olayıdır. Oksijen gazının çözünmüş oksijen formuna dönüştüğü bu olay, ilk olarak 1904 yılında Nernst tarafından, sonrasında ise1924 yılında Lewis ve Whitman tarafından iki film kuramı ile açıklanmıştır [44]. Lewis ve Whitman'ın iki film kuramının daha fazla kabul görmesinin sebebi, bu kuramda gaz ve sıvı arayüzlerinin her iki tarafında da etkileşimler olduğunun kabul edilmesi ve formülasyonların da buna göre geliştirilmesidir.

Gaz fazdaki oksijenin, çözünmüş oksijen formuna transferi genel olarak dört adımda gerçekleşir.

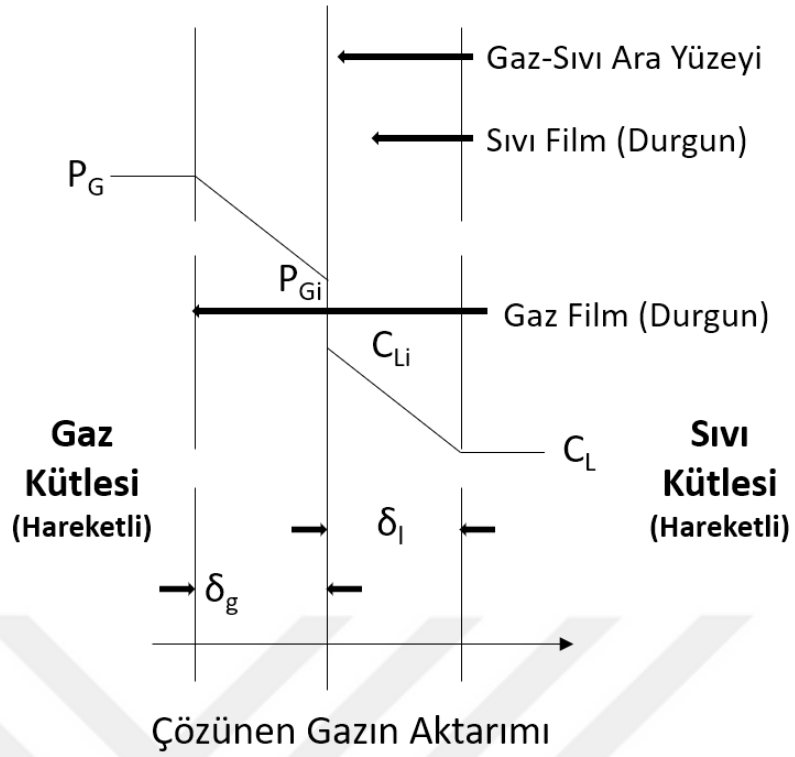
1. Adım: Oksijen, öncelikle buhar fazında gaz – sıvı ara yüzeyine taşınır.

2. Adım: Gaz, ara yüzün buhar kısmındaki gaz filmini geçer.

3. Adım: Gaz, ara yüzün sıvı kısmındaki sıvı filmini geçer.

4. Adım: Gaz ve sıvı filmleri geçen oksijen, sıvı kütlesi içerisinde yayılır [45].

Yukarıda adımları açıklanan oksijen transfer sisteminin şematik gösterimi Şekil 7.1'de verilmiştir.



Şekil 7.1 Gaz fazından sıvı fazına oksijen transfer aktarımının şeması [45]

Şeması verilen oksijen transfer sisteminde;

P_G gaz kütlesinde, P_{Gi} gaz ara yüzeyinde çözünen gaz derişimini,

C_L sıvı kütlesinde, C_{Li} sıvı ara yüzeyinde çözünen gaz derişimini,

δ_g gaz filmin, δ_L sıvı filmin kalınlığını ifade etmektedir.

Sıvı filmden geçen oksijen için kütle aktarım katsayısı K_L ile gösterilir ve Eşitlik (7.1) ile ifade edilir.

$$K_L = \frac{D}{\delta_L} \tag{7.1}$$

Eşitlik (7.1)'deki D parametresi ise difüzyon yani oksijenin sudaki yayılma katsayısını belirtmektedir. Sıvı filmden geçen oksijenin kütle aktarım sayısı olarak ifade edilen K_L, birim su hacmi başına düşen kabarcık ara yüzey alanı olan α sayısı ile çarpıldığında, tüm kütle aktarım sayısı olan $K_L\alpha$ parametresi elde edilmektedir. Çalışmanın bu kısmında, $K_L\alpha$ parametresinin teorik ve bilgisayar modellemesi ile hesaplamaları verilmektedir.

Sıvının gösterdiği direnç kontrol edilebilirdir. Dolayısıyla $P_G = P_{Gi}$ ve $C_s = C_{Li}$ olacaktır. C_s olarak adlandırılan parametre, çözünmüş oksijenin doygunluk derişimidir. Henry yasasında C_s ile sıvı içerisindeki oksijenin kısmî basıncı olarak ifade edilen P_G'nin arasındaki ilişki şu şekilde ifade edilmektedir [46]:

$$P_G = Henry\ Sabiti\ (k_H)\ x\ C_s \tag{7.2}$$

Oksijenin kütle aktarımında yürütücü güç $C_{Li} - C_L$'dir ve $C_s = C_{Li}$ olduğuna göre artık yürütücü güç C_s-C_L'dir. Verilen bu bilgiler ışığında, oksijen kütle aktarım hızı Eşitlik (7.3)'te gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$\frac{dC}{dt} = K_L\alpha\ x\ (C_s - C_L) \tag{7.3}$$

7.2 Deneysel Veriler Kullanılarak $K_L\alpha$ Değerinin Hesaplanması Problemi

15°C'de gerçekleştirilen yüzeysel havalandırma deneyinde belirli aralıklarla suyun içerisindeki çözünmüş oksijen konsantrasyonu ölçülmüştür. Ölçülen bu değerler Tablo 7.1'de verilmiştir. 20°C'deki $K_L\alpha$ değeri bulunmaya çalışılacaktır [47].

Tablo 7.1 Yüzeysel havalandırma deney verileri [47]

Zaman (t, dakika)	Çözünmüş Oksijen Konsantrasyonu (mg/L)
4	0.8
7	1.8
10	3.3
13	4.5
16	5.5

Tablo 7.1 Yüzeysel havalandırma deney verileri (devamı) [47]

Zaman (t, dakika)	**Çözünmüş Oksijen Konsantrasyonu (mg/L)**
19	6.2
22	7.3

Eşitlik (7.3), lineer formda yazılırsa Eşitlik (7.4) hâlini alır.

$$\log\ (\ C_s - \ C_t\ ) = \log\ (\ C_s - \ C_0\ ) - (\ \frac{K_L \alpha}{2.303} * t\ ) \qquad (7.4)$$

Lineer formda yazılan Eşitlik (7.4)'te;

C_t: t anındaki çözünmüş oksijen derişimini (mg/L),

C_0: ilk çözünmüş oksijen derişimini (mg/L),

t: ölçüm zamanını (dakika),

2.303 sayısı ise ln'den log'a geçmek için gereken çarpım katsayısıdır.

mg/L cinsinden sıcaklığın bir fonksiyonu olarak (15^oC'de) oksijenin hava doygunluğu konsantrasyonu (tatlı su ve 1 atm nemli hava), C_s = 10.08'dir [46].

Bu bilgiye göre zaman ve C_s – C_t tablosu oluşturulur.

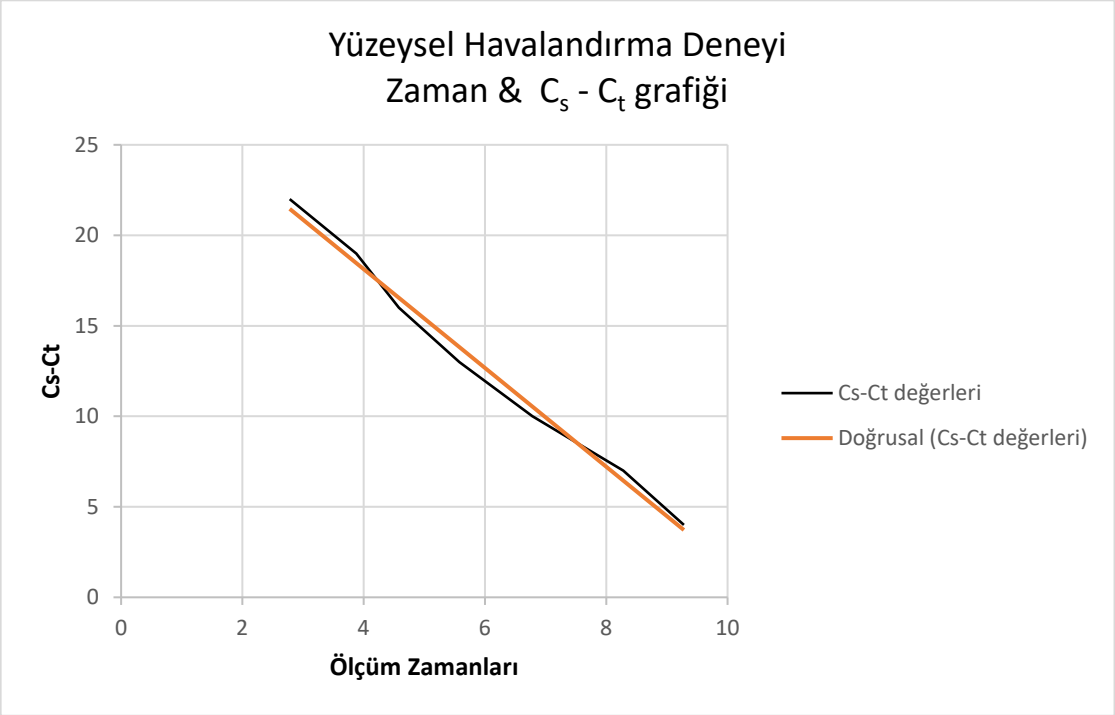
Tablo 7.2 Zamana göre C_s-C_t değerleri [47]

Zaman (t, dakika)	**C_s-C_t (mg/L)**
4	9.28
7	8.28
10	6.78

Tablo 7.2 Zamana göre C_s-C_t değerleri (devamı) [47]

Zaman (t, dakika)	C_s-C_t (mg/L)
13	5.58
16	4.58
19	3.88
22	2.78

Tablo 7.2'deki değerler ile bir grafik çizilir.



Şekil 7.2 Yüzeysel havalandırma deneyinde ölçüm zamanları ve ölçülen C_s-C_t değerlerinin ilişkisel grafiği

Bu grafikten hareketle, Eşitlik (7.4) kullanılarak, 7 ve 22. dakikalar arasındaki konsantrasyon farkı ile eğim hesabı yapılır.

$K_L\alpha = 2.303 * \frac{\log C_{t1} - \log C_{t2}}{t2 - t1} = 2.303 * \frac{\log 8.28 - \log 2.78}{22 - 7} = 0.0727$ bulunmaktadır.

15°C'deki $K_L\alpha$ değerinden hareketle 20°C'deki $K_L\alpha$ değerinin bulunması van't Hoff-Arhenius denklemi yardımıyla gerçekleşmektedir.

$$K_L\alpha_{(T)} = K_L\alpha_{(20^oC)}\, x\, \theta^{(T-20)} \quad (7.5)$$

Eşitlik (7.5) kullanılarak hesaplama yapılır. Bu denklemde θ sabiti 1.015 – 1.040 arasında bir değer almakla birlikte mekanik ve diffüzörlü havalandırma kullanılan sistemlerde 1.024 olarak kullanılmaktadır [47].

0.0727 = $K_L\alpha_{(20^oC)}$ * $(1.024)^{(15\text{-}20)}$,

$K_L\alpha_{(20^oC)}$ = 0.0819 bulunur.

Bulunan değerler saat bazında ifade edilmek istenirse 60 ile çarpılır. Böylece;

$K_L\alpha_{(15^oC)}$ = 4.36 ve $K_L\alpha_{(20^oC)}$ = 4.91 olarak hesaplanabilir.

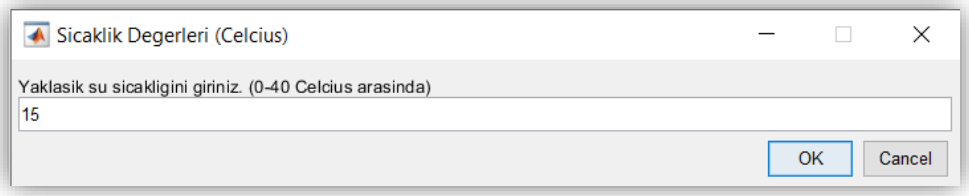
7.3 Deneysel Veriler Kullanılarak $K_L\alpha$ Değerinin Hesaplanma Probleminin Bilgisayar Tabanlı Modellenmesi

Yüzeysel havalandırma deney verilerini kullanarak çeşitli hesaplamaların hızlıca yapılabilmesi, grafiğin girilen verilere uygun ve düzgün bir şekilde çizilebilmesi ve de $K_L\alpha$ değerinin tam olarak bulunabilmesi için MATLAB® programında bir modelleme çalışması gerçekleştirilmiştir.

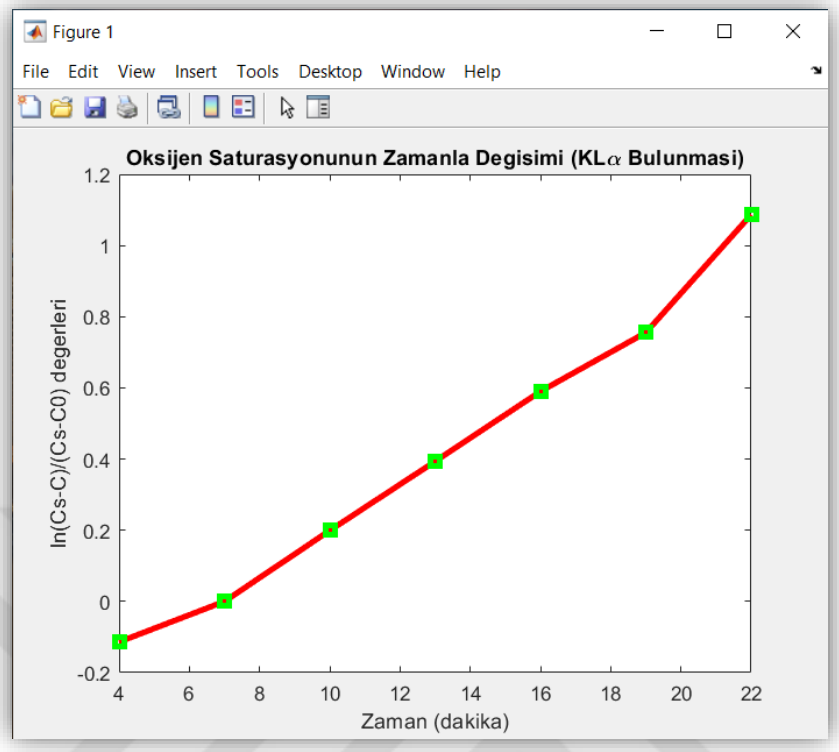
Program açıldığında ilk olarak deneyin hangi zaman aralıklarında yapıldığının ve bu zaman aralıklarında ölçülen çözünmüş oksijen konsantrasyon değerinin kullanıcı tarafından girilmesi istenir. Gerekli değerler işlendikten sonra açılan ikinci bir pencerede sadece tek bir soru sorulur. Bu soru, deneyin yapıldığı suyun sıcaklığının kaç Celcius olduğudur. Sıcaklık değeri de programa işlendiğinde kullanıcının karşısına zamana bağlı değişen $\frac{\ln(Cs-C)}{Cs-C0}$ değerlerinin ilişkisel çizgi grafiği gösterilir. Grafiğin hemen yanında ise sonuçları derleyen başka bir ekran bulunmaktadır. Bu ekranda girilen sıcaklık değeri ve grafikten okunan eğim değerlerinin listesi verilmektedir. Teorik çözümde eğim hesabı için kullanılan bileşenlere karşılık gelen değer, programın bulduğu eğim değeri ile yüksek oranda örtüşmektedir.



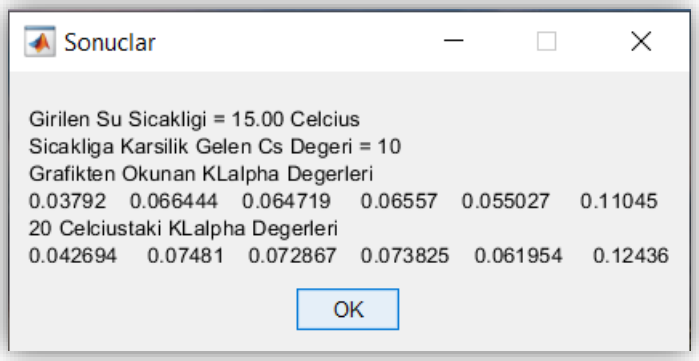
Şekil 7.3 Yüzeysel havalandırma deney verilerinin işlendiği MATLAB® ekranı



Şekil 7.4 Yüzeysel havalandırma deneyi için sıcaklık değerinin işlendiği MATLAB® ekranı



Şekil 7.5 Girilen yüzeysel havalandırma deney parametrelerine göre çizilen ln(C_s-C)/(C_s-C0)zaman grafiği



Şekil 7.6 Yüzeysel havalandırma deneyi için su sıcaklığı, C_s değeri, sıcaklık ve 20°C'deki $K_L\alpha$ değerlerinin gösterildiği sonuç ekranı

8
FOTOLİZ

8.1 Fotoliz Tepkimesi

Fotoliz, doğada gerçekleşen fotosentez tepkimelerinin önemli bir kısmını oluşturur. Güneş'ten gelen ışınlar, klorofil tarafından absorbe edilerek su molekülünün ayrışması sağlanır. Arıtma amacıyla tasarlanan fotoliz prosesi de buna benzer bir mantık kullanır. Atıksu içerisindeki kirleticiler, bir ışık kaynağından çıkan fotonlar tarafından absorbe edilerek bozunur. Fotosentezde ışık kaynağı olarak Güneş kullanılırken bir arıtma prosesi olan fotolizde ise ultraviyole lambalar kullanılmaktadır [48].

Fotoliz prosesi, bir ileri oksidasyon prosesidir. İleri oksidasyon prosesleri (İOP), organiklerin oksidatif olarak parçalanması için hidroksil radikallerinin (OH·) üretilmesi prensibine dayanan basınçlı su arıtma işlemleri olarak ifade edilmektedir [48]. Fotoliz dışında kullanılan İOP prosesleri şu şekildedir:

- H_2O_2/UV prosesi,
- H_2O_2/Ozon prosesi,
- Ozon/UV prosesi,
- Ozon/UV/H_2O_2 prosesi,
- Fenton prosesi ve
- yükseltilmiş pH'de Ozon prosesi.

Fotoliz prosesinin başarısı şu etkenlere bağlıdır:

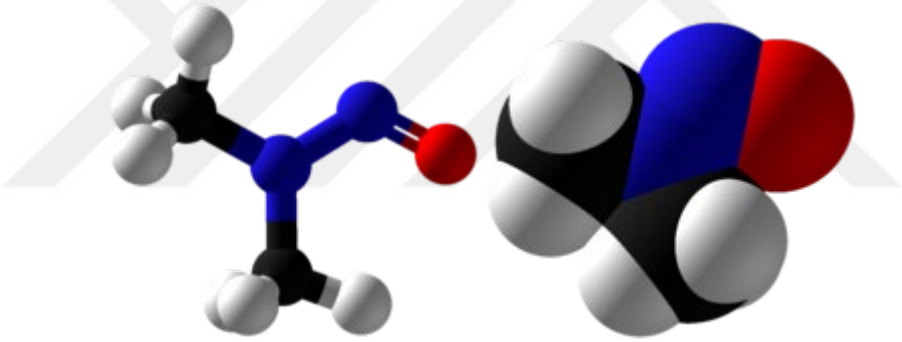
- Atıksu karakteristiği,
- Fotoliz reaktörlerinin tasarımı,
- Ampul sayısı ve
- Işığın dalga boyu.

Fotoliz prosesi, yalnız başına birçok organik kirleticinin giderimini sağlayamaz. Kirleticilerin daha efektif bir şekilde giderilebilmesi için çoğu zaman H_2O_2 gibi

oksidantların dozajlaması yapılır ancak NDMA gibi bazı organik maddelerin, H_2O_2 gibi oksidantlar eklendikten sonra gideriminin olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir. Bu yüzden NDMA kirleticisi, atıksularda sık rastlanan ve giderimi zor olan bir organik madde olarak, H_2O_2 eklenmeden yalnızca fotoliz prosesi ile giderilebildiği için birçok bilimsel çalışmanın konusu hâline gelmiştir [49].

8.1.2 NDMA Organik Bileşiği

NDMA, nitrosodimetilamin veya dimetilnitrözamin (DMN) olarak bilinen, $C_2H_6N_2O$ açık formülüne sahip bir organik bileşiktir. NDMA'nın moleküler ağırlığı 74 gram, yoğunluğu 1.005 g/mL, kaynama noktası 153.1°C ve kokusu belli belirsizdir. Bu bileşiğe roket yakıtında, içme suyu ve atıksularda, işlenmiş ette ve bazı deney hayvanlarında rastlanmıştır. Yürütülen araştırmalar sonucunda NDMA'nın aşırı toksik ve kanserojen bir madde olduğu tespit edilmiştir. Böylece yiyecek ve içeceklerden mutlak suretle giderilmesi gerekliliği doğmuştur [50].



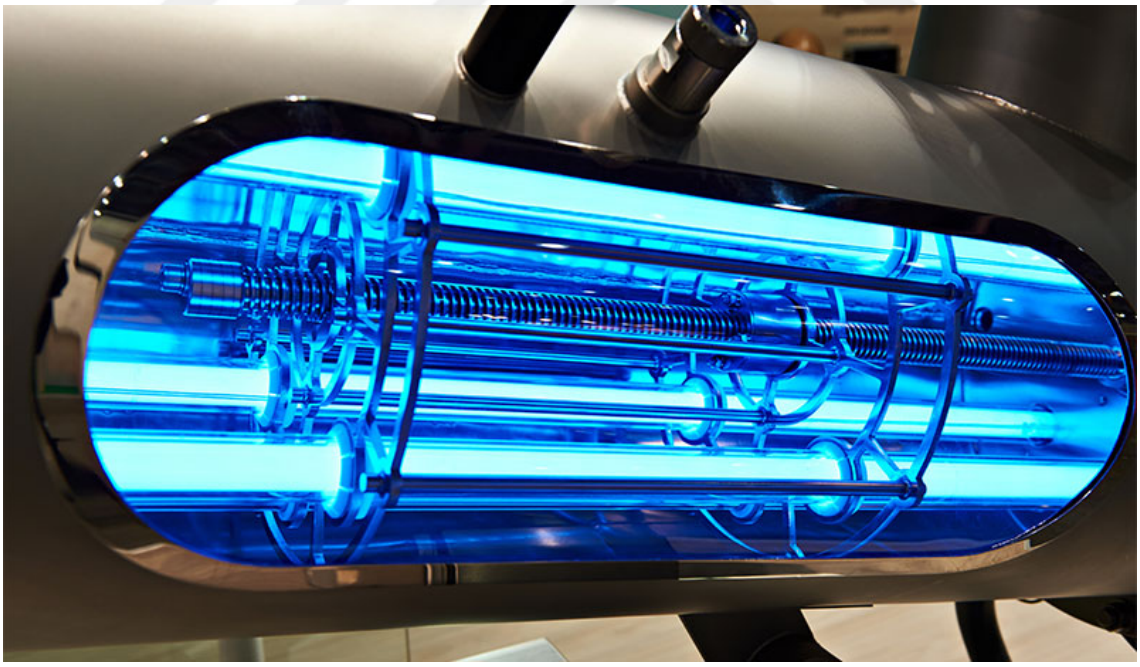
Şekil 8.1 NDMA bileşiğinin grafik modellemesi [51]

8.2 Fotolizin Endüstriyel Uygulamaları

Fotoliz reaktörlerinin tasarımı genelde paslanmaz çelik sütunlarla veya içinde ultraviyole lambaların bulunduğu borular kullanılarak yapılır. Ultraviyole lambalar, borulara üç farklı şekilde yerleştirilebilir. Bunlar: Akışa paralel, akışa dik ve akışa dik & çapraz desenli şeklindedir [52]. Fotoliz reaktörleri Şekil 8.2'de, kullanılan ultraviyole lambalar ise Şekil 8.3'te gösterilmiştir.



Şekil 8.2 Ultraviyole ışınları ile fotoliz gerçekleştirilen reaktörler ve kablo bağlantıları [53]



Şekil 8.3 Fotoliz reaktörlerinde kullanılan ultraviyole lambalar [54]

Fotoliz reaksiyonlarının verimli bir şekilde gerçekleşebilmesi için ultraviyole lambaların da doğru seçilmesi gerekmektedir. Genelde 200-400 nm. aralığında

foton yayan ultraviyole lambalar, reaksiyonların gerçekleştirilmesi için uygun enerjiyi sağlayabilirler. Lambaların, özelliklerine göre seçiminde 3 ana seçenek bulunmaktadır. Bunlar:

a. Düşük basınç-düşük yoğunluklu lambalar
b. Düşük basınç-yüksek yoğunluklu lambalar (darbeli ultraviyole lambaları olarak da bilinmektedir.)
c. Orta düzeyde basınç-yüksek yoğunluklu lambalardır.

Düşük basınçlı ultraviyole lambaları bütün fotonları 254 nm dalga boyutunda yayarken orta düzey basınçtaki lambalar ise farklı farklı dalga boylu fotonlar yayar [55].

8.3 Fotoliz Prosesi Dizaynı

Fotoliz reaksiyonu, ultraviyole lambadan yayılan fotonun, organik kirleticinin en dış orbitalindeki bir elektron tarafından soğurulup kimyasal reaksiyona girecek dengesiz bir bileşik oluşturması sonucu gerçekleşmektedir. Fotonun elektron tarafından absorbe edilme yeteneği "Beer-Lambert Yasası", Eşitlik (8.1) ile hesaplanmaktadır.

$$log\frac{I}{I_0} = -\varepsilon(\lambda) * C * x = -k(\lambda) * x = -A(\lambda) \quad (8.1)$$

Eşitlik (8.1)'de;

I: Kirletici muhteva eden atıksudan geçtikten sonra λ dalga boylu ışığın yoğunluğu, (einstein/cm^2/s)

I_0: Distile su gibi bir blank çözeltinin belirli bir derinliğinden (genellikle 1.0 cm) geçirildikten sonra λ dalga boylu ışığın yoğunluğu, (einstein/cm^2/s)

ε(λ): Giderim katsayısı veya atıksuyun, λ dalga boylu ışığı molar absorblama kapasitesi, (L /mol/cm) (log_{10}luk sayı düzenine göredir.)

λ: Dalga boyu, (nm)

C: Işığı absorplayan atıksuyun molaritesi (molar konsantrasyonu), (mol/L)

x: Işığın katettiği yol, (cm)

k(λ): Atık suyun ışığı absorplama kapasitesi, (bu eşitlik aynı zamanda ε(λ)*C'ye eşittir.) (cm^{-1}) (log_{10}luk sayı düzenine göredir.)

A(λ): Atık suyun ışığı absorplama kapasitesi, (bu eşitlik aynı zamanda k(λ)*x'e eşittir.) (birimsiz, boyutsuz)

Giderim katsayısı, dalga boyunun bir fonksiyonudur. Çünkü dalga boyu kısaldıkça daha yüksek enerjili fotonlar absorplanır böylece bileşiğin ışığı absorplama kapasitesi de artar. Çeşitli bileşikler için giderilme katsayısı değerleri Tablo 8.1'de gösterilmiştir.

Tablo 8.1 Fotoliz prosesi için çeşitli bileşikler için giderilme katsayısı değerleri [56]

Bileşikler	**Giderim Katsayısı (L/mol/cm)** **ε (λ) değeri → λ = 254 nm**
NO_3^-	3.8
HOCl	53.4
OCl^-	155
O_3	3300
ClO_2	108
TCE (Trikloroetilen) (C_2HCl_3)	8-9
PCE (Tetrakloroetilen) (C_2Cl_4)	205
NDMA	1974
Su (H_2O)	$6.1 * 10^{-6}$

Fotoliz reaktörlerinin dizaynında bir diğer önemli parametre ise "kuantum verimi"dir. Bu parametre, ϕ ile gösterilmektedir. Işığın dalga boyu ve kirletici organik maddenin yapısı değiştikçe farklı değerler alır.

$$\phi\ (\lambda)\ =\ \frac{-\ k_R}{I_a} \tag{8.2}$$

Eşitlik (8.2)'de;

ϕ (λ): Dalga boyunun bir fonksiyonu olarak kuantum verimi, (mol/einstein)

k_R: Fotoliz reaksiyon hız sabiti, (mol/cm^3 * s)

I_a: Foton absorplanma hızıdır.

Yürütülen çalışmalarda 254 nm dalga boyu için elde edilen ϕ değerleri Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

Reaktörün içinde gerçekleşen fotoliz reaksiyonunun ortalama hız sabiti (k_{avg}) ise Eşitlik (8.3)'te gösterildiği gibidir.

$$k_{avg}\ =\phi\ (\lambda) * \ P_R\ *\ \frac{\varepsilon'(\lambda)}{\mathrm{k}'(\lambda)} \tag{8.3}$$

Bu eşitlikte ε'(λ) ve k'(λ), eksponansiyel düzende hesaplanmaktadır. P_R ifadesi ise reaktöre giren toplam fotonik enerjiyi ifade etmekte olup Eşitlik (8.4)'te gösterildiği şekilde elde edilmektedir.

$$P_R\ =\ \frac{\text{Toplam lamba gücü (J/s)}\ *\ \text{Çıkış verimi}\ *\ \lambda\ (\text{m.})}{V_{reaktör}\ (L)\ *\ N_A\ *\ h\ *\ c} \tag{8.4}$$

Bu eşitlikte;

N_A: Avogadro sayısıdır. 1 mol fotonun enerjisini ifade eder. ~ 6.023 * 10^{23} 1/einstein

h: Planck sabiti ~ 6.62 * 10^{-34} J.s

c: Işık hızı ~ 3 * 10^8 m/s

Tablo 8.2 Fotoliz prosesi için çeşitli bileşikler için kuantum verimi değerleri [57]

Bileşikler	**Kuantum verimi (mol/einstein) ϕ (λ) değeri → λ = 254 nm**
OCl^-	0.23, 0.52
O_3	0.5, 0.48 ± 0.6
ClO_2	0.44
$NaClO_2$	0.72
TCE (Trikloroetilen) (C_2HCl_3)	0.54
PCE (Tetrakloroetilen) (C_2Cl_4)	0.29, 0.31 ± 0.08
NDMA	0.3

Atıksu içerisindeki kirletici maddelerin, ultraviyole ampüllerin elektriksel gücü ile giderildiği bu reaktörlerde elektriksel verimlilik ve günlük enerji kullanımı da oldukça önemli detaylardandır. Kullanılan reaktör tipine (kesikli/tam karışımlı vb.) göre elektriksel verimliliğin hesaplanması için bazı eşitlikler geliştirilmiştir.

$$EE/O_{kesikli} = \frac{\text{Toplam lamba gücü} * t}{V_{reaktör} * \log\frac{C_{başlangıç}}{C_{çıkış}}} \quad (8.5)$$

$$EE/O_{tam\ karışımlı} = \frac{\text{Toplam lamba gücü}}{Q * \log\frac{C_{başlangıç}}{C_{çıkış}}} \quad (8.6)$$

EE/O değeri genelde kWsa/m^3 cinsinden belirtilir. Parametrelerin birim çevirmeleri buna uygun yapılmalıdır. Eşitlik (8.5)'te verilen, kesikli reaktörler için "t" parametresi, reaktöre ampullerden yayılan fotonların girdiği toplam süreyi ifade etmektedir.

8.4 Fotoliz Prosesi Dizayn Problemi

Bir atıksu arıtma tesisinden alınan örnek veriler doğrultusunda NDMA giderimi için fotoliz prosesi dizayn edilmek istenmektedir. Atıksu ve fotoliz prosesi ile ilgili gerekli bilgiler Tablo 8.3'te gösterildiği gibidir [52].

Tablo 8.3 Fotoliz proses dizaynı için gerekli bilgiler [52]

Bileşen	**Değeri ve Birimi**
Atıksu NDMA konsantrasyonu	50 ng/L
Yönetmelikte izin verilen çıkış NDMA konsantrasyonu	1 ng/L
Kullanılacak olan her bir reaktörün hacmi	242 L
Her reaktörde yer alacak lamba sayısı	72
Reaktör sayısı ve tipi, akış tipi	3, Tam karışımlı, 1. derece kinetik
Lambaların elektriksel gücü	200 W
Çıkış verimi	%30
k'(λ) ve λ = 254 nm	0.02 cm^{-1}

Tablo 8.3'te verilen bilgilere göre hesaplamalar yapılır.

Toplam lamba gücü = 72 * 200 = 14400 W = 14.4 kW = 14.4 J/s

Eşitlik (8.4) kullanılarak toplam fotonik enerji hesaplanır.

$P_R = \frac{14.4 * 0.3 * 254 * 10^{-9}}{242 * 6.02 * 10^{23} * 6.62 * 10^{-34} * 3 * 10^{8}}$ = 3.8 * 10^{-5} einstein/L*s bulunmaktadır.

Tablo 8.1'den; ε(λ_{254}): 1974 L/mol*cm olduğu görülmektedir. Eksponansiyel düzende giderilme katsayısı hesaplanmak istenirse $\log_{10}$'luk değer 2.303 ile çarpılmalıdır.

$\varepsilon'(\lambda_{254})$ = 2.303 * 1974 = 4546 L/mol*cm bulunmaktadır.

NDMA bileşiği için kuantum verimi değerinin, Tablo 8.2'den ϕ = 0.3 olduğu görülmektedir.

Eştilik (8.3) kullanılarak fotoliz reaksiyonunun ortalama hızı hesaplanır:

$k_{avg} = 0.3 * 3.8 * 10^{-5} * \frac{4546}{0.02}$ = 2.59 s^{-1} bulunmaktadır.

1. derece kinetiğe uyumlu tam karışımlı reaktörler için hidrolik alıkoyma süresi hesaplanır (τ):

$$\frac{C_{NDMA_{çıkış}}}{C_{NDMA_{başlangıç}}} = \frac{1}{\left[1 + k_{avg_{NDMA}} * (\tau/3)\right]^3} \rightarrow \frac{1}{50} = \frac{1}{[1 + 2.59 * (\tau/3)]^3}$$

τ = 3.11 s. bulunmaktadır.

Reaktör içerisindeki atıksuyun debisi de hidrolik alıkoyma süresinden hareketle bulunabilir. (Q)

$\tau = \frac{V}{Q} \rightarrow 3.11 = \frac{242}{Q}$

Q = 77.7 L/s = 0.077 m^3/s = 279.72 m^3/sa bulunmaktadır.

Son olarak, prosesin elektrik verimliliği ve günlük enerji kullanımı ölçülmelidir.

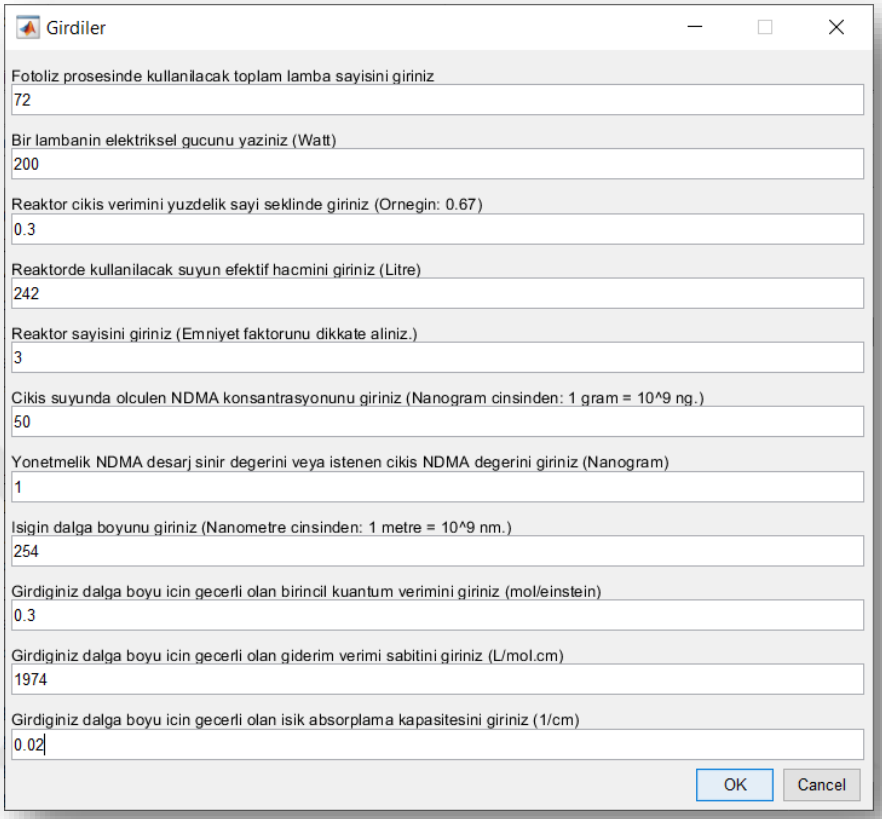
$EE/O = \frac{14.4}{279.72 * \log\frac{50}{1}}$ = 0.0303 $kWsa/m^3$ bulunmaktadır.

Günlük enerji kullanımı = 3 reaktör * 14.4 kW * 24 = 1037 kWsa/gün bulunur.

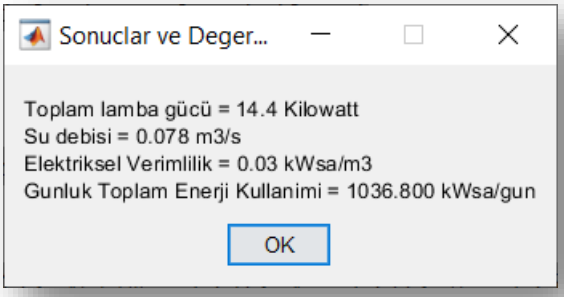
8.5 Fotoliz Prosesi Dizayn Probleminin Bilgisayar Tabanlı Modellenmesi

Açıklama kısmında bahsedilen tüm parametreler ve denklemler, MATLAB® programı aracılığıyla modellenmiştir. 5 adımdan meydana gelen programın 1. adımında kullanıcıdan Tablo 8.3'te yer alan parametrelerin işlenilmesi istenir. Programın 2. adımında Avogadro ve Planck sabiti ve ışık hızı gibi çok basamaklı karışık görünen sayılar tanımlanır. 3. adımda elektriksel, 4. adımda ise hidrolik hesaplamalar, işlenen denklemler doğrultusunda, program tarafından otomatik olarak gerçekleştirilir. Son adımda ise elektriksel verimlilik ve günlük enerji

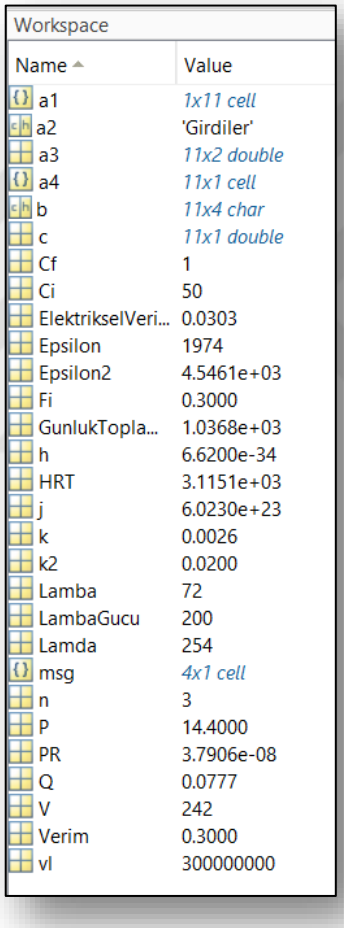
kullanımı hesabı yapılarak sonuç ekranına ulaşılır. Parametrelerin kullanıcı tarafından girileceği ekran Şekil 8.4'te, sonuç penceresi Şekil 8.5'te ve parametreler ile değerlerinin yer aldığı MATLAB® çalışma alanı ise Şekil 8.6'da gösterilmiştir.



Şekil 8.4 Fotoliz prosesi dizayn programı için parametre işleme ekranı



Şekil 8.5 Fotoliz prosesi dizayn programı sonuç değerleri penceresi



Şekil 8.6 Fotoliz prosesi dizaynı programı MATLAB® çalışma alanı bölümü

9
FİLTRASYON

9.1 İçme Suyu Arıtımında Filtreler ve Filtrasyon Mekanizması

Filtrasyon, su içerisinde bulunan ince askıda katı maddelerin ve diğer çeşitli kirleticilerin (amonyak, demir, mangan ve mikroorganizmalar) gözenekli bir ortamdan geçirilerek sudan ayrılması işlemidir. Esasında hem içme suyu arıtımında hem atıksu arıtımında kullanılmaktadır. İçme suyu arıtımında koagülasyon veya çöktürme ünitelerinden sonra yüksek nitelikli içme suyu eldesinde kullanılırken atıksu arıtımında genellikle ikincil arıtmadan çıkan atıksuların süzülmesi amacıyla kullanılır.

Filtrasyon ünitelerinde suyun geçirileceği bir gözenekli ortam gereklidir. Kullanılan malzeme türüne göre filtreler üç şekilde sınıflandırılabilir:

- Tek ortamlı filtre: Bu filtrelerde ortam genellikle kum veya parçalanmış taş kömüründen oluşur.
- Çift ortamlı filtre: Bu filtrelerde kum da parçalanmış taş kömürü de birlikte tercih edilebilir.
- Çok ortamlı filtre: Parçalanmış taş kömürü, kum ve granat gibi çok çeşitli malzemelerin birlikte kullanıldığı filtrelerdir.

Su arıtımında tüm filtre ortamlarının kullanıldığı bilinse de son yıllarda çok ortamlı filtrelerin kullanımında artış görülmektedir [58].

Hızlarına göre filtreler genellikle iki çeşittir: Hızlı ve yavaş kum filtreleridir. Tablo 9.1'de hızlı ve yavaş kum filtrelerinin kıyaslaması verilmiştir.

Hidrolik şartlara göre filtreler ise genellikle üç çeşittir:

- Yer çekimi ile çalışan filtreler: Su yerçekimi etkisiyle akar, filtrenin üstü açıktır yani ortamdaki basınç, atmosfer basıncına eşittir.
- Yukarı akışlı filtreler: Suyun filtreye girişi aşağıdan olmakla birlikte akış yukarı yönlüdür.

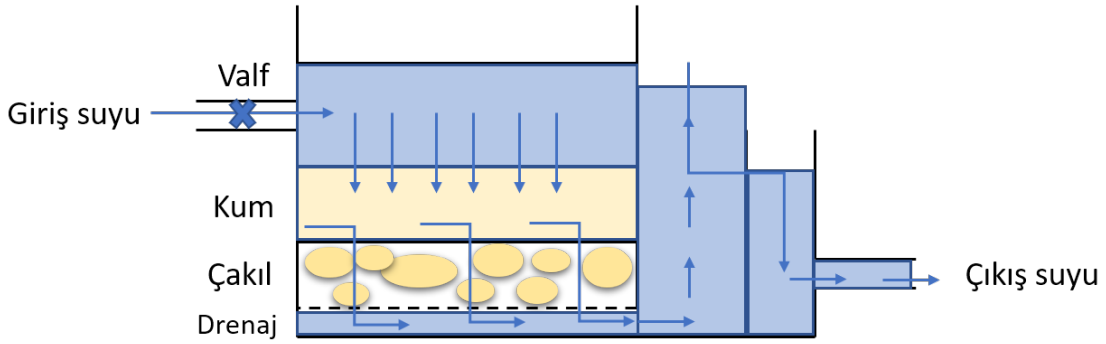
- Basınçlı filtreler: Bu filtrelerde suyun filtreye girişi ve çıkışı basınçla olur. Pompa veya tulumba gibi bir mekanizma kullanılır [59].

Tablo 9.1 Hızlı ve yavaş kum filtrelerinin karşılaştırılması [60]

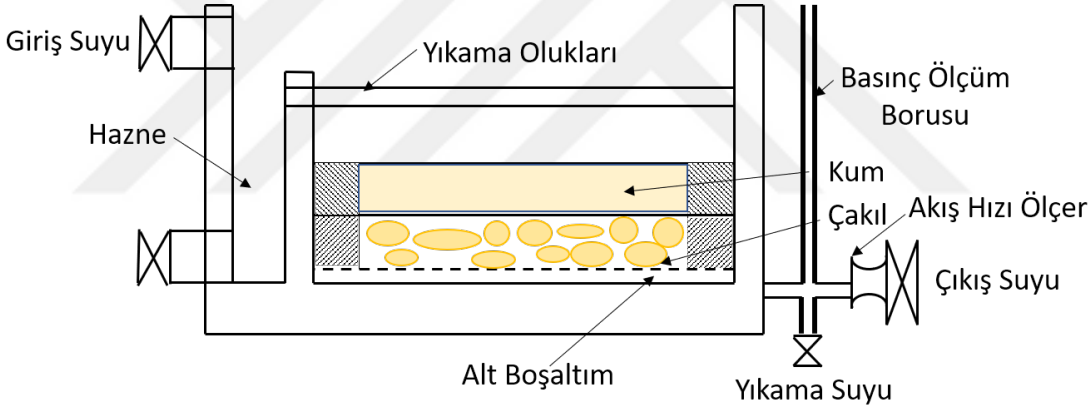
Özellik	**Hızlı Kum Filtreleri**	**Yavaş Kum Filtreleri**
Filtrasyon hızı ($m^3/m^2/sa$)	5 – 15	0.1 – 0.5
Kumun dane çapı (mm)	0.5 – 2	0.15 – 0.35
Malzeme üniformluk katsayısı (u = $\frac{d_{60}}{d_{10}}$)	< 1.5	2 – 3
Yatak kalınlığı (m)	0.5 – 2	0.6 – 1.2
Su yüksekliği (m)	0.25 – 2	1.0 – 1.5
Temizleme şekli	Geri yıkama	Sıyırma
Temizleme aralığı (gün)	1 – 3	90 – 120
Bir filtrenin en düşük ve en büyük yüzey alanı (m^2)	10 – 20 100 – 200	100 – 200 2000 – 5000
Filtre sayısı (n)	4 – 40	-
Yatırım ve inşa maliyeti	Düşük	Yüksek
İşletme maliyeti	Yüksek	Düşük
Tesis ömrü	Kısa	Uzun
Yetişmiş eleman ihtiyacı	Fazla	Az

Yatırım maliyetine katlanıldığı takdirde yavaş kum filtrelerinin avantajı daha fazladır. Hem eleman ihtiyacı az, hem uzun ömürlü hem de işletme maliyeti açısından avantajlıdır.

Hızlı ve yavaş kum filtrelerinin şematik gösterimi Şekil 9.1 ve Şekil 9.2'de verilmiştir.



Şekil 9.1 Yavaş kum filtresinin boyuna kesiti [59]



Şekil 9.2 Hızlı kum filtresinin boyuna kesiti [59]

Kum filtrelerinde su, geçtiği vana, orifis, kanal ve yatak gibi alanlarda yük kaybına uğrayacaktır. Filtre tasarımında bu hidrolik hesapların yapılması şarttır. Yük kayıpları, Darcy-Weisbach eşitliğinden türetilen Carman-Kozeny eşitliği ile hesaplanabilmektedir.

$$H_0 = \frac{180 * \nu * (1 - P_0)^2 * V * L}{g * (P_0)^3 * (d_h)^2} \tag{9.1}$$

Carman-Kozeny eşitliğinde;

H_0: filtre yatağının başlangıçtaki yük kaybını (m),

ν: kinematik viskoziteyi (m^2/s),

P_0: temiz filtre yatağının porozitesini,

V: filtrasyon hızını (m/s),

d_h: filtre malzemesinin hidrolik çapını (m),

L: filtre yatağının kalınlığını (m) ifade etmektedir.

Eşitlik (9.1)'de yer alan kinematik viskozite parametresi, su sıcaklığına bağlı olarak değişen değerler almaktadır. Eşitlikte yer alan malzeme hidrolik çapı ise Eşitlik (9.2) yardımıyla bulunmaktadır.

$$d_h = \varphi * d_s \tag{9.2}$$

Eşitlik (9.2)'de;

φ: şekil katsayısını,

d_s: spesifik dane çapını ifade etmektedir.

Şekil katsayısı, filtre malzemesinin şekline bağlı bir parametre olup küre için bu katsayı 1 kabul edilmekte, küreye yakın bir şekil için ise 0.95 alınmaktadır. Diğer şekiller için ise genel olarak 0.65 – 0.95 aralığında bir değer seçilebilmektedir [61].

Boru içerisinde oluşacak yük kayıpları ise kısaca Eşitlik (9.3) yardımıyla bulunabilir.

$$H_{boru} = k * \frac{V^2}{2 * g} \tag{9.3}$$

Denklem (9.3)'te verilen k parametresi, borunun yapıldığı malzemeye göre değişen değerler alır. Boru malzemesine ve üretici kataloglarına göre seçilecek bir k değeri ile hesaplamalar yapılır.

9.2 Azalan Debili Birçok Filtrenin Kullanıldığı Filtrasyon Ünitesinde İstenen Yük Kayıplarına ve Maksimum Filtrasyon Debisine Ulaşabilmek İçin Gerçekleştirilecek Tasarım Problemi

Azalan debili filtrasyon, toplam yük kaybının sabit tutulduğu filtrasyon çeşididir. Yani filtre yatağında oluşan yük kaybı, filtre tabanında oluşan yük kaybı ve borularda oluşan yük kayıplarının toplamı her zaman sabit bir sayıya eşit olacaktır. Bu durumda debi, başlangıçta en yüksek iken zamanla azalacaktır.

Filtrelere giren suyun debisinin, ortalama filtrasyon hızının ve filtre sayısının bilindiği bir deney ortamı için yük kaybı ve maksimum filtrasyon debisi açısından ulaşılması gereken bazı hedefler belirlenmiştir. Bu hedef sayılara ulaşabilmek için hangi parametrenin hangi değerleri alacağı hesaplanacaktır [59].

Tablo 9.2 Azalan debili filtrasyon için belirlenen hedefler ve diğer veriler [59]

Parametre	**Hedef Sayı/Veri**
Maksimum filtrasyon debisi ($m^3/m^2/sa$)	17.5
Kum yatağın yük kaybı (mss)	0.85
Taban çakılında oluşan yük kaybı (mss)	0.02
Taban drenajının yük kaybı (mss)	0.21
Filtrelerden temiz su haznesine giden borunun ebatları	300 mm iç çap 4 m uzunluk
Boru üzerindeki vananın ebatı	300 mm
Temiz su haznesi savağının üzerinden itibaren suyun filtre içerisinde ulaşacağı maksimum yükseklik (m)	1.8
Filtre sayısı	8

Tablo 9.2 Azalan debili filtrasyon için belirlenen hedefler ve diğer veriler (devamı) [59]

Parametre	Hedef Sayı/Veri
"k" değerleri	Girişte 0.5, Çıkışta 1.0, Vana için 0.2, T parçası için 0.2
Ortalama filtre hızı ($m^3/m^2/sa$)	12.5
Filtreye giren ham su debisi (m^3/gün)	45000
Su sıcaklığı	20°C

Filtre ortamında debiyi sınırlarından bir de orifis mevcuttur. Tabloda verilen hedef sayılar ve mevcut bilinen veriler ışığında, aşağıda maddeler hâlinde verilen sorulara cevap aranacaktır.

- Filtre içindeki su, maksimum yüksekliğe ulaştığı zaman, filtrenin maksimum debisinin 17.5 m/sa olabilmesı için orifisteki gerekli yük kaybı ne olmalıdır?
- Hedef yük kayıplarına ulaşmak için orifisin çapı kaç mm olmalıdır?
- Filtrasyon hızının, filtre kirlendikten sonra 8.5 m/sa'e düştüğü kabul edilirse, filtre malzemesi üzerinde kalan mevcut yük ne kadar olacaktır?
- Tüm filtreler kirletilmeden, 12.5 $m^3/m^2/sa$ hızda çalıştırılmaya başlanırsa filtrelerin üzerindeki suyun düşeceği en alçak seviye kaç m olur?

1. Adım: Filtre boyutlarının bulunması

$$\frac{45000\frac{m^3}{gün}}{8\ filtre * 12.5\frac{m^3}{m^2 * sa} * 24\frac{sa}{gün}} = 18.75\ m^2/\text{filtre bulunur.}$$

2. Adım: Filtredeki akımların bulunması

Her filtredeki ortalama akım: $\frac{45000\frac{m^3}{gün}}{8\ filtre} = 5625\ m^3/gün,$

Her filtredeki maksimum akım: $18.75\ m^2 * 17.5 \frac{m^3}{m^2 * sa} * 24 \frac{sa}{gün}$ = 7875 m^3/gün,

Her filtredeki minimum akım: $18.75\ m^2 * 8.5 \frac{m^3}{m^2 * sa} * 24 \frac{sa}{gün}$ = 3825 m^3/gün,

3. Adım: Orifis yük kaybının hesaplanması

Orifiste gerçekleşmesi gereken yük kaybı = 1.8 m – Σ kayıplar;

Σ kayıplar = 0.85 + 0.02 + 0.21 + Boru kayıpları;

Boru kayıpları = $\Sigma\ k * \frac{V^2}{2*g}$ = (0.5 + 1.0 + 0.2 + 0.2) * $\frac{V^2}{2*g}$ olacaktır.

V = $\frac{Q}{A} = \frac{7875 \frac{m^3}{gün}}{\frac{\pi * 0.3^2}{4} * 86400 \frac{s}{gün}}$ = 1.29 m/s olarak bulunur.

Bulunan V parametresi, boru kayıpları eşitliğindeki yerine konursa;

Boru kayıpları = (0.5 + 1.0 + 0.2 + 0.2) * $\frac{1.29^2}{2*9.81}$ = 0.16 m olacaktır.

Σ kayıplar = 0.85 + 0.02 + 0.21 + 0.16 = 1.24 m

Orifiste gerçekleşmesi gereken yük kaybı da 1.8 – 1.24 = 0.56 m bulunur.

4. Adım: Orifis çapının hesaplanması

Orifisin çapı, Eşitlik (9.4) yardımıyla bulunabilir.

$$Q = C * a * \sqrt{\frac{2 * g * \left(\frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma}\right)^2}{1 - C^2 * \left(\frac{a}{a_1}\right)^2}} \qquad (9.4)$$

Eşitlik (9.4)'te;

$(\frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma})^2$ ile verilen parametre, boru içindeki herhangi bir üst noktadan akımın en dar olduğu noktaya kadar olan yük kaybını ifade eder.

a, orifisin alanını; a_1 ise borunun taban alanını ifade etmektedir.

C ile gösterilen parametre, orifis katsayısıdır. Orifis çapının da kullanılarak hesaplandığı Reynold sayısı eğer 10 000'den fazla ise C değeri 0.61 alınır.

Hesaplamalarda gereken yük kaybı, akımın en dar olduğu noktaya kadar olan değil borunun alt kısımlarına kadar olan yük kaybıdır. Akım en dar noktadan geçtikten sonra bir miktar daha enerji kazanacaktır. Bu kazanım ile orifiste gerçekleşen yük kaybı arasında Eşitlik (9.5)'teki gibi bir ilişki olduğu bulunmuştur [62].

$$Orifiste\ gerçekleşen\ yük\ kaybı = \frac{\left(\frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma}\right)^2}{0.70} \tag{9.5}$$

Dolayısı ile $\left(\frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma}\right)^2$ ile verilen yük kaybının 0.56/0.70=0.8 m olduğu söylenebilir. Bulunan bu değer, Eşitlik (9.4)'teki yerine yazılırsa;

$\frac{7875\ m^3}{gün} * \frac{\frac{1}{86400}\ gün}{s} = 0.61 * \pi * \frac{d^2}{4} * \sqrt{\frac{2*9.81*0.8}{1-(0.61)^2 * \frac{\pi * \frac{d^4}{4}}{\pi * \frac{(0.3)^2}{4}}}}$ hâline gelir. Bu ifadede orifisin çapı, ancak iterasyon yolu ile bulunabilir. İterasyon, bilgisayar ortamında modelleme yapmak için en büyük itici güçlerden biridir. Çünkü doğru sayıyı bulmak oldukça zaman alıcı bir iştir.

d parametresi yerine 0.21 sayısı konur ve gerekli işlemler yapılırsa 0.21'in bu eşitliği sağladığı görülür. Bulunan 0.21 m çapı ile orifisin hızı kontrol edilirse;

V = 1.29 $\frac{m}{s} * \left(\frac{0.3}{0.21}\right)^2$ = 2.63 m/s bulunur. Orifisin hızı kullanılarak Reynolds sayısı hesaplanırsa;

$$Re = \frac{V * d}{\nu} \tag{9.6}$$

20 ^oC'deki kinematik viskozite 10^{-6} m^2/s'dir.

Re = $\frac{2.63\ \frac{m}{s} * 0.21\ m.}{10^{-6}\ \frac{m^2}{s}}$ = 552000 bulunur. Reynold sayısının 10000'den fazla olması varsayımı ile C = 0.61 kabul edilmişti. 0.61 kabulü ile Re > 10000 çıktığı için C'nin değerinin değiştirilerek yeniden hesaplama yapılmasına gerek yoktur.

5. Adım: Türbülanslı ve laminer akım yük kayıplarının hesaplanması

$$Türbülanslı\ yük\ kayıpları\ =\ \Sigma\ yük\ kaybı * \left(\frac{İstenen\ hız}{Mevcut\ hız}\right)^2 \quad (9.7)$$

$$Laminer\ yük\ kayıpları\ =\ \Sigma\ yük\ kaybı * \left(\frac{İstenen\ hız}{Mevcut\ hız}\right) \quad (9.8)$$

Mevcut hızdaki (17.5 m/sa) toplam türbülanslı kayıplar:

Σ = orifis yük kaybı + taban drenajı yük kaybı + boru yük kaybı;

Σ = 0.56 + 0.21 + 0.16 = 0.93 m bulunur.

Filtrasyonun sonlarına doğru filtre hızının 8.5 m/sa'e düşeceği belirtilmişti. Bu hızdaki türbülanslı kayıplar Eşitlik (9.7) yardımı ile hesaplanır:

$0.93 * \left(\frac{8.5}{17.5}\right)^2$ = 0.22 m bulunur.

Kum içerisindeki kayıplar toplam yük kayıplarından çıkarılırsa filtre tabanındaki (çakıldaki) yük kaybı 0.02 m olacaktır.

$0.02 * \left(\frac{8.5}{17.5}\right)$ = 0.01 m bulunur.

8.5 m/sa filtre hızındaki toplam yük kaybı = 0.22 + 0.01 = 0.23 m olacaktır.

Kirlenmiş kum içerisindeki yük kaybı da 1.8 – 0.23 = 1.57 m bulunur.

12.5 m^3/m^2/sa hızda filtreler temiz bir şekilde çalıştırılmaya başlanırsa türbülanslı kayıplar;

$0.93 * \left(\frac{12.5}{17.5}\right)^2$ = 0.47 m

Bu hızdaki laminer kayıplar ise;

$(0.85 + 0.02) * \left(\frac{12.5}{17.5}\right)$ = 0.62 m bulunur.

12.5 m^3/m^2/sa hızda en düşük su seviyesi 0.47 + 0.62 = 1.09 m bulunacaktır.

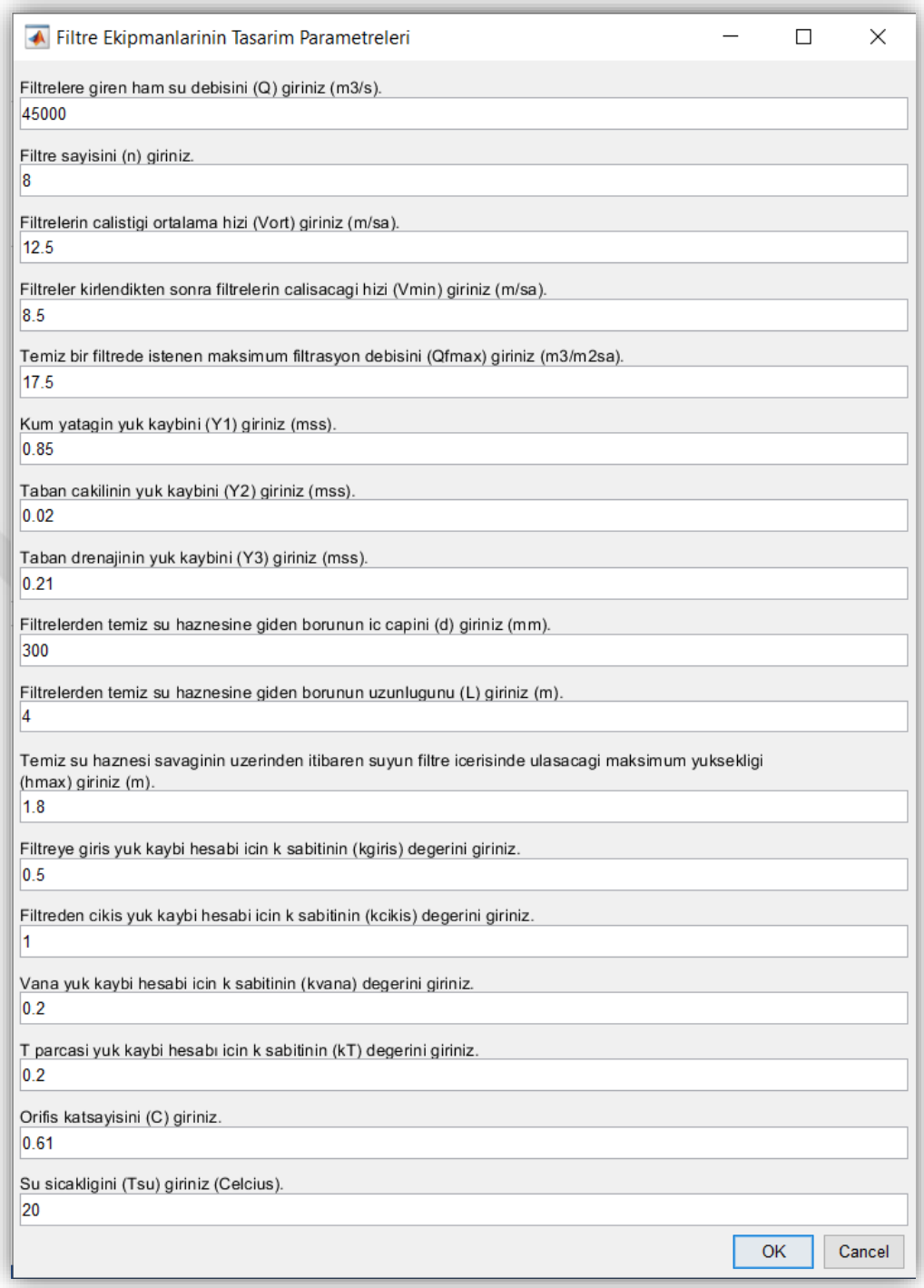
Tüm filtreler temiz iken en düşük su seviyesi, temiz su savağının 1.09 m yükseğindedir.

9.3 Azalan Debili Birçok Filtrenin Kullanıldığı Filtrasyon Ünitesi İçin Bilgisayar Tabanlı Modelleme Gerçekleştirilmesi

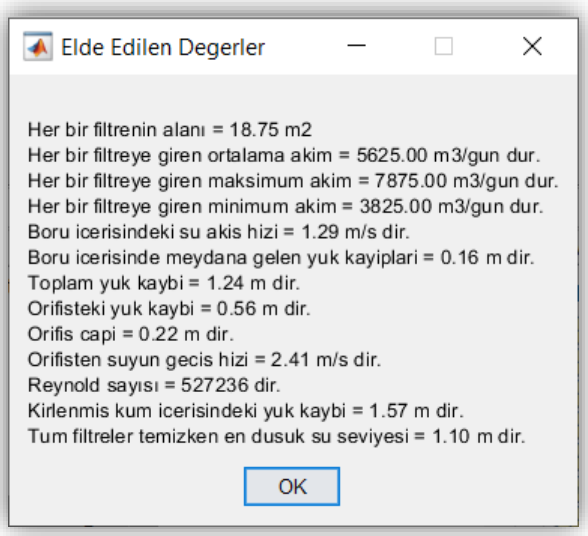
Teorik çözümü verilen azalan debili filtre probleminin içeriğindeki her parametre için tanımlanmış ayrı bir formül bulunması, bazı formüllerin iterasyon gerektirmesi; terimlerin, verilerin ve istenenlerin oldukça fazla olması dolayısıyla teorik çözüm oldukça karmaşık, zaman alıcı ve hataya açık durumdadır. Dolayısı ile bilgisayar ortamında bu tarz bir problemin çözümü uygun ve hızlı olacak, programın verdiği sonuçlar da daha güvenilir olacaktır. Azalan debili bu filtrasyon problemi, MATLAB® programında modellenmiştir.

Program çalıştırıldığında öncelikle kullanıcının Tablo 9.2'deki bazı verileri girmesi beklenir. Bu veriler doğru bir şekilde girildiğinde, program matematiksel hesaplamaları yapmaya başlar. İterasyon gerektiren kısımların çözümü için while döngüsü kullanılır ve istenen parametrenin bulunması için her döngüde 0.0000001 artış sağlanır. Verilen bu küçük artış miktarı, programın daha fazla döngü yapmasına ve bilgisayarın kaynaklarını daha fazla kullanmasına yol açsa da oldukça yüksek hassasiyette bir hesaplama yapacaktır. Kinematik viskozitenin kullanılacağı formüller için her sıcaklık değerine karşılık gelen kinematik viskozite değerleri switch-case yapısı ile programa entegre edilmiştir.

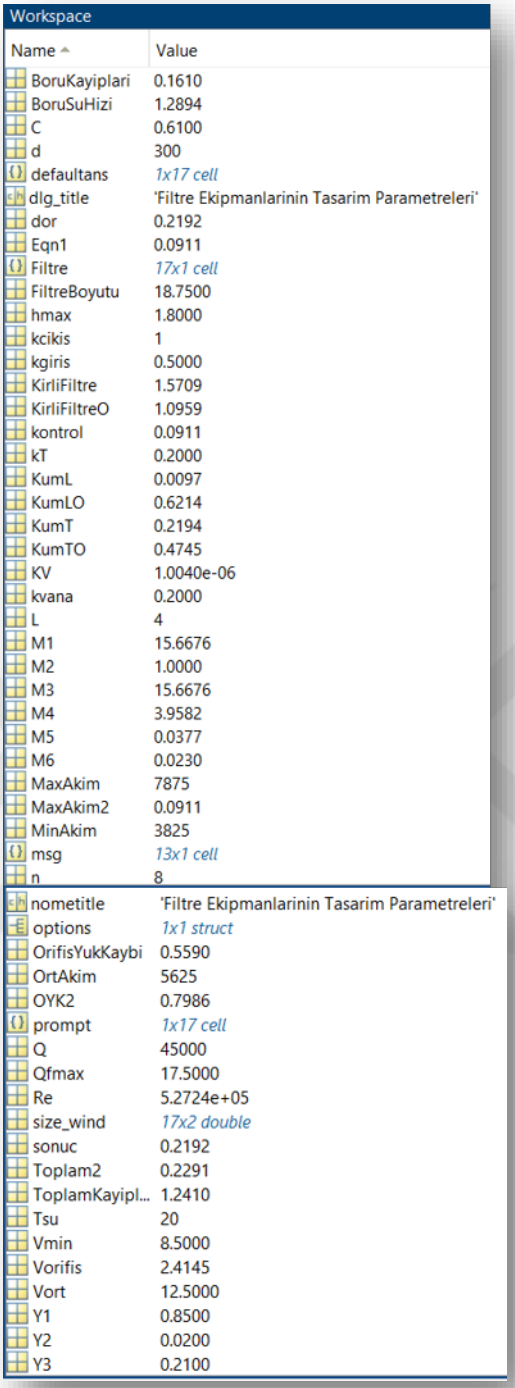
Son olarak, program teorik çözümde istenen tüm verileri bir sonuç penceresinde gösterir.



Şekil 9.3 Azalan debili filtre uygulaması için istenen ve hedeflenen parametrelerin giriş ekranı



Şekil 9.4 Azalan debili filtre uygulaması için gerekli parametreler girildikten sonra ekrana gelen sonuç penceresi



Şekil 9.5 Azalan debili filtre uygulaması MATLAB® çalışma alanı

10
SU İLETİMİ

10.1 Su İletim Tesisleri

Bir içme suyu kaynağından suyun kaptaj yapıları aracılığıyla alınıp içilebilir duruma getirilecek şekilde arıtıldıktan sonra yerleşim yerlerine dağıtma işlemini gerçekleştiren tesislere su iletim tesisleri denir. Bir su iletim tesisi aşağıdaki yapılardan oluşur:

- Su alma (kaptaj) yapısı
- İçme suyu arıtma tesisi
- Terfi istasyonu
- İsale (su iletim) hattı
- Su deposu (hazne)
- Şebeke ana borusu
- Şebeke

10.1.1 Terfi İstasyonları

Su iletim tesislerinde, su kaynağının konumu ile yerleşim yerlerine suyun dağıtılmaya başlanacağı haznenin konumu arasındaki jeodezik yükseklik farkı büyük önem taşımaktadır. Bu jeodezik yükseklik farkına göre sular üç şekilde iletilebilir:

- Cazibeli iletim: Su kaynağı hazneden daha yüksek bir konumdaysa su, yerçekimi etkisiyle iletilir.
- Terfili iletim: Su kaynağı hazneden daha alçak bir konumdaysa su, terfi istasyonları aracılığı ile iletilir.
- Kısmen cazibeli kısmen terfili iletim: Su kaynağı hazneden daha alçak bir konumda bulunmasına rağmen topografik şartlar gereği suyun hazneye terfi istasyonu ile doğrudan iletilmesi mümkün olamayabilmektedir.

Böyle durumlarda su, terfi istasyonu aracılığı ile önce başka bir noktaya iletilir, daha sonra da hazneye yerçekimi etkisi ile iletilir.

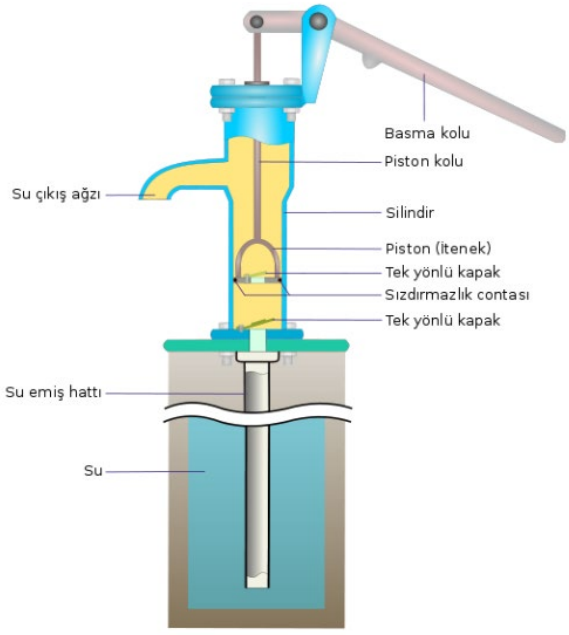
Terfi istasyonları birçok bileşenden oluşur. Bu bileşenler şu şekilde sıralanabilir:

- Emme haznesi
- Pompa odası
- Basma hattı
- Kontrol odası

Terfi istasyonlarının su iletiminde görev alan en önemli bileşeni pompalardır. Pompalar, çalışma prensipleri açısından:

- Pozitif yer değiştirmeli pompalar
- Kinetik enerjili pompalar olmak üzere iki ana grupta toplanabilir [63].

Su iletim uygulamalarında sıklıkla tercih edilen pompalar, kinetik enerjili pompalar sınıfının bir üyesi olan santrifüj pompalardır. Santrifüj pompalar, bir pervane ve dairesel bir pompa gövdesi kullanarak, akışkanı hareket ettirmek için kinetik enerji kullanarak çalışır ve çok yüksek akış hızlarına ulaşabilir [64].



Şekil 10.1 Pozitif yer değiştirmeli bir pompanın kısımları [65]



Şekil 10.2 Üretici kataloğundan alınan gerçek bir santrifüj pompa [66]

Pompaların kurulması ve işletilmesi esnasında dikkate alınması gereken en önemli hususlar şunlardır:

1. Debi: Her pompanın birim zamanda pompalayabileceği su hacmi (debi) farklıdır. Bu bilgiler, pompa üreticilerinin kataloglarında bulunmaktadır. Her bir proje için yerleşim yerinin su ihtiyacı göz önünde bulundurularak uygun pompa seçilmelidir.
2. Manometrik yükseklik (basma yüksekliği) (H_m): Suyun pompa içerisinde enerjisini arttırarak bir referans düzleme göre kazandığı yükseklikliktir. Manometrik yükseklik, statik emme ve basma yükseklikleri, sürekli yük kayıpları, yersel yük kayıpları ve hız yüksekliklerinin toplamıdır. Bu parametreler aşağıdaki şekilde açıklanabilir:
    a. Statik emme yüksekliği: Pompa ekseni ile emilen akışkanın üst yüzeyi arasındaki (düşey) yükseklikliktir.
    b. Statik basma yüksekliği (H_0): Pompa ekseni ile akışkanın iletildiği en yüksek seviye arasındaki düşey yükseklikliktir [67].

c. Sürekli yük kayıpları (h_f): Suyun boru içerisinde iletilirken sürtünmeden dolayı uğradığı enerji kaybıdır.
d. Yersel yük kayıpları (h_m): Boruların dirsek, vana gibi eğimli ve yönün değiştiği bölgelerinde meydana gelen enerji kayıplarıdır. Yük kayıpları için birkaç formül geliştirilmiş olsa da çalışmalarımızda Eşitlik (10.1)'deki "Henry-Darcy eşitliği" tercih edilmiştir.

$$\Delta_h = \frac{\lambda * V^2 * L}{D * 2 * \mathrm{g}} \tag{10.1}$$

Eşitlik (10.1)'deki Henry-Darcy Eşitliği ve Eşitlik (10.2)'deki Süreklilik Denklemi içerisinde bulunan "V (hız)" parametresi ayrıntılı bir şekilde tanımlanırsa, Eşitlik (10.4) meydana gelir.

$$Q = V * A \tag{10.2}$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \tag{10.3}$$

$$\Delta_h = \frac{16 * Q^2 * \lambda * L}{D^5 * \pi^2 * 2 * \mathrm{g}} \tag{10.4}$$

Hız yükseklikleri (h_v): Eşitlik (10.5)'te verilen Bernoulli Denklemi ile açıklanan bu parametre, suyun sahip olduğu hız enerjisini ifade eder [68].

$$h_v = \frac{V^2}{2 * \mathrm{g}} \tag{10.5}$$

$$H_m = H_0 + h_f + h_m + h_v \quad (10.6)$$

3. Pompa verimi (η): Suyun pompadan çıkış gücünün pompanın millerine aktarılan güce oranı olarak tanımlanmaktadır [69]. Büyük santrifüj pompalarda verim 0,75–0,93 arasında değişebilirken küçük santrifüj pompalarda bu değer 0,50-0,70 aralığındadır [70].
4. Güç: Her mekanik sistemin çalışması için güce ihtiyacı vardır. Pompalar da çalışmak için elektrik enerjisine ihtiyaç duyarlar. Pompanın gücü birçok faktörden etkilenebilmektedir. Bu faktörler,
   a. Pompa debisi (Q),
   b. Pompa verimi (η),
   c. Pompalanan sıvının yoğunluğu (ρ),
   d. Manometrik yükseklik (H_m),
   e. Yerçekimi ivmesi (g) şeklinde sıralanabilir.

   Bir santrifüj pompanın gücü hesaplanırken Eşitlik (10.7) kullanılmaktadır.

$$P\ (Watt) = \frac{\gamma_{su} * Q * H_m}{102 * \eta} \quad (10.7)$$

10.2 Terfi İstasyonu Maliyet Çalışmaları

Terfi istasyonunun kurulumu ve işletilmesi için hesaplanılması gereken birçok maliyet kalemi bulunmaktadır. Öncelikle suyun iletileceği yerleşim yerinin su ihtiyacı ve nüfusu gibi demografik özellikleri üzerinde çalışılmalıdır. Sonrasında, belirlenen su ihtiyacına, deponun ve yerleşim yerinin konumuna uygun bir pompa seçilmelidir. Pompa seçilirken taşınacak su debisi, suyun taşınacağı uzaklık, pompanın günlük çalışma saati, saat başına tüketeceği elektrik enerjisi miktarı ile faiz ve amortisman oranları gibi detaylar mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Son olarak, isale hattı için uygun borular döşenmelidir. Bu çalışmada, çeşitli maliyet kalemleri hesaplandıktan sonra, terfi istasyonu için malî açıdan en uygun olan boru çapının bulunmasını sağlayan, matematiksel modelleme süreci gerçekleştirilmiştir.

10.2.1 Terfi İstasyonu Yatırım Maliyeti Çalışmaları

Yatırım maliyeti, bir sistem kurulurken -sadece bir kereliğine- katlanılan maliyettir. Terfi istasyonları için yatırım maliyeti hesaplanırken aşağıdaki bileşenler dikkate alınır:

- Faiz oranı (P_i): Paranın satın alma gücünün zamanla değişmesinden dolayı paranın bir zaman değeri vardır. Ortamda enflasyon bulunduğu zaman, şimdi belirli bir miktar para karşılığı satın alınabilen mal miktarı, aynı miktar para ile gelecekte satın alınabilecek miktardan daha fazla olacaktır. Paranın satın alma gücündeki bu değişim "faiz oranları" ile ifade edilmekte ve hesaplanmaktadır [71].
- Amortisman oranı (P_d): Her ürün, zaman geçtikçe aşınır, yıpranır ve değerinde düşüşler gözlenir. Terfi istasyonlarındaki her ekipmanın da belirli bir ömrü vardır. Ömrünü tamamlayana kadar bu ekipmanların ne kadar değer kaybedeceği "amortisman oranları" ile ifade edilmekte ve hesaplanmaktadır.
- Birim boru çapına karşılık gelen ücret (P): Terfi istasyonunda kullanılacak olan boruların maliyetleri çaplarına göre değişmektedir. Çap büyüdükçe kullanılacak olan malzeme de artacağından ücreti de artacaktır. Boru üreticilerinin kataloglarından alınan verilere göre en uygun maliyeti sağlayacak boru çapı seçimi, aynı zamanda bir fizibilite çalışması niteliğinde de olacaktır.
- Suyun iletileceği yatay uzaklık ($\sum$L): Pompanın su çıkış noktasından hazneye kadar olan yatay uzaklıktır.

$$A1\ (Yatırım\ Maliyeti) = \frac{P_i + P_d}{100} * (P) * (\sum L) \tag{10.8}$$

10.2.2 Terfi İstasyonu İşletme Maliyeti Çalışmaları

Bir sistemin işlerliğini sağlamak için günlük olarak harcanması gereken maliyettir. Terfi istasyonları için bu maliyet çoğunlukla elektrik ile ilişkilidir. Pompaların çalışması için elektrik enerjisine ihtiyaç vardır. İşletme maliyetinin hesabı, Eşitlik (10.7)'den elde edilebilen güç değeri, sistemin çalışma süresi ve şehir şebekesinden dağıtılan elektriğin birim ücretinin çarpılmasıyla gerçekleştirilir.

$$A2\ (\text{İ}\mathit{şletme\ Maliyeti}) = \frac{\gamma_{su} * Q * H_m}{102 * \eta} * (C_{elektrik}) * (t_{gün}) \qquad (10.9)$$

10.3 Terfi İstasyonu Maliyet Problemi

Bahsedilen bileşenler ve denklemler, seçilen örnek bir yerleşim yeri üzerinde uygulanır. Bu yerleşim yerinin demografik ve coğrafik bilgileri Tablo 10.1'de, teknik bilgiler Tablo 10.2'de gösterildiği gibidir [72].

Tablo 10.1 Terfi istasyonunun işletileceği yerleşim yerinin özellikleri [72]

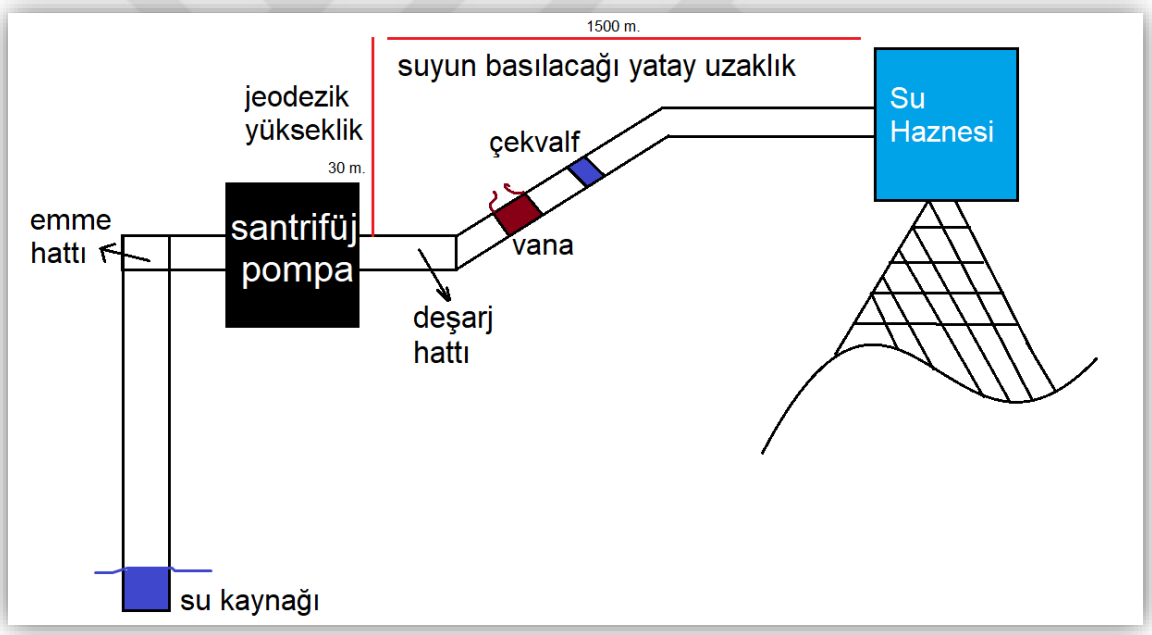
Bileşen	**Değeri ve Birimi**
Günlük maksimum su ihtiyacı (q_{max})	100 l/nüfus*gün
Nüfus	23 000 kişi

Tablo 10.2 Terfi istasyonu maliyet problemi ile ilgili teknik bilgiler [72]

Bileşen	**Değeri ve Birimi**
Faiz Oranı (Pi)	% 12
Amortisman Oranı (P_d)	% 6
Elektrik ücreti ($C_{elektrik}$)	0.15 €/kWh
Seçilen pompanın verimi (η)	% 75

Tablo 10.2 Terfi istasyonu maliyet problemi ile ilgili teknik bilgiler (devamı) [72]

Bileşen	Değeri ve Birimi
Hazneye olan yatay uzaklık (∑L)	1500 m
Jeodezik yükseklik (H_0)	30 m
Pompanın çalışma süresi (t)	12 saat/gün
Henry-Darcy Eşitliği sabiti (λ)	0.025
Suyun özgül ağırlığı (γ_{su})	1000 kgf/m^3



Şekil 10.3 Terfi istasyonunun çizimi [73]

Tablo 10.3 Terfi istasyonu için kullanılacak olan boruların üreticisinin katalog bilgileri [72]

Çap (ø) (mm)	**Ücret (€/m)**
200	32
250	38
300	52
350	60
400	78
500	102

Deşarj sırasında oluşacak yersel ve sürekli yük kayıpları ile manometrik yüksekliğin hesabı, her çap değeri için gerçekleştirilir.

Tablo 10.4 Boru çaplarına göre yük kayıpları ve manometrik yükseklik değerleri [72]

Çap (ø) (mm)	$\boldsymbol{\Delta_h}$ **(m)**	$\mathbf{H_m}$ **(m)**
200	6.838	36.8638
250	2.2491	32.2491
300	0.9039	30.9039
350	0.4182	30.4182
400	0.2145	30.2145
500	0.0703	30.0703

Yük kayıpları ve manometrik yükseklik değerleri elde edildikten sonra yatırım, işletme ve toplam maliyet değerleri hesaplanır.

Tablo 10.5 Terfi istasyonu problemi için boru çaplarına karşılık gelen yatırım maliyeti değerleri [72]

Çap (ø) (mm)	Yatırım maliyeti (€)
200	8 640
250	10 260
300	14 040
350	16 200
400	21 060
500	27 540

Tablo 10.6 Terfi istasyonu problemi için boru çaplarına karşılık gelen işletme maliyeti değerleri [72]

Çap (ø) (mm)	İşletme maliyeti (€/yıl)
200	8 427.8718
250	7 372.8593
300	7 065.3052
350	6 954.2674
400	6 907.6979
500	6 874.7288

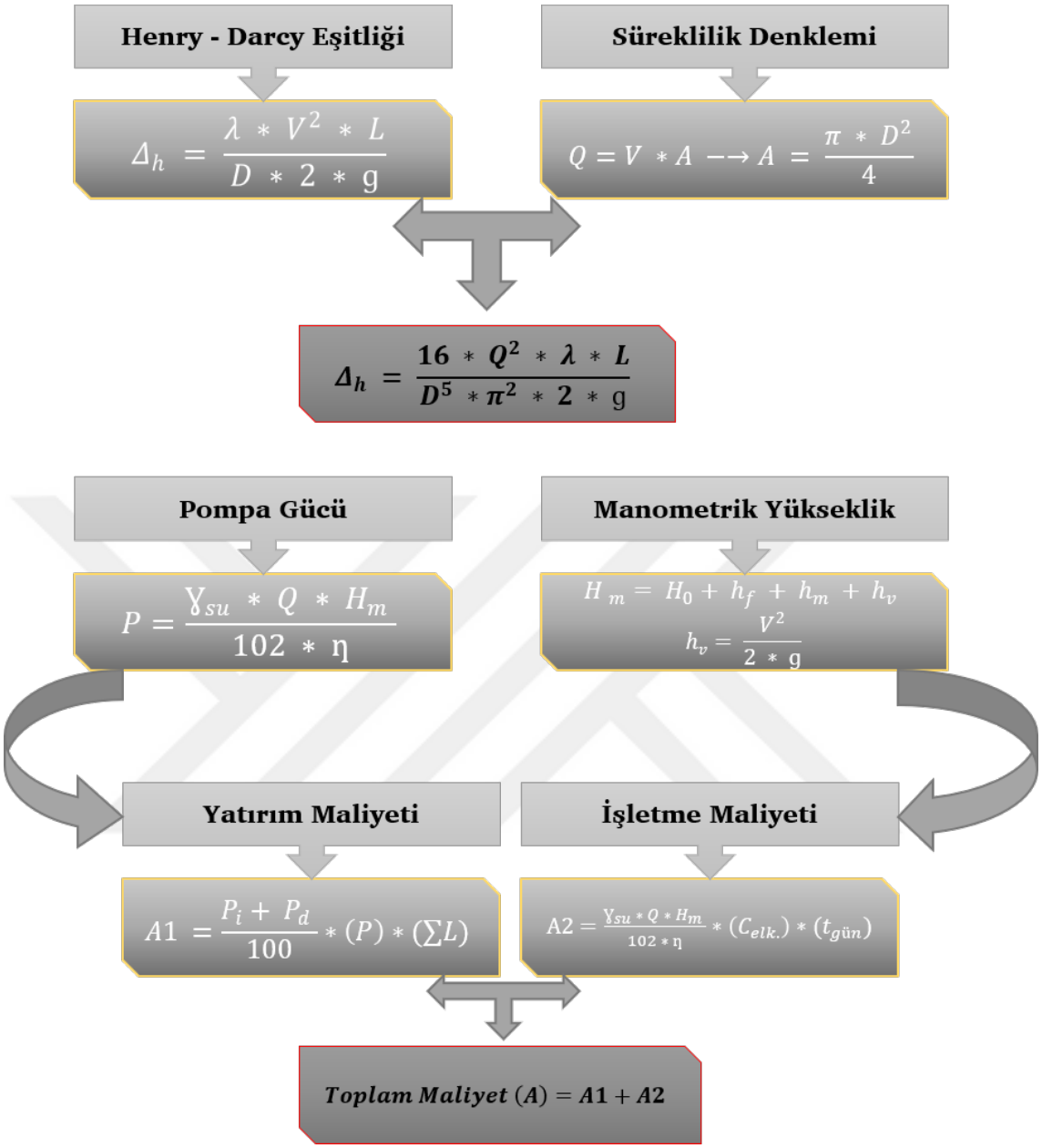
Tablo 10.7 Terfi istasyonu problemi için boru çaplarına karşılık gelen toplam maliyet değerleri [72]

Çap (ø) (mm)	Toplam maliyet (€/yıl)
200	17 067.8718
250	17 632.8593
300	21 105.3052
350	23 154.2674
400	27 967.6979
500	34 414.7288

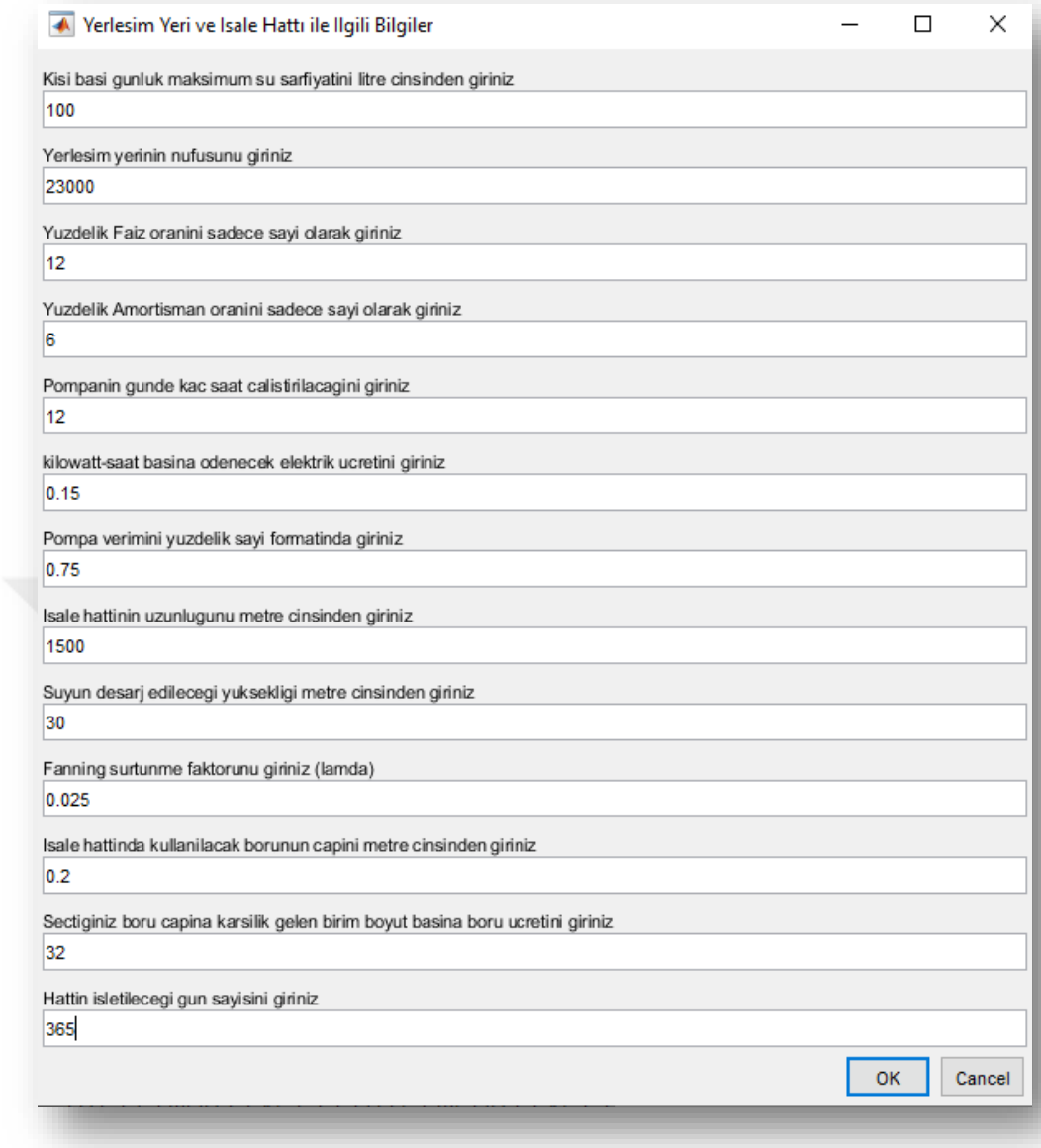
10.4 Terfi İstasyonu Maliyet Probleminin Bilgisayar Tabanlı Modellenmesi

Terfi istasyonunun toplam maliyetini bulmak amacıyla MATLAB® programı kullanılarak bir modelleme çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın kod içeriğinde konu anlatımı kısmında bahsedilen tüm denklemler bulunmaktadır. Kullanıcı, kodları çalıştırdığında karşısına gelen pencerede denklemler için gerekli parametreleri, ekranda istenen birimlerle işlemelidir. Parametreler işlendikten sonra "Tamam" butonuna basıldığı takdirde, bütün maliyetler, program tarafından bir sonuç çıktısı hâlinde getirilecektir.

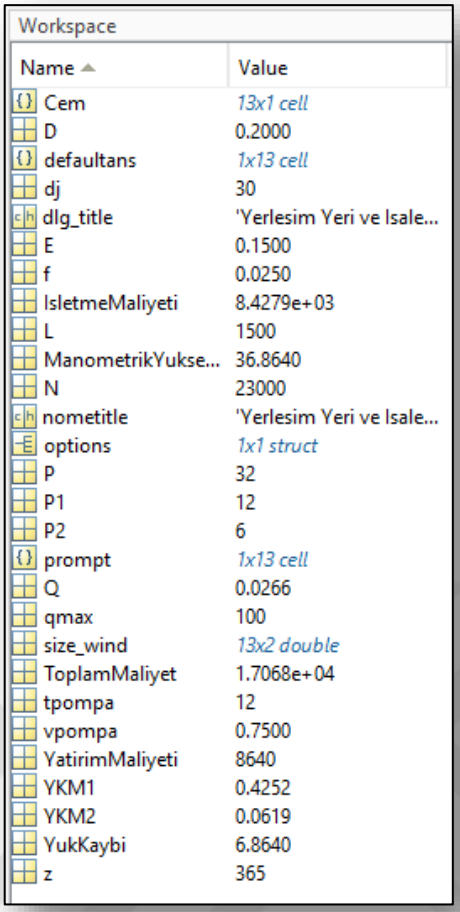
Programda kodlanan bütün denklemler Şekil 10.4'te, kodlar çalıştırıldığında ekrana gelen pencere Şekil 10.5'te, parametreler işlendikten sonra programın çalışma alanına kayıt edilen parametreler ve değerleri tablosu Şekil 10.6'da ve de programın ürettiği sonuç çıktısı Şekil 10.7'de gösterilmiştir.



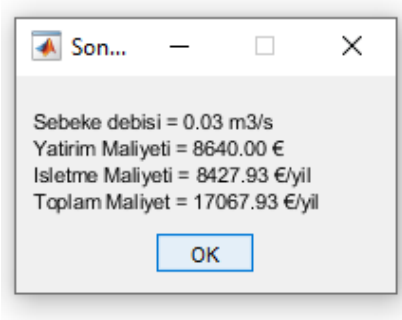
Şekil 10.4 Terfi istasyonu maliyetini hesaplayan programda kodlanan bütün denklemler ve denklemlerin birbiriyle ilişkileri



Şekil 10.5 Terfi istasyonu maliyetini hesaplayan programda kodlar çalıştırıldığında ekrana gelen parametre işleme ekranı



Şekil 10.6 Terfi istasyonu maliyetini hesaplayan programda, parametreler işlendikten sonra MATLAB® çalışma alanı görüntüsü



Şekil 10.7 Terfi istasyonu maliyetini hesaplayan programın sonuç çıktısı ekranı

11
ENDÜSTRİYEL KİRLİLİK

11.1 Endüstri Temelli Kirlilik

Endüstriyel faaliyetlerin gerçekleştirildiği her tesiste mutlaka atıksu oluşur. Bu faaliyetler genel anlamda yıkama, pişirme, ısıtma, özütleme, ayırma, taşıma ve kalite kontrol işlemleridir [74]. Ayrıca her türlü endüstride çalışanların beslenme, barınma ve banyo ihtiyaçlarından kaynaklı evsel nitelikli atıksuların da oluştuğu unutulmamalıdır. Endüstriyel atıksular, evsel atıksular gibi kolayca kategorize edilemez çünkü her endüstrinin ürettiği atıksu birbirinden çok farklı içeriktedir. Bazısı içerdiği ağır metal vb. bileşenlerden ötürü çok toksik olabildiği gibi bazısı da yüksek organik içerikli olup kolayca ayrışabilirdir. Endüstriyel atıksuların bu farklı nitelikleri, oluştuğu endüstrinin tipi, tesisin çalışma yoğunluğu, kullanılan makineler ve kimyasallar ile üretim hacmi gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir [75].

Endüstriyel atıksuların karakterleri çeşitli olsa da alıcı ortama deşarj edilmeden önce mutlaka arıtılmalıdır. Bu arıtma işlemleri, alıcı ortamlardaki su kalitesini ve canlı yaşamını korumak için özenle gerçekleştirilmelidir. Arıtılmış bir atıksuyun deşarj edilebileceği alıcı ortamlar, nehir, göl, dere, deniz ve havzalardır. Arıtılmış atıksuyun içerisindeki bir bileşenin her bir alıcı ortamdaki seyrelmesi ve dağılması farklıdır. Bu sebeple alıcı ortamların kendine özgü deşarj standartları bulunmaktadır. Bu standartlar, yerleşim yerlerinin bağlı olduğu idari birimlerin çevre departmanları tarafından belirlenir [75].

11.2 Endüstriyel Atıksuyun Alıcı Ortama Deşarjının Optimize Edilmesi Problemi

Endüstriyel atıksular, arıtma tesisinde uygun bir şekilde arıtıldıktan sonra alıcı ortama deşarj edilmektedir. Bu durum, dere kenarında bulunan ve aynı zamanda bir nehre yaklaşık 0.5 km uzaklıkta olan bir endüstriyel tesis üzerinde incelenecektir. Temel problem, endüstriyel atıksuyun tesis arazisinde bulunan arıtma tesisinde

arıtıldıktan sonra hiçbir ek ekipman gerektirmeden direkt dereye deşarjının mı yoksa boru hattı döşenerek nehre deşarjının mı ekonomik olarak daha optimal olacağıdır. İki alıcı ortamın da avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Nehir, hareketli ve debisi yüksek bir alıcı ortam iken dere, daha statik ve düşük debili bir alıcı ortamdır. Dolayısıyla atıksuyun içerisinde bulunan bir bileşenin nehirde seyrelerek dağılması daha hızlı ve kolay şekilde gerçekleşecektir. Fakat nehre deşarj için döşenmesi gereken bir boru hattı bulunmaktadır ve bu da işletmeler için ciddi bir maliyet kalemidir [76].

Tablo 11.1 Endüstriyel tesis, atıksu ve alıcı ortamlar için kullanılacak parametreler ve değerleri [76]

Bileşen	**Değeri ve Birimi**
Nehrin debisi (Q_{nehir})	19 m^3/s
Derenin debisi (Q_{dere})	1.6 m^3/s
Deredeki suyun akış hızı (V_{su})	1 m/s
Tesis atıksu debisi (Q_{tes})	0.2 m^3/s
Nehirdeki kirlilik miktarı (L_{nehir})	4 mg/L
Deredeki kirlilik miktarı (L_{dere})	5 mg/L
Tesis atıksuyu kirlilik miktarı (L_{tes})	480 mg/L
Dereye deşarj limiti (L_{std-1})	50 mg/L
Nehre deşarj limiti (L_{std-2})	7.1 mg/L
Uygulanacak faiz oranı (i)	%10
Ekipmanların ekonomik ömrü	30 yıl
Borular için ödenecek yatırım maliyeti	6000 TL/1 m boru

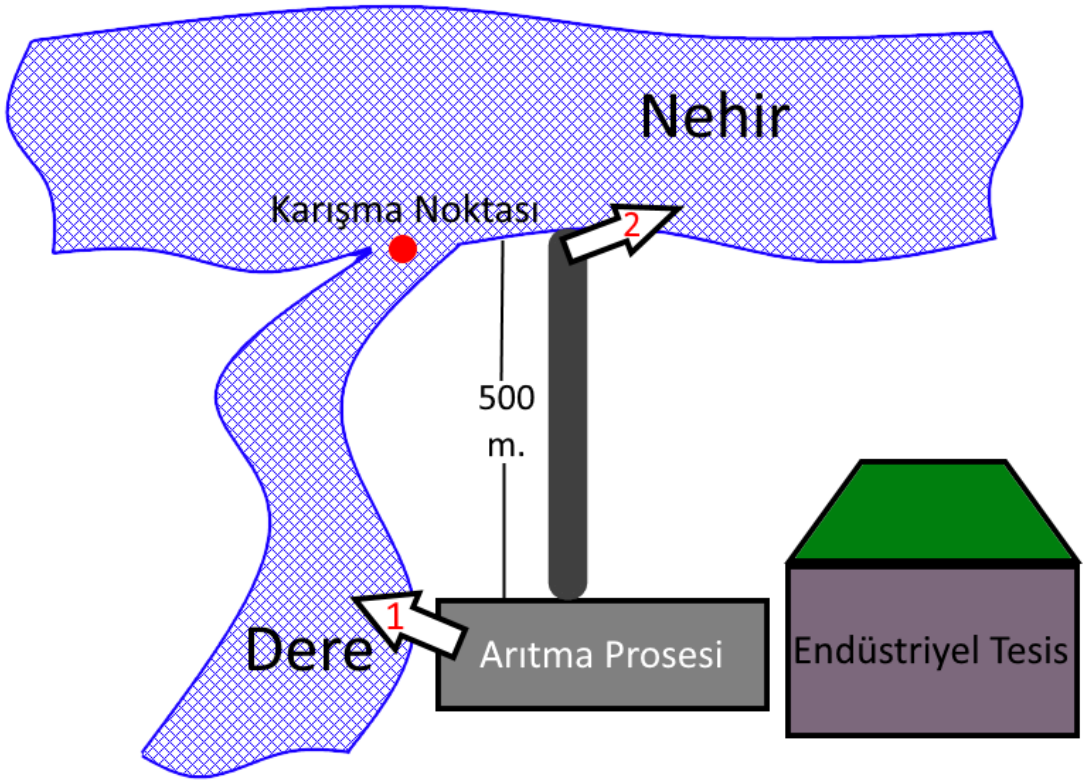
Tablo 11.1 Endüstriyel tesis, atıksu ve alıcı ortamlar için kullanılacak parametreler ve değerleri (devamı) [76]

Bileşen	Değeri ve Birimi
Boruların yıllık işletme maliyeti	130 TL/1 m boru/yıl
Organik madde ayrışma sabiti (k)	0.23 gün^{-1}
Tesis ile nehir arasındaki uzaklık (X)	500 m

Tesis için maliyet hesapları yapılırken hem yatırım hem de yıllık işletme maliyeti dikkate alınır ve bu eşitlikler arıtma veriminin bir fonksiyonu olarak yazılmaktadır.

$$M_{yatirim} = f(E) = 4.5 + 5 * E \quad (11.1)$$

$$M_{isletme} = f(E) = 0.1 + 0.5 * E \quad (11.2)$$



Şekil 11.1 Üzerinde çalışılan problemin görsel modeli [76]

1. durum: Direkt dereye deşarj edilmesi

Arıtılmış atıksuyun direkt dereye deşarj edildiği durum incelenecektir. Öncelikle bu yöntemin arıtma veriminin hesaplanması gerekmektedir. Bunun için de Eşitlik (11.3)'teki gibi bir kütle dengesi yazılır.

$$Q_{tes} * L_{tes} * (1 - E_1) + Q_{dere} * L_{dere} = (Q_{tes} + Q_{dere}) * L_{std-1} \qquad (11.3)$$

Tablo 11.1'de değerleri verilen parametreler, Eşitlik (11.3)'te yerlerine yazılırsa;

(0.2) * (480) * (1 - E_1) + (1.6) * (5) = (0.2 + 1.6) * 50 eşitliği elde edilir. Burada matematiksel işlemler yapılarak gerekli E_1 arıtma verimi %14.5 olarak bulunur. Gereken değer oldukça düşük olduğu için arıtma prosesinin yalnızca fiziksel olmasının yetebileceği yorumu yapılabilir. Direkt dereye deşarj yöntemi için

katlanılması gereken maliyet, E_1 değeri yerine konularak, Eşitlik (11.1) ve Eşitlik (11.2)'deki gibi hesaplanır.

Yatırım Maliyeti = 4.5 + 5 * (0.145) = 5,225 * 10^6 TL

İşletme Maliyeti = 0.1 + 0.5 * (0.145) = 0.1725 * 10^6 TL/yıl bulunur.

Ekipmanların ekonomik ömürleri süresince yatırım maliyeti üzerine işleyecek bir faiz oranı da bulunacaktır. Bu faiz oranı Eşitlik (11.4) yardımı ile hesaplanabilir [72].

$$k_4 = \frac{i * (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \tag{11.4}$$

Eşitlik (11.4)'e i (faiz oranı) ve n (ekonomik ömür) parametreleri yerleştirilir.

$k_4 = \frac{0.1*(1+0.1)^{30}}{(1+0.1)^{30}-1}$ = 0.1060 bulunur. Böylece direkt dereye deşarj yönteminin toplam maliyeti;

Toplam maliyet = 5,225 * 10^6 * 0.1060 + 0.1725 * 10^6 = 726 350 TL/yıl olarak elde edilmektedir.

2. durum: Boru hattı döşenerek nehre deşarj yapılması

Arıtma çıkışı ile nehir arasına 500 metrelik bir boru hattı döşenerek yapılacak olan deşarj işleminde dikkat edilmesi gereken önemli bir husus bulunmaktadır: Derede akış halinde olan su, bir noktada nehir ile birleşmektedir. Bu uzaklık, 500 metre olarak verilmiştir. Dolayısı ile bu 500 metre boyunca deredeki suyun organik içeriğinde meydana gelecek olan değişim önem arz etmektedir. Bu değişim, temel fizik prensipleri ve Eşitlik (11.6)'daki Thomas metodu ile kolayca bulunabilir.

$$t = \frac{X}{V} \tag{11.5}$$

$$L_y = L_0 * (e^{-k*t}) \tag{11.6}$$

Eşitlik (11.5)'teki yol-zaman formülünde gerekli parametreler yerine konursa, suyun dereden nehre ulaşana kadar geçireceği süre bulunabilir. $t = \frac{500}{1}$ = 500 s. bulunur. Bu da yaklaşık olarak 0.00578 güne eşittir.

Bulunan 0.00578 gün değeri, Eşitlik (11.6)'daki Thomas metodunda yerine yazılırsa, suyun organik içeriğinin uğrayacağı değişim bulunabilir.

$L_y = 5 * (e^{-0.23 * 0.00578})$ = 4.9933 mg BOD_5/L değeri bulunmaktadır. 1. yöntem için oluşturulan kütle dengesinin bir benzeri 2. yöntem için de oluşturulur.

$$Q_{dere} * L_y + Q_{neh} + L_{neh} + Q_{tes} * L_{tes} * (1 - E_2) = (Q_{dere} + Q_{neh} + Q_{tes}) * L_{std-2} \quad (11.7)$$

Tablo 11.1'den yararlanarak gerekli parametreler yerine konursa E_2 verim değerinin %33.7 olacağı görülmektedir. Bu yöntem için yapılacak olan maliyet hesaplamaları birden çok aşamalıdır. Tesisin kurulumu ve işletilmesinin yanısıra döşenecek boru hattı için de bir yatırım ve işletme maliyeti değeri olacaktır.

Yatırım Maliyeti (Tesis) = 4.5 + 5 * 0.3365 = 6.1825 * 10^6 TL

İşletme Maliyeti (Tesis) = 0.1 + 0.5 * 0.3365 = 0.2683 * 10^6 TL/yıl

Yatırım Maliyeti (Boru hattı) = 6000 * 500 = 3 * 10^6 TL

İşletme Maliyeti (Boru hattı) = 130 * 500 = 65 * 10^3 TL/yıl

Hem tesis için hem de boru hattı için yatırım maliyeti üzerine ekipman ömrü sürecince işleyecek bir faiz oranı bulunmaktadır. Bu oran, Eşitlik (11.4)'teki k_4 formülü ile elde edilecek olup 1. yöntemde bulunan 0.1060 değeri ile aynı olacaktır. Özetle, tesis için yıllık faiz miktarı 6.1825 * 10^6 * 0.1060 işleminden 655 080 TL/yıl olarak bulunur. Boru hattı için yıllık faiz miktarı ise 3 * 10^6 * 0.1060 = 318 000 TL/yıl olarak bulunur. 2. yöntem için katlanılması gereken toplam maliyet ise;

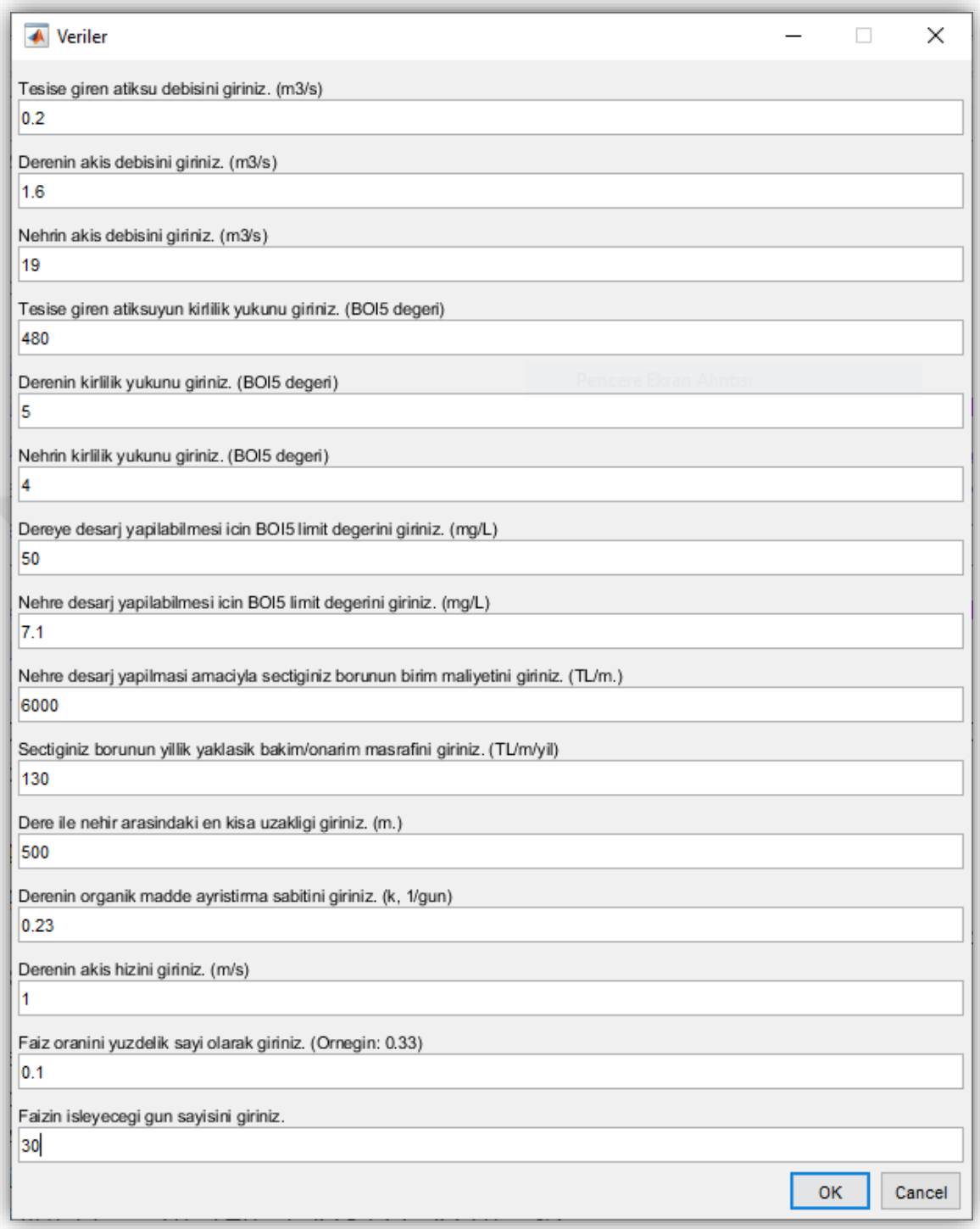
Toplam maliyet = 655 080 + 318 000 + (0.2683 * 10^6) + (65 * 10^3) = 1 306 380 TL/yıl olacaktır.

1. yöntemin gerektirdiği maliyet, 2. yönteme göre daha düşük olduğu için (726 350 TL/yıl < 1 306 380 TL/yıl) 1. yöntemin ekonomik olarak daha uygun olduğu anlaşılmaktadır.

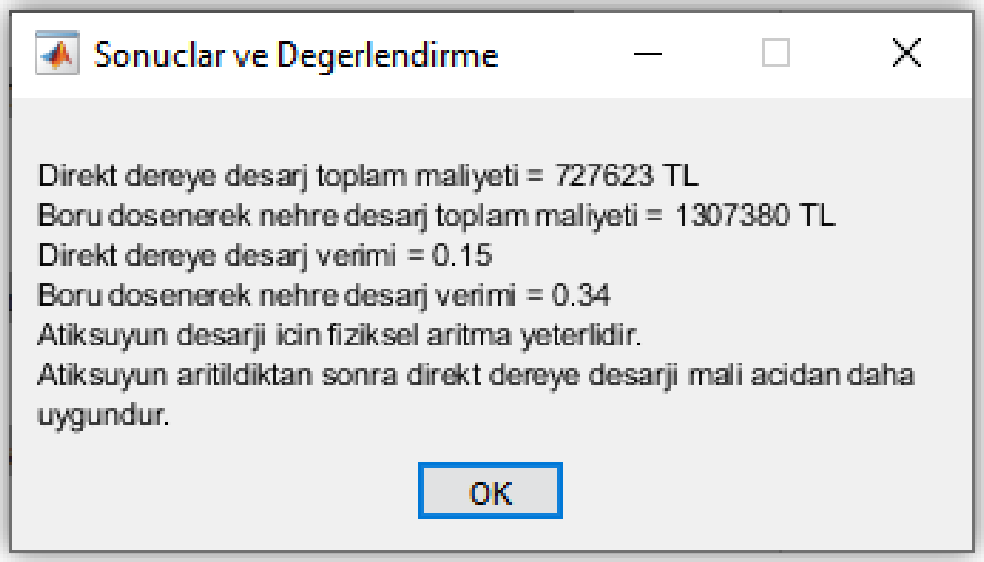
11.3 Endüstriyel Atıksuyun Alıcı Ortama Deşarjının Bilgisayar Tabanlı Optimizasyonu

Endüstriyel tesisten kaynaklı atıksuyun alıcı ortamlara deşarjını optimize edebilmek amacıyla üzerinde çalışılan bu çok aşamalı problem, MATLAB® yazılımı kullanılarak bilgisayar ortamında modellenmiştir. Tablo 11.1'deki parametreleri, kullanıcıların girebilmesi için diyalog kutuları tasarlanmıştır. Sonrasında verim ve maliyet hesapları için gereken tüm matematiksel formüller, programa yazılmıştır. Tüm parametreler girildikten sonra ekrana gelen sonuç kutusunda, tesis arazisine inşa edilmesi gereken arıtma prosesinin tipi ve mali açıdan direkt dereye deşarjın mı yoksa boru hattı döşenerek nehre deşarjın mı daha uygun olacağı hakkında bilgilendirmeler yapılmıştır. Program, if yapıları sayesinde, hesaplanan verim ve maliyet değerlerini mukayese eder ve en uygun arıtma ve deşarj çözümünü kullanıcıya gösterir.

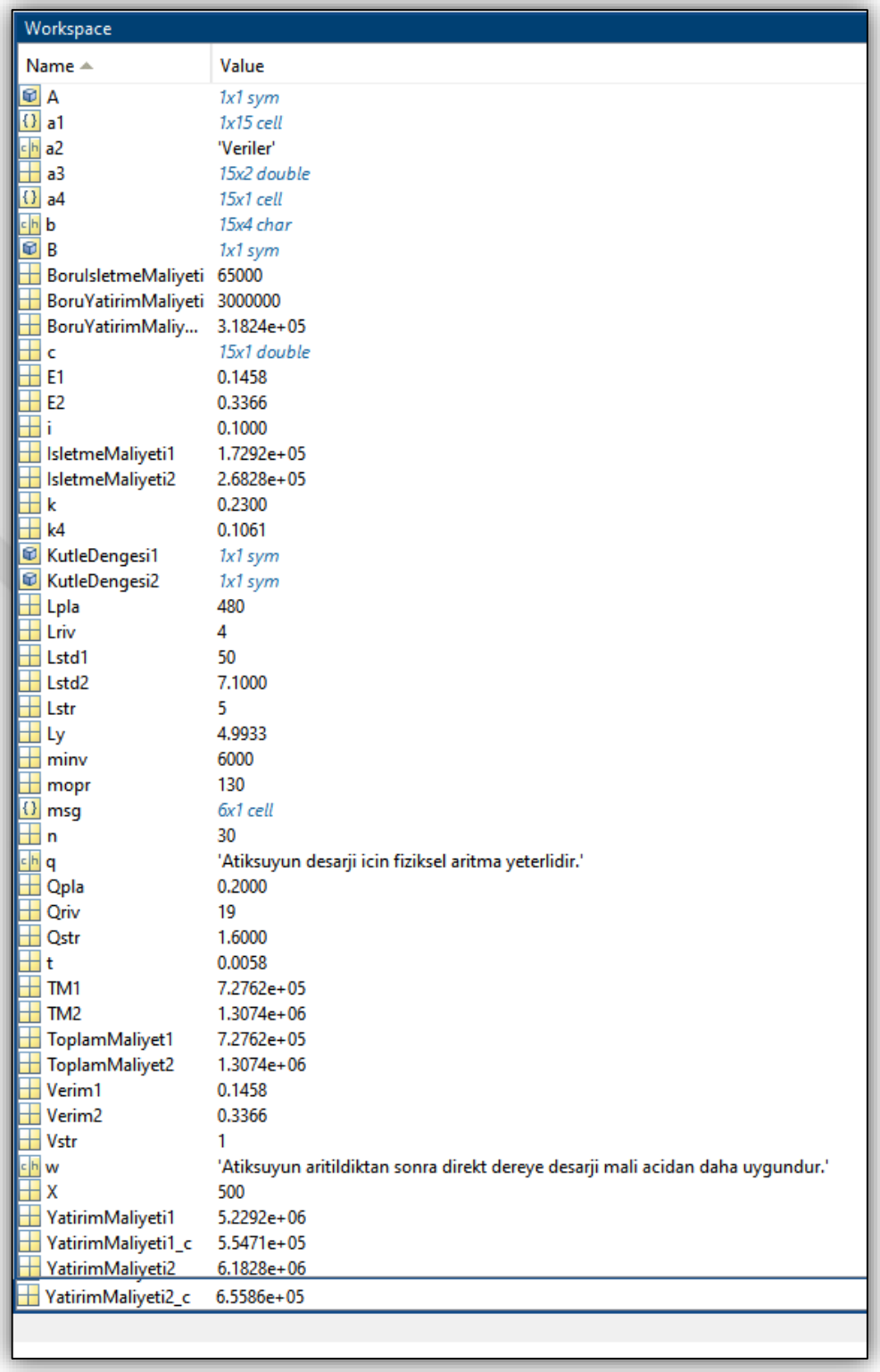
Oluşturulan bu MATLAB® programının parametre giriş ekranı Şekil 11.2'de, parametreler işlendikten sonra ekrana gelen sonuç ekranı Şekil 11.3'te ve tüm parametreler ile sonuçları içeren MATLAB® çalışma alanı görüntüsü ise Şekil 11.4'te verilmiştir.



Şekil 11.2 Kodlar çalıştırıldığında ekrana gelen parametre işleme ekranı



Şekil 11.3 Programın sonuç çıktısı ekranı



Şekil 11.4 Parametreler işlendikten sonra MATLAB® çalışma alanı görüntüsü

12
ÇOKLU BÖLGE ARITMA ALTERNATİFİ BELİRLEME

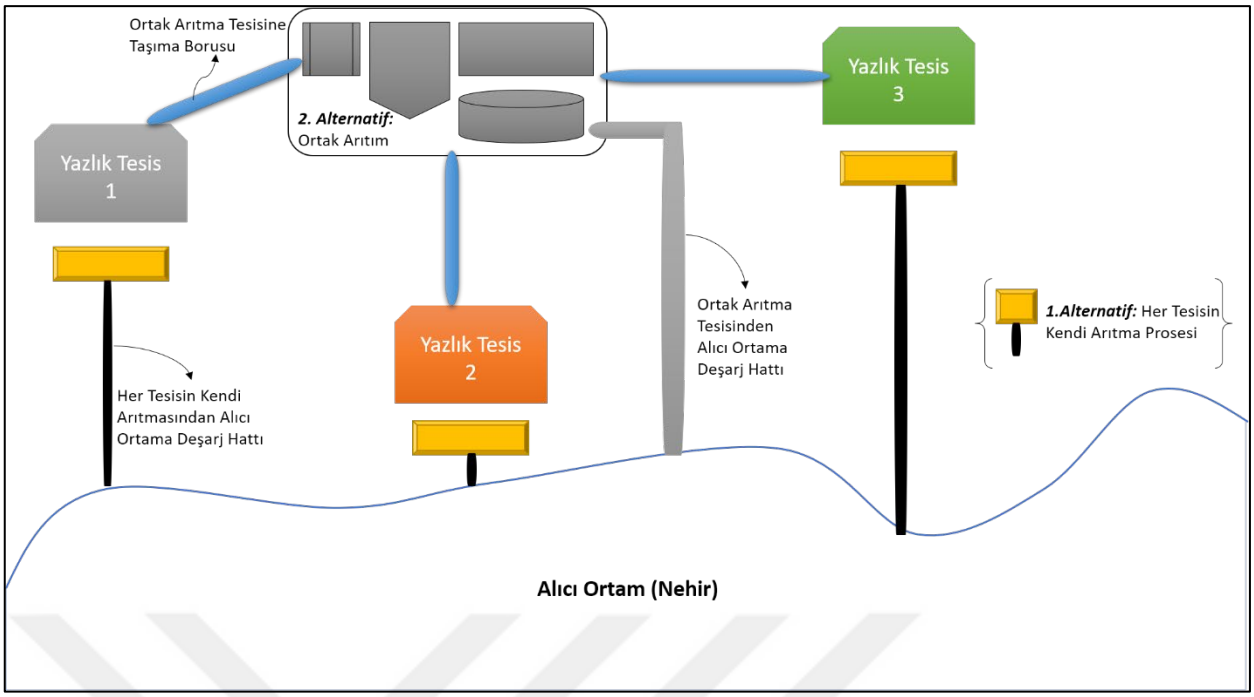
Bu problemde bir turistik bölgede yer alan otel, pansiyon, kaplıca gibi birden çok yazlık tesiste oluşan atıksuların maliyet açısından nasıl bir şekilde arıtılması gerektiği hakkında bir çalışma yapılmıştır. İki alternatif sunulmuştur:

1. Alıcı ortama deşarj edilmeden önce her tesisin kendi arazisine bir arıtma prosesi kurması,

2. Bölgenin geneli için ortak bir arıtma tesisi kurulması ve her bir yazlık tesisin atıksuyunun bu arıtma tesisine isale hatları ile getirilmesi.

İncelemesi yapılacak olan problemde, debileri ve alıcı ortama uzaklıkları birbirinden farklı üç adet yazlık tesis bulunmaktadır.

Tesislerin, alıcı ortamın ve alternatif arıtma seçeneklerinin şematize edilmiş hâli Şekil 12.1'te gösterildiği gibidir. Tesislerin günlük atıksu debileri ve kendi arazilerine arıtma prosesi kurdukları takdirde karşılayacakları arıtma maliyeti ile ilgili bilgiler Tablo 12.1'de verilmiştir. Eğer tesisler, ortak bir arıtma tesisine isale hattı döşeyerek atıksu arıtmayı planlarlar ise Tablo 12.2'deki isale hattı maliyetlerine tâbi olacaklardır.



Şekil 12.1 Arıtma alternatifleri, tesis yerleşimleri ve alıcı ortamın gösterildiği özet şema [76]

Tablo 12.1 Tesislerin atıksu debileri ve alternatiflerin arıtma maliyetleri [76]

Tesis	**Debi (m^3/gün)**	**Arıtma maliyeti (TL/yıl/Q)**
1. Yazlık Tesis	1 000	980
2. Yazlık Tesis	2 000	800
3. Yazlık Tesis	10 000	530
Ortak Arıtım	13 000 ($Q_1 + Q_2 + Q_3$)	450

Tablo 12.2 Tesislerin ikinci durum için isale hattı maliyetleri [76]

Tesis	**Yatırım Maliyeti (TL/m boru)**	**İşletme Maliyeti (TL/yıl/m boru)**
1. Yazlık Tesis	8 000	30
2. Yazlık Tesis	6 000	20
3. Yazlık Tesis	22 000	50
Ortak Arıtım	-	-
Faiz oranı (i)	% 8	
Ekonomik ömür (n)	30 yıl	

12.1 Birden Çok Tesis İçin Arıtma Alternatifi Belirleme Problemi

1. adım: Hem ayrı hem ortak arıtım için arıtma maliyetleri hesaplanılır. Bu hesaplama, Tablo 12.1'de verilen debiler ve debiler başına düşen yıllık arıtma maliyetlerinin çarpımıyla elde edilir. [76].

1. tesis: $C_1 = 1\ 000 * 980 = 980 * 10^3$ TL/yıl,

2. tesis: $C_2 = 2000 * 800 = 160 * 10^4$ TL/yıl,

3. tesis: $C_3 = 10\ 000 * 530 = 530 * 10^4$ TL/yıl,

Ayrı arıtım (1. alternatif): $C_A = C_1 + C_2 + C_3 = 788 * 10^4$ TL/yıl,

Ortak arıtım (2. alternatif): $C_O = 13\ 000 * 450 = 585 * 10^4$ TL/yıl.

2. adım: Ortak arıtım için isale hattı yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanılır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, isale ekipmanlarının ücretlerine yıllık faiz uygulanacağıdır. Yatırım maliyetleri, Tablo 12.2'de verilen boru birim uzunluğu başına yatırım maliyetleri ile Eşitlik (11.4)'te verilen k_4 faiz eşitliğinin çarpılması sonucu bulunur. Bunun için öncelikle k_4'ün değerinin bilinmesi yerinde olur.

$k_4 = \frac{0.08 * (1 + 0.08)^{30}}{(1+0.08)^{30} - 1}$ = 0.089 bulunur.

1. tesis: Y_1 = 8 000 * 0.089 = 712 TL/m boru/yıl,

2. tesis: Y_2 = 6 000 * 0.089 = 534 TL/m boru/yıl,

3. tesis: Y_3 = 22 000 * 0.089 = 1958 TL/m boru/yıl bulunur.

İşletme maliyetleri ise yukarıda hesaplanan birim boru uzunluğu başına yıllık maliyetlere, Tablo 12.2'de verilen işletme maliyetleri değerlerinin eklenmesi ile bulunur.

1. tesis: $İ_1$ = 712 + 30 = 742 TL/m boru/yıl,

2. tesis: $İ_2$ = 534 + 20 = 554 TL/m boru/yıl,

3. tesis: $İ_3$ = 1958 + 50 = 2008 TL/m boru/yıl bulunur. Böylece ortak arıtım için isale hattı döşemenin maliyeti:

742 + 554 + 2008 = 3304 TL/m boru/yıl bulunmaktadır.

Burada dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta ise birimlerin birim boru uzunluğuna göre yazılmasıdır. Çünkü ortak arıtma tesisinin kurulacağı yere göre bu uzunluklar değişecek olup tüm maliyet hesaplarına da etki edecektir.

Belirlenen ortak arıtma tesisinin yeri, 1. yazlık tesise 783 m, 2. yazlık tesise 283 m, 3. yazlık tesise de 367 m uzaklıkta bir yer olsun. Bu durumda ortak arıtımın toplam taşıma veya isale maliyeti şu şekilde hesaplanır:

1. tesis: 742 TL/m/yıl * 783 m = 580 986 TL/yıl,

2.tesis: 554 TL/m/yıl * 283 m = 156 782 TL/yıl,

3. tesis: 2008 TL/m/yıl * 367 m = 736 936 TL/yıl bulunur. Bu durumda toplam isale maliyeti:

580 986 + 156 782 + 736 936 = 1 474 704 TL/yıldır.

Ortak arıtma tesisi kurmanın toplam maliyeti, ortak arıtım için hesaplanan arıtma maliyeti ile isale maliyetinin toplamıdır. Yani;

585 * 10^4 TL/yıl + 1 474 704 TL/yıl = 7 324 704 TL/yıldır.

1. adımda, ayrı arıtım için hesaplanan toplam maliyet $788*10^4$ TL/yıl olarak bulunmuştu. Bu durumda, ortak arıtımın maliyetinin ayrı arıtımın maliyetinden daha düşük olduğu ve bu bölge için daha uygun bir seçim olacağı söylenebilir.

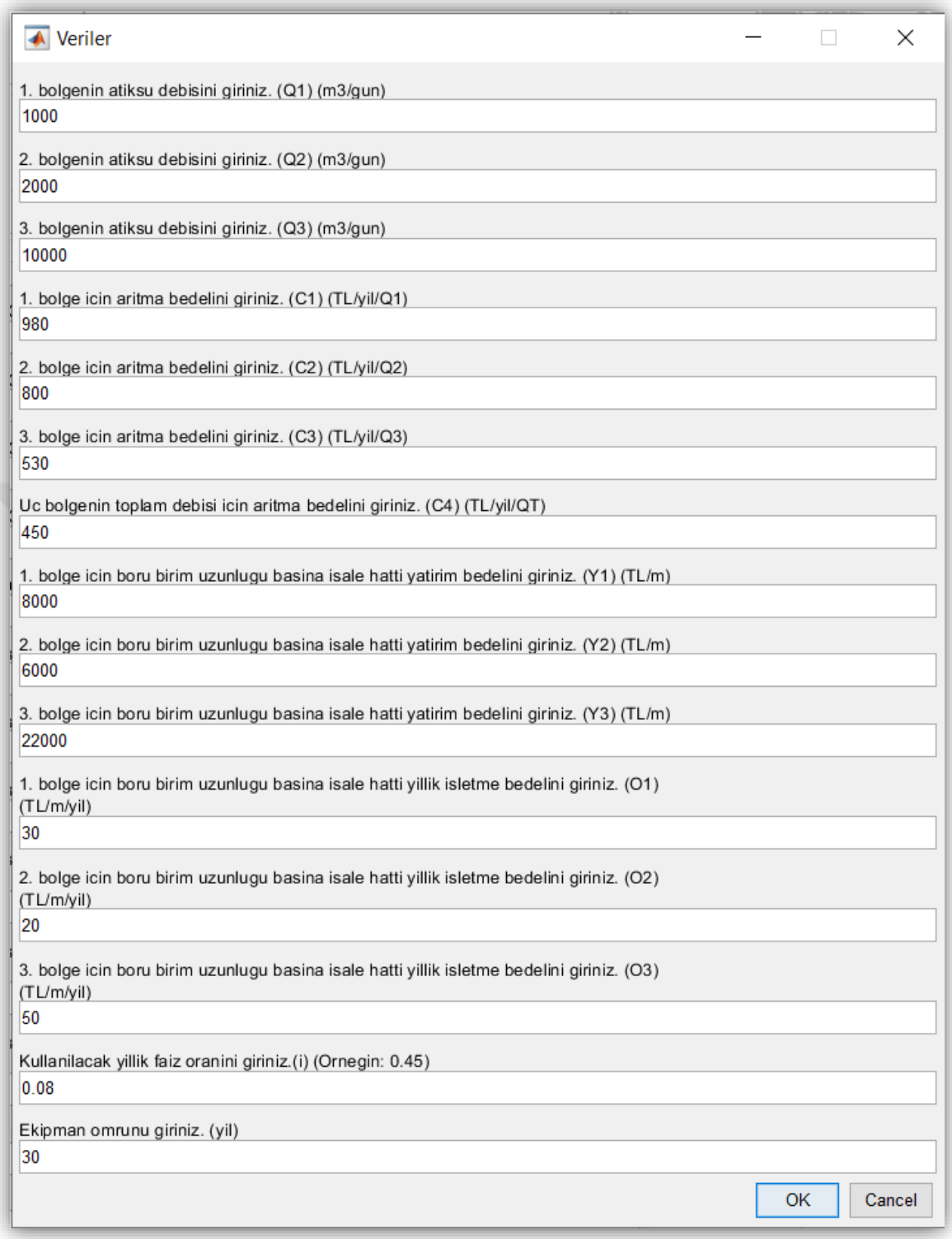
12.2 Birden Çok Tesis İçin Arıtma Alternatifi Belirleme Probleminin Bilgisayar Ortamında Modellenmesi

Teorik çözümü verilen yazlık tesisler için kurulacak hangi arıtma alternatifinin daha optimal olduğu konusuna bir çözüm bulabilmek amacıyla MATLAB® programında bir modelleme çalışması gerçekleştirilmiştir.

Program ilk önce kullanıcıdan yazlık tesisler ile ilgili atıksu debisi, atıksu arıtma bedeli, isale hattı için birim boru uzunluğu başına işletme, yatırım maliyeti, faiz ve ekipman ömrü gibi bilgilerin işlenmesini istemektedir.

Bir sonraki adımda programımız, yazlık tesisleri, isale hattı maliyetlerine göre karşılaştırır ve kurulacak olan ortak arıtma tesisinin yeri hakkında bir öneri yapar. Önerinin temel aldığı nokta, ortak arıtma tesisinin, isale maliyetinin en yüksek olduğu yazlık tesise daha yakın bir noktaya kurulması şeklindedir. Çünkü o yazlık tesise daha yakın bir bölgeye kurulacak olan ortak arıtma tesisine döşenecek olan borular da daha kısa olacaktır ve bu da maliyeti düşürecektir.

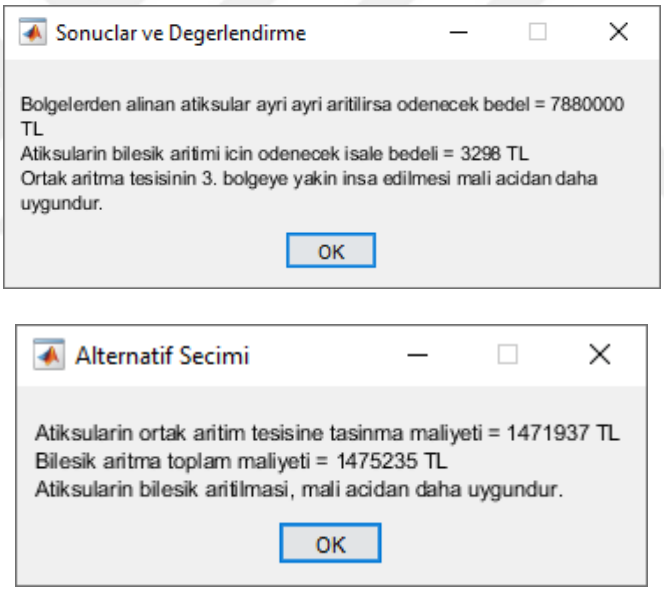
Son olarak da iki alternatif için de tüm maliyet kalemleri hesaplanır ve sonuç penceresinde görüntülenir.



Şekil 12.2 Yazlık tesislerin arıtma, işletme ve yatırım maliyetlerini hesaplayabilmek için gereken verilerin işlendiği MATLAB® ekranı



Şekil 12.3 Yazlık tesislerin ortak arıtma tesisinin kurulacağı bölgeye olan uzaklıklarının işlendiği MATLAB® ekranı



Şekil 12.4 Birden çok bölge için arıtma alternatifi belirleme probleminin tüm maliyetlerinin hesap sonuçlarının gösterildiği, ortak arıtma tesisinin yeri ve arıtma alternatifi için öneri sunan sonuç ekranı

13
AKTİF ÇAMUR PROSESLERİNDE AKIBET MODELİ

13.1 Biyolojik Arıtmada Biyotik ve Abiyotik Kayıplar

Aerobik biyolojik arıtma süreçlerinde, stabil koşullarda, atıksu içerisinde yer alan ve inatçı olarak adlandırılan bazı bileşenler ile zehir etkisi yapan bazı bileşenlerin aslında mikroorganizmalar için bir besin kaynağı olduğu yönünde sonuçlanan bazı araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Bu bileşiklere örnek olarak fenol, benzen, toluen, poliaromatik hidrokarbonlar, pestisitler, benzin, alkol, keton, metilen klorür ve bazı klorlu organik bileşikler verilebilir [77].

Giderimi zor, zehirli ve canlı sağlığını tehdit eden bu maddeler, atıksu içerisindeki mikroorganizmalar tarafından kullanılırken birdizi tepkimenin de aktörü olmaktadır. Özellikle klorlu organik bileşikler, yüksek seviyede uçucu olduğu için arıtma sürecinde atmosfere gaz formuyla salınabilmektedir. Çevresel risk ve sağlık etmenleri düşünüldüğünde bu giderimi zor ve zehirli bileşenlerin, prosese girişinden prosesten çıkışına kadarki gelişimi izlenmelidir. Bu amaçla geliştirilen modele "fate model (kader/akıbet modeli)" adı verilmiştir. Çalışmanın bu kısmında akıbet modeli olarak anılacaktır.

Akıbet modelinde biyotik ve abiyotik kayıplar incelenir. Modelin aslı kütle dengesine dayanmaktadır. İncelenecek olan bileşiğin giriş ve çıkış atıksuyundaki değerleri ölçülür, aradaki kaybın hangi yollarla oluştuğu üzerinde çalışmalar gerçekleştirilir. Biyotik kayıplar, mikroorganizmalar yoluyla oluşan kayıplardır yani mikroorganizmaların o bileşenden bünyelerine kattıkları miktarlardır. Abiyotik kayıplar ise canlı kaynaklı olmayan, diğer nedenlerden kaynaklanan kayıplardır. Bu nedenler, sorpsiyon (adsorpsiyon) ve buharlaşmadır.

Akıbet modelinin kütle dengesi Eşitlik (13.1)'de gösterildiği gibi açıklanabilir.

$$0 = G - MO - AD - B - Ç \tag{13.1}$$

Eşitlik (13.1)'de;

G: incelenen bileşiğin giriş atıksuyu değerini (gram/gün),

MO: mikroorganizma kaynaklı biyotik kayıpları (gram/gün),

AD: bileşenlerin adsorpsiyon hızını (gram/gün),

B: buharlaşma kaynaklı kayıpları (gram/gün),

Ç: incelenen bileşiğin çıkış atıksuyu değerini (gram/gün) ifade eder.

13.1.1 Adsorpsiyon Kaynaklı Kayıplar

Bir fazda bulunan iyon yada moleküllerin, diğer fazın yüzeyinde yoğunlaşması ve konsantre olması işlemi adsorpsiyon olarak adlandırılır [78]. Adsorpsiyon, geliştirilen izotermler aracılığıyla değerlendirilmekte olup bu çalışmada Freundlich izotermi tercih edilmiştir. Freundlich izoterminin ve biyolojik arıtma süreçlerinin en temel formülleri birleştirilmiş ve Eşitlik (13.2) elde edilmiştir.

$$r_{ad} = \frac{X_T * V * K_P * S}{SRT} \qquad (13.2)$$

Eşitlik (13.2)'de;

r_{ad}: günlük adsorplanan bileşen miktarı (g/gün),

X_T: havalandırma havuzunda toplam MLVSS konsantrasyonunu (g VSS/m^3),

V: reaktör hacmini (m^3),

K_P: incelenen bileşenin ayrışma katsayısını (L/gün),

S: bileşenin sıvı fazdaki konsantrasyonunu (g/L),

SRT: katı bekletme süresini (gün) ifade eder.

Kp ile ifade edilen parametre, incelenen bileşenler için değişmekte olup, bazıları için bu değerler, Tablo 13.1'de verildiği gibi kullanılabilmektedir.

Tablo 13.1 Adsorpsiyon için kullanılacak olan bileşiklerin K_p değerleri [79]

Bileşikler	**K_p değerleri (L/g)**
Benzen	0.23
Dinitrotoluen	0.29
Dieldrin	0.81
Fenantren	5.33
Pentaklorofenol	10.96
Poliklorlu bifenil	43.87
Benzopiren	45.15

13.1.2 Buharlaşma Kaynaklı Kayıplar

Havalandırma esnasında uçucu karakterdeki bileşiklerin buharlaşması sonucu oluşan kayıplardır. Bu kayıplar, Eşitlik (13.3)'teki gibi modellenebilir.

$$r_{sv} = -K_L * \alpha_S * S \qquad (13.3)$$

Eşitlik (13.3)'te;

r_{sv}: buharlaşma kaynaklı kayıpları (mg/L*gün),

$K_L * \alpha_S$: gaz-sıvı kütle transfer katsayısını (gün^{-1}),

S: incelenen bileşiğin sıvı fazdaki konsantrasyonunu (mg/L) ifade eder.

Eşitlik (13.3), genellikle yüzeysel havalandırmalı sistemlerde kullanılmakta olup incelenen bileşiğin hava içeriği gözardı edilir. Fakat diffüzörlü havalandırmalı sistemlerde, incelenen bileşikler, dipten yükselen hava baloncukları tarafından tutulabilir; bu da konsantrasyon değişimine sebep olur. Dolayısı ile diffüzörlü havalandırmalı sistemler için ayrı bir formül geliştirilmiştir.

$$r_{sv} = Q_g * S_{g,VOC} = Q_g * H * S_{L,VOC} * \left\{1 - exp\left(\frac{\alpha * K_L\alpha_{,VOC} * V}{Q_g * H}\right)\right\} \quad (13.4)$$

Eşitlik (13.4)'te;

Q_g: reaktör boyunca gaz debisini (m^3/gün),

$S_{g,VOC}$: reaktörden ayrılan gazdaki uçucu organik bileşik içeriğini (g/m^3),

H: uçucu organik bileşiğin Henry sabitini (L_{su}/L_{hava}),

$S_{L,VOC}$: uçucu organik bileşiğin sıvı konsantrasyonunu (g/m^3),

$K_L\alpha_{,VOC}$: uçucu organik bileşiğin kütle aktarım katsayısını ($gün^{-1}$),

α: ML'den arıtılmış suya kütle aktarım katsayısını,

V: reaktör hacmini (m^3) ifade etmektedir.

13.1.3 Biyotik ve Abiyotik Kayıpların Birlikte İfade Edilmesi

Eşitlik (13.1)'deki kütle dengesinin her bir parametresine karşılık gelen formüller yerlerine yazılırsa, atıksudaki bir bileşiğin akıbeti, Eşitlik (13.5) yardımıyla belirlenebilir.

$$S_0 = \left(\frac{1}{Y}\right) * \frac{\mu_m * S}{(K_S + S)} * (X_S * \tau) + K_P * S * X_T * \left(\frac{\tau}{SRT}\right) + K_L\alpha_S * \tau + S \quad (13.5)$$

Eşitlik (13.5)'te;

Y: verim katsayısını (g biyokütle/ g kullanılan substrat),

μ_m: mikroorganizmalar için maksimum spesifik büyüme oranını ($gün^{-1}$),

K_s: yarı hız sabitini (g/m^3),

S: atıksudaki substrat konsantrasyonunu (g/m^3),

X_S: biyobozunur biyokütle konsantrasyonunu (g/m^3),

τ: havalandırma tankının hidrolik bekletme süresini (gün) ifade etmektedir.

Eşitlik (13.5)'te, bileşiği biyolojik olarak bozunabilir forma getirebilecek biyokütle konsantrasyonu dikkate alınmıştır. Ancak atıksu içerisinde biyolojik bozunmaya uğramayan biyokütle de bulunmaktadır. Bu detayın hesaba katıldığı biyokütle konsantrasyonu X_T olarak ifade edilirse;

$$X_S = \frac{Y\left[(S_0 - S) - K_P * S * X_T * \left(\frac{\tau}{SRT}\right) - K_L * \alpha_S * S * (\tau)\right]}{b * (\tau) + \left(\frac{\tau}{SRT}\right)} \tag{13.6}$$

şeklinde bir formül elde edilmektedir.

Biyobozunmanın yoğun bir şekilde gerçekleştiği ancak buharlaşma ve sorpsiyon kaynaklı kayıpların kaydadeğer miktarlarda olmadığı tam karışımlı sistemlerde, bileşenin sıvı konsantrasyonu, Eşitlik (13.7) yardımıyla bulunabilmektedir (reaktörün kararlı hâlde olduğu varsayımı ile).

$$S = \frac{K_S * [1 + b * SRT]}{SRT * (\mu_m - b) - 1} \tag{13.7}$$

13.2 Aktif Çamur Prosesinde Benzen İçin Akıbet Modeli Geliştirilmesi

Tam karışımlı aktif çamur sistemi ile evsel atıksuların arıtıldığı bir atıksu arıtma tesisinden alınan veriler ile atıksuyun tesise girişinden arıtılmış hâlde tesisten çıkışına kadarki tüm süreçlerde benzen içeriği izlenmiştir. Benzenin uğradığı biyotik ve abiyotik kayıplar hesaplanacaktır. Tesisten alınan veriler Tablo 13.2'de gösterildiği gibidir [79].

Tablo 13.2 Tesisten alınan veriler [79]

Parametre	Değerleri ve Birimleri
Giriş atıksuyu benzen konsantrasyonu (S_0)	2 g/m^3
Katı bekletme süresi (SRT)	6 gün
Havalandırma tankı hidrolik bekletme süresi (τ)	0.25 gün

Tablo 13.2 Tesisten alınan veriler (devamı) [79]

Parametre	Değerleri ve Birimleri
MLVSS konsantrasyonu (X_T)	2500 g/m^3
K_P	0.234 * 10^{-3} m^3/g
$K_L * \alpha_S$	3/sa = 72/gün
μ_m	2 g VSS/g VSS*gün
K_S	0.50 g/m3
b	0.10 g VSS/g VSS/gün
Y	0.60 g VSS/g benzen

1. Adım: Sıvı benzen konsantrasyonunun (S), Eşitlik (13.7) yardımıyla bulunması

$$S = \frac{0.5\frac{g}{m^3} * \left[1 + 0.10\frac{gVSS}{gVSS * g\ddot{u}n} * 6\ g\ddot{u}n\right]}{6\ g\ddot{u}n * \left[\frac{(2.0-1.0)gVSS}{gVSS * g\ddot{u}n}\right] - 1} = 0.077\ \text{g/m}^3 \text{ bulunur.}$$

2. Adım: Benzeni biyolojik olarak ayrıştıracak biyokütle konsantrasyonunun (X_S), Eşitlik (13.6) yardımıyla bulunması

$$\frac{\left\{\left(0.60\frac{g}{g}\right) * \left[\frac{(2.0-0.077)g}{m^3}\right] - \left(0.234 * 10^{-3}\ \frac{m^3}{g}\right) * \left(0.077\frac{g}{m^3}\right) * \left(2500\frac{g}{m^3}\right) * \left(\frac{0.25\ g\ddot{u}n}{6.0\ g\ddot{u}n}\right) - \left(\frac{72}{g\ddot{u}n}\right) * \left(0.077\ \frac{g}{m^3}\right) * (0.25\ g\ddot{u}n)\right\}}{\left(0.10\frac{g}{g * g\ddot{u}n}\right) * (0.25\ g\ddot{u}n) + \left(\frac{0.25\ g\ddot{u}n}{6.0\ g\ddot{u}n}\right)}$$

X_S = 4.83 g/m^3 bulunmaktadır.

3. Adım: Benzenin biyotik kayıplarının, Eşitlik (13.5) yardımıyla bulunması:

$$\left[\frac{1}{0.6}\right] * \left[\frac{\frac{2}{g\ddot{u}n} * 0.077\ \frac{g}{m^3}}{(0.5+0.077)\frac{g}{m^3}}\right] * \left(4.83\ \frac{g}{m^3}\right) * (0.25\ g\ddot{u}n) = 0.537\ \text{g/m}^3 \text{ bulunmaktadır.}$$

4. Adım: Benzenin adsorpsiyon kaynaklı kayıplarının, Eşitlik (13.5) yardımıyla bulunması

$\frac{\left(0.234*10^{-3}\frac{m^3}{g}\right)*\left(0.077\frac{g}{m^3}\right)*\left(2500\frac{g}{m^3}\right)*(0.25\ g\ddot{u}n)}{6\ g\ddot{u}n}$ = 0.0019 g/m^3 bulunmaktadır.

5. Adım: Benzenin buharlaşma kaynaklı kayıplarının, Eşitlik (13.5) yardımıyla bulunması:

$\frac{72}{g\ddot{u}n} * 0.077\ \frac{g}{m^3} * 0.25\ g\ddot{u}n$ = 1.386 g/m^3 bulunmaktadır.

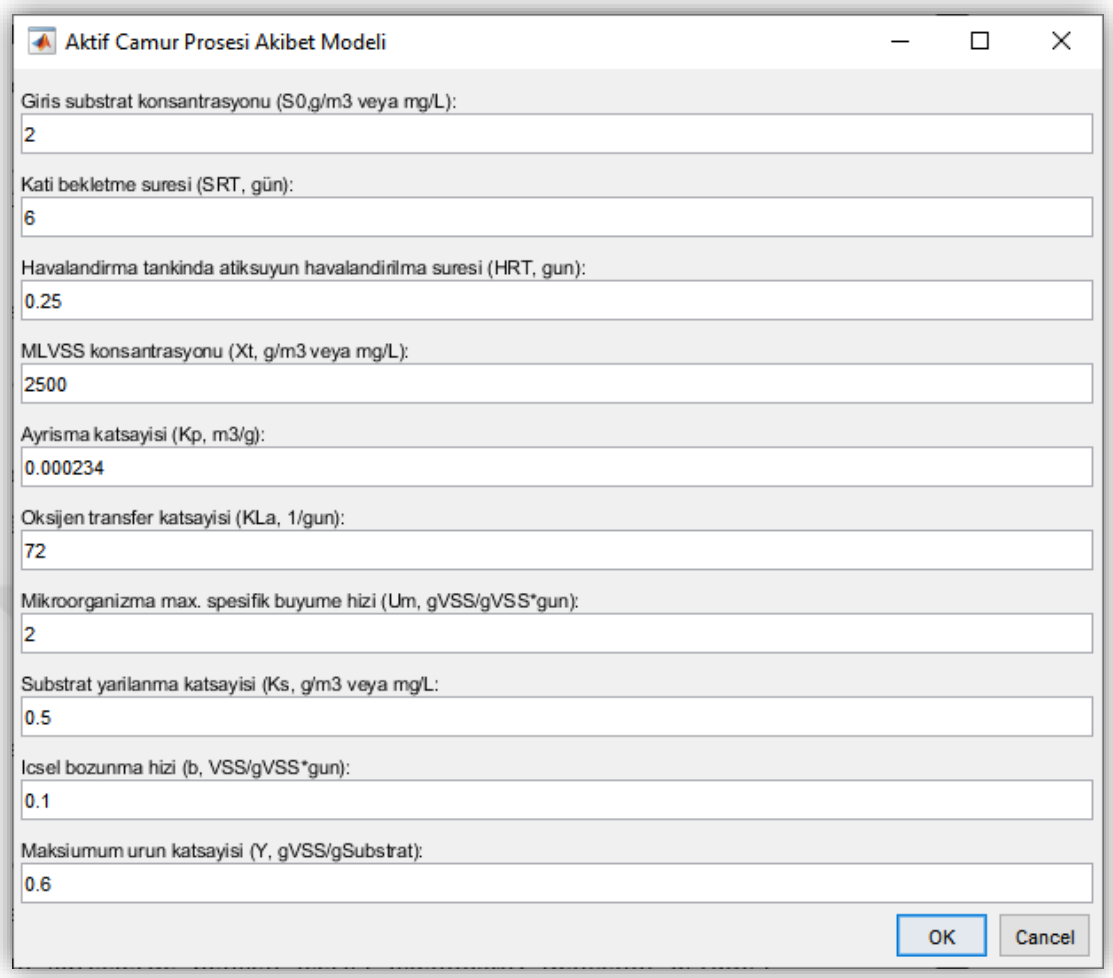
Elde edilen veriler bir tablo şeklinde özetlenirse:

Tablo 13.3 Aktif çamur prosesleri için biyotik ve abiyotik kayıp hesaplamaları

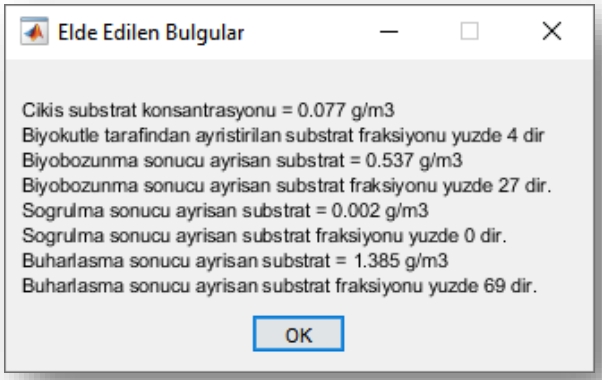
Yol	**Kayıp (g/m^3)**	**Fraksiyonu**
Çıkış benzen konsantrasyonu	0.077	0.039
Biyobozunma (biyotik kayıplar)	0.537	0.268
Adsorpsiyon	0.002	0.001
Buharlaşma	1.386	0.692
Toplam	**2.002**	**1.000**

13.3 Aktif Çamur Prosesinde Benzen İçin Akıbet Modelinin Bilgisayar Tabanlı Geliştirilmesi

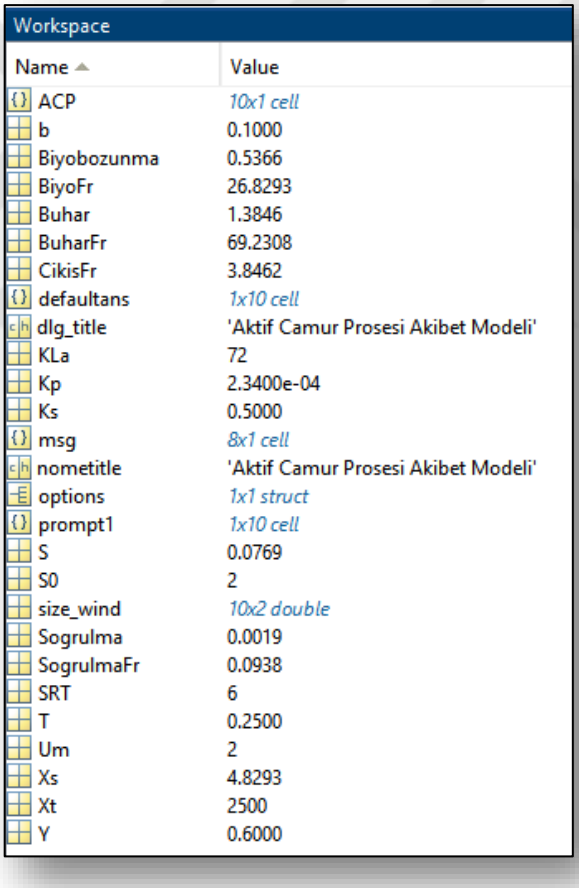
Teorik çözümü verilen aktif çamur prosesinde benzen bileşeninin akıbeti, MATLAB® kullanılarak modellenmiştir. İlk pencerede, atıksu arıtma tesisinden elde edilen verilerin kullanıcı tarafından girilmesi istenir. Sonrasında ise girilen parametreler, gerekli tüm formüllerde yerine program tarafından yerleştirilir ve bir sonuç ekranı gösterilir. Programla ilgili görseller Şekil 13.1, Şekil 13.2 ve Şekil 13.3'te gösterildiği gibidir.



Şekil 13.1 Aktif çamur prosesi akıbet modeli için parametrelerin MATLAB® giriş ekranı



Şekil 13.2 Aktif çamur prosesi akıbet modeli için parametreler girildikten sonra ekrana gelen biyotik ve abiyotik kayıplar sonuç ekranı



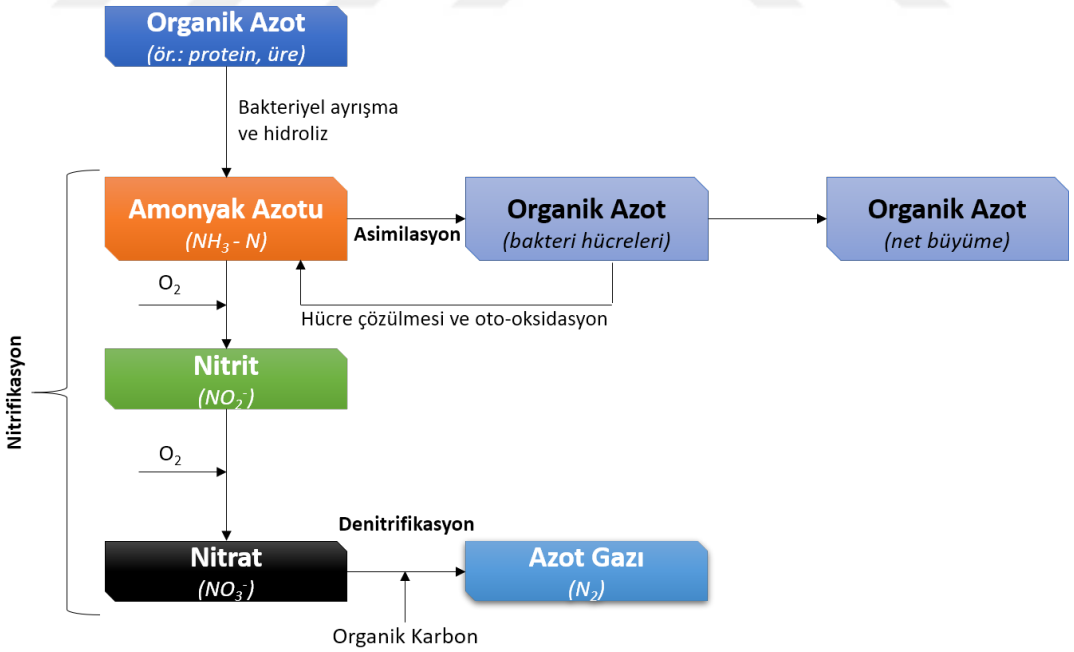
Şekil 13.3 Aktif çamur prosesinde benzenin biyotik ve abiyotik kayıplarının modellendiği MATLAB® programı çalışma alanı

14
DÖRT ADIMLI AKTİF ÇAMUR PROSESİ İLE BİYOLOJİK AZOT GİDERİMİ

14.1 Biyolojik Azot Giderimi

Atıksu içeriğinde bulunan, mikroorganizmalar için besin niteliğinde olan azot ve fosfor gibi nütrientler, çevreye olan direkt veya dolaylı etkileri sebebiyle kontrol edilmeli; çıkış atıksuyunun deşarj edileceği sulardaki canlı yaşamını olumsuz yönde etkilemeyecek şekilde atıksu akımından giderilmelidir.

Biyolojik azot giderimi, asimilasyon ve nitrifikasyon - denitrifikasyon olmak üzere iki ana mekanizma ile sağlanmaktadır. Asimilasyon, mikroorganizmaların azotu besin olarak kullanıp yeni hücre yapımında kullanmaları işlemidir. Hücreler, atıksudan uzaklaştırılınca bünyelerindeki azot da uzaklaştırılmış olur. Ancak atıksulardaki azot konsantrasyonu, asimilasyon ile giderilebilecek miktardan çok daha fazladır. Bu yüzden etkisi kısıtlıdır [80].



Şekil 14.1 Biyolojik azot giderim mekanizmaları [80]

Nitrifikasyon – denitrifikasyon ise iki adımda gerçekleşen azot giderim mekanizmasıdır. Amonyağın önce nitrite sonra nitrata dönüşümü nitrifikasyon adımı; nitratın azot gazına dönüşmesi denitrifikasyon adımıdır. Amonyağın nitrite dönüşüm reaksiyonunu nitrosomonas bakterileri, nitritin nitrata dönüşüm reaksiyonunu ise nitrobacter bakterileri yürütür. Nitrifikasyon reaksiyonunda elektron alıcısı oksijendir yani aerobik bir tepkimedir. Denitrifikasyon reaksiyonu ise serbest oksijenin bulunmadığı yani anoksik bir ortamda gerçekleşir. İki adımlı nitrifikasyon reaksiyonu Eşitlik (14.1) ve Eşitlik (14.2)'de, toplam reaksiyon, Eşitlik (14.3)'te ve amonyumun bir kısmının yeni hücrelere asimile olmasını da içeren biyokütle sentez reaksiyonu ise Eşitlik (14.4)'te gösterildiği şekilde gerçekleşmektedir.

$$NH_4^+ + 1{,}5\ O_2 \rightarrow NO_2^- + 2H^+ + H_2O \quad (14.1)$$

$$NO_2^- + 0{,}5\ O_2 \rightarrow NO_3^- \quad (14.2)$$

$$NH_4^+ + 2\ O_2 \rightarrow NO_3^- + 2H^+ + H_2O \quad (14.3)$$

$$4CO_2 + HCO_3 + NH_4^+ + H_2O \rightarrow C_5H_7O_2N + 5O_2 \quad (14.4)$$

Nitrifikasyonu gerçekleştiren bakterilerin iyi bir performans gösterebilmesi için çevre koşullarının optimal düzeyde olması gerekir. Nitrifikasyona etkiyen bu faktörler:

- Amonyak ve nitrit konsantrasyonu,
- BOİ$_5$ / TKN oranı,
- Çözünmüş oksijen konsantrasyonu,
- Sıcaklık,
- pH'tır.

Denitrifikasyon reaksiyonu, anoksik yani serbest oksijenin bulunmadığı ortamlarda, nitrat azotunun serbest azot gazına dönüşüm reaksiyonudur. Denitrifikasyon reaksiyonunu yürüten çok fazla bakteri çeşidi vardır. Bunlar: *Achromobacter*, *cinetobacter*, *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Aquaspirillum*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Beggiatoa*, *Chromobacterium*, *Clostridium*, *Desulfovibrio*, *Erythrobacter*, *Gallionella*, *Halobacterium*, *Halomonas*, *Hyphomicrobium*, *Neisseria*, *Paracoccus*, *Propionibacterium*, *Psedomonas*, *Rhizobium*, *Rhodopseudomonas*, *Thiobacillus*, *Vibrio* ve *Xanthomonas* olarak sıralanabilir [81].

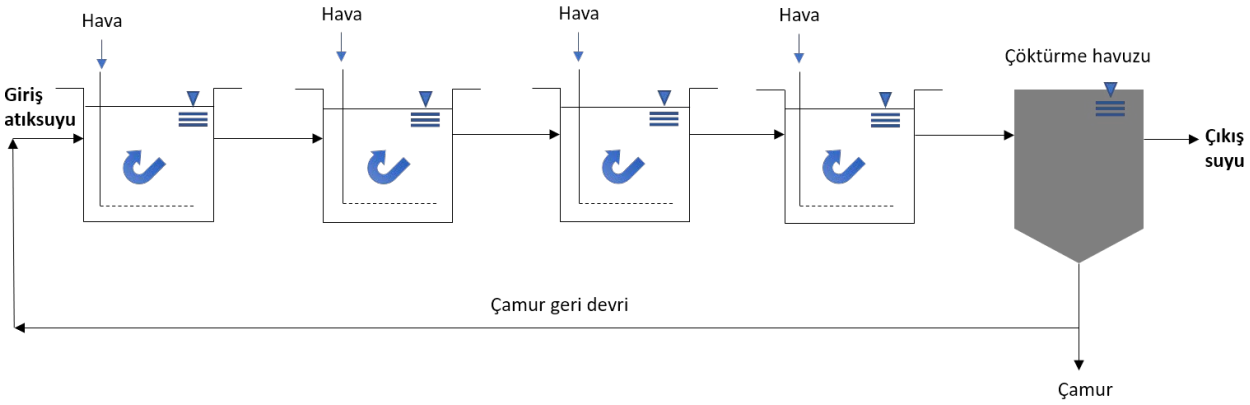
Nitrifikasyon–denitrifikasyonun uygulanabileceği çok çeşitli azot giderim prosesleri geliştirilmiştir. Bu prosesler genel olarak iki metoda odaklanmıştır: Çok bölmeli prosesler ve tek bölmeli prosesler. Çok bölmeli proseslerin amacı farklı bölmelerin içerisinde farklı mekanizmaların etkili olması iken tek bölmeli proseslerde ise tek bölmede hem karbon giderimi hem de nitrifikasyon – denitrifikasyon ile azot giderimi gerçekleşir.

Çalışmanın bu kısmında 4 bölmeli olarak tasarlanan aktif çamur prosesi ile azot giderim mekanizması incelenecektir.

14.2 Dört Bölmeli Aktif Çamur Prosesi İle Biyolojik Azot Giderimi

4 adımlı havalandırma havuzu ve son çöktürme havuzundan meydana gelen tam karışımlı bir aktif çamur prosesinin azot giderme potansiyeli değerlendirilecektir. Nitrifikasyon, aerobik bir tepkime olduğu için oksijen oldukça önemli bir parametredir. Dolayısıyla bu proseste reaktörün her bölmesine düzenli olarak hava akışı sağlanacak olup giriş atıksuyundaki NH_4^+-N konsantrasyonu, her bölmenin çıkış NH_4^+-N konsantrasyonu ve genel proses çıkış suyundaki NH_4^+-N konsantrasyonu ölçülecektir [82].

Prosesin şematik gösterimi Şekil 14.2'de verildiği gibidir.



Şekil 14.2 Azot giderim potansiyeli gözlenecek olan 4 adımlı aktif çamur proses şeması [82]

Her bir bölmesi eşit hacimde olan, her bölmeye aynı havalandırma mekanizması ve hava hacmi uygulanan 4 adımlı tam karışımlı bir aktif çamur prosesinin tasarımında Tablo 14.1'deki veriler kullanılmaktadır.

Tablo 14.1 4 adımlı aktif çamur prosesinin tasarım verileri [82]

Parametre	**Değeri ve Birimi**
Sıcaklık	16°C
$\mu_{max,16}$	0.681 g/g/gün
K_{NH4}	0.50 mg/L
Y_n	0.15 g VSS/g NH_4^+-N
$b_{n,16}$	0.151 g/g/gün
Okside olacak NH_4^+-N miktarı	30 mg/L
İstenen çıkış NH_4^+-N miktarı	0.50 mg/L
Çözünmüş oksijen	2.0 mg/L
K_0	0.5 mg/L

Tablo 14.1 4 adımlı aktif çamur prosesinin tasarım verileri (devamı) [82]

Parametre	Değeri ve Birimi
Çamur geri devir oranı (Q_R/Q)	0.5
τ (Hidrolik bekletme süresi)	8 sa = 0.33 gün

1. Adım: Tek bir bölme için katı bekletme süresinin ve nitrifikasyon bakterilerinin konsantrasyonunun (μ_{AOB} ve μ_{NOB}) hesaplanması gerçekleştirilecektir. Nitrifikasyon bakterileri ile ilgili hesaplamalar, Monod'un nitrifikasyon kinetiği eşitlikleri kullanılarak yapılmaktadır.

$$\mu_{max,AOB,16} * \left(\frac{S_{NH}}{S_{NH} + K_{NH}}\right) * \left(\frac{S_0}{S_0 + K_{0,AOB}}\right) - b_{AOB} \quad (14.5)$$

$$\mu_{max,NOB,16} * \left(\frac{S_{NO}}{S_{NO} + K_{NO}}\right) * \left(\frac{S_0}{S_0 + K_{0,NOB}}\right) - b_{NOB} \quad (14.6)$$

Eşitlik (14.5)'te;

μ_{AOB}: amonyak okside eden bakterinin spesifik büyüme hızı (g VSS/g VSS/gün),

μ_{NOB}: nitrit okside eden bakterilerin spesifik büyüme hızı (g VSS/g VSS/gün),

$\mu_{max,AOB}$: amonyak okside eden bakterilerin maksimum spesifik büyüme hızı (g VSS/g VSS/gün),

$\mu_{max,NOB}$: nitrit okside eden bakterilerin maksimum spesifik büyüme hızı (g VSS/g VSS/gün),

b_{AOB}: amonyak okside eden bakterilerin içsel tükenme hızı (tükenen g VSS/g VSS/gün),

b_{NOB}: nitrit okside eden bakterilerin içsel tükenme hızı (tükenen g VSS/g VSS/gün),

S_{NH}: NH_4^+-N konsantrasyonu (mg/L),

K_{NH}: NH_4^+-N için yarı hız sabiti (mg/L),

S_0: çözünmüş oksijen konsantrasyonu (mg/L),

$K_{0,AOB}$: amonyak okside eden bakteriler için çözünmüş oksijen yarı hız sabiti (mg/L),

S_{NO}: NO_2^--N konsantrasyonu (mg/L),

K_{NO}: NO_2^--N için yarı hız sabiti (mg/L),

$K_{0,NOB}$: nitrit okside eden bakteriler için çözünmüş oksijen yarı hız sabitini (mg/L) ifade etmektedir.

Tablo 14.1'deki veriler ve Eşitlik (14.5) ile Eşitlik(14.6) kullanılarak gerekli hesaplamalar yapılırsa:

$$\mu_{AOB} = 0.681 \frac{g}{g*g\ddot{u}n} * \left(\frac{0.50 \frac{mg}{L}}{(0.50+0.50)\frac{mg}{L}}\right) * \left(\frac{2 \frac{mg}{L}}{(0.50+2.0)\frac{mg}{L}}\right) - 0.151 = 0.121 \text{ g/g*gün}$$

Atıksu akımının kararlı hâlde olduğu kabulü ile tam karışımlı aktif çamur sistemlerinde maksimum bakteri büyüme hızının çarpma işlemine göre tersi, katı bekletme süresine eşittir.

$$\mu_{AOB} = \frac{1}{SRT} \tag{14.7}$$

SRT = $\frac{1}{0.121 \frac{g}{g*g\ddot{u}n}}$ = 8.24 gün bulunmaktadır.

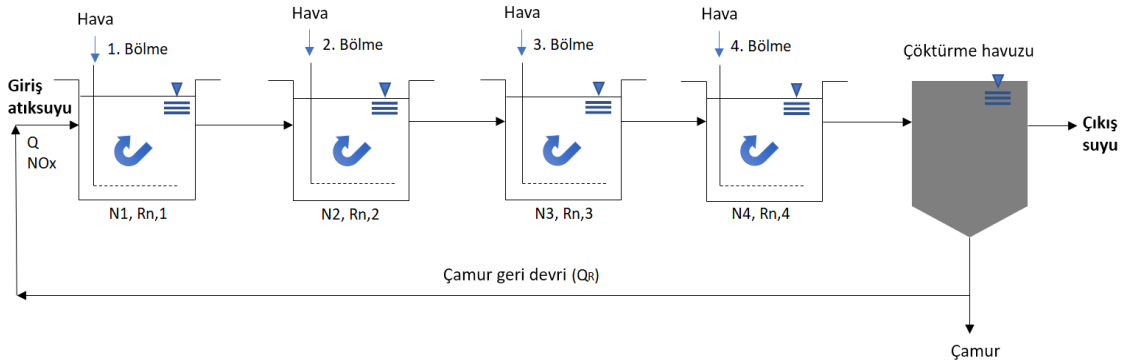
Reaktördeki biyokütle konsantrasyonunun; sistemin katı bekletme süresi, havalandırma havuzunun hidrolik bekletme süresi, sentez yığın sabiti, bakterilerin içsel tükenme hızı ve giderilen substrat parametreleri ile ilişkisinin gösterildiği Eşitlik (14.8) kullanılarak nitrifikasyon bakterilerinin konsantrasyonu bulunabilmektedir.

$$X = \frac{SRT}{\tau} * \left[\frac{Y * (S_0 - S)}{1 + b * SRT}\right] \tag{14.8}$$

Nitrifikasyon bakterilerinin konsantrasyonu;

$$\frac{8.24\ g\ddot{u}n}{0.33\ g\ddot{u}n} * \left[\frac{0.15\ \frac{g}{g} * (30)}{1+\left(0.151\frac{g}{g*g\ddot{u}n} * 8.24\ g\ddot{u}n\right)}\right] = 50.1\ \text{mg/L}$$ bulunmaktadır.

2. Adım: 4 adımlı tam karışımlı aktif çamur prosesinin her adımı için kütle dengesi hesaplamaları yapılacaktır. Hesaplamalarda kullanılacak olan kısaltmaların hangi bölmelere ve hangi parametrelere karşılık geldiği ile ilgili şematik gösterim Şekil 14.3'te verilmiştir.



Şekil 14.3 4 adımlı tam karışımlı aktif çamur prosesi parametreleri [82]

1. bölme için kütle dengesi şu şekilde oluşturulur:

$$\frac{dN_1}{dt} * V = Q * (NO_x) + Q_R * N_4 - (Q + Q_R) * N_1 - R_{n,1} * v \qquad (14.9)$$

Amonyak oksidasyon hızı veya bir başka ifadeyle nitrifikasyon hızı eşitliği, nitrifikasyon kinetiklerinin bir fonksiyonudur ve reaktör NH_4^+-N, çözünmüş oksijen ve amonyak okside eden bakterilerin konsantrasyonu parametrelerini içerir.

$$r_{NH_4} = \left(\frac{\mu_{max,AOB}}{Y_{AOB}}\right) * \left(\frac{S_{NH_4}}{S_{NH_4} + K_{NH_4}}\right) * \left(\frac{S_0}{S_0 + K_{0,AOB}}\right) \qquad (14.10)$$

Eşitlik (14.9) ve Eşitlik (14.10)'da;

Q: Atıksu debisini (m^3/gün),

NO_x: Giriş atıksuyunda bulunan okside olacak NH_4^+-N konsantrasyonunu (mg/L),

Q_R: 4. bölmeden geri devrettirilecek debiyi (m^3/gün),

N_1: 1. bölmedeki NH_4^+-N konsantrasyonunu (mg/L),

N_4: 4.bölmedeki NH_4^+-N konsantrasyonunu (mg/L),

$R_{n,1}$: 1. bölmedeki nitrifikasyon hızını (g/m^3/gün),

X_n: Nitrifikasyon bakterilerinin konsantrasyonunu (mg/L) ifade etmektedir.

Nitrifikasyon bakterilerinin konsantrasyonu, 1. adımda tek bölme için hesaplanan değer ile aynıdır. Aynı katı bekletme süresinde eşit NH_4^+-N giderimi olacağı kabulü ile, kararlı koşullarda, $\frac{dN_1}{dt}$ = 0 olacaktır. Böylece eşitlik,

$NO_x + \frac{Q_R}{Q} * N_4 - \frac{\left(1+\frac{Q_R}{Q}\right)}{N_1} - \frac{R_{n,1}*V}{Q}$ = 0 hâlini alır ve

$$NO_x + 0.5 * N_4 = 1.5 * N_1 + R_{n,1} * \tau \qquad (14.11)$$

Burada τ ile gösterilen hidrolik bekletme süresi, prosesimiz 4 bölmeli olduğundan Tablo 14.1'deki sürenin 4'e bölünmüş hâliyle yazılacaktır. Yani, $\frac{0.33\ gün}{4}$ = 0.0833 gün olacaktır. İşlemler, prosesin diğer bölmeleri için de tekrarlanır.

2. bölme için;

$$1.5 * N_1 = 1.5 * N_2 * R_{n,2} * \tau \qquad (14.12)$$

3. bölme için;

$$1.5 * N_2 = 1.5 * N_3 * R_{n,3} * \tau \qquad (14.13)$$

4. bölme için;

$$1.5 * N_3 = 1.5 * N_4 * R_{n,4} * \tau \qquad (14.14)$$

şeklini almaktadır.

$R_{n,i\ (i\ =\ 1\text{-}4)}$, NH_4^+-N (N)'in her bölmedeki konsantrasyonunu ifade eden fonksiyon olmak üzere Eşitlik (14.10)'da gerekli veriler yerlerine yazılırsa;

$$R_{n,i} = \left(\frac{0.681\ \frac{g}{g*g\ddot{u}n}}{0.15\ \frac{gVSS}{gNH4-N}}\right) * \left(\frac{N_i}{(0.50+N_i)\ \frac{mg}{L}}\right) * \left(\frac{2\ \frac{mg}{L}}{(0.5+2.0)\ \frac{mg}{L}}\right) * 50.1\ mg/L$$

$R_{n,i} = (181.96) * \left(\frac{N_i}{(0.50+N_i)\ \frac{mg}{L}}\right)$ hâline gelmektedir. Bu denklem, her bölmedeki NH_4^+-N konsantrasyonunu bulmak için uygulandığında, bütün bölmelerin konsantrasyonlarının birbirleriyle ilişkili olduğu görülmektedir. N_1'i hesaplamak için N_4'ün konsantrasyonunun bilinmesi gerekmektedir. Aynı şekilde N_2 için N_3'ün, N_3 için N_4'ün konsantrasyonları bilinmelidir. Dolayısı ile bu problemin teorik çözümünde iteratif yaklaşım benimsenmiştir. Yani, 4. bölmenin konsantrasyonu için bir tahmin yapılıp N_1 konsantrasyonu hesaplanacak; sonrasında diğer bölmelerin hesaplamasına geçilecektir.

4. bölmenin NH_4^+-N konsantrasyonu için 0.01 mg/L değer tahmini, tüm denklemleri sağlamakta olup bu tahmine göre diğer bölmelerin konsantrasyonları Tablo 14.2'de verildiği gibi hesaplanmaktadır.

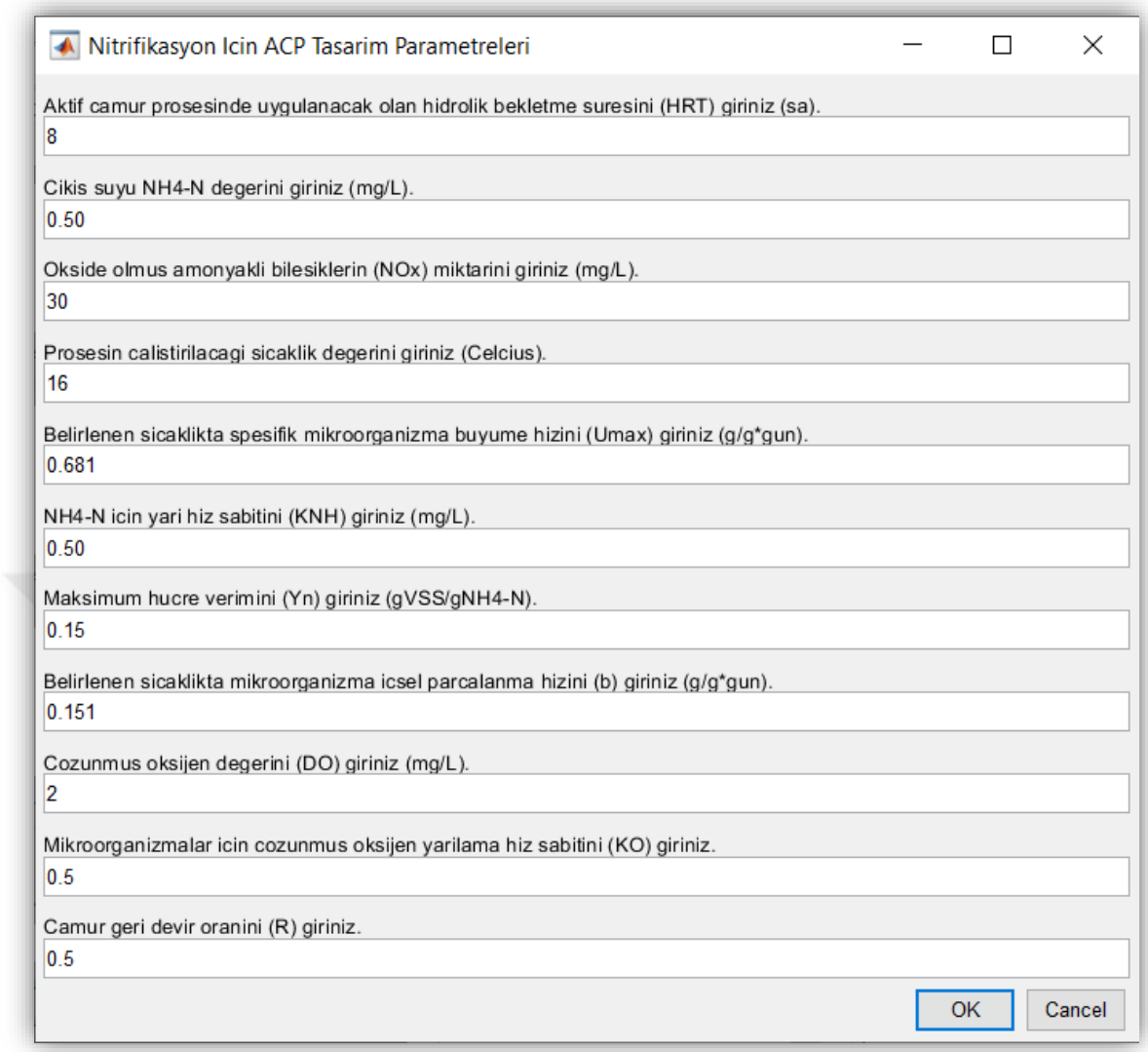
Tablo 14.2 4 adımlı aktif çamur prosesinin her bölmesinin konsantrasyon değerleri (iteratif yaklaşım ile) [82]

Bölmeler	**NH_4^+-N Konsantrasyonları (mg/L)**
1	10.64
2	2.30
3	0.15
4	0.01

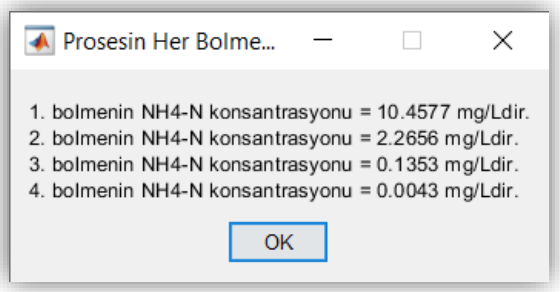
14.3 Biyolojik Yolla Azot Gideriminin Gerçekleşeceği Dört Adımlı Aktif Çamur Prosesinin Bilgisayar Ortamında Modellenmesi

Teorik çözümü verilen 4 adımlı aktif çamur prosesinin her bölmesindeki NH_4^+-N konsantrasyonlarınn bulunması probleminde, kullanılacak olan Denklem (14.11), Denklem (14.12), Denklem (14.13) ve Denklem (14.14)'te N_1, N_2, N_3 ve N_4 olarak ifade edilen konsantrasyon değerlerinin birbirleriyle direkt ilişkili olduğu görülmektedir. N_4 değeri bilinmeden N_1'in bulunması; N_1'in bilinmeden de N_2 ve N_3'ün bulunması mümkün olmamaktadır. Ancak iteratif yaklaşım ile uzun bir deneme-yanılma süreci geçirilerek sonuçlar elbette bulunabilir. Teorik çözümde N_4 değeri için bir tahmin yapılmış ve diğer konsantrasyon değerleri bulunmuştur. Fakat bu, çok zaman alan ve yorucu bir iştir. Dolayısı ile problemin bilgisayar esaslı modellenmesi uygun olacaktır. Modelleme için MATLAB® programı kullanılmıştır.

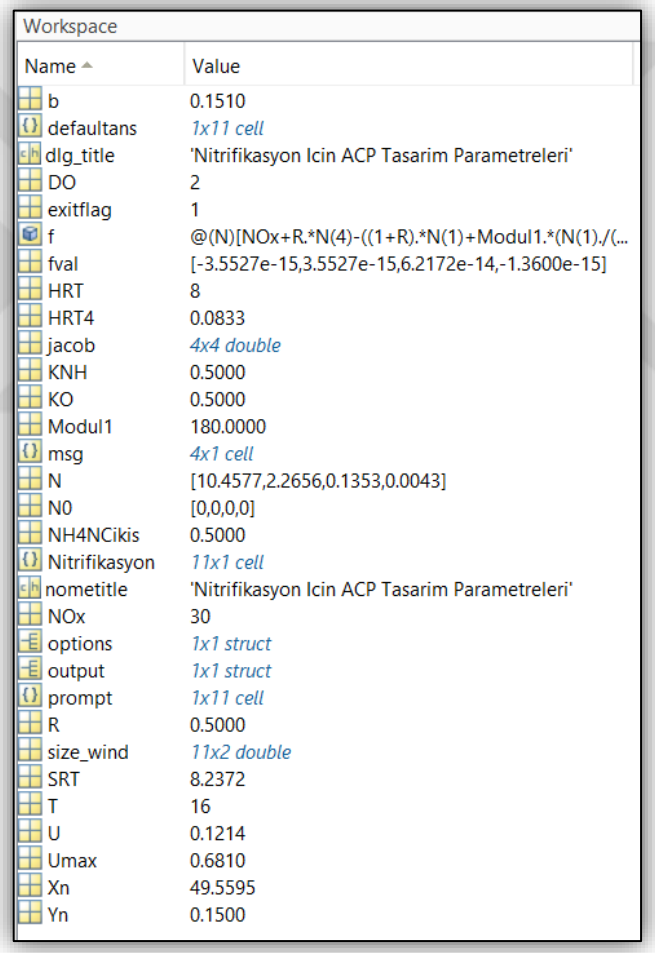
Programda kullanıcıdan ilk olarak prosesin tasarımıyla ilgili Tablo 14.1'deki verileri girmesi beklenmektedir. Sonrasında program, bu verileri, teorik çözümde de verilen tüm eşitlikler üzerinde gerekli yerlere yerleştirir. Denklem (14.11), Denklem (14.12), Denklem (14.13) ve Denklem (14.14)'teki N(i) parametresine ve sabit bir hidrolik bekletme süresine bağlı fonksiyonlar olarak olarak yazılmıştır. Bir optimizasyon komutu olan "fsolve" ile konsantrasyon değerlerinin çözüme ulaştırılması sağlanır. Programla ilgili ekran görüntüleri Şekil 14.4, Şekil 14.5 ve Şekil 14.6'da verildiği gibidir.



Şekil 14.4 Biyolojik olarak azot giderecek 4 adımlı aktif çamur prosesi için modellenen bilgisayar programının veri giriş ekranı

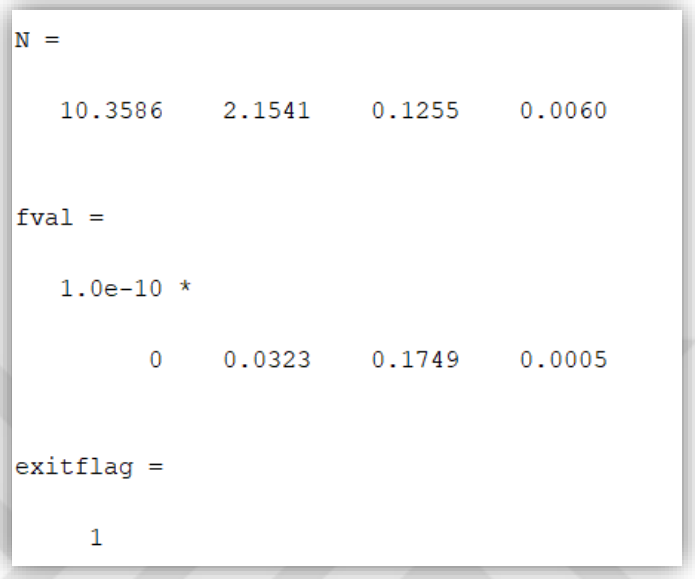


Şekil 14.5 Biyolojik olarak azot giderecek 4 adımlı aktif çamur prosesi için modellenen bilgisayar programına veriler girildikten sonra ekrana gelen sonuç ekranı



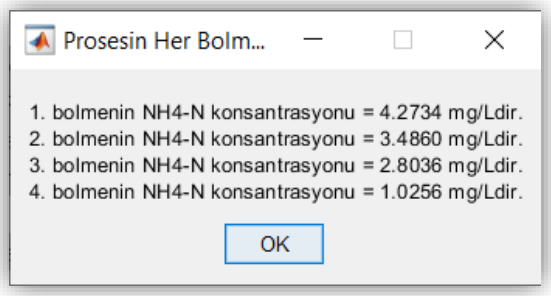
Şekil 14.6 Biyolojik olarak azot giderecek 4 adımlı aktif çamur prosesi için modellenen bilgisayar programının çalışma alanı

Programın bulduğu sonuç değerlerinin doğrulaması ise yine optimizasyon için kullanılan bu komutun bir özelliği olarak MATLAB® komut penceresinde gösterilmektedir. "exitflag" değerinin 1, "fval" değerinin ise e^{-10} mertebesinde olması sonuçların %100'e yakın doğrulukta bulunduğunu göstermektedir.



Şekil 14.7 Biyolojik olarak azot giderecek 4 adımlı aktif çamur prosesi için modellenen bilgisayar programının bulduğu sonuçların doğruluğu

Aynı problem, geri devir oranı 6.0 olacak şekilde tekrar çözülmek istenirse bulunan sonuçlar, Şekil 14.8'de gösterildiği gibidir.



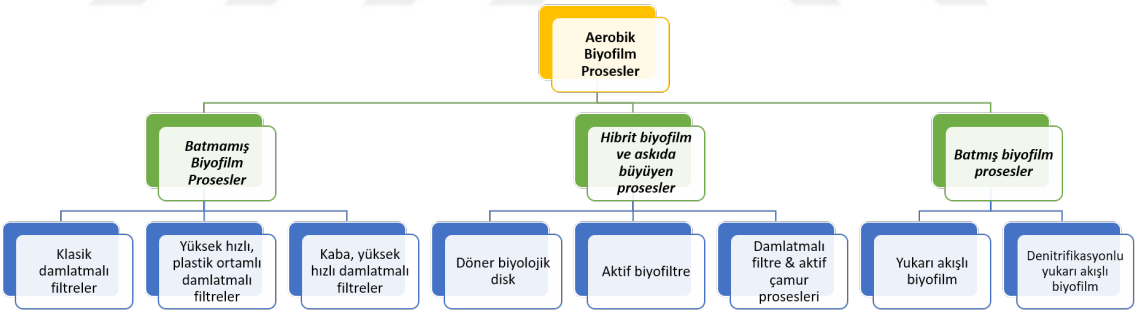
Şekil 14.8 Biyolojik olarak azot giderecek 4 adımlı aktif çamur prosesi için modellenen bilgisayar programı, farklı bir geri devir oranı ile tekrar test edildiğinde bulunan sonuçlar

15
DAMLATMALI FİLTRELER

15.1 Damlatmalı Filtreler

Geleneksel aktif çamur proseslerine alternatif olarak geliştirilen biyolojik arıtmadan sorumlu çeşitli prosesler bulunmaktadır. Bunlardan en sık kullanılanları askıda büyüyen ve sabit bir yatak üzerinde gelişen proseslerdir. Damlatmalı filtreler de sabit bir yatak üzerinde gelişen proseslere örnektir. Çalışmanın bu kısmında, biyolojik arıtma gerçekleştirmek amacıyla filtre malzemelerinin kullanıldığı ve aerobik biyofilm proseslerinin bir çeşidi olan damlatmalı filtrelerin tasarımı üzerinde durulmuştur.

Aerobik biyofilm proseslerinin sınıflandırılması ve damlatmalı filtrelerin bu sınıflandırmada hangi noktada yer aldığı Şekil 15.1'de gösterildiği gibidir.



Şekil 15.1 Aerobik biyofilm proseslerin sınıflandırılması [83]

Biyolojik filtreler olarak da adlandırılan damlatmalı filtreler, atıksuların arıtılması amacıyla günümüzde hâlen gelişimi devam eden ve yaygın kullanılan proseslerdendir. Damlatmalı filtreler, atıksu arıtma tesislerinde genellikle

havalandırma havuzlarının yerini tutar yani ön çöktürme ve son çöktürme havuzları arasına konumlandırılır.

Damlatmalı filtrelerin en önemli özelliği, çeşitli filtre malzemelerinin kullanılmasıdır. Örneğin; bakteriyel büyüme sonucu tıkanma problemini en aza indirmek için 5–10 cm boyutunda taşlar veya yüksek porozite sağlanabilmesi amacıyla plastik filtre ortamları kullanılabilir.

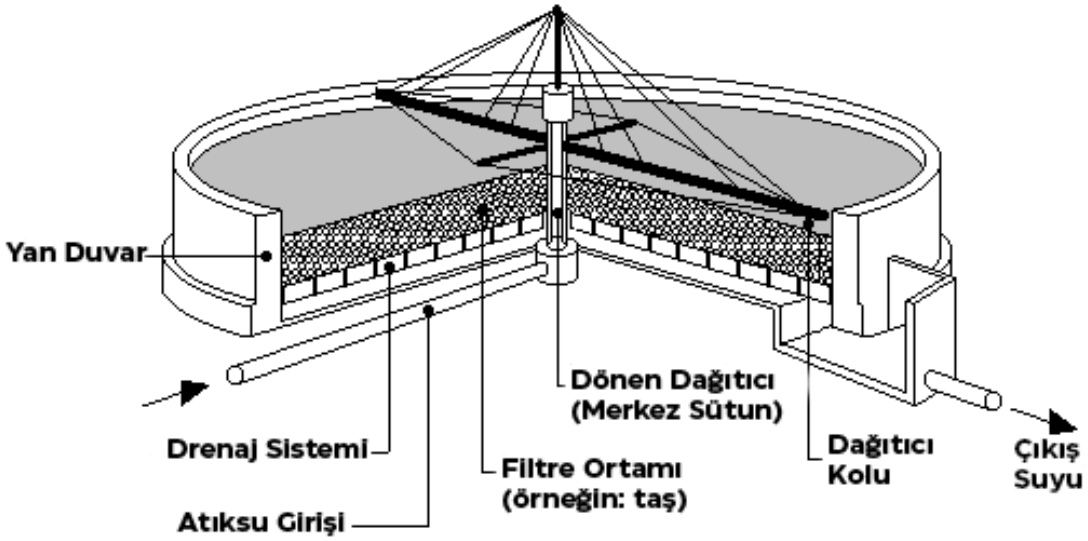
Aerobik biyofilm proseslerinden klasik damlatmalı filtrelerin de içerisinde yer aldığı batmamış biyofilm prosesler, çözünebilir ve seyreltik atıkların arıtılması için daha uygun bir çözümdür. Hibrit prosesler, hem partiküler hem de çözünebilir atıkların arıtımında kullanılabilir. Atıksu kirlilik yükü arttıkça hibrit proseslere olan eğilim de artmıştır çünkü bu proseslerin daha verimli olduğu görülmüştür. Batmış biyofilm prosesler ise karbonlu maddelerin oksidasyonu, nitrifikasyon ve denitrifikasyonu da içeren, evsel atıksuların arıtımı için kullanılır [83].

15.1.1 Damlatmalı Filtrelerin İşletilmesi ve Çalışma Prensipleri

Damlatmalı filtrelerin işletilmesi sırasında atıksu, filtre ortamının yüzeyine bir ya da birden çok dönen dağıtıcı vasıtasıyla uygulanır; atıksu, yatak boyunca aşağıya doğru sızar ve alt kısımda drenaj sistemi ile toplanarak çıkışı yapılır. Sonrasında filtre yatağı üzerinde jelatinimsi biyofilm tabakası meydana gelir ve askıda katılar, kolloidler ve çözünmüş organik katı maddeler, bu biyofilm tarafından absorbe edilir. Bu sayede bahsedilen maddelerin organik oksidasyonu sağlanmış olur. Sonunda bu biyofilm tabakası, madde birikimiyle daha da kalınlaşır ve zaman zaman sıyrılarak kopar ve çıkış suyu ile birlikte deşarj edilir. Bu nedenle, damlatmalı filtreler, filtreden geçebilen katıların atıksu akımından giderilmesi amacıyla çöktürme prosesine ihtiyaç duymaktadır [83].

Damlatmalı filtrelerin fiziksel tasarımında ise dikkat edilen üç husus vardır: Filtre ortamı, atıksu dağıtım sistemi ve drenaj sistemi.

Şekil 15.2'de klasik bir damlatmalı filtre ve kısımları gösterilmiştir.



Şekil 15.2 Klasik bir damlatmalı filtrenin yandan görünüşü ve fiziksel kısımları [83]

Filtre ortamı: Damlatmalı filtrelerin tasarımında uygun bir filtre ortamı kullanılmak isteniyorsa bazı parametrelere dikkat edilmelidir. Bunlar:

- Malzemenin yüksek spesifik yüzey alanına sahip olması (filtre ortamının temas ettiği alan/toplam hacim, m^2/m^3),
- Tıkanmanın minimum seviyede olacağı tipte ve boyutta bir filtre malzemesi seçilmesi,
- Doğal olarak veya blowerlar aracılığıyla yapılacak olan havalandırmanın iyi dağıtılmasına engel olmayacak bir malzeme seçilmesi,
- Malzemenin dayanımının yüksek olması gerekmektedir.

Dağıtım Sistemi: Damlatmalı filtrelerde atıksu dağıtım sistemi, döner şekildedir. Merkez sütun çevresinde dairesel şekilde dönerek atıksuyun filtre malzemesi üzerinden dağıtılarak üniform bir şekilde arıtılmasını sağlamaktadır. Döner dağıtıcı sistemler, güvenilir olmaları ve bakımının kolay olması sebebiyle artık damlatmalı filtrelerde bir standart hâline gelmiştir.

Drenaj Sistemi: Damlatmalı filtrelerde drenaj sistemi iki amacı yerine getirmek için kullanılır:

- Filtreden geçen atıksuyun toplanmasını sağlamak,
- Hava akışının sağlanabilmesi için uygun açık bir alan yaratmaktır.



Şekil 15.3 Hindistan'daki bir atıksu arıtma tesisinde çalışan damlatmalı filtreler [84]

Tablo 15.1 Damlatmalı filtrelerin tipik uygulamaları ve dizayn parametreleri [85,86]

Dizayn Parametresi	**Düşük hızda BOİ giderimi**	**Yüksek hızda BOİ giderimi**	**Yüksek hızda BOİ giderimi**	**BOİ giderimi ve Nitrifikasyon**	**Kısmi BOİ giderimi**
BOİ giderim verimi (%)	80-90	80-90	70-90	85-90	40-70
Filtre malzemesi	Taş	Taş	Plastik	Plastik/Taş	Plastik
Havalandırma	Doğal	Basınçlı hava	Basınçlı hava	Basınçlı hava	Basınçlı hava

Tablo 15.1 Damlatmalı filtrelerin tipik uygulamaları ve dizayn parametreleri (devamı) [85,86]

Dizayn Parametresi		**Düşük hızda BOİ giderimi**	**Yüksek hızda BOİ giderimi**	**Yüksek hızda BOİ giderimi**	**BOİ giderimi ve Nitrifikasyon**	**Kısmi BOİ giderimi**
Organik yükleme (kg BOİ/m^3/gün)		0.08–0.3	0.6–1.6	0.6–2.4	0.08–0.4	1.6–3.5
Hidrolik yükleme (m^3/m^2/gün)		1-4	4-40	15-75	5-16	40-100
Geri devir oranı		0-1	1-2	1-2	1-2	0-2
Derinlik (m)		1-2.5	1-2.5	3–12	Plastik: 3–12 Taş: –2.5	0.9-6
Çıkış suyu kalitesi	$BOİ_5$ (mg/L)	< 30	< 30	< 30	< 20	> 30
	NH_4^+-N (mg/L)	< 5	> 5	> 5	< 3	-

15.1.2 Damlatmalı Filtrelerin Avantajları ve Dezavantajları

Damlatmalı filtrelerin geleneksel aktif çamur proseslerine göre avantajları:

- Düşük enerji ihtiyacı,
- İşletme koşullarının ve bakımın daha kolay olması,
- Çamur kabarması probleminin olmaması,
- Şok yüklemelerde daha esnek kurtarma koşullarına sahip olması olarak sıralanabilir.

Her ne kadar avantajları oldukça cazip olan bir proses gibi gözükse de elbette ki dezavantajları da mevcuttur. Bunlar:

- BOİ ve toplam askıda katı madde konsantrasyonu açısından daha düşük kalitede çıkış suyu sağlaması,
- Operasyon koşullarının düşük sıcaklıklarda daha esnek ve değişebilir nitelikte olması,
- Koku problemi yaratması olarak sıralanabilir [87].

Tablo 15.2 Arıtma amacına göre damlatmalı filtrelerde kullanılabilen filtre materyalleri ve özellikleri [85]

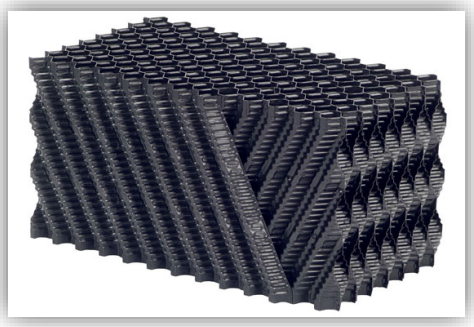
Filtre Materyali	**Nominal boyut (cm)**	**Yaklaşık toplam yoğunluk (kg/m³)**	**Yaklaşık spesifik yüzey alanı (m²/m³)**	**Boş alan, %**	**Giderim**		
					C	**N**	**C+N**
Kaya/taş (akarsu/deniz)	7.5 – 10	1000 – 1300	50	55	+	+	+
Rastgele plastik paket	18.5×5.1	27	98	95	+	+	+
Rastgele plastik paket	9	53	125	95	-	+	-
Plastik (çapraz akışlı)	61×61 ×122	25 – 45	100, 138, 223	> 95	+	+	+
Plastik (dik akışlı)	61×61 ×122	25 – 45	102, 131	> 94	+	+	+



Şekil 15.4 Damlatmalı filtrelerde kullanılan taş/kaya malzemesi [88]



Şekil 15.5 Damlatmalı filtrelerde kullanılan rastgele plastik paket malzemesi [89]



Şekil 15.6 Damlatmalı filtrelerde kullanılan plastik malzemesi (çapraz akışlı) [90]



Şekil 15.7 Damlatmalı filtrelerde kullanılan plastik malzemesi (dik akışlı) [90]

15.2 Damlatmalı Filtrelerde Hava Akış Debisi ve Basınç Düşüşlerinin Hesaplanması Problemi

Bir atıksu arıtma tesisinde kullanılan damlatmalı filtre prosesi için tasarım ve işletme verileri aşağıda verilmiştir. Bu veriler ışığında prosesin havalandırmasını sağlayan basınçlı havalandırma ekipmanının hava akış debisi ve prosesin işletilmesi boyunca meydana gelen basınç düşüşleri hesaplanacaktır. Proseste filtre malzemesi olarak çapraz akışlı rastgele plastik malzeme kullanılacaktır. Proses, sadece BOİ giderimi yapacaktır [91].

Tablo 15.3 Damlatmalı filtre tasarım verileri ve atıksu karakteristik detayları [91]

Parametre	**Değeri ve Birimi**
Atıksu debisi	15000 m^3/gün
Birincil arıtma çıkış BOİ	140 mg/L
Atıksu sıcaklığı	20^oC
BOİ yükleme hızı	0.60 kg/m^3/gün

Tablo 15.3 Damlatmalı filtre tasarım verileri ve atıksu karakteristik detayları (devamı) [91]

Parametre	Değeri ve Birimi
Organik yükleme pik faktörü	1.4
Kule çapı ve sayısı	20 m, 2
Paket filtre malzeme derinliği	6.1 m
Kayıplar için düzeltme faktörü	1.5
Çapraz akışlı filtre malzemesi kayıpları için düzeltme faktörü	1.3
Hava sıcaklığı	28°C
Tesisin bulunduğu alandaki açık hava basıncı	1 atm

1. Adım: Prosese sağlanacak oksijen oranının hesaplanması:

Gerekli oksijen temin oranı, sadece $BOİ_5$ gideriminin olacağı prosesler için Eşitlik (15.1)'deki şekilde hesaplanılacaktır.

$$R_0 = 20\ \frac{kg}{kg} * \left[0.80 * e^{-9 * L_B} + 1.2 * e^{-0.17 * L_B}\right] * P_F \qquad (15.1)$$

Eşitlik (15.1)'de;

R_0: Gerekli oksijen temin oranını, kg O_2/kg $BOİ_5$ yükü,

L_B: Filtre malzemesine uygulanan $BOİ_5$ yükünü, kg $BOİ_5/m^3$/gün,

P_F: Pik faktörünü ifade etmektedir.

Tablo 15.3'te verilen değerler, Eşitlik (15.1)'deki yerlerine yazılırsa;

$$R_0 = 20\ \frac{kg}{kg} * \left[0.80 * e^{-9 * 0.60} + 1.2 * e^{-0.17 * 0.60}\right] * 1.4$$

R_0, uygulanan $BOİ_5$ yükü başına 30.44 kg olarak elde edilmiştir.

2. Adım: Hava akış debisinin bulunması:

Hava akış debisi, Eşitlik (15.2)'teki şekilde hesaplanacaktır.

$$AR_{20} = \frac{R_0 * Q * S_0 * 3.58 \frac{m^3}{kg\ O_2}}{10^3 \frac{g}{1\ kg} * 1440 \frac{dk}{g\ddot{u}n}} \quad (15.2)$$

Eşitlik (15.2)'de;

AR_{20}: Hava sıcaklığı 20°C ve basınç 1 atm iken hava akış debisini, m^3/dk,

Q: Atıksu debisini, m^3/gün,

S_0: Birincil arıtma çıkış BOİ değerini, mg/L ifade etmektedir.

Tablo 15.3'te verilen değerler, Eşitlik (15.2)'de yerlerine yazılırsa;

$AR_{20} = \frac{30.44 \frac{kg}{kg} * 15\ 000 \frac{m^3}{g\ddot{u}n} * 140 \frac{mg}{L} * 3.58 \frac{m^3}{kg\ O_2}}{10^3 \frac{g}{1\ kg} * 1440 \frac{dk}{g\ddot{u}n}}$ = 158.93 m^3/dk elde edilmektedir.

3. Adım: Sıcaklık düzeltme faktörünün uygulanması:

20°C sıcaklık ve 1 atm basınç için hesaplanan standart hava akış debisinin değişen sıcaklıklar için de hesaplanabilmesi gerekmektedir. Bu durumda Eşitlik (15.3) kullanılır.

$$AR_T = \frac{AR_{20} * (273.15 + T\ °K) * 1\ atm}{273.15\ °K\ * P\ atm} \quad (15.3)$$

$AR_{28} = \frac{158.93 \frac{m^3}{dk} * (273.15 + 28\ °K) * 1\ atm}{273.15\ °K * 1\ atm}$ = 175.23 m^3/dk elde edilmektedir.

4. Adım: Hesaplanan hava akış debisi için, 20°C'den yüksek sıcaklıktaki ortamlarda oksijen satürasyonunun düşmesi de hesaba katılmalı ve tekrar bir düzeltme yapılmalıdır. Bu düzeltme Eşitlik (15.4)'teki şekilde yapılmaktadır.

$$AR_{T>20\,°C} = AR_T * \left(1 + \frac{T_A - 20}{100}\right) \quad (15.4)$$

$AR_{28} = 175.23 * \left(1 + \frac{28-20}{100}\right)$ = 189.24 m^3/dk elde edilmektedir.

5. Adım: Basınç düşüşlerinin hesaplanması:

Çapraz akışlı rastgele plastik malzeme için basınç düşüşleri Eşitlik (15.5) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\Delta P = N_P * \frac{v^2}{2 * g} \quad (15.5)$$

Eşitlik (15.5)'de;

ΔP: Toplam basınç düşüşünü (kaybını), kPa,

N_P: Kulenin dayanımını,

v: Yüzeysel hızı, m/s,

g: Yerçekimi ivmesini, 9.81 m/s^2 ifade etmektedir.

Basınçlı hava; atıksu, drenaj sistemleri ve filtre materyalleri üzerine doğru hareket ettikçe yük kayıpları oluşur. N_P, hava akış debisine bağlı olarak meydana gelen tüm bu yük kayıplarının toplamını ifade eden bir terimdir. N_P ifadesine ulaşabilmek için de ayrı bir eşitlik gerekmektedir.

$$N_P = 10.33 * (D) * e^{1.36 * 10^{-5} * \left(\frac{L}{A}\right)} \quad (15.6)$$

Eşitlik (15.6)'da;

N_P: Tüm yük kayıplarının toplamını (kulenin dayanımını),

D: Filtre malzemesinin derinliğini, m,

L: Atıksu yükleme oranını, kg/sa,

A: Kulenin enine kesit alanını, m^2 ifade etmektedir.

Eşitlik (15.6)'daki $\frac{L}{A}$ oranının bulunabilmesi için bazı ek hesaplamalar gerekmektedir.

Q = 15000 m^3/gün = 625 m^3/sa

Bir kulenin alanı: A = $\frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * 20^2}{4}$ = 314 m^2 bulunur.

Hidrolik yükleme: q = $\frac{Q}{A} = \frac{625\ \frac{m^3}{sa}}{314\ m^2} = 1.99$ m^3/m^2 /sa olarak elde edilir.

$\frac{L}{A} = \frac{1\ kg * 10^3\ L * 1.99 \frac{m^3}{m^2 * sa}}{1\ L * 1\ m^3}$ = 1990 kg/m^2/sa elde edilmektedir.

L/A ifadesinin matematiksel hesabı yapıldıktan sonra basınç düşüşü hesabına geri dönülür. Kulenin dayanımı:

$N_P = 10.33 * (6.1) * e^{1.36 * 10^{-5} * (1990)}$ = 64.7 olarak hesaplanır.

Basınç düşüşü hesabına devam ederken, kullanılan filtre materyaline göre dikkate alınması gereken düzeltme faktörleri bulunmaktadır. Verilerin alındığı atıksu arıtma tesisinde işletilen damlatmalı filtre prosesinde kullanılan filtre materyali çapraz akışlı plastik malzemedir. Bu malzeme için kullanılacak olan düzeltme faktörü 1.3, diğer kayıplar için kullanılacak olan düzeltme faktörü de 1.5'tir.

Düzeltme faktörleri, kulenin dayanımı ile ilgili eşitliğe uygulandığı takdirde:

$N_P = 1.5 * 1.3 * 64.7 = 126.2$ sonucu elde edilir.

5. adımın son hesabı olan basınç düşüşü hesabına geçilirse:

$\Delta P = N_P * \frac{v^2}{2 * g}$ eşitliğinde yüzeysel hızı ifade eden "v" teriminin hesabı yapılmalıdır.

$v = \frac{\left(\frac{Hava\ akış\ debisi}{Kule\ sayısı}\right)}{(Bir\ kulenin\ alanı)} = \frac{\left(\frac{189.24}{2}\right)}{(314)} = 0.30 \frac{m}{dk} = 0.0050 \frac{m}{s}$ olarak hesaplanır. Basınç düşüşü ise:

$\Delta P = 126.2 * \frac{0.0050^2}{2 * 9.81} = 1.61 * 10^{-4}\ m.$ olarak bulunmaktadır. Fakat burada da hava sıcaklığına bağlı olarak değişen hava yoğunluğunun basınç düşüşü hesabında dikkate alınması gerekmektedir. Tesisin bulunduğu yerin hava sıcaklığı 28°C ve bu sıcaklıktaki hava yoğunluğu 1.172 kg/m^3'tür. 1.172 değeri, Eşitlik (15.7)'deki gaz yasalarının derlenmesi sonucu oluşturan eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\rho = \frac{101325}{287.05 * (T_a + 273.15)} \quad (15.7)$$

Eşitlik (15.7)'de;

ρ: Hava yoğunluğunu (kg/m^3),

101325: Deniz seviyesindeki atmosfer basıncını (hPa),

287.05: Kuru hava için spesifik gaz sabitini (J/kg/K) ifade etmektedir.

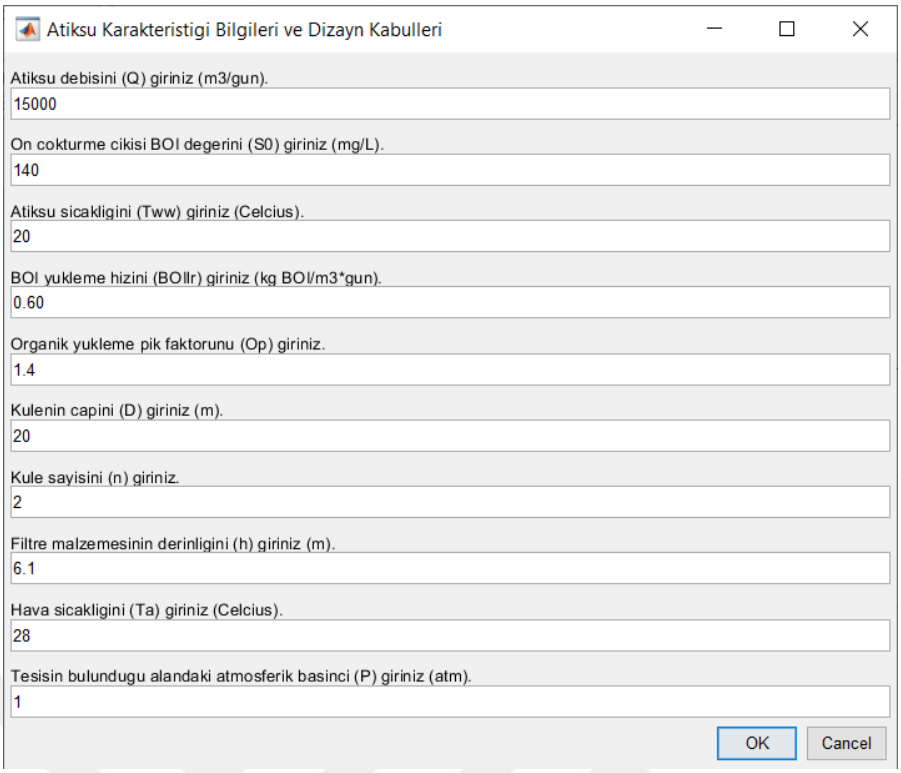
Sonuç olarak basınç düşüş miktarı;

$\Delta P = 1.61 * 10^{-4}\, m.* 1.172 \frac{kg}{m^3} * 9.81 \frac{m}{s^2} = 1.85 * 10^{-3} \frac{N}{m^2} (Pa) = 1.85\, x\, 10^{-6}\, kPa$

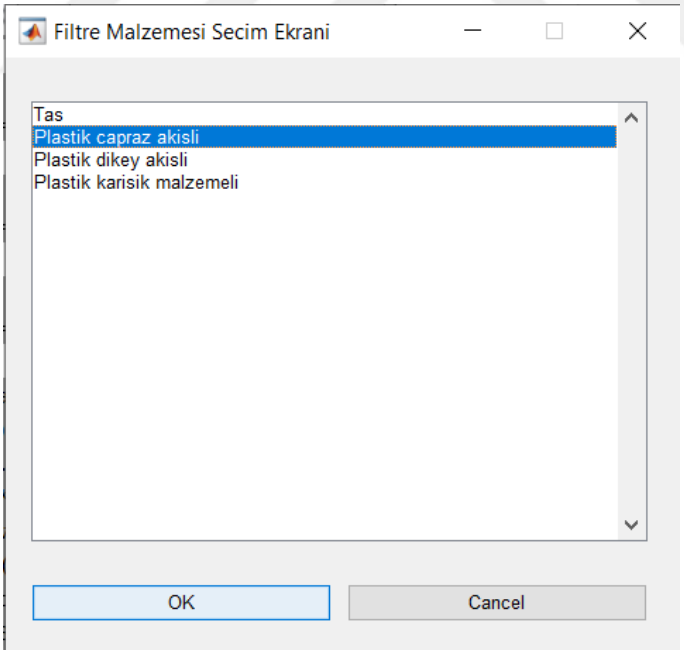
olarak hesaplanmaktadır.

15.3 Damlatmalı Filtrelerde Hava Akış Debisi ve Basınç Düşüşü Hesaplarının Bilgisayar Ortamında Modellenmesi

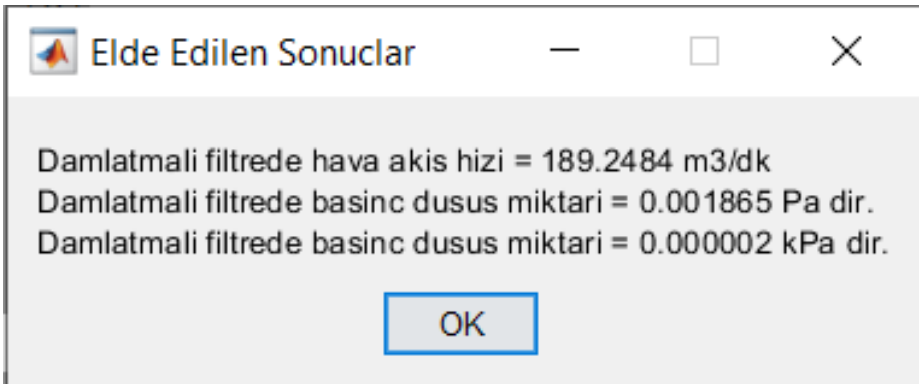
Teorik çözümü verilen problemin hesaplama adımlarının, MATLAB® programında modellemesi gerçekleştirilmiştir. Program açıldığında ilk olarak kullanıcıdan atıksu arıtma tesisinden alınan bazı spesifik verileri girmesi istenmektedir. Parametrelerin değerleri, kullanıcı tarafından girildikten sonra program ilk olarak gerekli oksijen miktarını hesaplar; sonrasında kullanıcının girdiği atıksu sıcaklığına göre hava akış hızına sıcaklık ve düşük satürasyon oksijen düzeltmesi uygular. Sonraki adımda basınç düşüşü hesaplamasına geçilir. Teorik çözümde de görüleceği üzere basınç düşüşü hesaplanırken birçok parametrenin ayrı ayrı hesaplanması gerekmektedir. Basınç düşüşü hesabının ilk adımında kullanıcıya bir liste sunulur. Bu listede, verilen seçenekler arasından kullanılan filtre malzemesini seçmesi istenir. İleriki hesaplamalarda, seçilen malzemeye karşılık gelen düzeltme faktörü uygulanır. Programın son adımında ise tüm parametreler yerine konur ve basınç düşüşü hesaplanır. Programın çalışma adımlarına yönelik ekran görüntüleri ilerleyen kısımda verilmiştir.



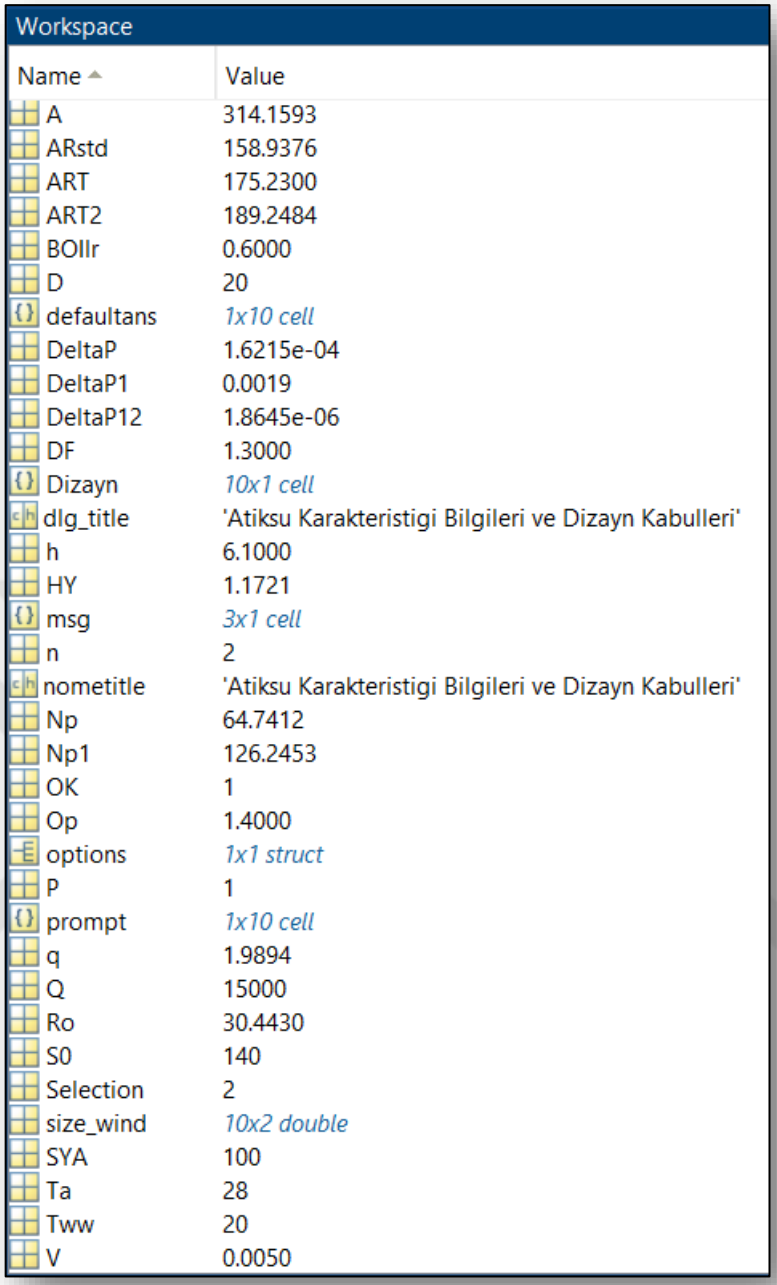
Şekil 15.8 Damlatmalı filtre tasarımı gerçekleştirilen MATLAB® programının veri giriş ekranı



Şekil 15.9 Damlatmalı filtre tasarımı gerçekleştiren MATLAB® programının filtre malzemesi seçim ekranı



Şekil 15.10 Damlatmalı filtre tasarımı gerçekleştiren MATLAB® programının sonuç ekranı



Şekil 15.11 Damlatmalı filtre tasarımı gerçekleştiren MATLAB® programının çalışma alanı görüntüsü

16
KARBON VE AZOT GİDEREN PROSESLER

16.1 Karbon ve Azotun Giderildiği Prosesler

Atıksuların muhteva ettiği ve giderilmesi büyük önem arz eden karbon ve azot bileşenlerinin gideriminin yapılabileceği birçok proses çeşidi mevcuttur. Bu proses çeşitleri genel olarak yalnızca karbon gideren, karbon ve azotu bir arada gideren veya karbon ve azota ek olarak fosfor gibi kirleticileri birlikte veya ayrı bölmelerde giderebilen prosesler olarak sınıflandırılabilir. Proseslerin giderebileceği kirletici bileşenler, proseslerin tasarım parametrelerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Özellikle karbon ve azot gideriminin ayrı veya birlikte yapılması kararlaştırılan proseslerde en büyük değişken katı bekletme süresidir. Çalışmanın bu kısmında tasarımı yapılacak proseslerin sınıflandırılması şu şekildedir:

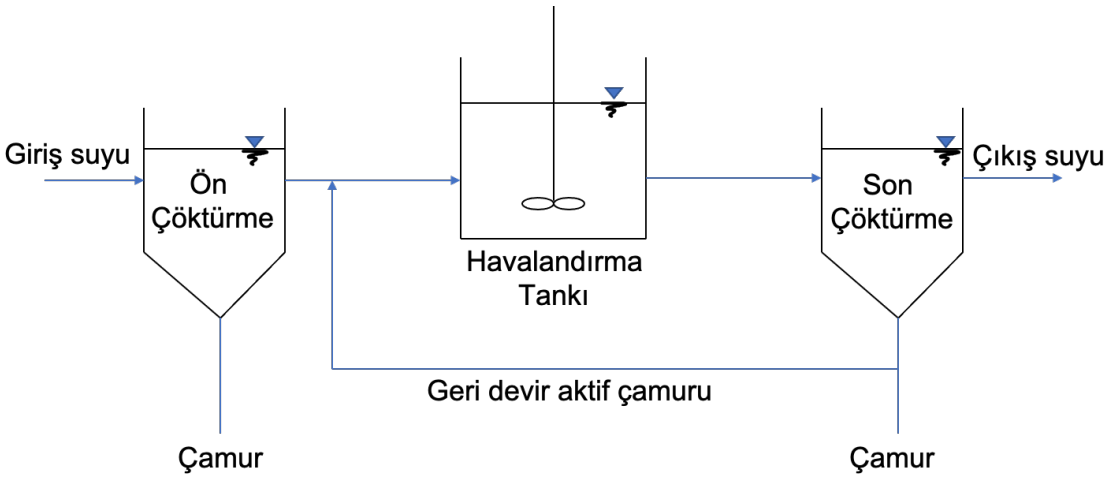
- Yalnızca karbon giderimi yapan bir tam karışımlı aktif çamur prosesi tasarımı,
- Hem karbon hem azot giderimi gerçekleştirilen nitrifikasyon prosesi tasarımı,
- Denitrifikasyon prosesi tasarımı,
- Membran biyoreaktör tasarımı,
- Hareketli yataklı biyoreaktör tasarımıdır.

16.2 Yalnızca Karbonun Giderildiği Tam Karışımlı Aktif Çamur Prosesleri

Aktif çamur prosesleri, substrat kullanımına bağlı olarak mikroorganizma büyümesi esasına dayanan, askıda büyüyen aerobik atıksu arıtma prosesleridir. Matematiksel hesaplamalarda çalışmanın önceki bölümlerinde de sıkça bahsedilen Monod kinetikleri kullanılır. Organik ve inorganik substratlar, çözünmüş oksijen miktarı, sıcaklık, pH, bakteri türleri ve bunların çoğalma ve ölüm kinetikleri gibi birçok faktörün birlikte gözetildiği hassas dengeli bu proseslerin günümüzde sık kullanılan iki ana modeli bulunmaktadır. Bunlar: Henze ve arkadaşları tarafından geliştirilen

ASM1 modeli ve ASM1'in Barker ve Dold tarafından geliştirilmiş güncel hâli olan ASM2 modelidir. ASM2 modelinde ASM1'den farklı olarak fosfor giderimi de gerçekleştirilmektedir [92].

Aktif çamur proseslerinde, son çöktürmeden çıkan konsantre çamur ile ızgaralardan geçirilmiş veya tesiste mevcut ise ön çöktürme havuzundan geçmiş atıksu, çeşitli oranlarda karıştırılarak havalandırma havuzu girişine verilmektedir. Havalandırma havuzunda, karışım içerisinde yoğun bir şekilde bulunan mikroorganizmaların oksijen ihtiyacı giderilmekte ve aynı zamanda karışımın iyice karışması sağlanmaktadır. Havalandırma havuzunda oksijen ihtiyacı giderilen mikroorganizmalar, yaşamsal faaliyetlerine devam ederler yani karışım içerisindeki organik maddelerin bir kısmını enerji elde etmek için bir kısmını da yeni hücre üretmek için kullanırlar. Havalandırma havuzundaki işlemleri tamamlanan bu karışım, sonrasında son çöktürme havuzuna iletilir. Son çöktürme havuzlarında bu mikroorganizmalar, floklar şeklinde çöktürülerek çıkış suyu akımından giderilir. Çöktürülen floklar, prosesin başına geri devrettirilir böylece flokların içerisinde yer alan mikroorganizmaların bir kısmı prosese geri döner ve prosesteki mikroorganizma miktarı sürekli bir dengede tutulur [93]. Klasik tam karışımlı aktif çamur prosesinin genel şeması Şekil 16.1'de gösterildiği gibidir.



Şekil 16.1 Klasik tam karışımlı aktif çamur prosesinin şematik gösterimi [94]

Tam karışımlı aktif çamur prosesinin tasarımı yapılırken matematiksel hesaplamalarda kullanılacak olan bazı parametreler ve deneysel veriler ışığında belirlenen sayıları Tablo 16.1'de verilmiştir.

Tablo 16.1 Tam karışımlı aktif çamur proses tasarımında kullanılan parametreler ve değerleri (20^oC için) [95]

Dizayn Parametresi	**Birimi**	**KOİ oksidasyonu**	**NH_4^+ oksidasyonu**	**NO_2^- oksidasyonu**
μ_{max}	g VSS/g VSS/gün	6.0	0.90	1.0
K_s, K_{NH4}, K_{NO2}	mg/L	8.0	0.50	0.20
Y	g VSS/g oksitlenen substrat	0.45	0.15	0.05
b	g VSS/g VSS/gün	0.12	0.17	0.17
f_d	birimsiz	0.15	0.15	0.15
K_{O2}	mg/L	0.20	0.50	0.90
θ değeri için;				
μ_{max}	birimsiz	1.07	1.072	1.063
b	birimsiz	1.04	1.029	1.029
K_s, K_{NH4}, K_{NO2}	birimsiz	1.0	1.0	1.0

16.2.1 Yalnızca Karbonun Giderildiği Tam Karışımlı Aktif Çamur Prosesinin Tasarımı

Yalnızca karbon giderimi gerçekleştirmek üzere tasarlanmış bir aktif çamur prosesinin çalıştırıldığı bir atıksu arıtma tesisinin girişinde ölçülen atıksuyu karakteristik değerleri kullanılarak bu aktif çamur prosesinin tüm matematiksel hesaplamaları yapılacaktır. Tesise giren atıksuyun karakteristikî bilgileri Tablo 16.2'de verilmiştir.

Tablo 16.2 Yalnızca karbon gideren bir aktif çamur prosesi ile arıtma gerçekleştiren atıksu arıtma tesisine giriş yapan atıksuyun karakteristik değerleri [95]

Bileşen	**Değerler ve Birimler**
Debi (Q)	22 700 m^3/gün
BOİ	140 mg/L
Çözünebilir BOİ (sBOD)	70 mg/L
KOİ	300 mg/L
Çözünebilir KOİ (sCOD)	132 mg/L
Hızlı biyolojik ayrışabilir KOİ (rbCOD)	80 mg/L
Toplam askıda katı madde (TSS)	70 mg/L
Uçucu askıda katı madde (VSS)	60 mg/L
Toplam Kjeldahl azotu (TKN)	35 mg/L
NH_4^+-N	25 mg/L
Toplam fosfor (TP)	6 mg/L
Alkalinite	140 mg $CaCO_3$/L
bCOD/BOD oranı	1.6

Matematiksel hesaplamalar yapılırken atıksu karakteristiği kadar prosesin tasarımında gerekli olan malzemelerin fiziksel özellikleri de büyük önem arz etmektedir. Verilerin alındığı atıksu arıtma tesisinde kabul edilen dizayn koşulları aşağıda maddeler hâlinde listelenmiştir.

- Havalandırma havuzundaki karışımın (mixed-liquor) sıcaklığı: 12°C,
- Havalandırmalı ince membran difüzörlerin suya oksijen transfer etme kapasitesi: %35,
- Havalandırma havuzunun sıvı derinliği: 4.9 m,
- Seramik difüzörlerin havayı transfer etmeye başladığı noktanın konumu: Tankın en alt noktasından 0.5 m yüksekteki bir nokta,
- Havalandırma havuzunun çözünmüş oksijen konsantrasyonu: 2 mg/L,
- Tesisin bulunduğu konumun deniz seviyesinden yüksekliği: 500 m,
- Tesisin bulunduğu konumda açık hava basıncı: 95.6 kPa,
- Havalandırma havuzunda kullanılacak olan bazı sabitler:
  α: yalnızca karbon giderimi yapılacak olan prosesler için 0.50, karbonla beraber azotun da giderildiği prosesler için 0.65;
  β: her iki durum için de 0.95;
  Difüzör tıkanma faktörü olan F değeri ise 0.90,
- Kinetik katsayılar: Tablo 16.1'deki veriler,
- Yalnızca karbon giderimi için proses katı bekletme süresi: 5 gün,
- MLSS X_{TSS} konsantrasyonu: 3000 mg/L,
- İstenen çıkış BOİ konsantrasyonu: 30 mg/L'den daha az,
- İstenen çıkış NH_4^+-N konsantrasyonu: 0.50 mg/L'den daha az,
- Ortalama toplam Kjeldahl azotu (TKN) yükleme hızı pik oranı: 1.5 olarak kabul edilecektir.

1. Adım: Atıksu karakteristiği verilerinin detaylandırılması:

a. Biyolojik olarak ayrışabilir KOİ miktarı (bCOD), Eşitlik (16.1)'e göre hesaplanır.

$$bCOD = 1.6 * BOI \tag{16.1}$$

bCOD = 1.6 * 140 = 224 mg/L olarak hesaplanır.

b. Biyolojik olarak ayrışamayan KOİ miktarı, tüm KOİ miktarından a şıkkında bulunan bCOD miktarı çıkarılarak bulunabilmektedir.

nbCOD = KOİ – bCOD = 300 – 224 = 76 mg/L olarak hesaplanır.

c. Çıkış suyu biyolojik olarak ayrışamayan çözünebilir KOİ ($nbsCOD_e$) miktarının hesaplanması, Eşitlik (16.2) yardımıyla gerçekleştirilecektir.

$$nbsCOD_e = sCOD - 1.6 * sBOD \quad (16.2)$$

Tabloda verilen değerler, yerlerine yerleştirildiği takdirde;

$nbsCOD_e$ = 132 – 1.6 * 70 = 20 mg/L olarak hesaplanır.

d. Biyolojik olarak ayrışamayan uçucu askıda katı madde miktarına (nbVSS) ulaşabilmek için öncelikle biyolojik olarak ayrışamayan partiküler KOİ'nin (nbpCOD) sonrasında da KOİ içerisindeki uçucu askıda katı madde miktarının ($VSS_{KOİ}$) hesaplanması gerekmektedir.

$$nbpCOD = TCOD - bCOD - nbsCOD_e \quad (16.3)$$

Eşitlik (16.3)'de;

nbpCOD: Biyolojik olarak ayrışamayan partiküler KOİ miktarını,

TCOD: Toplam KOİ miktarını ifade etmektedir.

nbsCODe parametresi, c şıkkında hesaplanmıştır.

nbpCOD = 300 – 224 – 20 = 56 mg/L olarak bulunmaktadır.

$$VSS_{KOİ} = \frac{TCOD - sCOD}{VSS} \quad (16.4)$$

Tabloda verilen bilgiler yerlerine yerleştirilirse;

$VSS_{KO\dot{I}} = \frac{300-132}{60} = 2.8\ gKO\dot{I}/gVSS$ olarak hesaplanmaktadır.

$$nbVSS = \frac{nbpCOD}{VSS_{COD}} \tag{16.5}$$

$nbVSS = \frac{56\ \frac{g\ KO\dot{I}}{m^3}}{2.8\frac{gKO\dot{I}}{gVSS}} = 20\ \frac{mg\ nbVSS}{L}$ olarak hesaplanmaktadır.

e. Toplam askıda katı maddenin inert içeriği (iTSS) hesaplanacaktır. Bu hesaplama için toplam askıda katı madde miktarından uçucu kısım çıkarılabilir.

$$iTSS = TSS - VSS \tag{16.6}$$

$iTSS = 70 - 60 = 10\frac{mg}{L}$ olarak hesaplanmaktadır.

2. Adım: Karbon giderimi yapılacak olan havalandırma havuzunun dizaynı:

a. Biyokütle üretim miktarı ($P_{X, Bio}$), Eşitlik (16.7) yardımıyla hesaplanır.

$$P_{X,Bio} = \frac{Q * Y_H * (S_0 - S)}{1 + b_H * SRT} + \frac{f_d * b_H * Q * Y_H * (S_0 - S) * SRT}{1 + b_H * SRT} \tag{16.7}$$

Eşitlik (16.7)'de yer alan, substrat konsantrasyonunu ifade eden S parametresi ise Eşitlik (16.8) yardımıyla hesaplanır.

$$S = \frac{K_S * (1 + b_H * SRT)}{SRT * (\mu_{max} - b_H) - 1} \tag{16.8}$$

12°C'de işlenen mixed-liquor karışımında yer alan mikroorganizmaların spesifik büyüme hızı, Eşitlik (16.9) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\mu_{max,T} = \mu_{max} * \theta^{(T-20)} \tag{16.9}$$

Mikroorganizmaların 12°C'deki içsel tükenme hızları ise Eşitlik (16.10) yardımıyla hesaplanabilir.

$$b_{H,T} = b_{H,20} * \theta^{(T-20)} \quad (16.10)$$

Tablo 16.1'deki kinetik veriler başta olmak üzere tüm verilen değerler kullanılarak $P_{x,Bio}$ parametresine adım adım ulaşılacaktır. Öncelikle Eşitlik (16.9) yardımıyla $\mu_{max,12}$ hesaplanacaktır.

$\mu_{max,12} = 6 * (1.07)^{(12-20)} = 3.5 \frac{g}{g*g\ddot{u}n}$ olarak hesaplanır.

Sonrasında Eşitlik (16.10) yardımı ile $b_{H,12}$ hesaplanacaktır.

$b_{H,12} = 0.12 * (1.04)^{(12-20)} = 0.088 \frac{g}{g*g\ddot{u}n}$ olarak hesaplanır.

$\mu_{max,12}$ ve $b_{H,12}$ için bulunan değerler S parametresine ulaşmak için yerlerine konursa:

$S = \frac{8 \frac{mg}{L} * (1 + 0.088 \frac{g}{g*g\ddot{u}n} * 5\ g\ddot{u}n)}{5\ g\ddot{u}n * (3.5 - 0.088) \frac{g}{g*g\ddot{u}n} - 1}$ = 0.7 g bCOD/m^3 olarak hesaplanmaktadır.

Substrat konsantrasyonuna ulaşıldıktan sonra biyokütle üretim miktarı da hesaplanabilir.

$$P_{X,Bio,VSS} = \frac{22700 \frac{m^3}{g\ddot{u}n} * 0.45 \frac{g}{g} * (224 - 0.7) \frac{mg}{L} * 10^{-3}}{1 + 0.088 \frac{g}{g*g\ddot{u}n} * 5\ g\ddot{u}n} +$$

$$\frac{0.15 \frac{g}{g} * 0.088 \frac{g}{g*g\ddot{u}n} * 22700 \frac{m^3}{g\ddot{u}n} * 0.45 \frac{g\ddot{u}n}{g\ddot{u}n} * (224 - 0.7) \frac{mg}{L} * 5\ g\ddot{u}n * 10^{-3}}{1 + 0.088 \frac{g}{g*g\ddot{u}n} * 5\ g\ddot{u}n}$$

$P_{X,Bio}$ = 1584 + 104.5 = 1688.5 kg VSS/gün olarak hesaplanmaktadır.

3. Adım: Havalandırma havuzundaki çamur miktarının VSS ve TSS olarak bulunması:

$$Çamur\ miktarı = P_X * SRT \quad (16.11)$$

a. $P_{X,\ VSS}$ ve $P_{X,\ TSS}$ değerleri, yalnızca karbon giderimi gerçekleşen prosesler için düzenlenerek hesaplanır.

$$P_{X,VSS} = P_{X,bio} + (Q * nbVSS) \tag{16.12}$$

Eşitlik (16.12)'de, daha önce bulunmuş olan değerler yerlerine yazılırsa;

$P_{X,VSS} = 1688.5\,\frac{kg}{g\ddot{u}n} + \left(22700\,\frac{m^3}{g\ddot{u}n} * 20\,\frac{g}{m^3} * 10^{-3}\,\frac{kg}{g}\right)$

$P_{X,VSS} = 1688.5 + 454 = 2142.5\,\frac{kg}{g\ddot{u}n}$ olarak hesaplanmaktadır.

$$P_{X,TSS} = \frac{P_{X,Bio}}{0.85} + \left(Q * nbVSS *\ 10^{-3}\ \frac{kg}{g}\right) + Q * (TSS_0 -\ VSS_0) \tag{16.13}$$

Eşitlik (16.13)'te, 0.85 sayısı, toplam biyokütle içerisindeki inorganik ve uçucu askıda katı maddelerin yaklaşık oranını ifade etmektedir. Deneysel veriler sonucunda elde edilmiş bir orandır [86].

$P_{X,TSS} = \frac{1688.5\frac{kg}{g\ddot{u}n}}{0.85} + 454\,\frac{kg}{g\ddot{u}n} + 22700\ \frac{m^3}{g\ddot{u}n} * 10\ \frac{g}{m^3} *\ 10^{-3}\,\frac{kg}{g} = 2667.5\,\frac{kg}{g\ddot{u}n}$ olarak hesaplanmaktadır.

b. VSS ve TSS kütlesi, toplam biyokütle içerisindeki miktarları ile prosesin katı bekletme süresi çarpılarak bulunur.

$$X_{VSS\ veya\ TSS} * V\ = P_{X,VSS\ veya\ TSS} * SRT \tag{16.14}$$

$X_{VSS} * V = 2142.5\,\frac{kg}{g\ddot{u}n} * 5\ g\ddot{u}n = 10712\ kg$,

$X_{TSS} * V = 2667.5\,\frac{kg}{g\ddot{u}n} * 5\ g\ddot{u}n = 13337\ kg$ olarak hesaplanmaktadır.

4. Adım: 3. adımın b şıkkında elde edilen değerlere göre havalandırma havuzu hidrolik bekletme süresi, tank hacmi, MLSS ve MLVSS konsantrasyonlarının bulunması:

a. Havalandırma havuzu tank hacmi, bir X_{TSS} konsantrasyonu seçilerek hesaplanır.

$X_{TSS} * V = 13337\ kg$ olarak elde edilmişti. X_{TSS} konsantrasyonu 3000 mg/L seçilirse havalandırma tankının hacmi;

$V = \frac{13337\ kg * 10^3 \frac{g}{kg}}{3000 \frac{g}{m^3}} = 4445.7\ m^3$ olarak hesaplanır. Havalandırma havuz sayısı 3 olarak seçilirse her bir havuza düşen hacim V'nin 1/3'ü kadar olacaktır. Yani;

$v = \frac{4445.7\ m^3}{3} = 1481.9\ m^3$ olarak hesaplanmaktadır.

b. Havalandırma havuzu hidrolik bekletme süresi hesaplanır

$\tau = \frac{V}{Q} = \frac{4445.7\ m^3 * 24 \frac{sa}{gün}}{22700 \frac{m^3}{gün}} = 4.7\ sa$ olarak elde edilmektedir.

c. MLVSS konsantrasyon değerine ulaşılır.

$VSS\ fraksiyonu = \frac{10712\ kgVSS}{13337\ kgTSS} = 0.80$ oranı elde edilir. Bu orandan hareketle,

$MLVSS = 0.80 * 3000 \frac{mg}{L} = 2400 \frac{mg}{L}$ olarak hesaplanmaktadır.

5. Adım: F/M oranı ve BOİ hacimsel yükleme hızının bulunması:

a. F/M oranı, Eşitlik (16.15) ile hesaplanır.

$$\frac{F}{M} = \frac{Q * S_0}{X * V} \tag{16.15}$$

$\frac{F}{M} = \frac{22700 \frac{m^3}{gün} * 140 \frac{g}{m^3}}{2400 \frac{g}{m^3} * 4446\ m^3} = 0.30 \frac{g}{g * gün} = 0.30 \frac{kg}{kg * gün}$ olarak hesaplanmaktadır.

b. Hacimsel BOİ yükleme hızı, Eşitlik (16.16) ile hesaplanır.

$$BOİ\ yükleme\ hızı = \frac{Q * S_0}{V} \tag{16.16}$$

$BOİ\ yükleme\ hızı = \frac{22700 \frac{m^3}{gün} * 140 \frac{g}{m^3}}{4446\ m^3 * 10^3 \frac{g}{kg}} = 0.71 \frac{kg}{m^3 * gün}$ şeklinde elde edilmektedir.

6. Adım: TSS ve VSS açısından gözlenen yığın miktarının bulunması:

a. TSS açısından gözlenen yığın miktarının bulunması:

Gözlenen yığın miktarı g TSS/g bCOD veya kg TSS/kg bCOD birimleri ile ifade edilir. Öncelikle giderilen bCOD miktarının bulunması gerekir.

$$Giderilen\ bCOD = Q * (S_0 - S) = 22700 \frac{m^3}{g\ddot{u}n} * \left(224 - 0.7 \frac{g}{m^3}\right) * 10^{-3} = 5068.9 \frac{kg}{g\ddot{u}n}$$

olarak hesaplanmaktadır.

$Y_{obs,TSS} = \frac{2667.6 \frac{kg}{g\ddot{u}n}}{5068.9 \frac{kg}{g\ddot{u}n}} = 0.53 \frac{kg\ TSS}{kg\ bCOD} = 0.53\ \frac{g\ TSS}{g\ bCOD}$ olarak hesaplanır. Bulunan bu oran BOİ birimi ile ifade edilmek istenirse, Tablo 16.1'de verilen g bCOD/ g BOD oranı olan 1.6 kullanılır. Sonuç olarak,

$Y_{obs,TSS} = 0.53 \frac{g\ TSS}{g\ bCOD} * 1.6\ \frac{g\ bCOD}{g\ BOD} = 0.84\ \frac{g\ TSS}{g\ BOD}$ şeklinde hesaplanmaktadır.

b. VSS açısından gözlenen yığın miktarının bulunması:

4. adımın c şıkkında bulunan VSS/TSS oranı olan 0.80 kullanılarak gerekli hesaplamalar yapılırsa;

$Y_{obs,VSS} = 0.53 \frac{g\ TSS}{g\ bCOD} * 0.80\ \frac{g\ VSS}{g\ TSS} = 0.42\ \frac{g\ VSS}{g\ bCOD}$ olarak hesaplanır. Bulunan bu oran da BOİ birimi ile ifade edilmek istenirse, a şıkkındaki hesap adımları tekrar uygulanır.

$Y_{obs,VSS} = 0.42 \frac{g\ VSS}{g\ bCOD} * 1.6\ \frac{g\ bCOD}{g\ BOD} = 0.64\ \frac{g\ VSS}{g\ BOD}$ şeklinde hesaplanmaktadır.

7. Adım: Prosesin O_2 ihtiyacının belirlenmesi:

Prosesin çalışması için gerekli O_2 miktarı, Eşitlik (16.17) ile bulunabilir.

$$R_0 = Q * (S_0 - S) - 1.42 * P_{X,bio} + 4.57 * Q * NO_x \qquad (16.17)$$

Prosesimizde azot giderimi gerçekleşmeyeceği için eşitliğin son kısmında yer alan NO_x'a bağlı parametre gözardı edilir. Eşitliğin diğer parametreleri yerlerine konursa;

$R_0 = 22700\,\frac{m^3}{g\text{ün}} * \left[(224 - 0.7)\,\frac{g}{m^3}\right] * \ 10^{-3}\,\frac{kg}{g} \ - \left(1.42 * 1688.5\,\frac{kg}{g\text{ün}}\right) = 2671.2\,\frac{kg}{g\text{ün}}$

bulunur. Bu değerin O_2 eşdeğerliği ise:

$R_0 \ = 111.3\,\frac{kg\ O_2}{sa}$ olarak elde edilir.

8. Adım: İnce kabarcık havalandırma sisteminin dizaynı:

Ortalama debi koşullarına göre proseste hava akışını sağlayacak havalandırma sistemlerinin dizaynı gerçekleştirilir. Kullanılacak olan ince kabarcık difüzörlerinin sağlaması gereken standart oksijen transfer oranı, Eşitlik (16.18)'deki şekilde hesaplanabilir.

$$SOTR = \left(\frac{OTR_f}{\alpha * F}\right) * \left[\frac{C_{\infty 20}}{\beta * \left(\frac{C_{st}}{C_{s20}} * \frac{P_b}{P_a} * C_{\infty 20}\right) - C}\right] * [(1.024)^{20-T}] \qquad (16.18)$$

Eşitlik (16.18)'de;

SOTR: Tesisteki standart oksijen transfer hızını, kg/sa,

OTR_f: Tesisteki gerçek oksijen transfer hızını, kg/sa,

α: Oksijenin temiz suya göreceli transfer hız sabitini,

β: Temiz sudaki göreceli çözünmüş oksijen saturasyon sabitini (0.95-0.98),

F: Difüzör tıkanma faktörünü,

C_{st}: İşletme sıcaklığı ve deniz seviyesindeki çözünmüş oksijen satürasyonunu, mg/L,

C_{s20}: 20^oC sıcaklıkta ve deniz seviyesinde çözünmüş oksijen satürasyonunu, mg/L,

$C_{\infty 20}$: Difüzörlü havalandırma için, 20^oC sıcaklıkta ve deniz seviyesinde çözünmüş oksijen satürasyonunu, mg/L ifade etmektedir. Bu değer, C_{st} değerinden daha fazladır çünkü su sütununda basınç altında kabarcıklardan transfer edilen oksijenden etkilenmektedir. $C_{\infty 20}$ değeri, Eşitlik (16.19) ile elde edilir.

$$C_{\infty 20} = (C_{S20}) * \left[1 + \ d_e * \left(\frac{D_f}{P_a}\right)\right] \qquad (16.19)$$

Eşitlik (16.19)'da;

P_a: Deniz seviyesindeki standart basıncı (760 mm, 10.33 m),

P_b: Tesisteki yüksekliğe bağlı basıncı, m,

D_f: Difüzörlerin havuzdaki derinliğini, m,

C: Havuzdaki işletme şartlarında çözünmüş oksijen konsantrasyonunu, mg/L,

T: Havalandırma havuzundaki sıcaklık, ^oC,

d_e: Orta yükselti düzeltme faktörünü (0.25 – 0.45) ifade etmektedir.

Deneysel veriler sonucunda bulunan $C_{s,20}$ değeri 9.09 mg/L ve C_{12} değeri 10.78 mg/L alınacaktır.

P_b/P_a değeri ise Eşitlik (16.20) sayesinde hesaplanabilir.

$$\frac{P_b}{P_a} = \exp\left[-\frac{g * M * (Z_b - Z_a)}{RT}\right] \qquad (16.20)$$

Eşitlik (16.20)'de;

M: Oksijenin mol kütlesini (28.97 kg/kg/mol),

Z_b ve Z_a: Tesis yüksekliğinde ve deniz seviyesindeki bağıl basınçlar,

R: İdeal gaz sabitini, $[(kg*m^2)/(s^2*kg*mol*K)]$,

T: Tesisteki sıcaklığı (K) ifade etmektedir.

Atıksu ve tesis ile ilgili dizayn parametreleri eşitlikte yerlerine yazılırsa;

$\frac{P_b}{P_a} = \exp\left[-\frac{9.81\frac{m}{s^2} * 28.97\frac{kg}{kg*mol} * (500-0)\ m}{(8314\ \frac{kg*m^2}{s^2*kg*mol*K} * (273.15+12\ K)}\right] = 0.94$ olarak hesaplanmaktadır.

a. Difüzörden salınan hava da göz önünde bulundurularak 20^oC'deki oksijen konsantrasyonu bulunur. Dizayn parametrelerine bakılırsa;

Tankın sıvı derinliği: 4.9 m,

Difüzörün derinliği, D_f: 4.9 m – 0.5 m = 4.4 m olmaktadır.

$C_{\infty 20} = (9.09) * \left[1 + 0.40 * \left(\frac{4.4\ m}{10.33\ m}\right)\right] = 10.64\ m$ şeklinde hesaplanmaktadır.

b. SOTR değeri, α = 0.50, β = 0.95 ve F = 0.9 seçilerek hesaplanacaktır.

$SOTR = \left(\frac{111.3\,\frac{kg}{sa}}{0.50*0.90}\right) * \left[\frac{10.64}{0.95*\left(\frac{10.78}{9.09}*\,0.94*10.64\right)-2}\right] * [(1.024)^{20-12}] = 343.3\,\frac{kg}{sa}$ şeklinde hesaplanmaktadır.

c. Hava akış hızı, Eşitlik (16.21) ile hesaplanır.

$$Hava\ akış\ hızı = \frac{SOTR\ \left(\frac{kg}{sa}\right)}{E * 60\,\frac{dk}{sa} * \frac{kg\ O_2}{m^3\ hava}} \qquad (16.21)$$

$Hava\ akış\ hızı = \frac{343.3\ \left(\frac{kg}{sa}\right)}{0.35\ *60\frac{dk}{sa}*\frac{0.270\ kg\ O_2}{m^3\ hava}} = 60.5\,\frac{m^3}{dk}$ olarak hesaplanır.

9. Adım: Son çöktürme havuzunun dizaynı:

Son çöktürme havuzu, geleneksel aktif çamur proseslerinin tamamında havalandırma havuzundan sonra konumlandırılır ve kirletici maddelerin çamur şeklinde çöktürülerek atıksu akımından ayrılması sağlanır. Çamurun bir kısmı aktif çamur prosesinin başına devrettirilir, bir kısmı ise atık çamur olarak çamur işleme proseslerine gönderilir. Çamur işleme proseslerine gönderilen atık çamurlar, enerji üretiminde veya tarımsal alanlarda gübre olarak kullanılması amacıyla işlenir. Geri devrettirilen çamur ise proseste mikroorganizma dengesini ve prosesin sürekliliğini sağlamaktadır.

a. Geri devir oranının bulunması:

Aktif çamur proseslerinde tipik geri devir oranı 0.25–1 aralığındadır [94]. Geri devir oranı bulunurken öncelikle geri devrettirilecek çamur konsantrasyonunun (X_R) seçilmesi gerekmektedir. X_R değeri de genel olarak 4000 – 12000 mg/L aralığında olmaktadır [95]. Problem için bu değer 8000 mg/L alınırsa geri devir oranı (R), Eşitlik (16.22) ile hesaplanabilir.

(16.22)

$$R = \frac{X}{X_R - X}$$

$R = \frac{3000\frac{mg}{L}}{\left(8000-3000\frac{mg}{L}\right)} = 0.60$ olarak hesaplanmaktadır.

b. Son çöktürme havuzunun boyutlarının bulunması:

Son çöktürme havuzunun boyutlandırılması yapılırken en önemli parametrelerden biri havuzun hidrolik bekletme süresidir. Hidrolik bekletme süresinin tipik değerleri 16 – 28 m^3/m^2*dk'dır [94]. Problem için bu değer 24 olarak seçilirse son çöktürme havuzunun alanı, Eşitlik (16.23) ile bulunabilir.

$$A = \frac{Q}{HRT} \tag{16.23}$$

$A = \frac{22700\frac{m^3}{gün}}{24\frac{m^3}{m^2*dk}} = 946\ m^2$ olarak hesaplanmaktadır. Proseste kullanılacak olan havalandırma havuzu sayısı 3 olarak seçilirse her bir havuza düşecek olan alan toplam alanın 1/3'ü kadar olacaktır. Yani;

$a = \frac{946\ m^2}{3} = 315\ m^2$ olarak hesaplanmaktadır.

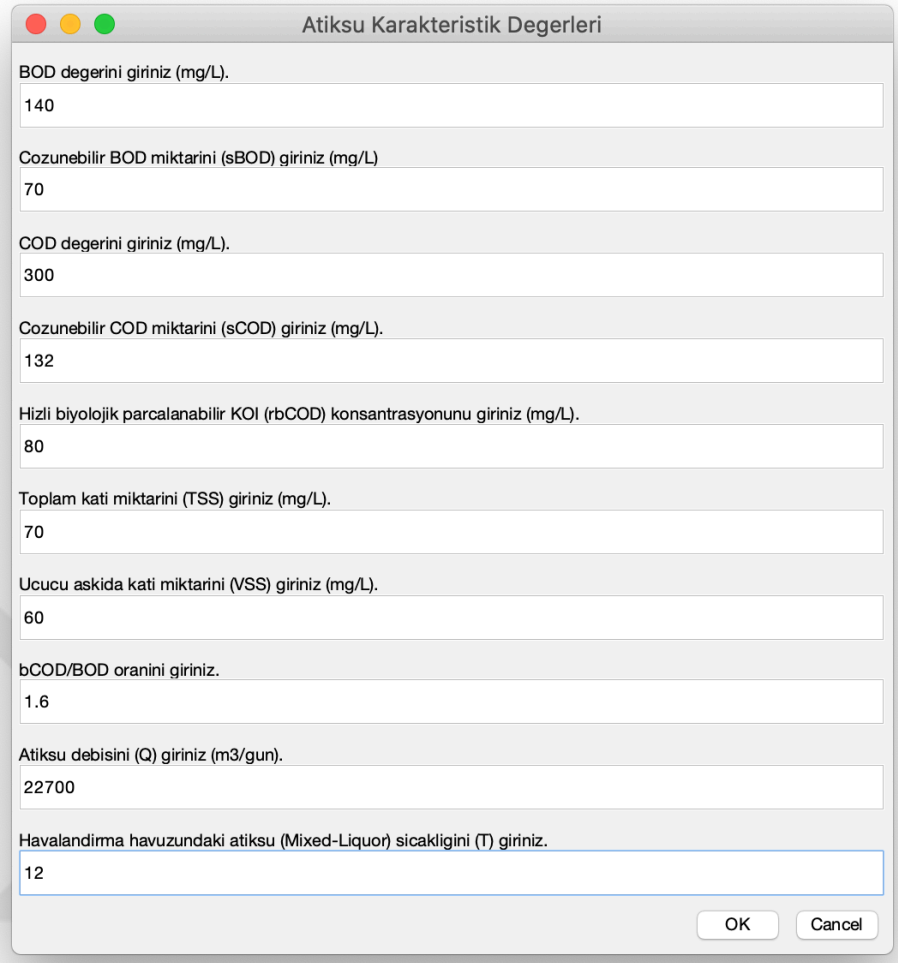
Havuzların şekli daire olarak düşünülürse her bir çöktürme havuzunun çapı Eşitlik (16.24)'deki şekilde bulunacaktır.

$$r = \sqrt{\frac{4 * a}{\pi}} \tag{16.24}$$

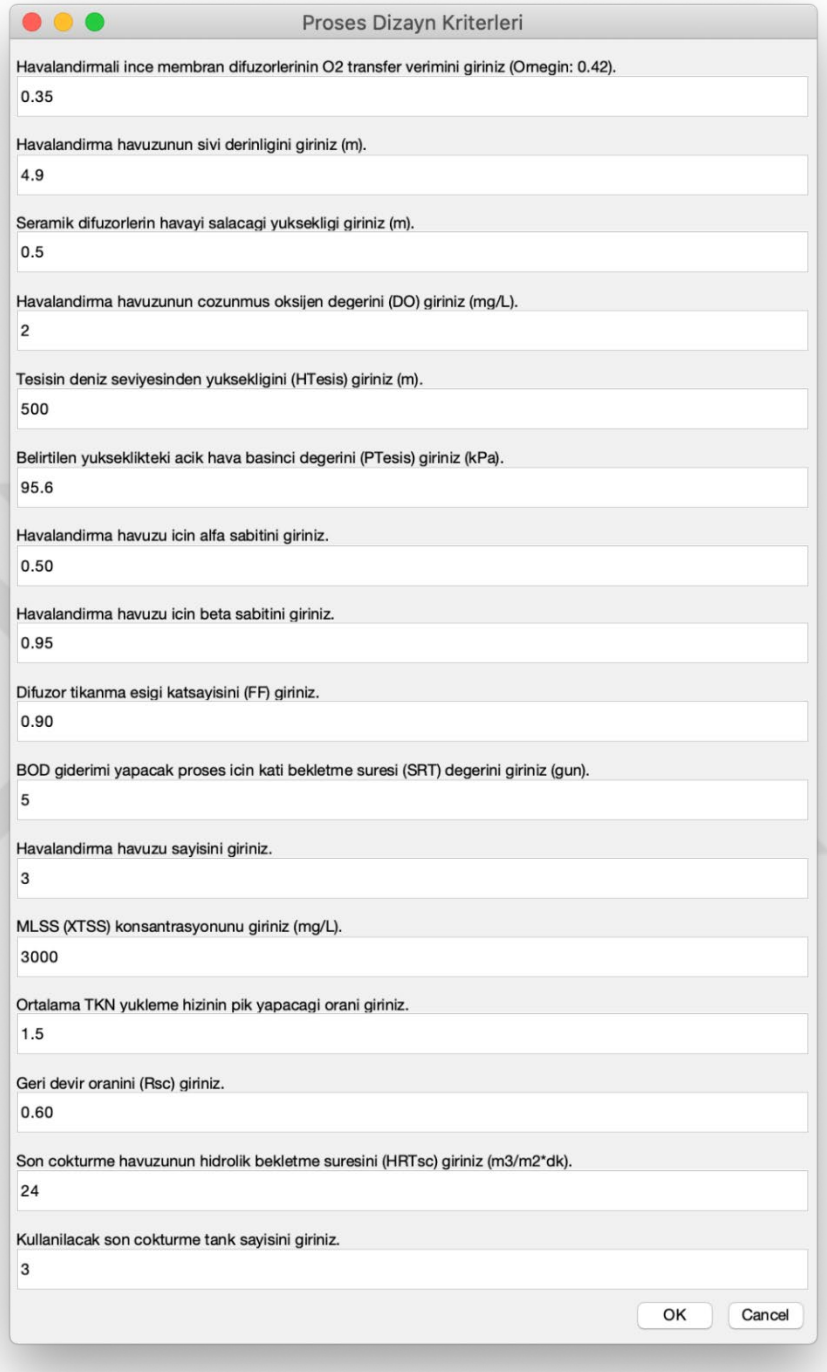
$r = \sqrt{\frac{4*315}{\pi}} = 20\ m.$ olarak hesaplanmaktadır.

16.2.2 Yalnızca Karbon Gideriminin Gerçekleştirildiği Tam Karışımlı Aktif Çamur Prosesinin Bilgisayar Ortamında Modellenmesi

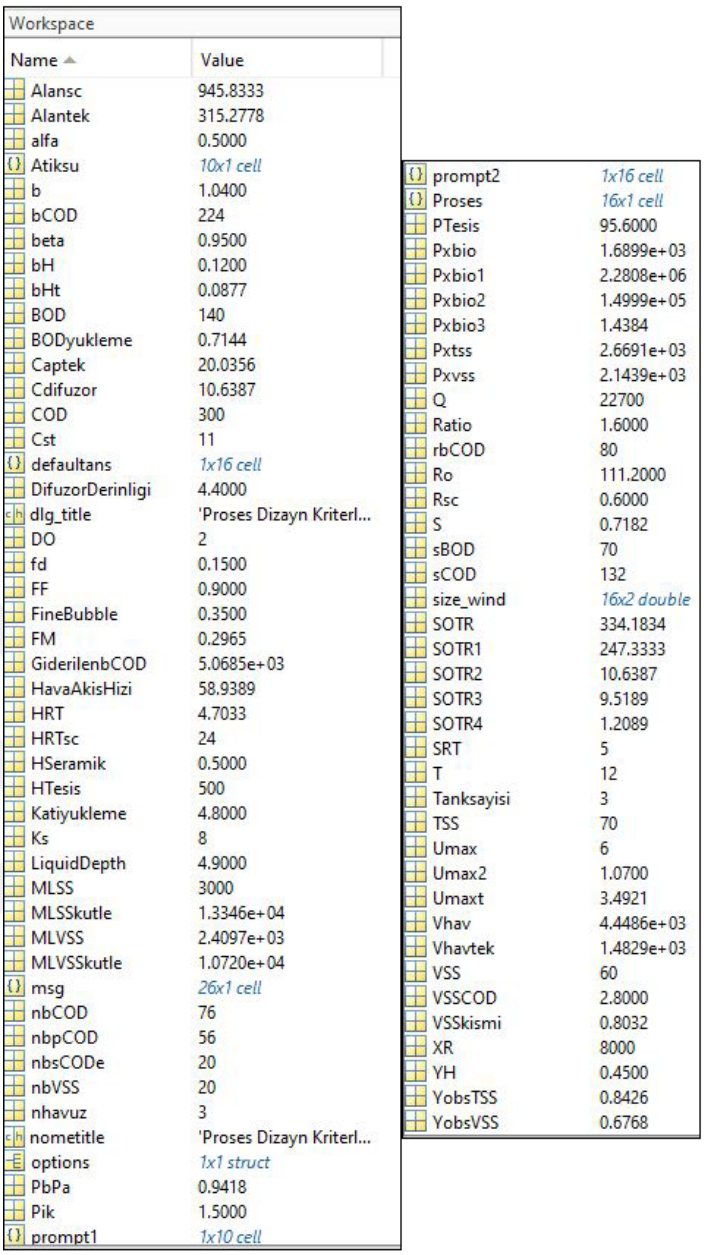
Teorik çözüm adımları verilen, yalnızca karbon gideriminin gerçekleştirildiği tam karışımlı aktif çamur prosesinin, MATLAB® programında modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Program çalıştırıldığında ilk olarak kullanıcıdan tesisteki atıksuyun karakteristiği ile ilgili verileri işlemesi beklenir. Bu veriler, teorik çözümde de verildiği üzere atıksu debisi, BOİ, KOİ, TSS, VSS gibi bilinmesi mutlaka gerekli verilerdir. Atıksu karakteristiği kullanıcı tarafından işlendiğinde program, yeni bir veri işleme penceresi gösterir. Açılan ikinci pencerede, tesisin bulunduğu konum ile ilgili fiziksel detaylar, prosesin dizayn verileri ve proseste kullanılacak olan difüzör gibi yardımcı ekipmanların teknik verilerinin kullanıcı tarafından işlenmesi beklenir. İkinci pencereye gerekli veriler işlendiği takdirde program işlem yapmaya başlar ve kısa bir süre içerisinde sonuç penceresini gösterir. Sonuç penceresinde 26 adet veri gösterilir. Gösterilen bu 26 veri, teorik çözümde elle hesaplanan tüm sonuçları içermektedir. Programa dair görseller ilerleyen kısımda verilmiştir.



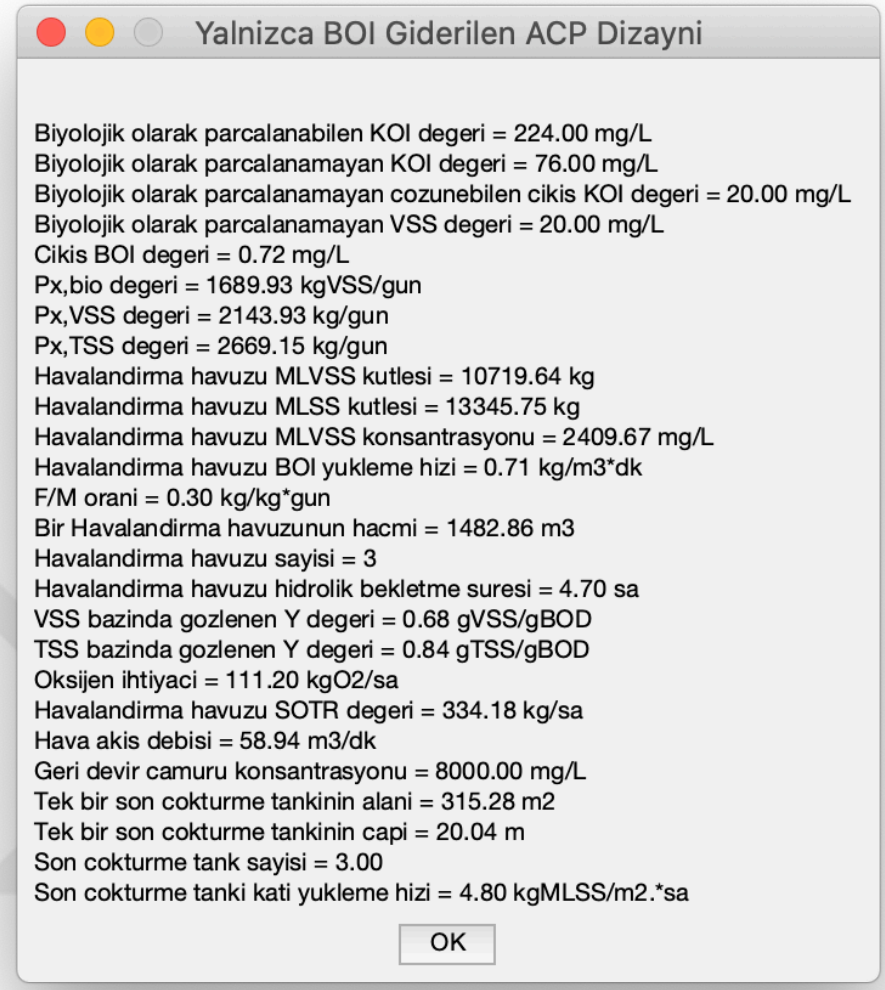
Şekil 16.2 Bilgisayar modellemesi yapılan yalnızca karbon gideriminin gerçekleştirildiği tam karışımlı aktif çamur prosesinin atıksu karakteristik değerlerinin giriş ekranı



Şekil 16.3 Bilgisayar modellemesi yapılan yalnızca karbon gideriminin gerçekleştirildiği tam karışımlı aktif çamur prosesinin dizayn kriterleri giriş ekranı



Şekil 16.4 Bilgisayar modellemesi yapılan yalnızca karbon gideriminin gerçekleştirildiği tam karışımlı aktif çamur prosesinin MATLAB® çalışma alanı görüntüsü



Şekil 16.5 Bilgisayar modellemesi yapılan yalnızca karbon gideriminin gerçekleştirildiği tam karışımlı aktif çamur prosesinin dizayn verileri sonuç ekranı

16.3 Karbon ve Azot Gideriminin Birlikte Gerçekleştirildiği Prosesler

Atıksulardaki kirletici muhtevasının büyük çoğunluğunu oluşturan karbon ve azot nütrientlerini birlikte gidermek, yer, zaman ve maliyet açısından oldukça kazançlı bir düşüncedir. Ancak bu bileşenlerin arıtılabilmesi için gereken koşullar birbirinden farklıdır. Karbon giderilecek prosesler için oksijen gerekmektedir yani aerobik bir süreçtir. Azot gideriminin gerçekleşeceği proseslerde nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçleri sırasıyla yürütülmektedir. Nitrifikasyon süreci, anoksik ortamda gerçekleşirken denitrifikasyon süreci ise anaerobik bir ortamda gerçekleşir. Yani, karbon ve azotun birlikte giderimi için hem aerobik hem anaerobik hem de anoksik bir ortam şarttır.

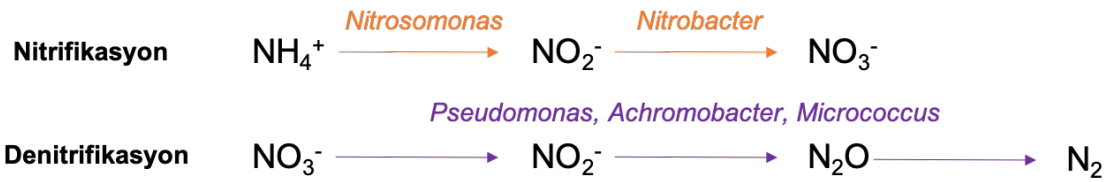
Koşulların farklılığı, bilim insanlarını genellikle çok bölmeli prosesler geliştirmeye yönlendirmiştir. En fazla kullanılan ve en iyi sonuç veren prosesler: 4 ve 5 adımlı Bardenpho, University of Cape Town (UCT), A/O, A^2/O ve oksidasyon havuzu prosesleridir [94].

16.3.1 Karbon ve Azot Gideriminin Birlikte Gerçekleştirildiği Tam Karışımlı Aktif Çamur Proseslerinin Tasarımı

Karbon ve azot gideriminin birlikte gerçekleştirileceği proseslerin tasarımı yapılırken yalnızca karbon gideriminin gerçekleştirildiği proses için kullanılan dizayn ve atıksu karakteristik verileri kullanılacaktır.

1. Adım: Azot giderecek olan mikroorganizmaların spesifik büyüme hızının bulunması

Nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçleri sırasıyla şu şekilde gerçekleşir:



Şekil 16.6 Nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçleri [92]

Şekil 16.5'te de görüldüğü üzere azot gideriminin gerçekleştirildiği proseslerde birçok türde mikroorganizma görev almaktadır. Dolayısıyla bu mikroorganizmaların performansının bilinmesi önem arz eder. Önemli olan bir diğer nokta ise birleşik karbon ve azot gideriminin gerçekleştirileceği proseslerde, prosesin genel hızını nitrifikasyon mikroorganizmaları belirler. Çünkü bu mikroorganizmalar, proseste görev alan diğer mikroorganizmalara göre çok daha yavaş büyürler.

Nitrifikasyon ve denitrifikasyon mikroorganizmalarının spesifik büyüme hızı Eşitlik (16.25) ile hesaplanmaktadır.

$$\mu_{AOB} = \mu_{max,AOB} * \left[\frac{S_{NH4}}{S_{NH4} + K_{NH4}}\right] * \left[\frac{S_O}{S_O + K_{O,AOB}}\right] - b_{AOB} \qquad (16.25)$$

Eşitlik (16.25)'te;

μ_{AOB}: Amonyak okside eden bakterilerin spesifik büyüme hızını (g/g/gün),

$\mu_{max,AOB}$: Amonyak okside eden bakterilerin maksimum spesifik büyüme hızını (g/g/gün),

S_{NH4}: Başlangıç amonyak konsantrasyonunu (mg/L),

K_{NH4}: Amonyak oksidasyonu için yarı hız sabitini (mg/L),

S_O: Çözünmüş oksijen konsantrasyonunu (mg/L),

$K_{O,AOB}$: Amonyak oksidasyonu için çözünmüş oksijen yarı doygunluk katsayısını (mg/L),

b_{AOB}: Amonyak okside eden bakteriler için içsel tükenme hızını (g/g/gün) ifade etmektedir.

a. Azot giderecek olan mikroorganizmaların T = 12°C'de maksimum spesifik büyüme hızlarının bulunması:

Eşitlik (16.25)'i matematiksel olarak çözebilmek için öncelikle amonyak okside eden bakterilerin maksimum spesifik büyüme hızının atıksu sıcaklığındaki değerinin hesaplanması gerekmektedir. Tablo 16.1'de verilen bilgilere göre 20°C'de bu değer 0.90 olarak ölçülmüştür. 12°C'deki değerinin hesabı için ise Eşitlik (16.9) kullanılır.

$\mu_{max,AOB,T=12} = 0.90 \frac{g}{g*g\ddot{u}n} * (1.072)^{12-20} = 0.516 \frac{g}{g*g\ddot{u}n}$ olarak hesaplanmaktadır.

b. Azot giderecek olan mikroorganizmaların T = 12°C'de içsel tükenme hızlarının bulunması:

Bu adımdaki hesaplamayı gerçekleştirmek üzere Tablo 16.1'deki veriler ve Eşitlik (16.10) kullanılmaktadır.

$b_{AOB,T=12} = 0.17 \frac{g}{g*g\ddot{u}n} * (1.029)^{12-20} = 0.135 \frac{g}{g*g\ddot{u}n}$ olarak hesaplanmaktadır.

a ve b şıklarındaki sonuçlar elde edildikten sonra Eşitlik (16.25) çözüme kavuşturulabilir.

$\mu_{AOB} = 0.516 \frac{g}{g*g\ddot{u}n} * \left[\frac{0.50 \frac{g}{m^3}}{(0.50+0.50)\frac{g}{m^3}}\right] * \left[\frac{2 \frac{g}{m^3}}{(2+0.50)\frac{g}{m^3}}\right] - 0.135 \frac{g}{g*g\ddot{u}n} = 0.0714 \frac{g}{g*g\ddot{u}n}$

şeklinde hesaplanmaktadır.

2. Adım: Teorik ve dizayn katı bekletme sürelerinin hesaplanması

Teorik katı bekletme süresinin hesabı Eşitlik (16.26) yardımıyla yapılmaktadır.

$$SRT = \left[\frac{1}{\mu_{AOB}}\right] \qquad (16.26)$$

1. adımda elde edilen μ_{AOB} değeri, Eşitlik (16.26)'daki yerine yazılırsa;

$SRT = \left[\frac{1}{0.0714 \frac{g}{g*g\ddot{u}n}}\right] = 14\ g\ddot{u}n$ olarak hesaplanmaktadır.

Teorik katı bekletme süresi ile dizayn bekletme süresi arasında bazı farklar bulunmaktadır. Bu farkın sebebi, bir proses gerçekte inşa edilirken oluşabilecek tüm

olumsuzluklar değerlendirilerek inşa edilir. Dolayısıyla tüm prosesler aslında bir güvenlik faktörü barındırır. Güvenlik faktörü, problemin başında verilen, Ortalama toplam Kjeldahl azotu (TKN) yükleme hızı pik oranı olan 1.5 olarak alınacaktır. Dizayn bekletme süresi, Eşitlik (16.27) ile bulunabilir.

$$Dizayn\ SRT = SRT * SF \tag{16.27}$$

Dizayn SRT = 14 gün * 1.5 = 21 gün olarak hesaplanmaktadır.

3. Adım: Biyokütle üretim miktarının bulunması

Karbon ve azotun birlikte giderileceği prosesler için biyokütle üretim miktarı hesaplanırken Eşitlik (16.7)'ye azot ile ilgili olan bir modül eklenir ve Eşitlik (16.28) elde edilir.

$$P_{X,Bio,VSS} = \frac{Q * Y_H * (S_0 - S)}{1 + b_H * SRT} + \frac{f_d * b_H * Q * Y_H * (S_0 - S) * SRT}{1 + b_H * SRT} + \frac{Q * Y_n * NO_X}{1 + b_{AOB} * (SRT)} \tag{16.28}$$

Eşitlik (16.28) için gerekli parametrelerin değerleri, Tablo 16.1 ve Tablo 16.2'de verilen bilgiler ve bu adımın öncesinde elde edilen veriler ışığında

Q = 22700 m^3/gün,

Y_H = 0.45 g VSS/g bCOD,

S_0 = 224 g bCOD/m^3,

b_H= 0.088 g/g*gün,

μ_{max} = 3.5 g/g*gün,

SRT = 21 gün olarak listelenebilir. O hâlde bulunması gereken iki değer kalmaktadır. Bunlar: S ve NO_x değerleridir.

S değerine ulaşmak için Eşitlik (16.8) kullanılmaktadır.

$S = \frac{8\frac{g}{m^3}*\left(1+\left(0.088\frac{g}{g*g\ddot{u}n}\right)*21\ g\ddot{u}n\right)}{21\ g\ddot{u}n*\left(3.5-0.088\frac{g}{g*g\ddot{u}n}\right)-1} = 0.32\ \frac{g\ bCOD}{m^3}$ olarak hesaplanmaktadır.

NO_x miktarı için ise Toplam Kjeldahl azotunun (TKN) %80'i kadar olacak şekilde bir yaklaşım benimsenmiştir. Bu yaklaşımın doğru olup olmadığı 4. adımda kontrol edilecek ve gerekirse güncelleme yapılacaktır [96].

$NO_x = 0.80 * 35\ \frac{g}{m^3} = 28\ \frac{g}{m^3}$ sonucuna ulaşılır. NO_x ve S değerlerinin hesaplanmasının ardından Eşitlik (16.28)'e geri dönülebilir. Bulunan değerler yerlerine yazılırsa;

$$P_{X,Bio,VSS} = \frac{22700\frac{m^3}{g\ddot{u}n}*\ 0.45\ \frac{g}{g}*(224-0.32)\frac{g}{m^3}*\ 10^{-3}\frac{kg}{g}}{1+\ 0.088\frac{g}{g*g\ddot{u}n}*21\ g\ddot{u}n} +$$

$$\frac{0.15\frac{g}{g}*\ 0.088\frac{g}{g*g\ddot{u}n}*22700\frac{m^3}{g\ddot{u}n}*\ 0.45\frac{g}{g}*(224-0.32)\frac{g}{m^3}*21\ g\ddot{u}n*10^{-3}\frac{kg}{g}}{1+\ 0.088\frac{g}{g*g\ddot{u}n}*21\ g\ddot{u}n} +$$

$$\frac{22700\frac{m^3}{g\ddot{u}n}*\ 0.15\frac{g}{g}*\ 28\ \frac{g}{m^3}*10^{-3}\frac{kg}{g}}{1+\ 0.135\frac{g}{g*g\ddot{u}n}*21\ g\ddot{u}n} = 1049.6\ \frac{kgVSS}{g\ddot{u}n}$$ olarak hesaplanmaktadır.

4. Adım: Nitrata okside edilen azot miktarının bulunması

Nitrata okside edilen azot miktarı bulunurken Eşitlik (16.29)'dan faydalanılmaktadır.

$$NO_x = TKN - N_e - 0.12 * \frac{P_{x,bio}}{Q} \qquad (16.29)$$

$NO_x = 35\ \frac{g}{m^3} - 0.50\ \frac{g}{m^3} - 0.12 * \frac{1049.6\ \frac{kgVSS}{g\ddot{u}n}}{22700\ \frac{m^3}{g\ddot{u}n}} * 1000\ \frac{g}{kg} = 28.9\ \frac{g}{m^3}$ şeklinde hesaplanmaktadır. 3. adımda yapılan yaklaşım ile bulunan $28\ \frac{g}{m^3}$ sonucuna oldukça yakın olan bu sonuç baz alınarak %80 yaklaşımının doğru olduğu söylenebilir. Fakat yine de NO_x değeri $28.9\ \frac{g}{m^3}$ olarak güncellenmeli ve $P_{X,Bio,VSS}$ değeri tekrar hesaplanmalıdır.

Güncellenen NO_x değeri sonrası $P_{X,Bio,VSS}$ değeri 1050.4 kg VSS/gün olarak hesaplanmaktadır.

5. Adım: Havalandırma havuzundaki VSS ve TSS kütlelerinin ve konsantrasyonlarının bulunması

a. VSS ve TSS konsantrasyonlarının bulunması:

Bu adımda hesaplama yapılırken VSS için Eştilik (16.12), TSS için de Eşitlik (16.13) kullanılacaktır.

$$P_{X,VSS} = P_{X,bio} + (Q * nbVSS) = 1050.4 \frac{kg}{g\ddot{u}n} + \left(22700 \frac{m^3}{g\ddot{u}n} * 20 \frac{g}{m^3} * \ 10^{-3} \frac{kg}{g}\right)$$

$P_{X,VSS} = 1504.4 \frac{kg}{g\ddot{u}n}$ olarak hesaplanmaktadır. Benzer bir hesaplama TSS için de yapılırsa:

$$P_{X,TSS} = \frac{1050.4}{0.85} \frac{kg}{g\ddot{u}n} + \left(22700 \frac{m^3}{g\ddot{u}n} * 20 \frac{g}{m^3} * \ 10^{-3} \frac{kg}{g}\right) + Q * (TSS_0 - VSS_0)$$

$$P_{X,TSS} = \frac{1050.4}{0.85} \frac{kg}{g\ddot{u}n} + \left(454 \frac{kg}{g\ddot{u}n}\right) + Q * \left(22700 \frac{m^3}{g\ddot{u}n} * 10 \frac{g}{m^3} * \ 10^{-3} \frac{kg}{g}\right) = 1916.8 \frac{kg}{g\ddot{u}n}$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

b. VSS ve TSS kütlelerinin bulunması:

Bu adımda hesaplama yapılırken Eşitlik (16.14) ve a şıkkında elde edilen veriler kullanılacaktır.

$X_{VSS\ veya\ TSS} * V\ = P_{X,VSS\ veya\ TSS} * SRT$ eşitliği önce VSS için düzenlenir.

$X_{VSS} * V\ = 1504.4 \frac{kg}{g\ddot{u}n} * 21\ g\ddot{u}n = 31592.4\ kg$ olarak hesaplanmaktadır. Eşitlik, şimdi de TSS için düzenlenirse;

$X_{TSS} * V\ = 1916.8 \frac{kg}{g\ddot{u}n} * 21\ g\ddot{u}n = 40252.8\ kg$ olarak elde edilmektedir.

6. Adım: Havalandırma havuzu hacmi ve hidrolik bekletme süresinin bulunması

a. Havalandırma havuzu hacminin bulunması

5. adımın b şıkkında hesaplanan parametreler kullanılarak havalandırma havuzu hacmi hesaplanacaktır. VSS ve TSS cinsinden bulunan veriler göz önüne alındığında havalandırma havuzu hacminin değerine ulaşabilmek için X_{VSS} ve X_{TSS} değerlerinin

bilinmesi gerektiği görülmektedir. Literatür verileri baz alınarak bir yaklaşım yapılmalıdır [96]. Hacim hesaplanırken TSS değerinin kullanılması gerekmektedir.

$X_{TSS} * V = 40252.8\, kg$ olarak elde edilmişti. X_{TSS} değeri 3000 g/m^3 seçilirse havalandırma havuzu hacmi;

$V = \frac{(40252.8\, kg) * \left(10^3 \frac{g}{kg}\right)}{\left(3000 \frac{g}{m^3}\right)} = 13418\, m^3$ şeklinde hesaplanmaktadır. Bu değer 13410 m^3 olarak alınabilir. Üzerinde çalıştığımız problemde havalandırma havuzu sayısı "3" olarak seçilmişti. Hesaplanan havalandırma havuzu hacmi, seçilen tüm havuzların toplam hacmini ifade etmektedir. Yani, bir havalandırma havuzunun hacmi 13410/3 = 4470 m^3 şeklindedir.

b. Havalandırma havuzu hidrolik bekletme süresinin bulunması

$\tau = \frac{V}{Q} = \frac{\left(13410\, m^3\right) * \left(24 \frac{sa}{gün}\right)}{\left(22700 \frac{m^3}{gün}\right)} = 14.2\, sa$ olarak hesaplanmaktadır.

c. MLVSS konsantrasyonunun bulunması

Havalandırma havuzu hacim hesaplamalarında TSS verisinin kullanımının daha doğru olduğu önceki hesaplamalarda belirtilmişti. 5. adımın "b" şıkkında elde edilen veriler kullanılarak, TSS kütlesinin hangi oranda VSS içerdiği hesaplanacak olursa;

$VSS\ Fraksiyonu = \frac{31592\, kg\, VSS}{40253\, kg\, TSS} = 0.79$ olarak elde edilir. Dolayısı ile MLVSS konsantrasyonu;

$= (0.79) * \left(3000 \frac{g}{m^3}\right) = 2370\ \frac{g}{m^3}$ şeklinde elde edilmektedir.

7. Adım: F/M oranı ve BOİ yükleme hızının bulunması

a. F/M oranının bulunması

Havalandırma havuzlarında hacim hesabı üç farklı eşitlik ile yapılabilir ancak üzerinde çalışılan problemde F/M oranına dayalı hacim hesabı eşitliği kullanılarak F/M değeri elde edilecektir.

$$\frac{F}{M} = \frac{Q * S_0}{X * V} \quad (16.30)$$

$\frac{F}{M} = \frac{\left(22700\frac{m^3}{g\text{ün}}\right)*\left(140\,\frac{g}{m^3}\right)}{\left(2370\,\frac{g}{m^3}\right)*(13410\,m^3)} = 0.10\,\frac{g}{g*g\text{ün}} = 0.10\,\frac{kg}{kg*g\text{ün}}$ olarak hesaplanmaktadır.

b. BOİ yükleme hızınını bulunması

BOİ yükleme hızı, Eşitlik (16.31) yardımı ile elde edilebilir.

$$BO\text{İ } y\text{ü}kleme\ hızı = \frac{Q * S_0}{V} \quad (16.31)$$

$BO\text{İ } y\text{ü}kleme\ hızı = \frac{\left(22700\frac{m^3}{g\text{ün}}\right)*\left(140\,\frac{g}{m^3}\right)}{(13410\,m^3)*\left(10^3\frac{g}{kg}\right)} = 0.24\,\frac{kg}{m^3*g\text{ün}}$ olarak hesaplanmaktadır.

8. Adım: TSS ve VSS bazında gözlenen yığın sabitinin bulunması

a. Gözlenen veya net yığın sabitinin TSS bazında bulunması

Gözlenen yığın = g TSS / g bCOD veya kg TSS / kg bCOD birimiyle ifade edilmektedir. Net yığın sabiti için hesaplamalara geçilmeden önce giderilen bCOD miktarı bulunmalıdır.

$$Giderilen\ bCOD = Q * (S_0 - S) = \left(22700\,\frac{m^3}{g\text{ün}}\right) * \left(224 - 0.32\,\frac{m^3}{g\text{ün}}\right) * \left(10^{-3}\,\frac{kg}{g}\right)$$

Giderilen bCOD = 5078 $\frac{kg}{g\text{ün}}$ olarak bulunmaktadır. 5. adımın "a" şıkkında $P_{X,TSS}$ konsantrasyonu 1917 kg /gün şeklinde elde edilmişti.

$Y_{obs,TSS} = \frac{1917\frac{kg}{gün}}{5078\frac{kg}{gün}} = 0.38\frac{kg\ TSS}{kg\ bCOD} = 0.38\ \frac{g\ TSS}{g\ bCOD}$ şeklinde elde edilmektedir. Tablo 16.2'de verilen bCOD/BOD oranı olan "1.6" kullanılarak bu değer BOİ olarak da ifade edilebilir.

$0.38\ \frac{g\ TSS}{g\ bCOD} * 1.6\frac{g\ bCOD}{g\ BOD} = 0.61\frac{g\ TSS}{g\ BOD}$ bulunur.

b. Gözlenen veya net yığın sabitinin VSS bazında bulunması

$Y_{obs,VSS} = 0.38\frac{kg\ TSS}{kg\ bCOD} * 0.79\frac{g\ VSS}{g\ TSS} = 0.30\ \frac{g\ VSS}{g\ bCOD}$ şeklinde elde edilmektedir. Bu değer, BOİ olarak ifade edilmek istenirse;

$0.30\ \frac{g\ VSS}{g\ bCOD} * 1.6\frac{g\ bCOD}{g\ BOD} = 0.48\frac{g\ VSS}{g\ BOD}$ olarak bulunur.

9. Adım: Oksijen ihtiyacının bulunması

Oksijen ihtiyacı bulunurken Eşitlik (16.17) kullanılmaktadır. $P_{X,Bio,VSS}$ değeri yerine 3. adımda bulunan değer kullanılacak olup bulunan değerdeki son NO_xli kısım dahil edilmez. Yani $P_{X,Bio,VSS}$ değeri 1024.7 kg VSS/gün olarak alınmaktadır.

$$R_0 = \left(22700\frac{m^3}{gün}\right) * \left(224 - 0.32\ \frac{g}{m^3}\right) * \left(10^{-3}\frac{kg}{g}\right) - (1.42) * \left(1024.7\frac{kg}{gün}\right) + (4.57) * \left(22700\frac{m^3}{gün}\right) * \left(28.9\ \frac{g}{m^3}\right) * \left(10^{-3}\frac{kg}{g}\right) = 6620\frac{kgO_2}{gün} = 275.9\ \frac{kgO_2}{sa}$$

olarak hesaplanmaktadır.

10. Adım: İnce kabarcık havalandırma sisteminin dizaynı

a. Standart oksijen transfer hızının bulunması

SOTR değeri bulunurken Eşitlik (16.18), Eşitlik (16.19) ve Eşitlik (16.20) kullanılır.

$SOTR = \left(\frac{275.9\frac{kg}{sa}}{0.65*0.90}\right) * \left[\frac{10.64}{0.95*\left(\frac{10.78}{9.09}\right)*0.94*10.64-2}\right] * [(1.024)^{20-12}]$ = 654.6 kg/sa şeklinde hesaplanmaktadır.

b. Hava akış debisinin hesaplanması

Hava akış debisi bulunurken Eşitlik (16.21) kullanılır.

$Hava\ akış\ hızı = \frac{654.6\left(\frac{kg}{sa}\right)}{0.35*60\frac{dk}{sa}*0.270\frac{kg\ O_2}{m^3\ hava}} = 115.5\frac{m^3}{dk}$ olarak hesaplanmaktadır.

10. Adım: Alkalinite kontrollerinin yapılması

a. Alkalinite dengesini korumak için gerekli olan doz

pH seviyesini nötral seviyelerde tutmak amacıyla sisteme $CaCO_3$ şeklinde alkalinite dozlaması yapılmaktadır. Kütle dengesi,

Gereken alkalinite = Giriş suyu alkalinitesi – Kullanılan alkalinite + Eklenen alkalinite şeklinde oluşturulabilir. Giriş suyundaki alkalinite, Tablo 16.2'de 140 mg $CaCO_3$/L olarak verilmiştir.

$Nitrata\ çevrilen\ azot\ miktarı = 28.9 \frac{g}{\mathrm{m3}}$,

$Nitrifikasyon\ için\ kullanılan\ alkalinite\ miktarı = 7.14 \frac{g CaCO_3}{g\ NH_4{-}N} * 28.9 \frac{g}{m^3} =$

$206.3 \frac{g}{m^3}$ şeklinde hesaplanabilmektedir.

Ulaşılan parametreler, oluşturulan kütle dengesindeki yerlerine yazılır. Fakat öncelikle sistemde kalacak olan alkalinite için bir tahmin yaklaşımı benimsenmelidir. Giriş suyundaki alkalinitenin yarısı kadar miktardaki alkalinitenin sistemde kalacağı öngörülürse;

$70 \frac{g}{m^3} = 140\ \frac{g}{m^3} - 206.3\ \frac{g}{m^3} + eklenecek\ alkalinite$;

Eklenecek alkalinite = $136.3\ \frac{g\ CaCO_3}{m^3}$ olarak hesaplanır. Günlük sisteme eklenecek alkalinite miktarı kg/gün olarak ifade edilmek istenirse;

Günlük eklenecek alkalinite = $136.3 \frac{g\ CaCO_3}{m^3} * 22700 \frac{m^3}{gün} *\ 10^{-3} \frac{kg}{g} = 3094 \frac{kgCaCO_3}{\mathrm{gün}}$

Ölçekleme potansiyeli vb. sorunların oluşmaması için alkalinitenin sisteme $NaHCO_3$ şeklinde dozajlanması tercih edilebilir. Günlük eklenecek alkalinite miktarı $NaHCO_3$ eşdeğeri olarak hesaplanmak istenirse;

$NaHCO_3$'ün eşdeğer molekül ağırlığı = 84 g/eq,

$$Eklenecek\ NaHCO_3 = \frac{\left(3094 \frac{kgCaCO_3}{\mathrm{gün}}\right) * \left(84 \frac{g\ NaHCO_3}{eq}\right)}{\left(50\ g \frac{CaCO_3}{eq}\right)} = 5197 \frac{kg\ NaHCO_3}{gün}$$

şeklinde hesaplanır.

Hem yalnızca karbonun giderildiği hem de karbon ve azotun birlikte giderildiği tam karışımlı aktif çamur prosesi tasarım verileri, Tablo 16.3 ve Tablo 16.4'te derlenmiştir.

Tablo 16.3 Yalnızca karbon giderilen bir aktif çamur prosesi ile hem karbon hem de azotun giderildiği bir aktif çamur prosesinin tasarım verileri [96]

Dizayn Parametresi	**Yalnızca karbon giderimi**	**Hem karbon hem azot giderimi**
Debi (Q)	22700 m^3/gün	22700 m^3/gün
Ortalama BOİ yükü	3178 kg/gün	3178 kg/gün
Ortalama TKN yükü	795 kg/gün	795 kg/gün
Aerobik katı bekletme süresi (SRT)	5 gün	21 gün
Havalandırma havuzu hacmi	1480 m^3	4470 m^3
Hidrolik bekletme süresi (HRT)	4.7 sa	14.2 sa
MLSS konsantrasyonu	3000 mg/L	3000 mg/L
MLVSS konsantrasyonu	2400 mg/L	2370 mg/L
F/M	0.30 g/g/gün	0.10 g/g/gün
BOİ yükleme hızı	0.71 kg BOİ/m^3/gün	0.24 kg BOİ/m^3/gün
Çamur üretim miktarı	2667 kg/gün	1917 kg/gün
Gözlenen yığın üretim miktarı	0.64 kg VSS/kg BOİ 0.84 kg TSS/kg BOİ	0.48 kg VSS/kg BOİ 0.61 kg TSS/kg BOİ
Gerekli oksijen miktarı	111.3 kg/sa	275.9 kg/sa
Hava akış debisi	60.5 m^3/dk	115.5 m^3/dk

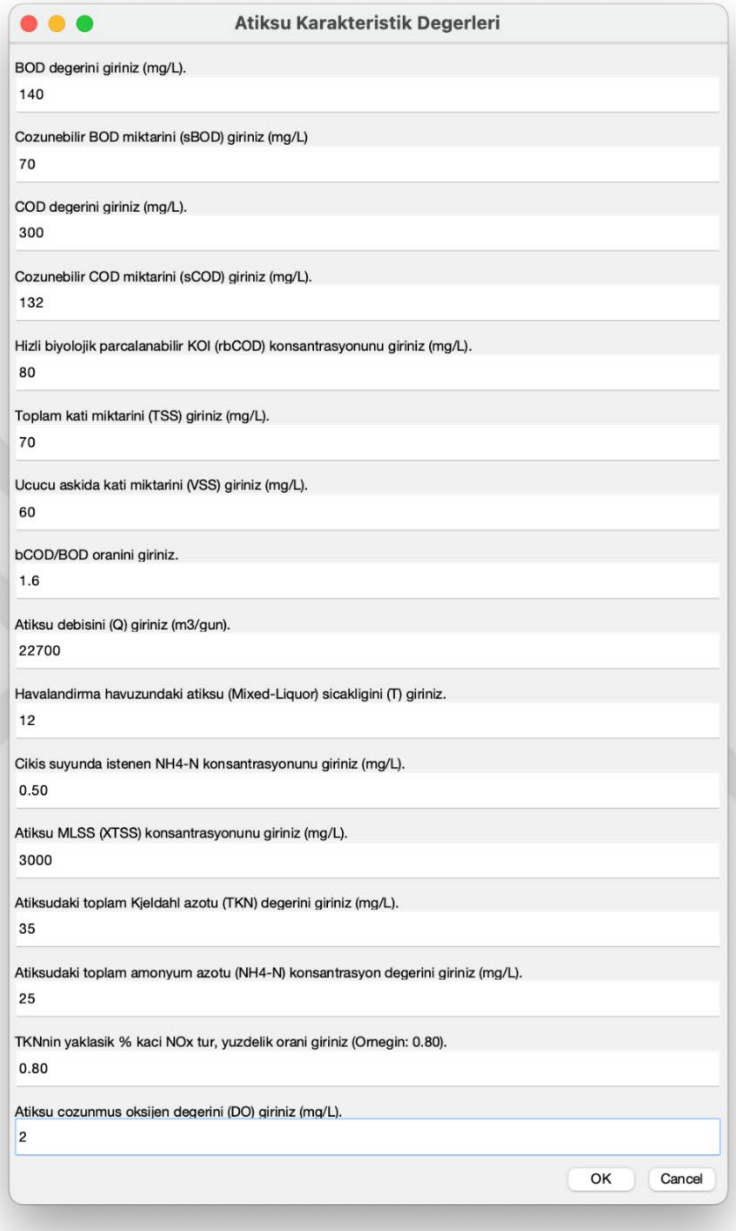
Tablo 16.3 Yalnızca karbon giderilen bir aktif çamur prosesi ile hem karbon hem de azotun giderildiği bir aktif çamur prosesinin tasarım verileri (devamı) [96]

Dizayn Parametresi	Yalnızca karbon giderimi	Hem karbon hem azot giderimi
Çamur geri devir oranı	0.60	0.60
Son çöktürme hidrolik yükleme oranı	24 m^3/m^2/gün	24 m^3/m^2/gün
Son çöktürme havuz sayısı	3	3
Son çöktürme havuz çapları	20 m	20 m
$NaHCO_3$ cinsinden eklenecek alkalinite miktarı	-	5197 kg/gün

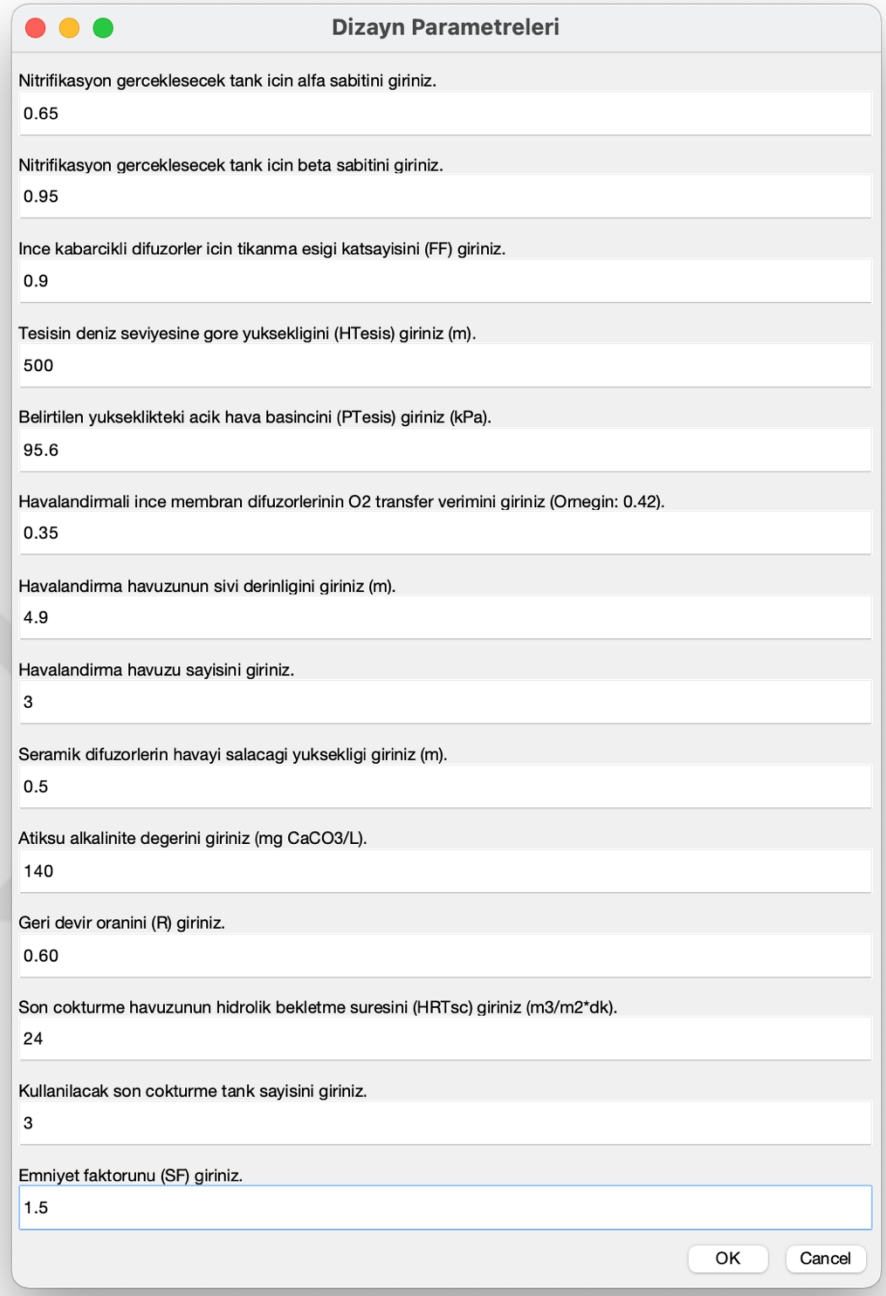
16.3.2 Hem Karbon Hem Azotun Giderildiği Aktif Çamur Prosesinin Bilgisayar Ortamında Modellenmesi

Teorik çözüm adımları verilen hem karbon hem azot nütrientlerinin gideriminin gerçekleştirildiği tam karışımlı aktif çamur prosesinin MATLAB® programında modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Program çalıştırıldığında ilk olarak kullanıcıdan tesisteki atıksuyun karakteristiği ile ilgili verileri işlemesi beklenir. Bu veriler, teorik çözümde de verildiği üzere atıksu debisi, BOİ, KOİ, TSS, VSS gibi bilinmesi mutlaka gerekli verilerdir. Ayrıca yalnızca karbon giderilen aktif çamur proses tasarımında da kullanılan verilerle ortaktır. Atıksu karakteristiği kullanıcı tarafından işlendiğinde program, yeni bir veri işleme penceresi gösterir. Açılan ikinci pencerede, tesisin bulunduğu konum ile ilgili fiziksel detaylar, prosesin dizayn verileri ve proseste kullanılacak olan difüzör gibi yardımcı ekipmanların teknik verilerinin kullanıcı tarafından işlenmesi beklenir. İkinci pencereye gerekli veriler işlendiği takdirde program işlem yapmaya başlar ve kısa bir süre içerisinde sonuç penceresini gösterir. Sonuç penceresinde 29 adet veri gösterilir. Gösterilen bu 29

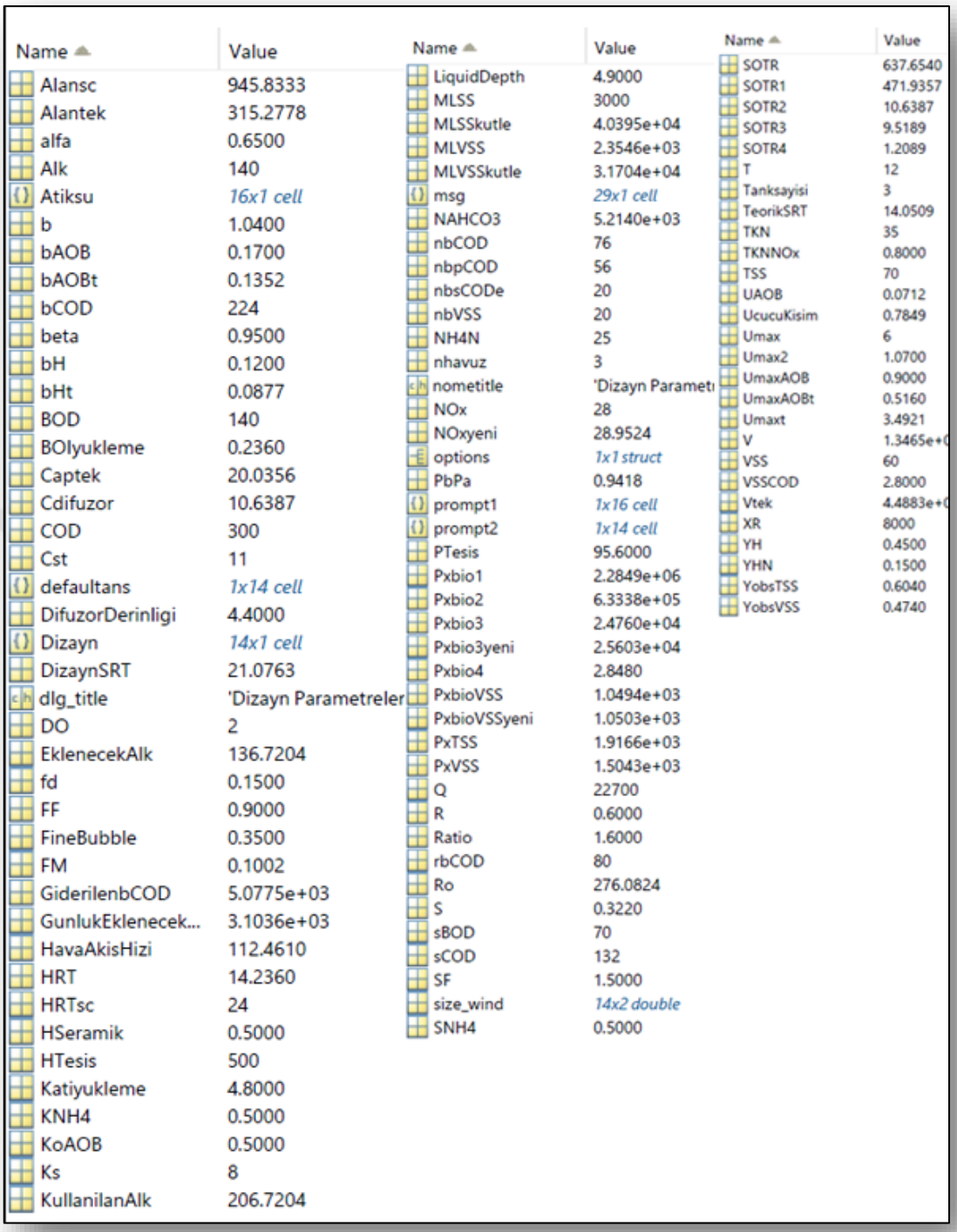
veri, teorik çözümde elle hesaplanan tüm sonuçları içermektedir. Programa dair görseller ilerleyen kısımda verilmiştir.



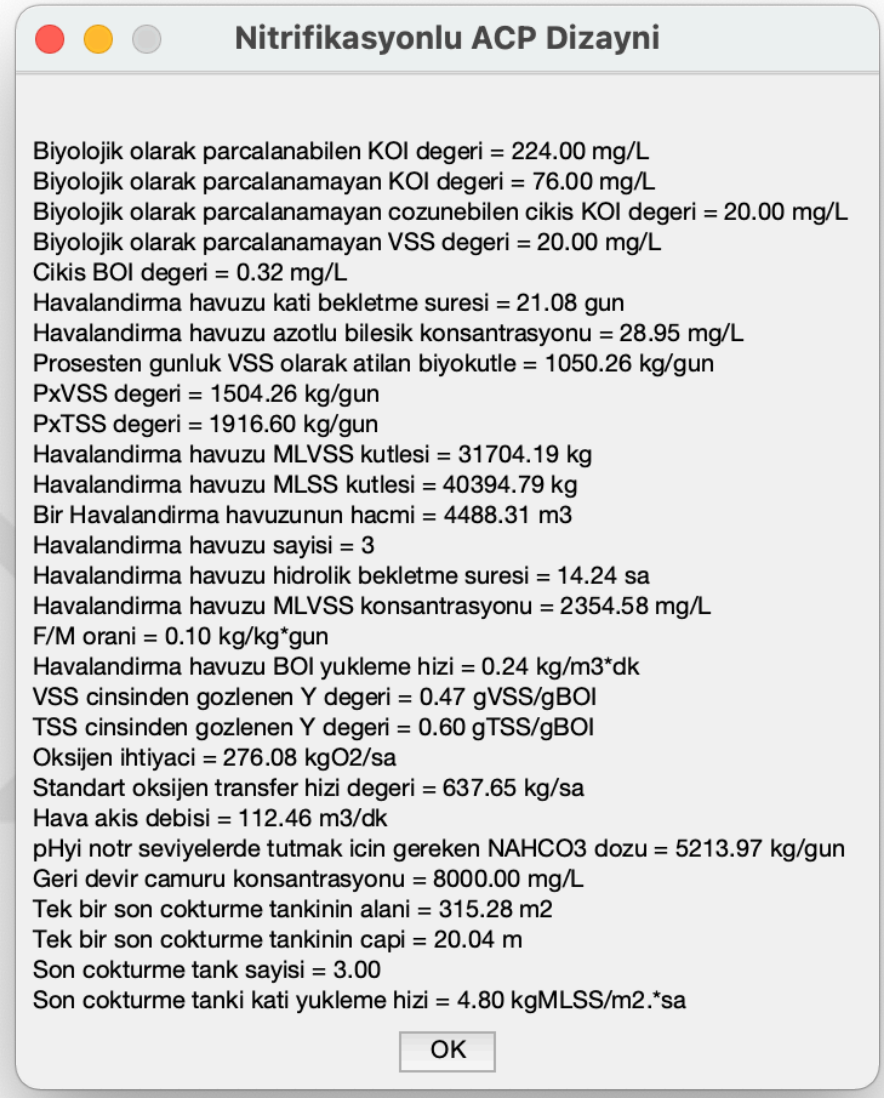
Şekil 16.7 Bilgisayar modellemesi yapılan hem karbon hem de azot gideriminin gerçekleştirildiği tam karışımlı aktif çamur prosesinin atıksu karakteristik ve bazı dizayn değerlerinin giriş ekranı



Şekil 16.8 Bilgisayar modellemesi yapılan hem karbon hem de azot gideriminin gerçekleştirildiği tam karışımlı aktif çamur prosesinin dizayn kriterleri giriş ekranı



Şekil 16.9 Bilgisayar modellemesi yapılan hem karbon hem de azot gideriminin gerçekleştirildiği tam karışımlı aktif çamur prosesinin MATLAB® çalışma alanı görüntüsü



Şekil 16.10 Bilgisayar modellemesi yapılan hem karbon hem de azot gideriminin gerçekleştirildiği tam karışımlı aktif çamur prosesinin dizayn verileri sonuç ekranı

16.4 Preanoksik Denitrifikasyon Prosesi

16.4.1 Ludzack-Ettinger (LE) Prosesi

Preanoksik denitrifikasyonun konsepti ilk olarak 1962 yılında Ludzack ve Ettinger isimli bilim insanları tarafından tanımlandı. Şekil 16.8'de bu prosesin şematik gösterimi verilmiştir.

Atıksu, prosese kısa hidrolik bekletme süreli anoksik bölgeden giriş yapar; bu aşamayı uzun hidrolik bekletme süreli aerobik bölge takip eder. Denitrifikasyon ve nitrifikasyon işlemlerine uğramış atıksuyun aktif çamuru, belirli oranlarda anoksik bölgenin başına geri devrettirilir. LE prosesinde denitrifikasyonun büyük ölçüde sınırlı olduğu çünkü anoksik bölgeye geri devrettirilen tek azotlu bileşenin nitrat olduğu tespit edilmişse de bu prosesin hiçbir ek biyoreaktör, pompa gibi ekipman gereksinimi olmadan atıksu arıtma tesislerinde kullanılabileceği ve de yönetmeliklerin çıkış azot konsantrasyonunu sağlama konusunda oldukça başarılı olduğu da görülmüştür [97].

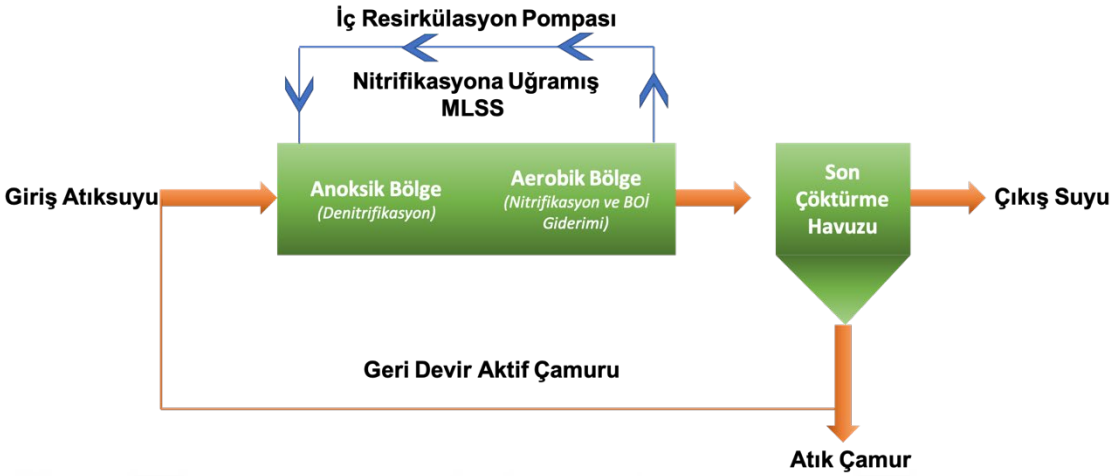


Şekil 16.11 Ludzack-Ettinger (LE) Proses Şeması [97]

16.4.2 Modifiye Ludzack-Ettinger (MLE) Prosesi

LE prosesine iç resirkülasyon pompası eklenir. Bu pompa, aerobik bölgede nitrifikasyona uğramış MLSS'yi, denitrifikasyon için anoksik bölgeye götürme işlevi görmektedir. Aerobik bölgenin çıkışından alınıp anoksik bölgeye götürülen MLSS içerisindeki NO_3^-, giriş atıksuyunda elektron vericisi olarak görev yapan bCOD'yi kullanır ve böylece denitrifikasyon işlemi gerçekleştirilir. İç resirkülasyon pompası ile yapılan bu işlemler sonucu MLE prosesinin, LE prosesinden çok daha yüksek

oranda azot giderim verimine ulaştığı tespit edilmiştir [97]. MLE prosesinin gösterimi, Şekil 16.12'de verildiği gibidir.



Şekil 16.12 Modifiye Ludzack-Ettinger (MLE) Proses Şeması [97]

16.4.3 MLE Prosesinin Tasarım Problemi

Çalışmanın önceki kısımlarında yalnızca karbon gideren ve hem karbon hem de azot gideren aktif çamur proseslerinin tasarımı için kullanılan atıksu karakteristiği ve arıtma tesisi tasarım verileri ile bu problemlerin hesaplama aşamasında elde edilen bazı sonuçlar, MLE prosesinin tasarımında da kullanılacaktır. Kısaca, kullanılacak olan tüm veriler Tablo 16.4'te özetlendiği gibidir.

Tablo 16.4 Preanoksik aşamalı MLE prosesinin tasarımında kullanılacak olan veriler [98]

Parametre	Değer ve Birimi
BOİ	140 mg/L
bCOD	224 mg/L
rbCOD	80 mg/L
NO_x	28.9 mg/L

Tablo 16.4 Preanoksik aşamalı MLE prosesinin tasarımında kullanılacak olan veriler (devamı) [98]

Parametre	**Değer ve Birimi**
Toplam fosfor	6 mg/L
Alkalinite	140 mg $CaCO_3$/L
Giriş atıksu debisi	22700 m^3/gün
Atıksu sıcaklığı	12^oC
MLSS	3000 mg/L
MLVSS	2370 mg/L
Aerobik katı bekletme süresi	21 gün
Havalandırma havuzu hacmi	13410 m^3
Aerobik hidrolik bekletme süresi	14.2 sa
Anoksik karıştırma enerjisi	5 kW/10^3 m^3
Aktif çamur geri devir oranı	0.60
R_0	275.9 kg/sa
Geri devir aktif çamurundaki NO_3^- konsantrasyonu	6 mg/L

1. Adım: Aktif biyokütle konsantrasyonunun bulunması

MLE prosesindeki aktif biyokütle konsantrasyonu, Eşitlik (16.32) yardımı ile bulunabilir.

$$X_b = \frac{Q * (SRT)}{V} * \frac{Y_H * (S_0 - S)}{1 + b_H * (SRT)} \quad (16.32)$$

Eşitlik (16.32)'de $S_0 - S$ yaklaşık olarak S_0 kadardır. Dolayısı ile direkt olarak S_0 miktarı yazılacaktır.

$X_b = \frac{\left(22700\frac{m^3}{gün}\right)*(21\ gün)}{(13320\ m^3)} * \frac{\left(0.45\frac{g\ VSS}{g\ COD}\right)*\left(224\ \frac{g\ bCOD}{m^3}\right)}{1+\left(0.088\frac{g}{g*gün}\right)*(21\ gün)} = 1267\ mg/L$ olarak

hesaplanmaktadır.

2. Adım: İç resirkülasyon oranının bulunması

Aerobik bölgeden hangi oranda MLSS'nin anoksik bölgeye taşınacağı bulunmalıdır. Eşitlik (16.33) ile bu parametre hesaplanır.

$$IR = \frac{NO_X}{N_e} - 1.0 - R \quad (16.33)$$

$IR = \frac{28.9\frac{mg}{L}}{6\frac{mg}{L}} - 1.0 - 0.60 = 3.2$ şeklinde hesaplanmaktadır.

3. Adım: Anoksik bölgeye beslenen NO_3^--N konsantrasyonunun bulunması

$$NO_3 - N\ konsantrasyonu \rightarrow anoksik\ bölge = IR * Q + R * Q \quad (16.34)$$

$NO_3 - N = (3.2) * \left(22700\ \frac{m^3}{gün}\right) + (0.6) * \left(22700\ \frac{m^3}{gün}\right) = 82260\ \frac{m^3}{gün}$ şeklinde hesaplanabilir. Anoksik bölgeye beslenen NO_x'in günlük yükü bulmak istenirse şu hesaplamanın yapılması yeterli olacaktır:

$Beslenen\ NO_X = \left(82260\ \frac{m^3}{gün}\right) * \left(6\frac{g}{m^3}\right) = 517560\frac{g}{gün}$ olarak bulunur.

4. Adım: Anoksik bölgenin hacminin bulunması

Anoksik bölge hacmi bulunurken hidrolik bekletme süresinin de bilinmesi gerekir. Bu konuda, aerobik bölge hidrolik bekletme süresinin %20'inin alınması uygun olacaktır. Yani,

$\tau = (0.20) * (14.2\ sa) = 2.8\ sa \sim 2.5\ sa = 0.104\ g\ddot{u}n$ şeklinde kabul edilecektir.

$V = 0.104\ g\ddot{u}n * 22700\ \frac{m^3}{g\ddot{u}n} = 2361\ m^3$ elde edilmektedir.

5. Adım: F/M oranının bulunması

MLE prosesinin F/M oranı bulunurken Eşitlik (16.30) kullanılır.

$\frac{F}{M} = \frac{\left(22700\ \frac{m^3}{g\ddot{u}n}\right)*\left(140\frac{gBO\dot{I}}{m^3}\right)}{\left(1267\frac{g}{m^3}\right)*(2361\ m^3)} = 1.06\frac{g}{g*g\ddot{u}n}$ şeklinde hesaplanmaktadır.

6. Adım: Spesifik denitrifikasyon oranının (SDNR) bulunması

$$SDNR_b = b_0 + b_1 * \ln\left(\frac{F}{M}\right) \quad (16.35)$$

Tablo 16.5 $SDNR_b$ oranı hesaplanırken rbCOD oranlarına karşılık gelen sabitler [98]

rbCOD oranı	SDNR eşitliği için sabitler	
	b_0	b_1
10	0.186	0.078
20	0.213	0.118
30	0.235	0.141
40	0.242	0.152
50	0.270	0.162

Tablo 16.5'te de görüldüğü üzere Eşitlik (16.35)'teki SNDR formülü kullanılarak hesaplama yapılabilmesi için prosesteki rbCOD oranının bilinmesi gerekmektedir. Bu oran, rbCOD miktarının bCOD miktarına bölünmesi ile bulunabilir. Yani,

$rbCOD\ fraksiyonu = \frac{80\frac{mg}{L}}{224\frac{mg}{L}} = 0.36$ olarak bulunur. Tabloda 0.30 sayısına denk gelen b_0 ve b_1 değerleri kullanılabilir.

$SDNR_b = 0.235 + 0.141 * \ln(1.06) = 0.243\ \frac{g\ NO_3-N}{g\ MLVSS}$ olarak hesaplanmaktadır. Bu değer, prosesteki atıksuyun sıcaklığına uygun bir şekilde düzeltilirse;

$SDNR_{T=12} = 0.243 * (1.026)^{12-20} = 0.198\frac{g}{g*g\ddot{u}n}$ şeklinde hesaplanabilir. Bu değer, 2. adımda hesaplanan iç resirkülasyon oranına uygun olarak düzeltilmelidir. Düzeltme, Eşitlik (16.36) kullanılarak yapılmaktadır.

$$SDNR_{d\ddot{u}zeltilen\ b} = SDNR_{IR1} - 0.029 * \ln\left(\frac{F}{M}\right) - 0.012 \quad (16.36)$$

$SDNR_b = 0.198 - 0.029 * \ln(1.06) - 0.012 = 0.184\frac{g}{g*g\ddot{u}n}$ bulunur.

7. Adım: MLVSS bazında toplam SDNR değerinin hesaplanması

MLVSS bazında toplam SDNR değeri hesaplanırken Eşitlik (16.37) kullanılmaktadır.

$$SDNR = SDNR_b * \left(\frac{MLVSS_b}{MLVSS}\right) \quad (16.37)$$

$SDNR = 0.184\frac{g}{g*g\ddot{u}n} * \left(\frac{1267\frac{g}{m^3}}{2370\frac{g}{m^3}}\right) = 0.10\frac{g\ NO_3-N}{g\ MLVSS*g\ddot{u}n}$ olarak hesaplanmaktadır.

8. Adım: NO_3^--N miktarının bulunması

Anoksik bölgeye beslenen NO_3^--N miktarı ile karşılaştırmak üzere sistemdeki son NO_3^--N miktarı bulunmalıdır. NO_3^--N miktarı, beslenen NO_3^--N'in %20'sinden fazla ise daha küçük tank hacmi kullanımı önerilmektedir. Bu hesap, Eşitlik (16.38) ile gerçekleştirilebilir.

$$NO_r = V_{NOX} * SDNR * (MLVSS_b) \quad (16.38)$$

$NO_r = (2361\ m^3) * \left(0.184 \frac{g}{g*gün}\right) * \left(1267\ \frac{g}{m^3}\right) = 550415 \frac{g}{gün}$ şeklinde hesaplanmaktadır. Anoksik tanka beslenen NO_3-N miktarı 517560 g/gün olarak hesaplanmıştı. NO_r değeri, bu değerin yaklaşık %6 fazlasıdır. Kabul aralığı içerisindedir.

9. Adım: Net oksijen gereksiniminin bulunması

Karbon ve azot gideriminin birlikte gerçekleştirildiği –denitrifikasyon sürecinin olmadığı– problemin 9. Adımında, net oksijen gereksinimi 275.9 kg/sa bulunmuştu. Denitrifikasyonun gerçekleşeceği bir anoksik tank eklendiği takdirde oksijen gereksiniminin ne yönde değişeceği tespit edilecektir.

$$Kredi\ oksijen = \frac{(2.86\ g\ O_2)}{(g\ NO_3 - N)} * \left[28.9 - 6.0\ \frac{g}{m^3}\right] * \left(22700\ \frac{m^3}{gün}\right) * \left(\frac{10^{-3} kg}{g}\right)$$

$$= 1487 \frac{kg}{gün} = 61.9 \frac{kg}{sa}$$

Net oksijen gereksinimi=275.9 kg/sa–61.9 kg/sa=214 kg/sa olarak elde edilmektedir. Bu sonuçtan da görüleceği üzere denitrifikasyon tankının eklendiği bir aktif çamur prosesi, gerekli oksijen oranını %22.4 oranında düşürmektedir.

10. Adım: Alkalinite kontrollerinin yapılması

a. Alkalinite kütle dengesinin oluşturulması

pH seviyesini nötral seviyenin civarında tutabilmek için gerekli kütle dengesi kısaca şu şekilde oluşturulabilir:

Gerekli alkalinite = Giriş atıksuyu alkalinitesi – Kullanılan alkalinite + Üretilen alkalinite.

I. Giriş atıksuyu alkalinitesi = 140 mg $CaCO_3$/L,
II. Kullanılan alkalinite = 7.14 * (28.9 mg NO_3- – N/L) = 206.3 mg/L,
III. Üretilen alkalinite = 3.57 * (28.9 – 6 mg/L) = 81.8 mg/L,
IV. Gerekli alkalinite = 70 mg $CaCO_3$/L olarak kabul edilecektir.

b. Gerekli alkaliniteye ulaşabilmek için eklenmesi gereken alkalinitenin bulunması

Eklenecek alkalinite = 70 – 140 + 206.3 – 81.8 = 54.5 mg $CaCO_3$/L'dir.

Günlük eklenecek alkalinite = $54.5\ \frac{g\ CaCO_3}{m^3} * 22700\ \frac{m^3}{g\ddot{u}n} *\ 10^{-3}\ \frac{kg}{g} = 1237\ \frac{kgCaCO_3}{\text{gün}}$

c. Denitrifikasyon tankının yer almadığı prosesle karşılaştırma yapılması

Sadece nitrifikasyon sürecinin gerçekleştiği problemde bulunan eklenecek alkalinite değeri 3094 kg $CaCO_3$/gün idi. Denitrifikasyon tankının eklenmesi ile eklenmesi gereken alkalinite miktarı 1237 kg $CaCO_3$/gün seviyesine düşmektedir. Bu da 3094 – 1237 = 1857 kg/gün alkaliniteden kazanç demektir.

11. Adım: Anoksik bölge için karıştırma enerjisi ihtiyacının bulunması

Verilen karıştırma enerjisi = 5 kW/10^3 m^3,

Anoksik tank hacmi = 2361 m^3,

Güç = 2361 m^3 * 5 kW/10^3 m^3 = 12 kW, karıştırma için gerekli toplam enerji ihtiyacıdır.

Tablo 16.6 Preanoksik aşamalı MLE prosesi için ulaşılan tasarım verileri

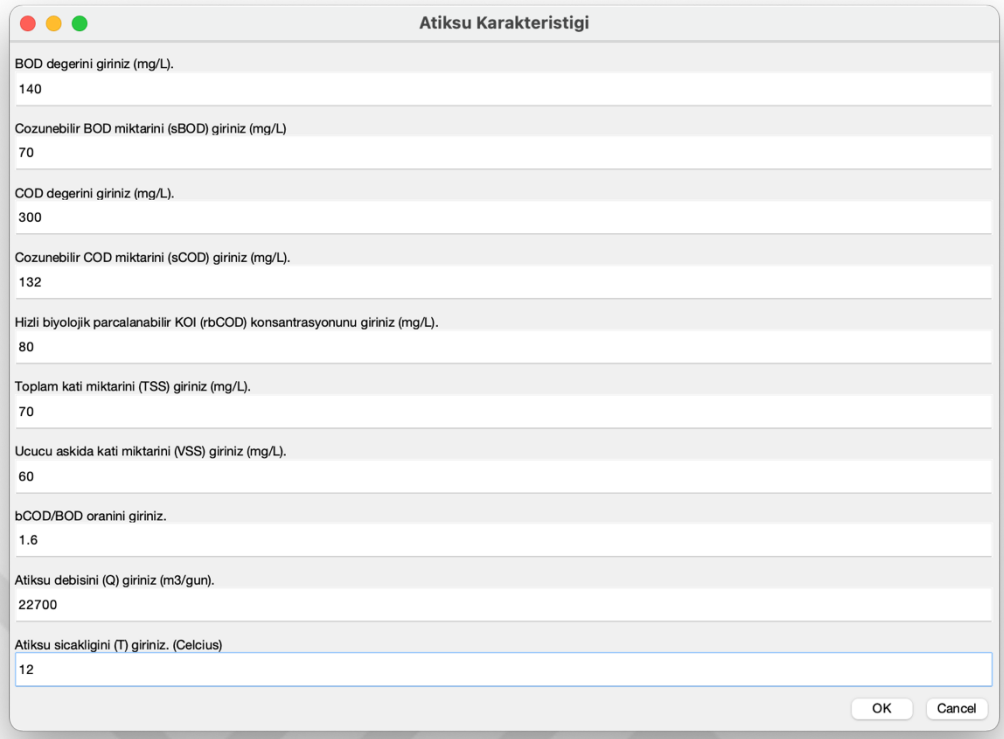
Dizayn Parametresi	**Değer ve Birim**
Çıkış NO_3^--N	6 mg/L
İç resirkülasyon oranı	3.20
Aktif çamur geri devir oranı	0.60
Anoksik tank hacmi	2361 m^3
MLSS	3000 mg/L
Toplam SDNR	0.10 g NO_3^--N /g MLVSS/gün
Hidrolik bekletme süresi	2.5 sa
Denitrifikasyon tankının eklenmesi ile elde edilen O_2 kazancı	%22.4

Tablo 16.6 Preanoksik aşamalı MLE prosesinin tasarım verileri (devamı)

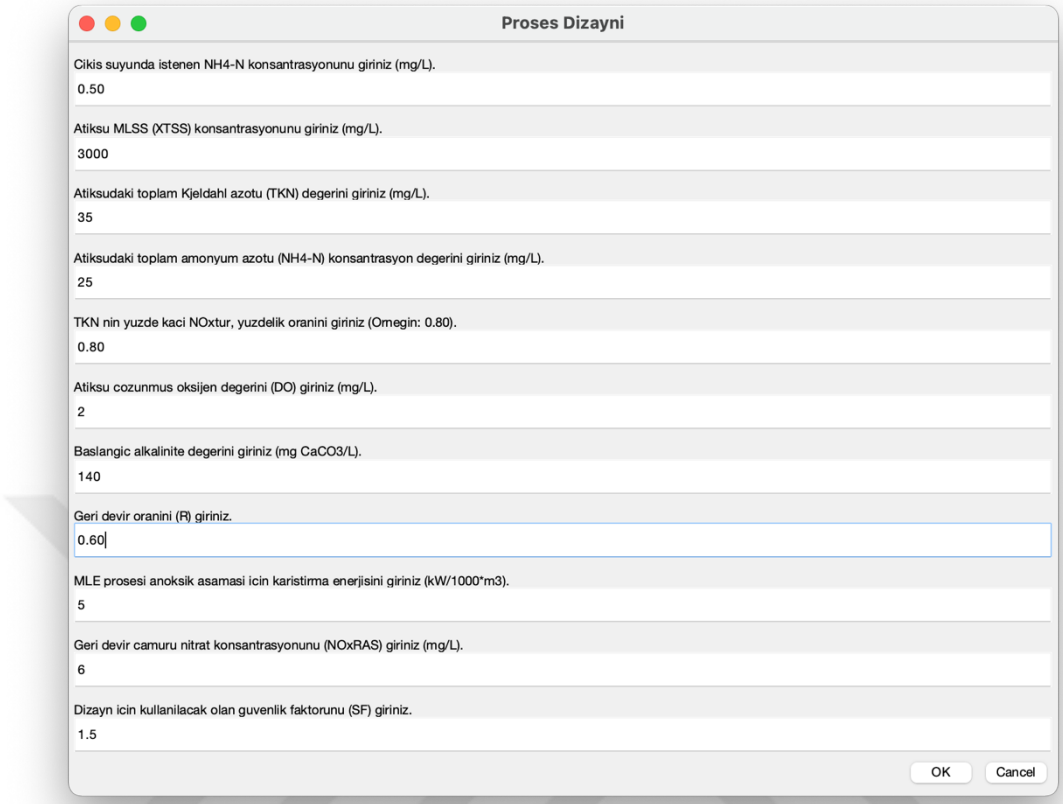
Dizayn Parametresi	Değer ve Birim
Anoksik tank karıştırma gücü	12 kW
Gerekli alkalinite	1237 kg $CaCO_3$/gün

16.4.4 MLE Prosesinin Bilgisayar Ortamında Modellenmesi

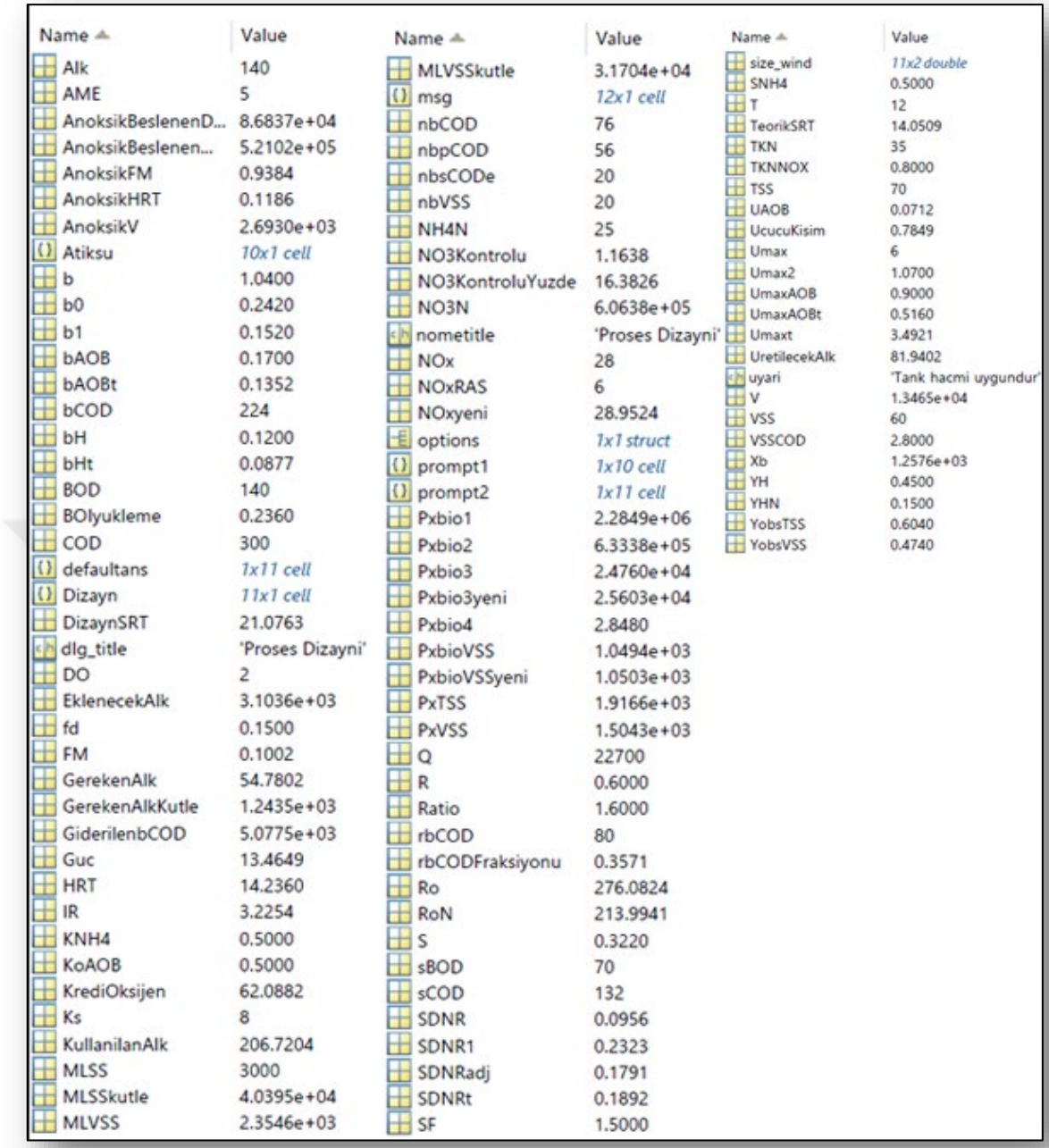
Teorik çözüm adımları verilen, denitrifikasyon tankı ve iç resirkülasyon pompası içeren Modifiye Ludzack-Ettinger prosesinin MATLAB® programında modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Program çalıştırıldığında ilk olarak kullanıcıdan tesisteki atıksuyun karakteristiği ile ilgili verileri işlemesi beklenir. Bu veriler, teorik çözümde de verildiği üzere atıksu debisi, BOİ, KOİ, TSS, VSS gibi bilinmesi mutlaka gerekli verilerdir. Ayrıca yalnızca karbon giderilen ve karbon giderimine ek olarak nitrifikasyonun da gerçekleştirildiği aktif çamur proses tasarımında da kullanılan verilerle ortaktır. Atıksu karakteristiği, kullanıcı tarafından işlendiğinde program, yeni bir veri işleme penceresi gösterir. Açılan ikinci pencerede, tesisin proses dizayn verileri ve proseste kullanılacak olan karıştırıcı gibi yardımcı ekipmanların teknik verilerinin kullanıcı tarafından işlenmesi beklenir. İkinci pencereye gerekli veriler işlendiği takdirde program işlem yapmaya başlar ve kısa bir süre içerisinde sonuç penceresini gösterir. Sonuç penceresinde 12 adet veri gösterilir. Gösterilen bu 12 veri, teorik çözümde elle hesaplanan tüm sonuçları içermektedir. Programa dair görseller ilerleyen kısımda verilmiştir.



Şekil 16.13 Bilgisayar modellemesi yapılan preanoksik aşamalı MLE prosesinin atıksu karakteristik ve bazı dizayn değerlerinin giriş ekranı



Şekil 16.14 Bilgisayar modellemesi yapılan preanoksik aşamalı MLE prosesinin dizayn kriterleri giriş ekranı

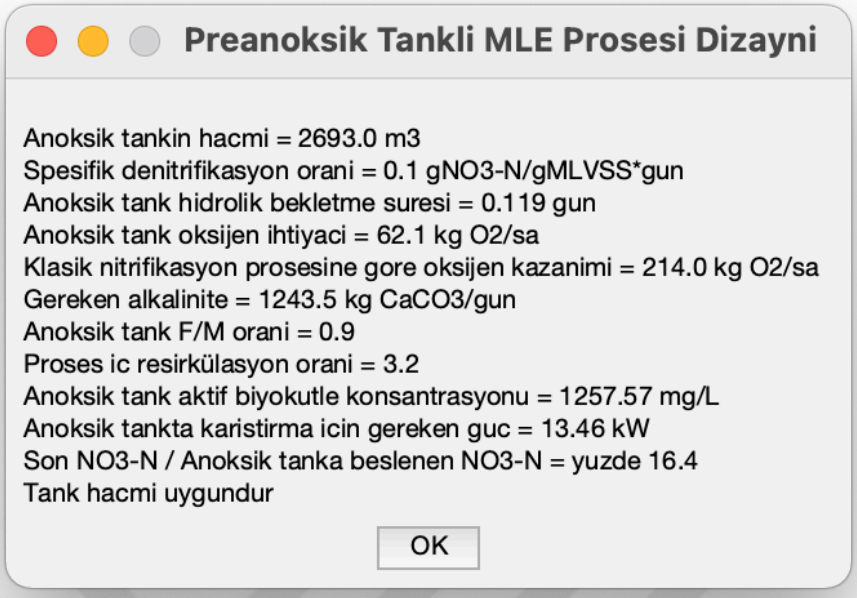


Name	Value
Alk	140
AME	5
AnoksikBeslenenD...	8.6837e+04
AnoksikBeslenen...	5.2102e+05
AnoksikFM	0.9384
AnoksikHRT	0.1186
AnoksikV	2.6930e+03
Atiksu	*10x1 cell*
b	1.0400
b0	0.2420
b1	0.1520
bAOB	0.1700
bAOBt	0.1352
bCOD	224
bH	0.1200
bHt	0.0877
BOD	140
BOlyukleme	0.2360
COD	300
defaultans	*1x11 cell*
Dizayn	*11x1 cell*
DizaynSRT	21.0763
dlg_title	'Proses Dizayni'
DO	2
EklenecekAlk	3.1036e+03
fd	0.1500
FM	0.1002
GerekenAlk	54.7802
GerekenAlkKutle	1.2435e+03
GiderilenbCOD	5.0775e+03
Guc	13.4649
HRT	14.2360
IR	3.2254
KNH4	0.5000
KoAOB	0.5000
KrediOksijen	62.0882
Ks	8
KullanilanAlk	206.7204
MLSS	3000
MLSSkutle	4.0395e+04
MLVSS	2.3546e+03

Name	Value
MLVSSkutle	3.1704e+04
msg	*12x1 cell*
nbCOD	76
nbpCOD	56
nbsCODe	20
nbVSS	20
NH4N	25
NO3Kontrolu	1.1638
NO3KontroluYuzde	16.3826
NO3N	6.0638e+05
nometitle	'Proses Dizayni'
NOx	28
NOxRAS	6
NOxyeni	28.9524
options	*1x1 struct*
prompt1	*1x10 cell*
prompt2	*1x11 cell*
Pxbio1	2.2849e+06
Pxbio2	6.3338e+05
Pxbio3	2.4760e+04
Pxbio3yeni	2.5603e+04
Pxbio4	2.8480
PxbioVSS	1.0494e+03
PxbioVSSyeni	1.0503e+03
PxTSS	1.9166e+03
PxVSS	1.5043e+03
Q	22700
R	0.6000
Ratio	1.6000
rbCOD	80
rbCODFraksiyonu	0.3571
Ro	276.0824
RoN	213.9941
S	0.3220
sBOD	70
sCOD	132
SDNR	0.0956
SDNR1	0.2323
SDNRadj	0.1791
SDNRt	0.1892
SF	1.5000

Name	Value
size_wind	*11x2 double*
SNH4	0.5000
T	12
TeorikSRT	14.0509
TKN	35
TKNNOX	0.8000
TSS	70
UAOB	0.0712
UcucuKisim	0.7849
Umax	6
Umax2	1.0700
UmaxAOB	0.9000
UmaxAOBt	0.5160
Umaxt	3.4921
UretilecekAlk	81.9402
uyari	'Tank hacmi uygundur'
V	1.3465e+04
VSS	60
VSSCOD	2.8000
Xb	1.2576e+03
YH	0.4500
YHN	0.1500
YobsTSS	0.6040
YobsVSS	0.4740

Şekil 16.15 Bilgisayar modellemesi yapılan preanoksik aşamalı MLE prosesinin MATLAB® çalışma alanı görüntüsü



Şekil 16.16 Bilgisayar modellemesi yapılan preanoksik aşamalı MLE prosesinin dizayn verileri sonuç ekranı

17
MEMBRAN BİYOREAKTÖRLER

17.1 Membran Biyoreaktörler (MBR)

Membran biyoreaktör (MBR) teknolojisi, membran teknolojisi ile biyolojik reaktörlerin bir kombinasyonu olarak tasarlanmıştır. Ultrafiltrasyon (UF) ve mikrofiltrasyon (MF), bu hususta en fazla kullanılan membran türleri olup geleneksel aktif çamur proseslerinin son çöktürme ve filtrasyon üniteleri yerine kullanılmaktadırlar. Bu da membran biyoreaktörlerin atıksu arıtma tesislerinde birçok ünite yerine kullanılabilmeleri anlamına gelmekte olup, en başta alandan kazanç sağlamaktadır.

MBR'de biyolojik azot giderimi, MLE ve Bardenpho proseslerine benzer şekilde, preanoksik ve postanoksik bölmeler ile başarıyla gerçekleştirilmektedir. MBR proseslerinin işletilmesi, geleneksel aktif çamur proseslerine kıyasla çok farklı koşullarda yapılmaktadır. Özellikle katı bekletme süresi ve MLSS konsantrasyonu değerleri, geleneksel askıda büyüyen proseslerin tipik değerlerinden 2 ile 10 kat daha yüksek olmaktadır [99]. Membran biyoreaktör teknolojilerinin kullanım alanları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Evsel ve endüstriyel nitelikli atıksuların ileri arıtımı,
- Deşarj limitlerinin zorlayıcı olduğu alıcı ortamlara iletilecek suların arıtımı,
- Kirlilik yükü yüksek içme sularının arıtımı,
- Sulama suyu eldesi gibi atıksulardan geri kazanımın gerçekleştirileceği durumlarda,
- Geleneksel aktif çamur prosesi inşası için alanın kısıtlı olduğu bölgelerde

membran biyoreaktör teknolojileri kullanılabilmektedir [99].

17.1.1 MBR'nin Geleneksel Aktif Çamur Prosesleriyle Karşılaştırılması

Membran biyoreaktör teknolojisinin klasik aktif çamur proseslerine kıyasla avantajları ve dezavantajları aşağıda sıralanmıştır.

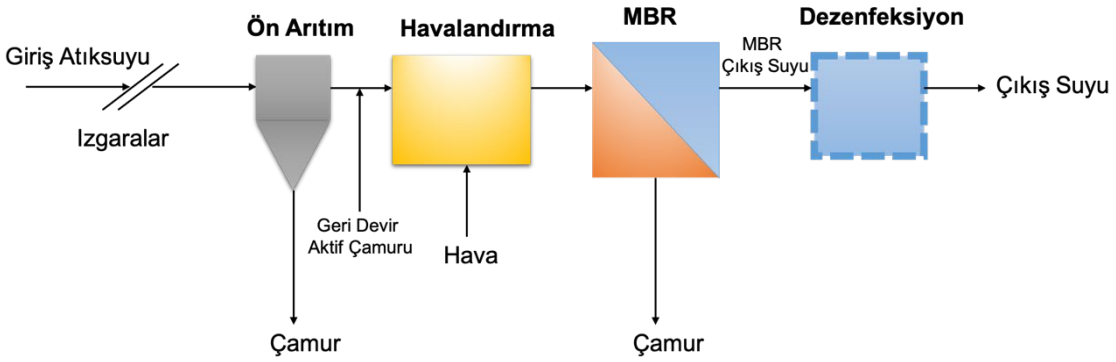
Avantajları:

- Yüksek kalitede çıkış suyu sağlaması (Çıkış $BOİ_5$ oranı genelde < 10 mg/L),
- Membranın askıda ve kolloidal katılar ile koliform bakteriler gibi mikroorganizmalar için çok iyi bir bariyer oluşturması,
- Operasyon koşullarının esnek olması,
- Çöktürme havuzunun işlevini yerine getirmesine ek olarak havalandırma havuzu hacminin küçültülmesine de olanak sağladığı için alandan ciddi kazanç sağlamasıdır [100].

Dezavantajları:

- Kurulum ve işletilmesinin maliyetli olması,
- Tıkanma problemlerinin meydana gelebilmesi ve bu problemlerin çözümü için yapılacak harcamaların fazla olabilmesi; aynı zamanda tıkanma probleminin transmembran akısında düşüşe ve geri döndürülemez bazı kayıplara sebebiyet verebilmesi şeklindedir [100].

Membran biyoreaktör işletilen bir tesisin genel şeması Şekil 17.13'te verildiği gibidir.



Şekil 17.1 Membran biyoreaktör işletilen bir atıksu arıtma tesisinin genel şeması [100]

17.2 MBR Tasarım Problemi

Tanımlanan ve kullanım tipi, amacı ve alanları önceki kısımda anlatılan membran biyoreaktör prosesinin teorik tasarımı gerçekleştirilecektir. MBR'nin işletildiği tesise alınan atıksuyun karakteristiği, denitrifikasyon tankı ile karbon ve azot gideriminin birlikte gerçekleştirildiği önceki üç prosesimizde kullanılan atıksuyun karakteristiği ile aynısı olacak biçimde tercih edilse de membran tankı ile ilgili ek tasarım verileri olacağından, kullanılacak olan değerler Tablo 17.1'de özetlenmiştir.

Tablo 17.1 MBR prosesi için kullanılacak olan atıksu karakteristik ve tesis tasarım verileri [101]

Parametre	**Değer ve Birim**
Giriş atıksu debisi	22700 m^3/gün
Atıksu sıcaklığı	12^oC
Membran tankındaki MLSS konsantrasyonu	12000 mg/L
Membran tankındaki MLVSS konsantrasyonu	9480 mg/L
Aerobik katı bekletme süresi	21 gün
Anoksik karıştırma enerjisi	8 kW/10^3 m^3
Aktif çamur geri devir oranı	6
R_o	275 kg/sa
Membran tankının hacim/yüzey alanı oranı	0.025 m^3/m^2
Membran akısı	16.1 L/m^2/sa

Tablo 17.1 MBR prosesi için kullanılacak olan atıksu karakteristik ve tesis tasarım verileri (devamı) [101]

Parametre	Değer ve Birim
İnce kabarcık havalandırma sabiti	0.35
Membran tankındaki MLVSS konsantrasyonu	9480 mg/L
Aerobik katı bekletme süresi	21 gün
Anoksik karıştırma enerjisi	8 kW/10^3 m^3
Aktif çamur geri devir oranı	6
R_o	275 kg/sa
Membran tankının hacim/yüzey alanı oranı	0.025 m^3/m^2
Membran akısı	16.1 $L/m^2/sa$
İnce kabarcık havalandırma sabiti	0.35
Kaba kabarcık havalandırma sabiti	0.50
İnce kabarcığın temiz suya O_2 transfer kapasitesi	%35
Kaba kabarcığın temiz suya O_2 transfer kapasitesi	%10
Havalandırma havuzu çözünmüş oksijen konsantrasyonu	2 mg/L
Tesisin deniz seviyesinden yüksekliği	500 m
Tesisin bulunduğu konumda açık hava basıncı	95.6 kPa
İnce gözenekli difüzörün tıkanma faktörü	0.20

1. Adım: Membran yüzey alanının bulunması

Membran yüzey alanı, Eşitlik (17.1) ile bulunmaktadır.

$$Membran\ alanı = \frac{Debi\ \left(\frac{m^3}{sa}\right)}{Membran\ akısı\ \left(\frac{m^3}{m^2 * sa}\right)} \quad (17.1)$$

$Membran\ alanı = \frac{\left(22700\,\frac{m^3}{gün}\right)*\left(\frac{1\,gün}{24\,sa}\right)}{\left(16.1\frac{L}{m^2*sa}\right)\left(\frac{1\,m^3}{10^3 L}\right)} = 58747\ m^2$ olarak hesaplanmaktadır.

2. Adım: Membran ayırma tankı hacminin ve hidrolik bekletme süresinin bulunması

$V_m = \left(0.025\ \frac{m^3}{m^2}\right) * (58747\ m^2) = 1469\ m^3$,

$\tau = \frac{(1469\ m^3)}{\left(22700\,\frac{m^3}{gün}\right)} * \left(24\,\frac{sa}{gün}\right) = 1.55\ sa$ şeklinde hesaplanabilir.

3. Adım: Preanoksik tank etrafındaki MLSS kütle dengesinin oluşturulması

Verilen bilgilerden hareketle membran tankı MLSS konsantrasyonu = 12000 mg/L,

Geri devir aktif çamur debisi = 6 * Q,

Kütle dengesi oluşturulursa;

(Q) * (0) + [(6 * Q) * (12000)] = (Q + 6Q) * X_{NOX}

$X_{NOX} = X_{preanox}$ = 10286 mg/L olarak elde edilir.

4. Adım: Ön havalandırma tank hacmi ve aktif biyokütle konsantrasyonu değerinin bulunması

$P_{X,TSS}$ değeri, karbon ve azot gideriminin birlikte gerçekleştirildiği ve denitrifikasyon tankının olmadığı proses tasarımının 5. adımında 1916.8 kg/gün olarak bulunmuştu. MBR prosesi için aerobik katı bekletme süresinin 20.6 gün olduğu görülmektedir. Ön havalandırma tank hacmini bulmak amacıyla bir kütle dengesi oluşturulur.

$X_{TSS} * V = (X_{ön} * V_{ön}) + (X_m * V_m) = P_{X,TSS} * SRT$

$\left(10286\,\frac{g}{m^3}\right) * V_{ön} + \left(12000\,\frac{g}{m^3}\right) * 1469\ m^3 * 10^{-3}\,\frac{kg}{g} = 1916.8\,\frac{kg}{gün} * 21\ gün$

$V_{ön}$ = 2200 m^3 olarak hesaplanmaktadır.

Ön havalandırma tankı için hidrolik bekletme süresi;

$\tau = \frac{(2200\ m^3)}{\left(22700\ \frac{m^3}{g\ddot{u}n}\right)} * \left(24\ \frac{sa}{g\ddot{u}n}\right) = 2.3\ sa$ şeklinde bulunur.

Ön havalandırma tankında aktif biyokütle konsantrasyonu;

Aktif biyokütle konsantrasyonu Eşitlik (16.7) ile bulunabilir.

$P_{X,Bio} = \frac{\left(22700\frac{m^3}{g\ddot{u}n}\right)*\left(0.45\frac{gVSS}{gCOD}\right)*\left(224\frac{g\ bCOD}{m^3}\right)*\left(\frac{10^{-3}\ m^3}{L}\right)}{\left[1+\left(0.088\frac{g}{g*g\ddot{u}n}\right)*(21\ g\ddot{u}n)\right]} = 803.4\ \frac{kg}{g\ddot{u}n}$ olarak bulunur.

$X_b\ fraksiyonu = \frac{803.4\frac{kg}{g\ddot{u}n}}{1916.8\frac{kg}{g\ddot{u}n}} = 0.42,$

$X_{ön,b} = 0.42 * 10286\ \frac{mg}{L} = 4320\ \frac{mg}{L}$ şeklinde elde edilmektedir.

5. Adım: Çıkış NO_3^--N konsantrasyonunun bulunması

Nitrifikasyon prosesi tasarımı 4. adımında bulunan NO_x değeri, 28.9 mg/L, bu hesaplamada da kullanılacaktır. Gerekli kütle dengesi oluşturulur.

$Q * (NO_x) = N_e * [Q + IR * Q]$,

$(NO_x) = N_e * [1.0 + 0 + 6.0] = 28.9\ \frac{mg}{L}$,

$N_e = 4.1\ \frac{mg}{L}$ olarak hesaplanır.

6. Adım: Anoksik tanka beslenen NO_3^--N miktarının bulunması

$NO_{x,beslenen} = 6 * \left(22700\ \frac{m^3}{g\ddot{u}n}\right) * \left(4.1\ \frac{g}{m^3}\right) = 558420\ \frac{g}{g\ddot{u}n}$ olarak elde edilir.

7. Adım: Anoksik tankın hacminin bulunması

Anoksik tank hacmi için ön havalandırma havuzu ve membran tankının hacimleri toplamının %20'si olacak şekilde bir yaklaşım benimsenir. O halde anoksik tankın hacmi için şimdilik 0.20 * (2200 + 1469 m^3) = 734 m^3 değeri kullanılacaktır.

8. Adım: F/M oranının bulunması

$\frac{F}{M} = \frac{22700\frac{m^3}{g\ddot{u}n}*140\frac{g}{m^3}}{4320\frac{g}{m^3}*734\ m^3} = 1.0\ \frac{g}{g*g\ddot{u}n}$ sonucu elde edilir.

9. Adım: SDNR değerinin bulunması

$SDNR_{20} = 0.235 + 0.141 * ln(1.0) = 0.235 \frac{g}{g*g\ddot{u}n}$,

$SDNR_{12} = 0.235 * (1.026)^{12-20} = 0.191 \frac{g}{g*g\ddot{u}n}$,

$SDNR_b = SDNR_{IR1} - 0.029 * ln\left(\frac{F}{M}\right) - 0.012 = 0.179 \frac{g}{g*g\ddot{u}n}$ sonucuna ulaşılır.

10. Adım: MLVSS bazında toplam SDNR değerinin bulunması

$SDNR = \ 0.179 \ \frac{g}{g*g\ddot{u}n} * \frac{4320 \frac{g}{m^3}}{8126 \frac{g}{m^3}} = 0.10 \frac{g\ NO_3{-}N}{g\ MLVSS*g\ddot{u}n}$ olarak elde edilir.

11. Adım: Anoksik tankta giderilen NO_x miktarının bulunması

Anoksik tankta giderilen NO_x miktarı bulunurken Eşitlik (17.2) kullanılmaktadır.

$$NO_x = (V_{NOx}) * (SDNR) * (MLVSS, X_b) \qquad (17.2)$$

Gerekli değerler, Eşitlik (17.2)'deki yerlerine yazılırsa;

$NO_x = (734\ m^3) * \left(0.179 \frac{g}{g*g\ddot{u}n}\right) * \left(4320 \frac{g}{m^3}\right) = 567360 \frac{g}{g\ddot{u}n}$ kadar NO_x giderimi gerçekleşmektedir.

NO_x gideriminin olması gereken en küçük miktar, 6. adımda hesaplanan $558420 \frac{g}{g\ddot{u}n}$ değeridir. Bu değerden daha fazla bir giderim miktarı elde edildiği için 7. adımda yapılan yaklaşım doğru kabul edilmiş olup yine aynı adımda belirlenen hacim miktarı kullanılacaktır.

12. Adım: Gerekli oksijen miktarının bulunması

Karbon ve azot gideriminin birlikte gerçekleştirildiği – denitrifikasyon sürecinin olmadığı – problemin 9. adımında net oksijen gereksinimi 275.9 kg/sa bulunmuştu.

$$Kredi\ oksijen = \frac{(2.86\ g\ O_2)}{(g\ NO_3 - N)} * \left[28.9 - 4.1\ \frac{g}{m^3}\right] * \left(22700\ \frac{m^3}{g\ddot{u}n}\right) * \left(\frac{10^{-3} kg}{g}\right)$$

$= 1610 \frac{kg}{g\ddot{u}n} = 67 \frac{kg}{sa}$

Net oksijen gereksinimi = 275.9 kg/sa – 67 kg/sa = 208.9 kg/sa olarak elde edilmektedir. Bu sonuçtan da görüleceği üzere, membran teknolojisinin kullanıldığı bir tesiste gerekli oksijen miktarı, geleneksel nitrifikasyon-denitrifikasyon proseslerine oranla %24.3 daha düşüktür.

13. Adım: Alkalinite kontrollerinin yapılması

a. Alkalinite kütle dengesinin oluşturulması

pH seviyesini nötral seviyenin civarında tutabilmek için gerekli kütle dengesi kısaca şu şekilde oluşturulabilir:

Gerekli alkalinite = Giriş atıksuyu alkalinitesi – Kullanılan alkalinite + Üretilen alkalinite.

I. Giriş atıksuyu alkalinitesi = 140 mg $CaCO_3$/L,
II. Kullanılan alkalinite = 7.14 * (28.9 mg NO_3^- – N/L) = 206.3 mg/L,
III. Üretilen alkalinite = 3.57 * (28.9 – 4.1 mg/L) = 88.5 mg/L,
IV. Gerekli alkalinite = 70 mg $CaCO_3$/L olarak kabul edilecektir.

b. Gerekli alkaliniteye ulaşabilmek için eklenmesi gereken alkalinitenin bulunması

Eklenecek alkalinite = 70 – 140 + 206.3 – 88.5 = 47.8 mg $CaCO_3$/L'dir.

Günlük eklenecek alkalinite = $47.8 \frac{g\ CaCO_3}{m^3} * 22700 \frac{m^3}{g\ddot{u}n} * 10^{-3} \frac{kg}{g} = 1085 \frac{kgCaCO_3}{\text{gün}}$

14. Adım: Anoksik bölge için karıştırma enerjisi ihtiyacının bulunması

Verilen karıştırma enerjisi = 8 kW/10^3 m^3,

Anoksik tank hacmi = 734 m^3,

Güç = 734 m^3 * 8 kW/10^3 m^3 = 5.9 kW, karıştırma için gerekli toplam enerji ihtiyacıdır.

15. Adım: Oksijen transfer sisteminin dizayn edilmesi

a. Önceki problemlerde ve bu problemin önceki adımlarında elde edilen veriler ışığında, oksijen transfer sisteminin dizaynı için gerekli parametreler listelenirse;

Toplam hacim = 2200 m^3 + 1469 m^3 = 3669 m^3,

Ön havalandırma tank hacminin toplam hacimdeki yeri = %60,

Membran tank hacminin toplam hacimdeki yeri = %40,

Nitrifikasyonun büyük bir çoğunluğu ve karbon gideriminin tamamı ön havalandırma havuzunda gerçekleşecektir. Bu sebeple, oksijen gereksiniminin %90'ının ön havalandırma havuzu için gerekeceği kabul edilirse;

Ön havalandırma tankının oksijen ihtiyacı = 0.90 * (208.9 kg/sa) = 188 kg/sa,

Membran tankının oksijen ihtiyacı = 0.10 * (208.9 kg/sa) = 20.9 kg/sa şeklinde elde edilmektedir.

b. SOTR değeri, ön havalandırma tankı için hesaplanır.

α = 0.35, β = 0.95, P_b/P_s = 0.94, C_{s20} = 9.09, $C_{\infty 20}$ = 10.64 ve F = 0.9 seçilerek hesaplanacaktır.

$SOTR = \left(\frac{188\ \frac{kg}{sa}}{0.35*0.90}\right) * \left[\frac{10.64}{0.95*\left(\frac{10.78}{9.09}*\ 0.94*10.64\right)-2}\right] * [(1.024)^{20-12}] = 828.3\frac{kg}{sa}$ şeklinde hesaplanmaktadır.

c. Hava akış hızı, ön havalandırma tankı için hesaplanır.

$Hava\ akış\ hızı = \frac{828.3\ \left(\frac{kg}{sa}\right)}{0.35\ *60\frac{dk}{sa}*\frac{0.270\ kg\ O_2}{m^3\ hava}} = 146.1\frac{m^3}{dk}$ olarak hesaplanır.

d. SOTR değeri, membran tankı için hesaplanır.

α = 0.50, β = 0.95, P_b/P_s = 0.94, C_{s20} = 9.09, $C_{\infty 20}$ = 10.64 ve F = 1 seçilerek hesaplanacaktır.

$SOTR = \left(\frac{20.9\ \frac{kg}{sa}}{0.50*1}\right) * \left[\frac{10.64}{0.95*\left(\frac{10.78}{9.09}*\ 0.94*10.64\right)-2}\right] * [(1.024)^{20-12}] = 58\frac{kg}{sa}$ şeklinde hesaplanmaktadır.

e. Hava akış hızı, membran tankı için hesaplanır.

$Hava\ akış\ hızı = \frac{58\ \left(\frac{kg}{sa}\right)}{0.10\ *60\frac{dk}{sa}*\frac{0.270\ kg\ O_2}{m^3\ hava}} = 35.8\ \frac{m^3}{dk}$ olarak hesaplanır.

Tablo 17.2 MBR dizaynı için ulaşılan tasarım verileri

Dizayn Parametresi	**Değer ve Birim**
Atıksu debisi	22700 m^3/gün
BOİ yükü	3178 kg/gün
TKN yükü	795 kg/gün
bCOD	224 mg/L
rbCOD	%36
NO_x	28.9 mg/L
Atıksu sıcaklığı	12^oC
Aerobik katı bekletme süresi	21 gün
Ön havalandırma tankı hacmi	2200 m^3
Ön havalandırma tankı hidrolik bekletme süresi	2.3 sa
Ön havalandırma tankı MLSS konsantrasyonu	10286 mg/L
Ön havalandırma tankı MLVSS konsantrasyonu	8126 mg/L
Ön havalandırma tankı oksijen gereksinimi	188 kg/sa
Ön havalandırma tankı oksijen transfer hızı	146 m^3/dk

Tablo 17.2 MBR dizaynı için ulaşılan tasarım verileri (devamı)

Dizayn Parametresi	**Değer ve Birim**
Membran tankı oksijen transfer hızı	36 m^3/dk
Membran akısı	16.1 L/m^2/sa
Membran yüzey alanı	58750 m^2
Membran aktif çamur geri devir oranı	6
Membran aktif çamur geri devir debisi	136200 m^3/gün
Anoksik tank çıkış NO_3^--N konsantrasyonu	4.1 mg/L
Anoksik tank hacmi	734 m^3
Anoksik tank hidrolik bekletme süresi	0.8 sa
Anoksik tank MLVSS konsantrasyonu	10286 mg/L
Anoksik tank toplam SDNR değeri	0.10 g NO_3^--N/g MLVSS/gün
Anoksik tank karıştırma enerjisi	5.8 kW
Anoksik tank gerekli alkalinite	1085 kg $CaCO_3$/gün
Ön havalandırma tankı oksijen transfer hızı	146 m^3/dk

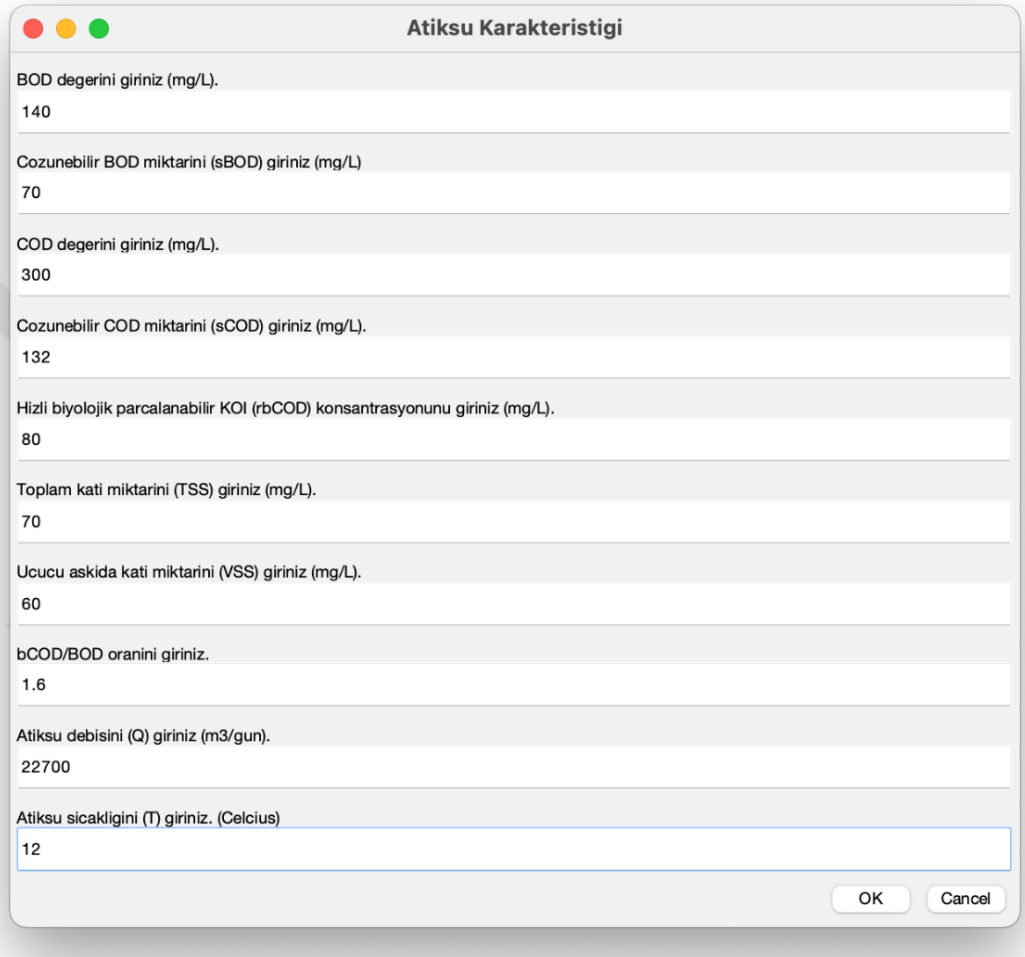
Tablo 17.2 MBR dizaynı için ulaşılan tasarım verileri (devamı)

Dizayn Parametresi	Değer ve Birim
Membran tankı hacmi	1469 m^3
Membran tankı hidrolik bekletme süresi	1.6 sa
Membran tankı MLSS konsantrasyonu	12000 mg/L
Membran tankı MLVSS konsantrasyonu	9480 mg/L
Membran tankı oksijen gereksinimi	21 kg/sa
Membran tankı oksijen transfer hızı	36 m^3/dk

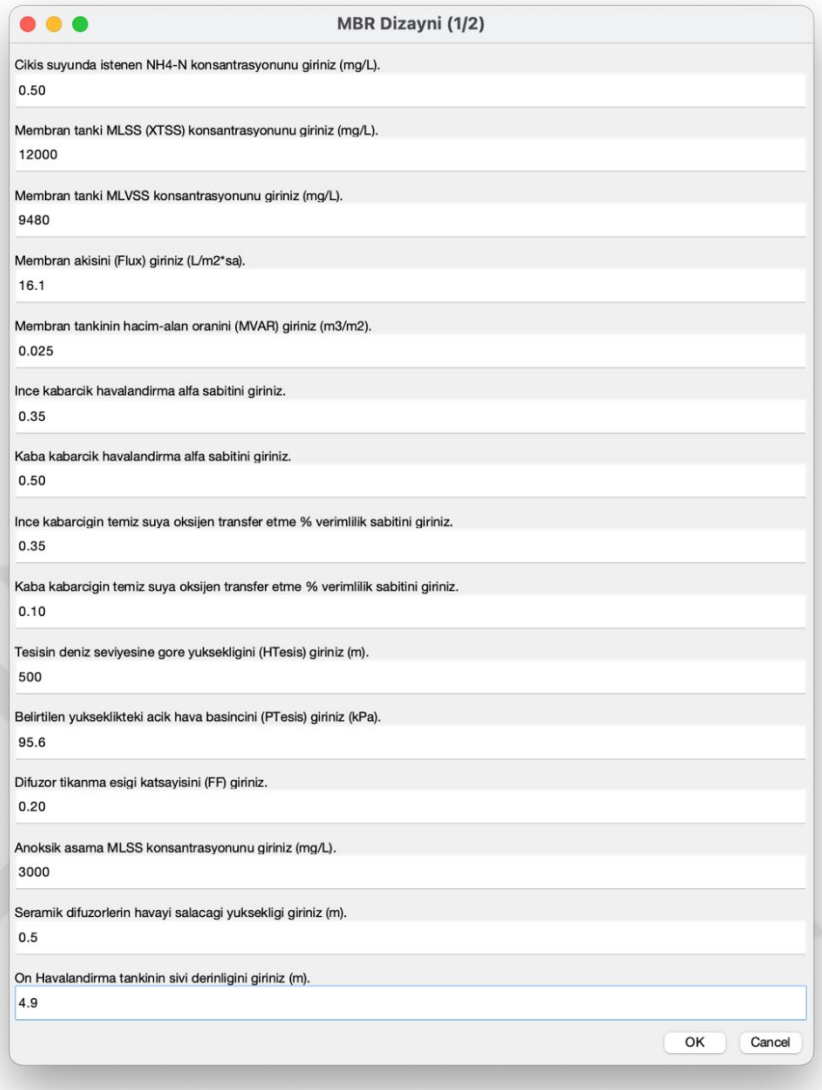
17.3 MBR Tasarım Probleminin Bilgisayar Ortamında Modellenmesi

Teorik çözüm adımları verilen, ön havalandırma havuzuna ve denitrifikasyonun gerçekleştiği bir tanka ek olarak yeni ve etkili bir arıtma çözümü olan membran biyoreaktöre sahip bir prosesin MATLAB® programında modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Program çalıştırıldığında ilk olarak kullanıcıdan tesisteki atıksuyun karakteristiği ile ilgili verileri işlemesi beklenir. Bu veriler, teorik çözümde de verildiği üzere atıksu debisi, BOİ, KOİ, TSS, VSS gibi bilinmesi mutlaka gerekli verilerdir. Ayrıca bu giriş verileri, MLE prosesi verileriyle büyük ölçüde aynıdır. Atıksu karakteristiği kullanıcı tarafından işlendiğinde program, yeni bir veri işleme penceresi gösterir. Açılan ikinci pencerede, tesisin proses dizayn verileri ve proseste kullanılacak olan difüzör, karıştırıcı gibi yardımcı ekipmanların teknik

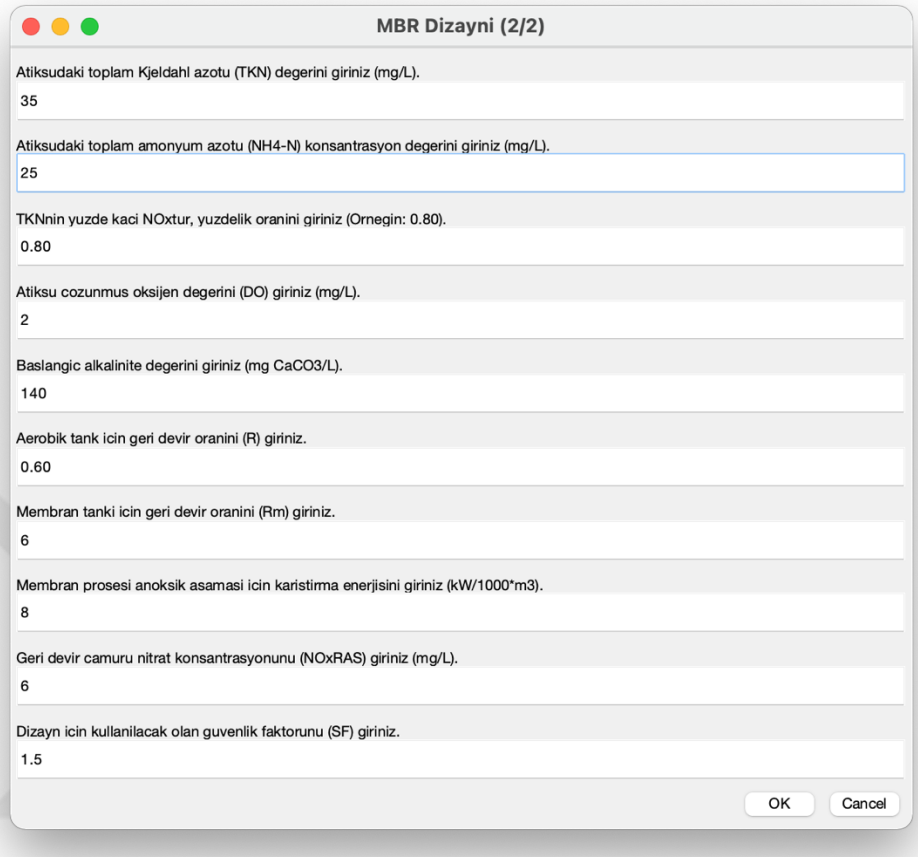
verilerinin kullanıcı tarafından işlenmesi beklenir. İkinci pencereye gerekli veriler işlendiği takdirde program işlem yapmaya başlar ve kısa bir süre içerisinde sonuç penceresini gösterir. Sonuç penceresinde 23 adet veri gösterilir. Gösterilen bu 23 veri, teorik çözümde elle hesaplanan tüm sonuçları içermektedir. Programa dair görseller ilerleyen kısımda verilmiştir.



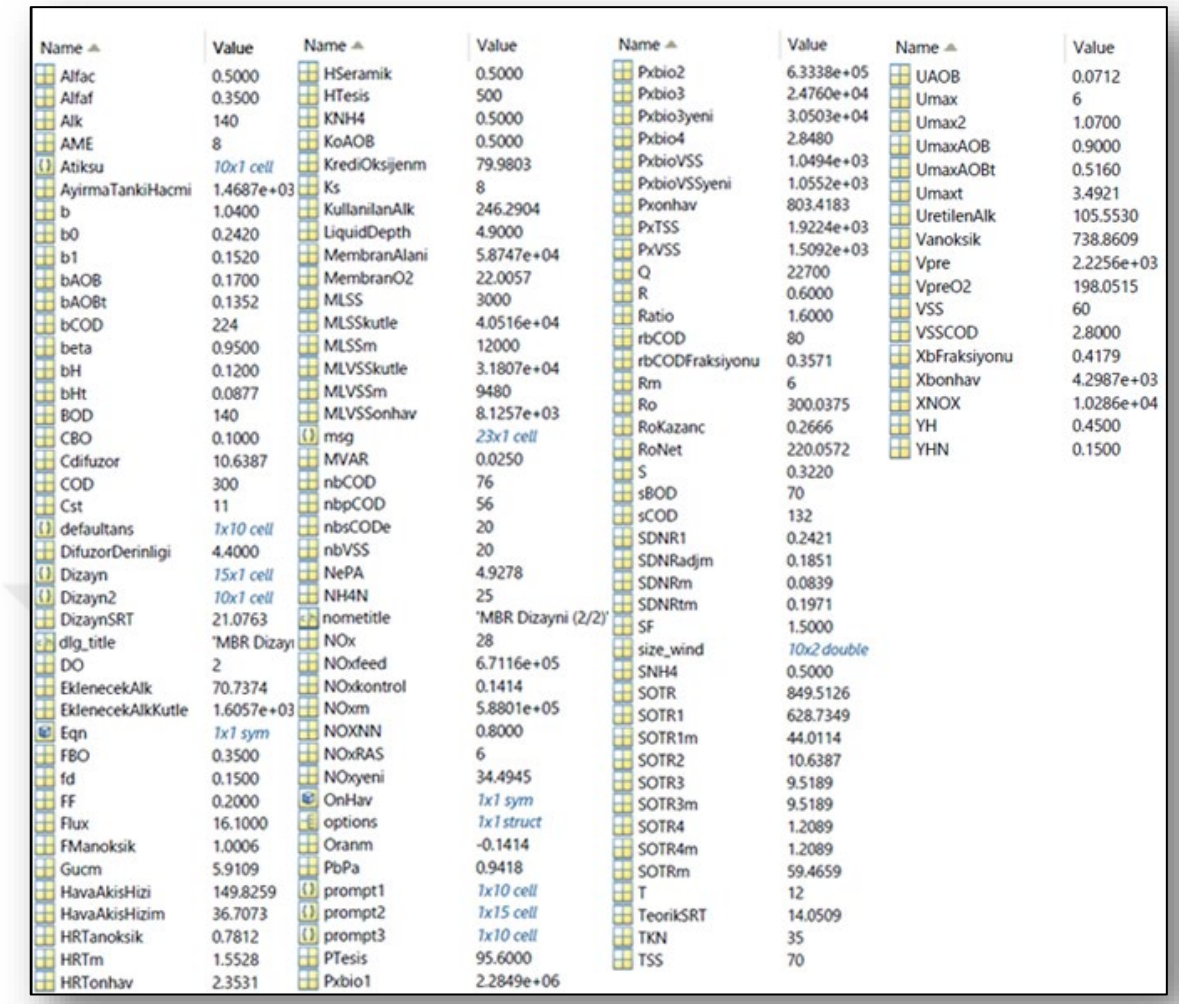
Şekil 17.2 Bilgisayar ortamında modellemesi yapılan MBR prosesinin atıksu karakteristik ve bazı dizayn değerlerinin giriş ekranı



Şekil 17.3 Bilgisayar ortamında modellemesi yapılan MBR prosesinin dizayn kriterleri giriş ekranı (1/2)



Şekil 17.4 Bilgisayar ortamında modellemesi yapılan MBR prosesinin dizayn kriterleri giriş ekranı (2/2)



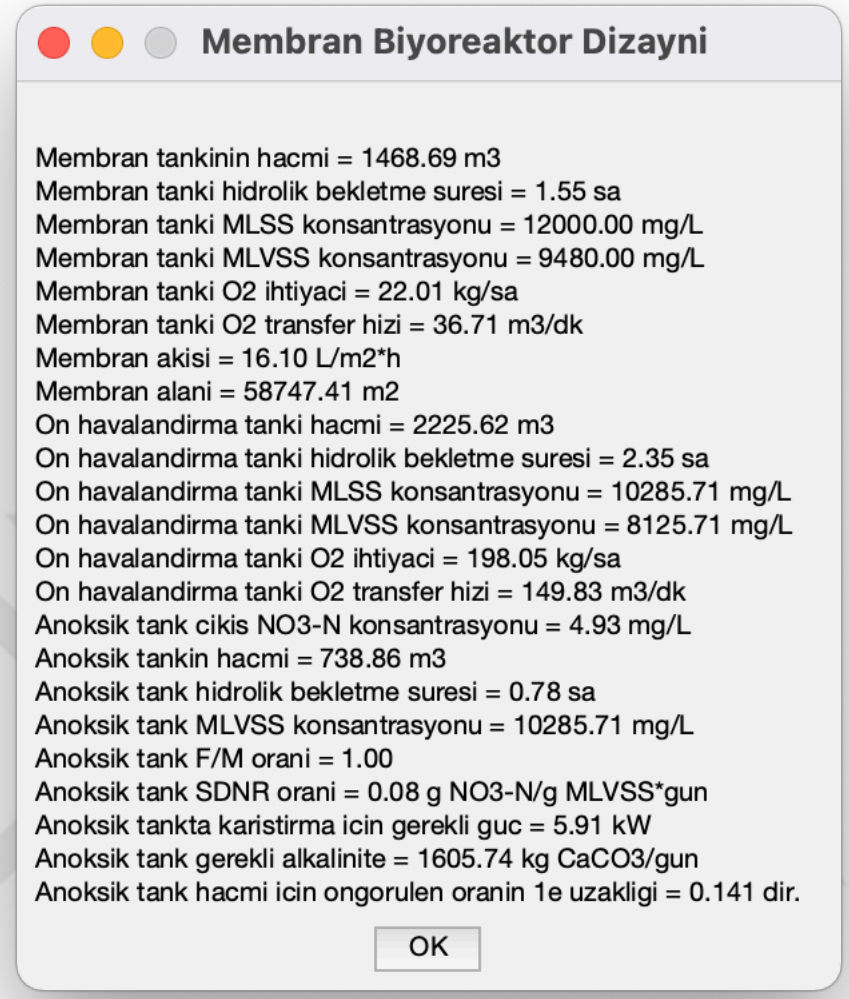
Name	Value
Alfac	0.5000
Alfaf	0.3500
Alk	140
AME	8
Atiksu	10x1 cell
AyirmaTankiHacmi	1.4687e+03
b	1.0400
b0	0.2420
b1	0.1520
bAOB	0.1700
bAOBt	0.1352
bCOD	224
beta	0.9500
bH	0.1200
bHt	0.0877
BOD	140
CBO	0.1000
Cdifuzor	10.6387
COD	300
Cst	11
defaultans	1x10 cell
DifuzorDerinligi	4.4000
Dizayn	15x1 cell
Dizayn2	10x1 cell
DizaynSRT	21.0763
dlg_title	'MBR Dizayı
DO	2
EklenecekAlk	70.7374
EklenecekAlkKutle	1.6057e+03
Eqn	1x1 sym
FBO	0.3500
fd	0.1500
FF	0.2000
Flux	16.1000
FManoksik	1.0006
Gucm	5.9109
HavaAkisHizi	149.8259
HavaAkisHizim	36.7073
HRTanoksik	0.7812
HRTm	1.5528
HRTonhav	2.3531

Name	Value
HSeramik	0.5000
HTesis	500
KNH4	0.5000
KoAOB	0.5000
KrediOksijenm	79.9803
Ks	8
KullanilanAlk	246.2904
LiquidDepth	4.9000
MembranAlani	5.8747e+04
MembranO2	22.0057
MLSS	3000
MLSSkutle	4.0516e+04
MLSSm	12000
MLVSSkutle	3.1807e+04
MLVSSm	9480
MLVSSonhav	8.1257e+03
msg	23x1 cell
MVAR	0.0250
nbCOD	76
nbpCOD	56
nbsCODe	20
nbVSS	20
NePA	4.9278
NH4N	25
nometitle	'MBR Dizayni (2/2)'
NOx	28
NOxfeed	6.7116e+05
NOxkontrol	0.1414
NOxm	5.8801e+05
NOXNN	0.8000
NOxRAS	6
NOxyeni	34.4945
OnHav	1x1 sym
options	1x1 struct
Oranm	-0.1414
PbPa	0.9418
prompt1	1x10 cell
prompt2	1x15 cell
prompt3	1x10 cell
PTesis	95.6000
Pxbio1	2.2849e+06

Name	Value
Pxbio2	6.3338e+05
Pxbio3	2.4760e+04
Pxbio3yeni	3.0503e+04
Pxbio4	2.8480
PxbioVSS	1.0494e+03
PxbioVSSyeni	1.0552e+03
Pxonhav	803.4183
PxTSS	1.9224e+03
PxVSS	1.5092e+03
Q	22700
R	0.6000
Ratio	1.6000
rbCOD	80
rbCODFraksiyonu	0.3571
Rm	6
Ro	300.0375
RoKazanc	0.2666
RoNet	220.0572
S	0.3220
sBOD	70
sCOD	132
SDNR1	0.2421
SDNRadjm	0.1851
SDNRm	0.0839
SDNRtm	0.1971
SF	1.5000
size_wind	10x2 double
SNH4	0.5000
SOTR	849.5126
SOTR1	628.7349
SOTR1m	44.0114
SOTR2	10.6387
SOTR3	9.5189
SOTR3m	9.5189
SOTR4	1.2089
SOTR4m	1.2089
SOTRm	59.4659
T	12
TeorikSRT	14.0509
TKN	35
TSS	70

Name	Value
UAOB	0.0712
Umax	6
Umax2	1.0700
UmaxAOB	0.9000
UmaxAOBt	0.5160
Umaxt	3.4921
UretilenAlk	105.5530
Vanoksik	738.8609
Vpre	2.2256e+03
VpreO2	198.0515
VSS	60
VSSCOD	2.8000
XbFraksiyonu	0.4179
Xbonhav	4.2987e+03
XNOX	1.0286e+04
YH	0.4500
YHN	0.1500

Şekil 17.5 Bilgisayar ortamında modellemesi yapılan MBR prosesinin MATLAB® çalışma alanı görüntüsü



Şekil 17.6 MBR prosesi dizayn verileri sonuç ekranı

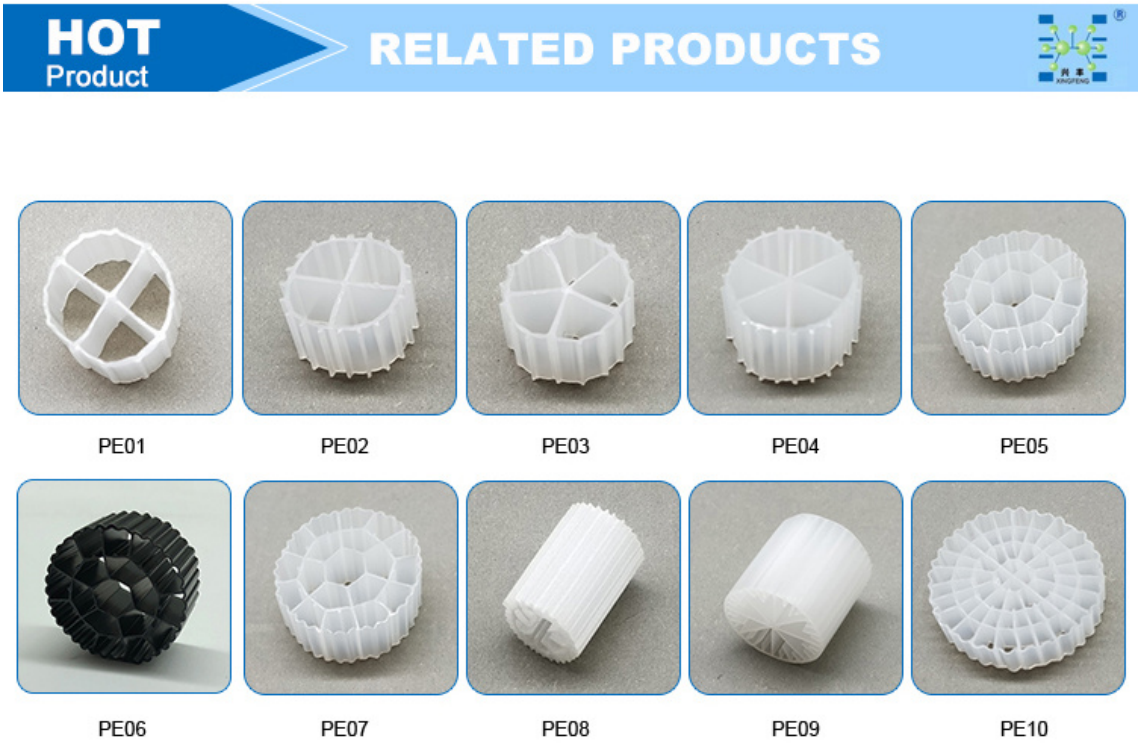
18
HAREKETLİ YATAK BİYOFİLM REAKTÖRLER

18.1 Hareketli Yatak Biyofilm Reaktörler (MBBR)

Askıda büyüyen reaktörlerde filtrelerin veya başka tür malzemelerin kullanılarak geleneksel aktif çamur sistemlerine özellik kazandırılması sonucu oluşturulan proseslere hibrit prosesler denir. Hibrit proseslere örnek olarak döner biyodiskler (RBC), entegre sabit yatak filmli aktif çamur sistemleri (IFA) ve hareketli yatak biyofilm reaktörler (MBBR) verilebilir. Çalışmanın bu kısmında hem karbon hem azot gideriminin başarıyla gerçekleştirildiği MBBR'nin tasarımı ve bilgisayar modellenmesi üzerinde çalışılacaktır [102].

Hibrit bir proses olan MBBR'nin askıda büyüyen kısmı tam karışımlı olarak tasarlanmakta olup karışım çoğunlukla hava ile bazen de mekanik karıştırıcılarla sağlanmaktadır. Bu proseste aktif çamur geri devir hattı bulunmamaktadır.

MBBR proseslerinde küçük, plastik bazlı malzemeler kullanılır. En sık kullanılan çeşidi polietilendir. Küçük plastik malzemeler, reaktördeki biyofilm tabakasının büyümesini destekleyici özelliktedir [102].



Şekil 18.1 MBBR proseslerinde kullanılabilen malzeme çeşitleri [103]

MBBR proseslerinde tipik dizayn kriterleri aşağıdaki gibidir:

Plastik malzemenin efektik yarıçapı: 7 – 22 m,

Plastik malzemenin yüzey alanı: 250 – 515 m^2/m^3,

Plastik malzemenin yoğunluğu: 0.96 g/cm^3,

Reaktör MLSS konsantrasyonu: 100 – 250 mg/L,

Katı bekletme süresi: 0.15 gün,

Hidrolik bekletme süresi: 3 saat olarak belirlenmektedir [104].

MBBR proseslerinde en kilit dizayn kriteri ise substrat akısıdır [104]. Substrat akısı, substrat yığın kütlesi, çözünmüş oksijen konsantrasyonu, reaktörün karıştırma koşulları ve biyofilm karakteristiğinin bir fonksiyonudur. Yani reaktörün ve atıksuyun neredeyse her dizayn kriterinden etkilendiği için reaktörün performansı hakkında ipucu verebilecek en önemli parametredir. Karbon giderimi, nitrifikasyon

ve denitrifikasyon süreçlerinin gerçekleştirildiği MBBR proseslerinde tipik substrat giderim akısı değerleri, Tablo 18.1'da verilmiştir.

Tablo 18.1 Karbon giderimi, nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçlerinin gerçekleştirildiği MBBR proseslerinde tipik substrat giderim akısı değerleri [102]

Uygulama	**Substrat**	**Giderim akısı ($g/m^2/gün$)**	**Hacimsel giderim hızları ($kg/m^3/gün$)**
Karbon giderimi	BOİ	15 – 20	4.5 – 6
İkincil arıtma	BOİ	5 – 15	1.7 – 5
Ön nitrifikasyon	BOİ	4 – 5	1.2 – 1.5
Nitrifikasyon	NH_4^+ – N	0.4 – 1.4	0.1 – 0.4
Ön denitrifikasyon	NO_3^- – N	0.2 – 1	0.1 – 0.3
İleri denitrifikasyon	NO_3^- – N	1 – 2	0.3 – 0.6

18.2 MBBR'nin Geleneksel Aktif Çamur Prosesleri ile Karşılaştırılması

MBBR prosesinin geleneksel aktif çamur sistemlerine göre avantajları ve dezavantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

Avantajları:

- Daha küçük yer gereksinimi,
- Operasyon koşullarının daha esnek ve kolay olması,
- Son çöktürme havuzlarında çamur birikme endişesinin ortadan kalkması,
- Değişen hava koşullarına karşı dayanıklı olması şeklindedir [102].

Dezavantajları:

- Yüksek enerji gereksinimi,
- Malzeme gereksinimi,
- Kullanılan malzemelerin temizlenme gerekliliği,
- Difüzör bakımının yapılması gerekliliği,
- Ek malzemeler kullanıldığı için bu malzemelerde gerçekleşen yük kayıplarının da takip edilmesi gerekliliği,
- Fosfor giderimi için çeşitli kimyasalların kullanılması gerekliliği şeklinde sıralanabilmektedir [102].



Şekil 18.2 FlooTech firmasının geliştirdiği FlooBed® isimli hareketli yatak biyofilm reaktörünün görüntüsü [105]

18.3 MBBR Tasarım Problemi

Dizayn kritlerleri, çalışma prensibi, kullanım alanları ve avantajları önceki kısımda anlatılan hareketli yatak biyofilm reaktör (MBBR) prosesinin teorik olarak tasarımı gerçekleştirilecektir. Bu tasarım için kullanılacak olan atıksu karakteristik verileri, çalışmanın önceki kısımlarında tasarlanan aktif çamur sistemleri ve MBR teknolojisinde kullanılan karakteristik verileriyle birebir aynıdır. Böylece prosesler arasında sağlıklı bir şekilde karşılaştırma yapmak da mümkün olmaktadır. Atıksu karakteristiği haricinde dizayn ve kullanılacak olan malzeme verileri elbette ki farklıdır. Tüm bu veriler, Tablo 18.2'de verilmiştir.

Tablo 18.2 Karbon giderimi, nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçlerinin gerçekleştirildiği MBBR prosesinin tasarım parametreleri ve kabuller [102]

Tasarım Parametreleri	**Değerler, Birimleri ve Kabuller**
Debi	30000 m^3/gün
BOİ konsantrasyonu	140 mg/L
TKN konsantrasyonu	35 mg/L
Biyolojik olarak parçalanamayan VSS (nbVSS)	25 mg/L
TSS konsantrasyonu	70 mg/L
VSS konsantrasyonu	60 mg/L
Atıksu sıcaklığı	12^oC
İstenen çıkış NH_4^+-N konsantrasyonu	$\leq$ 0.7 mg/L
Plastik malzemenin spesifik yüzey alanı	500 m^2/m^3

Tablo 18.2 Karbon giderimi, nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçlerinin gerçekleştirildiği MBBR prosesinin tasarım parametreleri ve kabuller (devamı) [102]

Tasarım Parametreleri	Değerler, Birimleri ve Kabuller
İlk reaktör BOİ giderim akısı	12°C'de %75 performansla 12 g/m^2/gün
Ön nitrifikasyon yapacak ikinci reaktörün BOİ giderim akısı	12°C'de %90 performansla 4 g/m^2/gün
Biyofilm nitrifikasyon akısı	15°C'de 1.07 g N/m^2/gün
Çözünmüş oksijen sınırlı koşulda nitrifikasyon akısı sıcaklık düzeltmesi için uygulanacak düzeltme katsayısı (θ)	1.058
Amonyak sınırlı koşulda nitrifikasyon akısı sıcaklık düzeltmesi için uygulanacak düzeltme katsayısı (θ)	1.098
bCOD/BOİ oranı	1.6
BOİ giderimi için biyofilm katı bekletme süresi	6 gün

1. Adım: Birinci reaktör için gerekli plastik malzeme ve tank hacminin bulunması

a. Yüklenen BOİ akısının bulunması

$= \frac{BOİ\ giderim\ akısı}{\frac{\%\ BOİ\ giderimi}{100}} = \frac{\left(12\frac{g}{m^2*gün}\right)}{(0.75)} = 16\frac{gBOİ}{m^2*gün}$ şeklinde hesaplanabilir.

b. Plastik malzemenin yüzey alanının bulunması

$= \frac{BOİ\ yükleme\ hızı}{Yüklenen\ BOİ\ akısı} = \frac{\left(30000\frac{m^3}{gün}\right)*\left(140\frac{gBOİ}{m^3}\right)}{\left(16\frac{gBOİ}{m^2*gün}\right)} = 262500\ m^2$ olarak elde edilmektedir.

c. Plastik malzeme hacminin bulunması

$= \frac{(262500\ m^2)}{\left(0.50\frac{m^2}{m^3}\right)} = 525\ m^3$ şeklinde elde edilmektedir.

d. İlk reaktörün tank hacminin bulunması

$= \frac{(525\ m^3)}{\left(0.50\frac{m^2}{m^3}\right)} = 1050\ m^3$ bulunur.

e. Hidrolik bekletme süresinin hesaplanması

$= \frac{(1050\ m^3)}{(30000\ m^3)} * \left(24\frac{sa}{gün}\right) = 0.84\ sa$ bulunur.

2. Adım: İkinci reaktör için gerekli plastik malzeme ve tank hacminin bulunması

a. Yüklenen BOİ akısının bulunması

$= \frac{BOİ\ giderim\ akısı}{\frac{\%\ BOİ\ giderimi}{100}} = \frac{\left(4\frac{g}{m^2*gün}\right)}{(0.90)} = 4.44\ \frac{gBOİ}{m^2*gün}$ şeklinde hesaplanabilir.

b. Plastik malzemenin yüzey alanının bulunması

Öncelikle ikinci reaktör için kalan BOİ konsantrasyonu hesaplanır.

$= 0.25 * \left(30000\ \frac{m^3}{gün}\right) * \left(140\ \frac{gBOİ}{m^3}\right) = 1050000\frac{gBOİ}{gün}$ şeklinde bulunur. O hâlde;

$= \frac{\left(1050000\frac{gBOİ}{gün}\right)}{\left(4.44\frac{gBOİ}{m^2*gün}\right)} = 236486\ m^2$ olarak elde edilir.

c. Plastik malzeme hacminin bulunması

$= \frac{(236484\ m^2)}{\left(500\frac{m^2}{m^3}\right)} = 473\ m^3$ şeklinde elde edilmektedir.

d. İkinci reaktörün tank hacminin bulunması

$= \frac{(473\ m^3)}{\left(0.50\frac{m^2}{m^3}\right)} = 946\ m^3$ bulunur fakat ilk reaktörün hacmi (1050 m^3), ikinci reaktör için de kabul edilebilir.

e. Hidrolik bekletme süresinin hesaplanması

$= \frac{(1050\ m^3)}{(30000\ m^3)} * \left(24 \frac{sa}{gün}\right) = 0.84\ sa$ bulunur.

3. Adım: BOİ gideriminin gerçekleştirildiği tanklarda, heterotrofik bakterilerin azot tüketiminden sonra, mevcut kullanılabilen NH_4^+-N miktarının hesaplanması

Kullanılabilen NH_4^+-N miktarının bulunabilmesi için Eşitlik (16.7) kullanılmaktadır. İçsel tükenme hızı için gerekli sıcaklık düzeltmesi yapılmalıdır.

$b_{H,12} = \left(0.12 \frac{g}{g*gün}\right) * (1.04)^{(12-20)} = 0.087 \frac{g}{g*gün}$ ve

$Y_H = \left(0.45 \frac{g\ VSS}{g\ bCOD}\right) * \left(1.6 \frac{g\ bCOD}{g\ BOİ}\right) = 0.72 \frac{g\ VSS}{g\ BOİ}$ alınacaktır.

$\frac{P_{X,Bio}}{Q} = \frac{\left(0.72 \frac{g\ VSS}{g\ BOİ}\right) * \left(140 \frac{g}{m^3}\right) * \left[1 + 0.15 * \left(0.087 \frac{g}{g*gün}\right) * (6\ gün)\right]}{1 + \left(0.087 \frac{g}{g*gün}\right) * (6\ gün)} = 71.4\ \frac{gVSS}{m^3}$ bulunur.

Nitrifikasyon için kullanılabilecek amonyak miktarı ise Eşitlik (18.1) ile bulunabilir.

$$NH_o = (TKN) * \left(0.12 \frac{g\ N}{g\ biyokütle}\right) * \left(\frac{P_{X,Bio}}{Q}\right) \qquad (18.1)$$

Gerekli değerler yerlerine konursa;

$NH_o = \left(35 \frac{gN}{m^3}\right) * \left(0.12 * \frac{71.4\ g\ VSS}{m^3}\right) = 26.4\ \frac{gN}{m^3}$ miktarı elde edilmektedir.

4. Adım: Nitrifikasyonun gerçekleştirileceği tank için plastik malzeme ve tank hacminin bulunması

a. Çözünmüş oksijen sınırlı akı için sıcaklık düzeltmesinin yapılması

$J_{N,12} = \left(1.07 \frac{g\ N}{m^2 * gün}\right) * (1.058)^{(12-15)} = 0.90 \frac{g\ N}{m^2 * gün}$ şeklinde düzeltme yapılabilir.

b. Amonyak sınırlı akı için nitrifikasyon akısının hesaplanması

İkinci nitrifikasyon reaktörü için amonyak sınırlı koşullar için nitrifikasyon akısının hesabı, Eşitlik (18.2) ile gerçekleştirilebilir.

$$J_{N,15} = \left(\frac{N}{2.2\ \frac{g}{m^3} + N} \right) * 3.3\ \frac{gN}{m^2 * g\ddot{u}n} \qquad (18.2)$$

$J_{N,15} = \left(\frac{0.70\ \frac{g}{m^3}}{2.2\ \frac{g}{m^3} + 0.70\ \frac{g}{m^3}} \right) * 3.3\ \frac{gN}{m^2 * g\ddot{u}n} = 0.797\ \frac{gN}{m^2 * g\ddot{u}n}$ şeklinde hesaplanmaktadır.

c. Eşit alanlı üçüncü ve dördüncü tankın dizaynının yapılması

Reaktördeki NH_4^+-N konsantrasyonu X olmak üzere, üçüncü reaktör için;

$A_3 = \frac{\left(26.4 - X\frac{gN}{m^3}\right) * \left(30000\frac{m^3}{g\ddot{u}n}\right)}{\left(0.90\ \frac{gN}{m^2 * g\ddot{u}n}\right)}$ şeklinde eşitlik oluşturulur.

Dördüncü reaktör için;

$A_4 = \frac{\left(X - 0.7\ \frac{gN}{m^3}\right) * \left(30000\frac{m^3}{g\ddot{u}n}\right)}{\left(0.60\ \frac{gN}{m^2 * g\ddot{u}n}\right)}$ olacaktır. Üçüncü ve dördüncü reaktörler için alanlar eşit olacağından $A_3 = A_4$ eşitliğinin çözülmesi gerekmektedir.

$A_3 = A_4$

$\frac{\left(26.4 - X\frac{gN}{m^3}\right) * \left(30000\frac{m^3}{g\ddot{u}n}\right)}{\left(0.90\ \frac{gN}{m^2 * g\ddot{u}n}\right)} = \frac{\left(X - 0.7\ \frac{gN}{m^3}\right) * \left(30000\frac{m^3}{g\ddot{u}n}\right)}{\left(0.60\ \frac{gN}{m^2 * g\ddot{u}n}\right)}$ olmaktadır. Gerekli matematiksel hesaplamalar yapıldığı takdirde X konsantrasyonu 10.98 g N/m^3 olacaktır.

Her bir tank için gerekli malzeme alanı;

$\frac{\left(10.98 - 0.70\frac{gN}{m^3}\right) * \left(30000\frac{m^3}{g\ddot{u}n}\right)}{\left(0.60\ \frac{gN}{m^2 * g\ddot{u}n}\right)} = 514000\ m^2$ olarak bulunur.

d. Malzeme hacminin hesaplanması

$= \frac{(514000\ m^2)}{\left(500\ \frac{m^2}{m^3}\right)} = 1028\ m^3$ olarak hesaplanır.

e. Nitrifikasyon reaktörlerinin tank hacminin hesaplanması

$= \frac{(1028\ m^3)}{\left(0.60\ \frac{m^3}{m^3}\right)} = 1713\ m^3$ bulunur.

f. Hidrolik bekletme süresinin bulunması

$= \frac{(1713\ m^3)}{(30000\ m^3)} * \left(24 \frac{sa}{gün}\right) = 1.37\ sa$ bulunur.

Tüm tanklara karşılık gelen hesaplanan veriler Tablo 18.3'te gösterilmiştir.

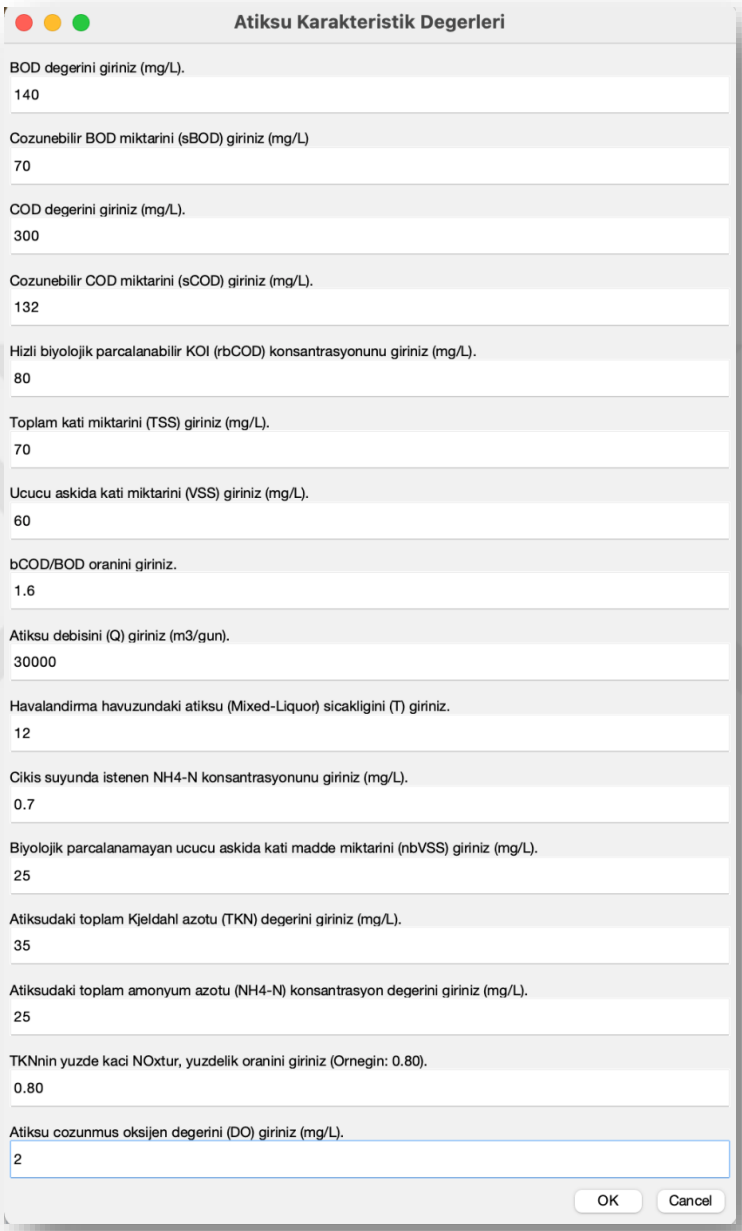
Tablo 18.3 MBBR prosesinde tanklar ve hesaplanan tasarım verileri

Tank numarası	Tankın fonksiyonu	Çözünmüş oksijen konsantrasyonu (mg/L)	Malzeme hacmi (m^3)	Tank hacmi (m^3)	HRT (sa)
1	Karbon giderimi	2	525	1050	0.8
2	Karbon giderimi	3	473	1050	0.8
3	Nitrifikasyon	4	1030	1720	1.4
4	Nitrifikasyon	4	1030	1720	1.4
Toplam			**3058**	**5540**	**4.4**

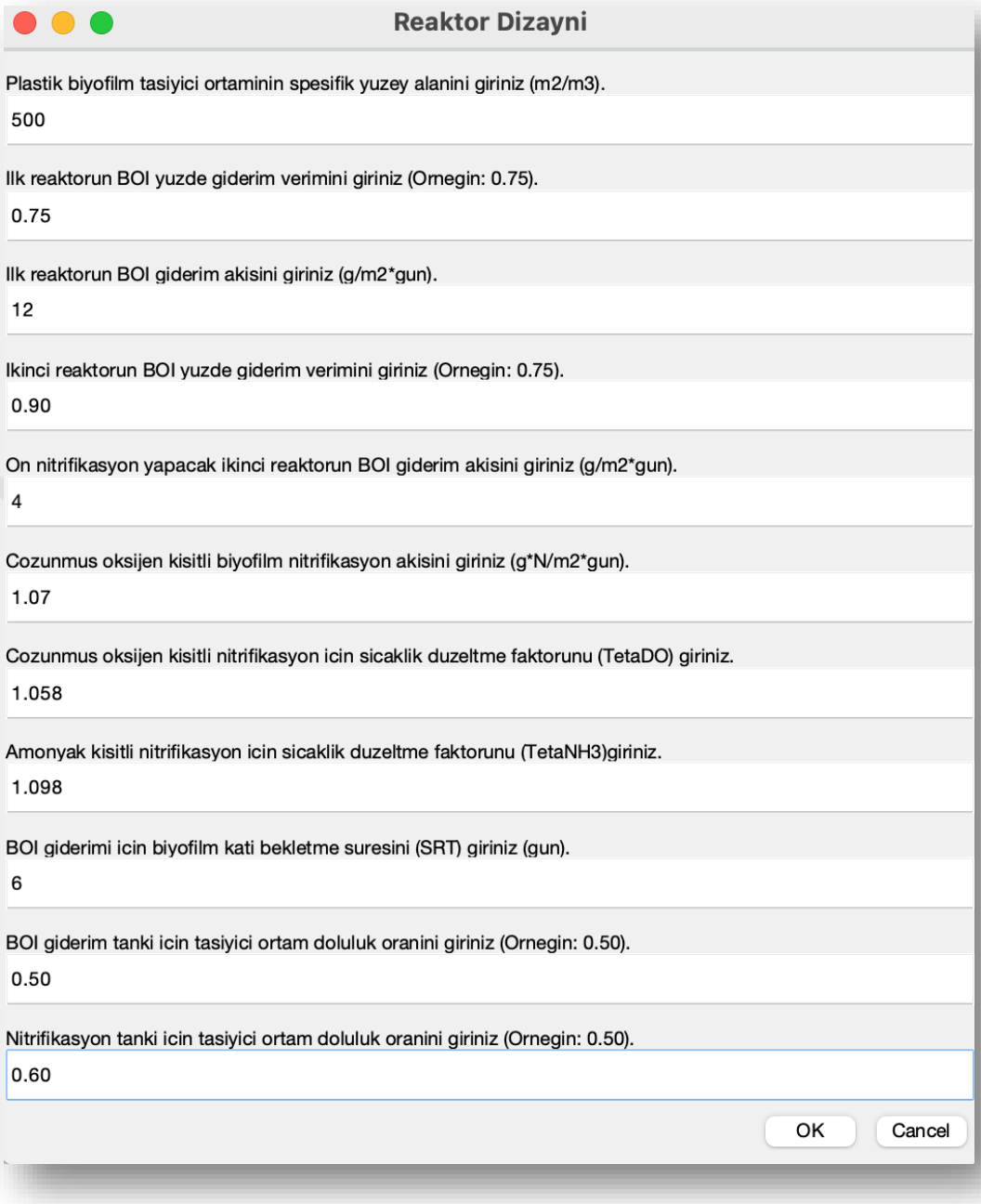
18.4 MBBR'nin Bilgisayar Ortamında Modellenmesi

Teorik çözüm adımları verilen, plastik malzeme kullanılan, karbon giderimi ve nitrifikasyonun gerçekleştirildiği dört adet tanka sahip olan MBBR prosesinin MATLAB® programında modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Program çalıştırıldığında ilk olarak kullanıcıdan tesisteki atıksuyun karakteristiği ile ilgili verileri işlemesi beklenir. Bu veriler, teorik çözümde de verildiği üzere atıksu debisi, BOİ, KOİ, TSS, VSS gibi bilinmesi mutlaka gerekli verilerdir. Ayrıca bu giriş verileri, MBR prosesi verileriyle büyük ölçüde aynıdır. Atıksu karakteristiği kullanıcı tarafından işlendiğinde program, yeni bir veri işleme penceresi gösterir. Açılan ikinci pencerede, tesisin proses dizayn verileri ve proseste kullanılacak olan plastik malzeme ve difüzör gibi yardımcı ekipmanların teknik verilerinin kullanıcı tarafından işlenmesi beklenir. İkinci pencereye gerekli veriler işlendiği takdirde

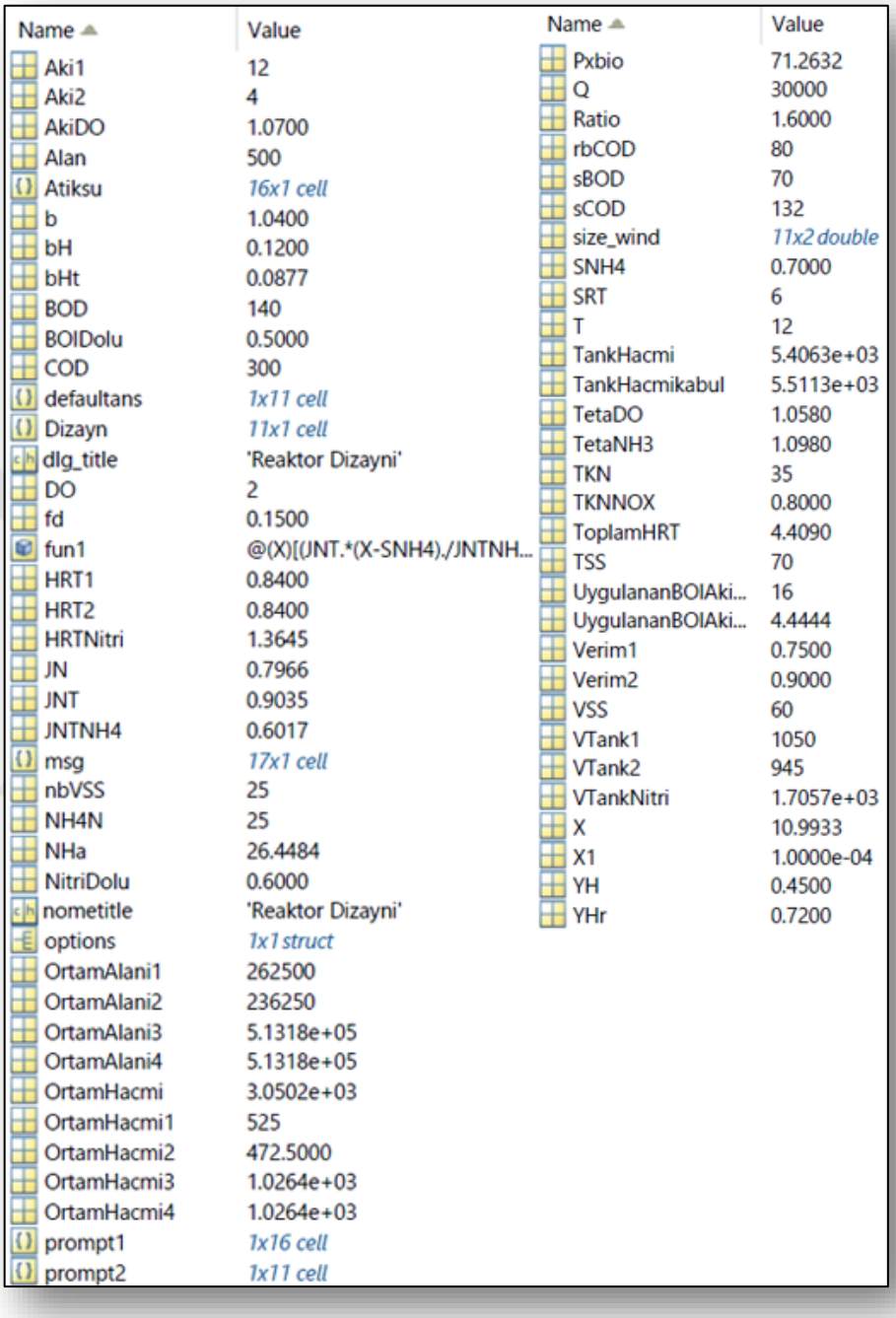
program işlem yapmaya başlar ve kısa bir süre içerisinde sonuç penceresini gösterir. Sonuç penceresinde 17 adet veri gösterilir. Gösterilen bu 17 veri, teorik çözümde elle hesaplanan tüm sonuçları içermektedir. Programa dair görseller ilerleyen kısımda verilmiştir.



Şekil 18.3 MBBR prosesi için atıksu karakteristik değerlerinin giriş ekranı



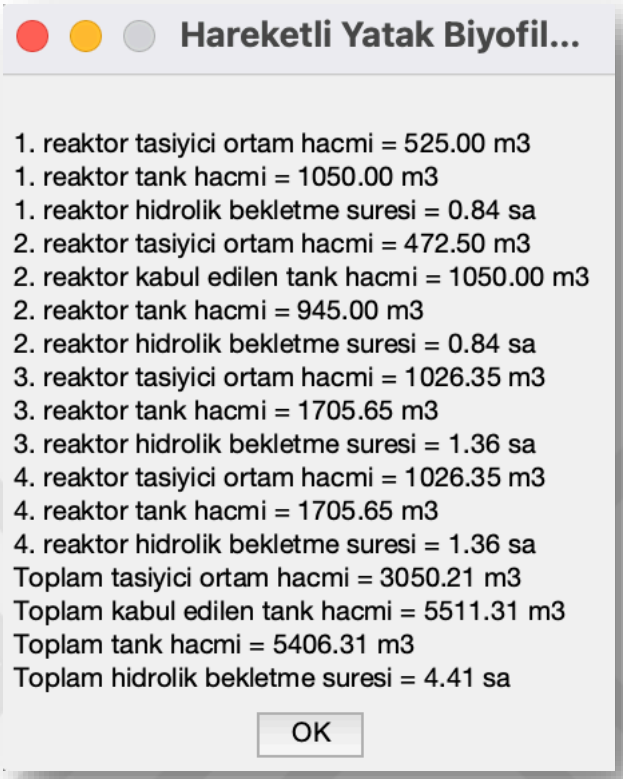
Şekil 18.4 MBBR prosesi için reaktör dizayn verilerinin giriş ekranı



Name	Value
Aki1	12
Aki2	4
AkiDO	1.0700
Alan	500
Atiksu	*16x1 cell*
b	1.0400
bH	0.1200
bHt	0.0877
BOD	140
BOIDolu	0.5000
COD	300
defaultans	*1x11 cell*
Dizayn	*11x1 cell*
dlg_title	'Reaktor Dizayni'
DO	2
fd	0.1500
fun1	@(X)[(JNT.*(X-SNH4)./JNTNH...
HRT1	0.8400
HRT2	0.8400
HRTNitri	1.3645
JN	0.7966
JNT	0.9035
JNTNH4	0.6017
msg	*17x1 cell*
nbVSS	25
NH4N	25
NHa	26.4484
NitriDolu	0.6000
nometitle	'Reaktor Dizayni'
options	*1x1 struct*
OrtamAlani1	262500
OrtamAlani2	236250
OrtamAlani3	5.1318e+05
OrtamAlani4	5.1318e+05
OrtamHacmi	3.0502e+03
OrtamHacmi1	525
OrtamHacmi2	472.5000
OrtamHacmi3	1.0264e+03
OrtamHacmi4	1.0264e+03
prompt1	*1x16 cell*
prompt2	*1x11 cell*

Name	Value
Pxbio	71.2632
Q	30000
Ratio	1.6000
rbCOD	80
sBOD	70
sCOD	132
size_wind	*11x2 double*
SNH4	0.7000
SRT	6
T	12
TankHacmi	5.4063e+03
TankHacmikabul	5.5113e+03
TetaDO	1.0580
TetaNH3	1.0980
TKN	35
TKNNOX	0.8000
ToplamHRT	4.4090
TSS	70
UygulananBOIAki...	16
UygulananBOIAki...	4.4444
Verim1	0.7500
Verim2	0.9000
VSS	60
VTank1	1050
VTank2	945
VTankNitri	1.7057e+03
X	10.9933
X1	1.0000e-04
YH	0.4500
YHr	0.7200

Şekil 18.5 MBBR prosesi için reaktör dizayn verilerinin MATLAB® çalışma alanı görüntüsü



Şekil 18.6 MATLAB®'de modellemesi gerçekleştirilen MBBR prosesinin tüm dizayn verileri sonuç ekranı

19
ANAEROBİK ARITMA

19.1 Anaerobik Arıtma Prosesleri

Anaerobik biyolojik reaksiyonlar, moleküler oksijenin bulunmadığı ortamlarda mikroorganizmaların çeşitli elektron alıcılarını kullanarak enerji üretmeleri esasına dayanan reaksiyonlardır. Bu reaksiyonlar, atıksuların arıtılması amacı ile geliştirilen birçok proseste kullanılmaktadır. Örnek prosesler ve görevleri:

- Nitrifikasyon/denitrifikasyon ile nitrat ve nitritin azot gazına dönüşümünü gerçekleştiren prosesler,
- Üretilen uçucu yağ asitleri ile biyolojik fosfor giderim performansını yükseltmek amacıyla kullanılan fermentasyon prosesleri,
- Biyolojik fosfor giderim performansını yükseltmek amacıyla anaerobik temas tankı kullanımı ve bu tank ile asetat ve propiyanat gibi bileşiklerin mikroorganizma bünyesine alınmasını sağlayan proses,
- Evsel ve endüstriyel atıksuların arıtımı amacıyla anaerobik oksidasyon prosesleri,
- Atık çamurları bertaraf etmek amacıyla anaerobik çürütücü prosesleri şeklinde sıralanabilir.

Anaerobik atıksu arıtma prosesleri genel olarak;

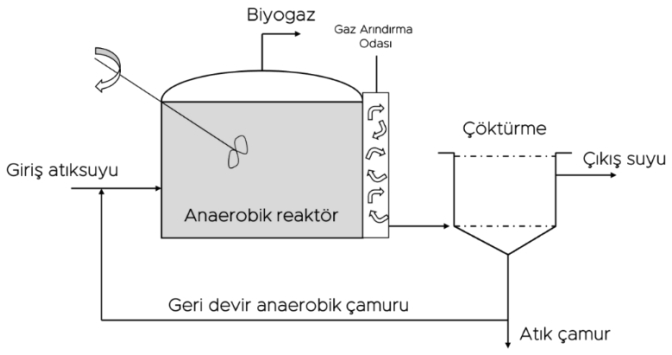
- askıda büyüyen,
- yukarı ve aşağı akışlı askıda büyüyen,
- akışkan yatakta askıda büyüyen,
- yukarı akışlı çamur battaniyesi,
- lagünler ve
- membran teknolojili askıda büyüyen prosesler şeklinde sınıflandırılabilir [106].

Anaerobik proseslerin aerobik proseslere kıyasla tercih edilme sebepleri Tablo 19.1'de gösterilmiştir.

Tablo 19.1 Anaerobik ve aerobik proseslerin birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları [107,108]

Anaerobik proseslerin avantajları	**Anaerobik proseslerin dezavantajları**
Düşük enerji gereksinimi	Daha uzun işletmeye alma süresi
Daha az çamur üretimi	Ek alkalinite gereksinimi
Düşük nütrient gereksinimi	Çıkış standartlarını sağlamak amacıyla ileri arıtım gerektirebilmesi
Potansiyel bir enerji kaynağı olan metan gazının üretilebiliyor oluşu	Biyolojik azot ve fosfor gideriminin mümkün olmaması
Çıkış gazı kaynaklı hava kirliliği probleminin olmaması	Düşük sıcaklıklara karşı daha hassas oluşu
Düşük karbon ayakizi	Kötü koku oluşum ve korozif karakterli gaz üretimi

Çalışmanın bu kısmında anaerobik temas tankı tasarımı gerçekleştirilecektir. Anaerobik temas tankının genel şeması Şekil 19.1'de verildiği gibidir.



Şekil 19.1 Anaerobik temas tankı proses şeması

Anaerobik temas tankı prosesi, biyogaz çıkışlı tam karışımlı bir ana reaktör, çamura ilişik CO_2 ve CH_4 gibi gazları arıtarak çamur yüzmesi problemini engelleyebilen bir oda ve çöktürme havuzundan oluşan aslen bir aktif çamur prosesidir. Çöktürme havuzunda üretilen çamurun bir kısmı reaktörün başına geri devrettirilir.

19.2 Anaerobik Temas Tankı Tasarım Problemi

Atıksu karakteristiği ve dizayn koşulları, Tablo 19.2'de verilen tesis için bir anaerobik temas tankı tasarımı gerçekleştirilecektir. Prosesin atıksudaki KOİ'yi giderme verimi %90 olarak istenmektedir. Ayrıca, gerekli durumlarda anaerobik temas tankına alkalinite ve nütrient ilâvesine izin verilmektedir [109].

Tablo 19.2 Anaerobik temas tankı tasarlanacak olan tesise giren atıksuyun karakteristiği [109]

Parametre	**Değeri ve Birimi**
Atıksu debisi	500 m^3/gün
KOİ	6000 mg/L
Çözünebilen KOİ	4000 mg/L
KOİ/VSS oranı	1.8 g/g
VSS'nin biyolojik olarak ayrışabilir fraksiyonu	%80
Azot	10 mg/L
Fosfor	20 mg/L
Alkalinite	500 mg $CaCO_3$/L
Sıcaklık	25^oC
Çıkış VSS konsantrasyonu	150 mg/L

Tablo 19.2 Anaerobik temas tankı tasarlanacak olan tesise giren atıksuyun karakteristiği (devamı) [109]

Parametre	Değeri ve Birimi
Sıcaklık	25°C
Çıkış VSS konsantrasyonu	150 mg/L
Hidrolik bekletme süresi için güvenlik faktörü	3
f_d	0.15 g VSS hücre yığını/g VSS ayrışan biyokütle
MLVSS	6000 mg/L
Çöktürme hızı	24 m/gün
Gaz bileşimi	%65 CH_4, %35 CO_2
Biyokütle nütrient içeriği	%12 N, %2.4 P
SRT ≥ 30 ise	Biyolojik olarak ayrışabilen VSS'nin %99'u dönüştürülecektir.

1. Adım: 25°C'de katı bekletme süresinin hesaplanması

%90 KOİ giderim verimi dikkate alınarak çıkış KOİ konsantrasyonu hesaplanırsa;

$= (1 - 0.90) * \left(6000 \frac{mg}{L}\right) = 600 \frac{mg}{L}$ olarak hesaplanmaktadır.

İstenen çıkış VSS konsantrasyonunun KOİ içeriği hesaplanmalıdır.

$= \left(150 \frac{mg}{L}\right) * \left(1.8 \frac{gKO\text{İ}}{gVSS}\right) = 270 \frac{mg}{L}$ bulunur. Bu durumda, çıkış KOİ konsantrasyonun çözünebilir kısmı, 600 – 270 = 330 $\frac{mg}{L}$ olacaktır. Bulunan bilgiler ışığında katı bekletme süresi hesaplanırsa;

$SRT = \left[\frac{\left(0.20\frac{g}{g*g\text{ün}}\right)*\left(330\frac{gKO\dot{I}}{m^3}\right)}{\left(120+330\frac{gKO\dot{I}}{m^3}\right)} - \left(0.03\ \frac{g}{g*g\text{ün}}\right)\right]^{-1} = 8.6\ g\ddot{u}n$ sonucuna ulaşılmaktadır.

Tablo 19.2'de katı bekletme süresi için bir güvenlik faktörü verilmiş olup, bu faktörün de dikkate alınması gerektiği bilinmelidir. Güvenlik faktörü hesaba katılmış şekilde bulunan katı bekletme süresi;

Dizayn SRT = $(3) * (8.6\ g\ddot{u}n) = 25.7\ g\ddot{u}n$ olacaktır.

2. Adım: Çamur üretim hızının hesaplanması

Biyolojik olarak ayrışamayan VSS konsantrasyonu hesaplanmalıdır.

$\text{Çözü}nemeyen\ KO\dot{I} = (6000 - 4000)\frac{mg}{L} = 2000\frac{mg}{L}$,

$VSS\ cinsinden\ \text{çözü}nemeyen\ KO\dot{I} = \frac{\left(2000\frac{mg}{L}\right)}{\left(1.8\frac{gKO\dot{I}}{gVSS}\right)} = 1110\frac{mg\ VSS}{L}$,

$Ayrışamayan\ VSS = (0.20) * \left(1110\frac{mgVSS}{L}\right) = 222\frac{mgVSS}{L}$,

$Ayrışan\ KO\dot{I} = \left(6000\frac{gKO\dot{I}}{m^3}\right) - \left(222\frac{gVSS}{m^3}\right) - \left(330\frac{gKO\dot{I}}{m^3}\right) = 5270\ \frac{gKO\dot{I}}{m^3}$ şeklinde bulunmaktadır.

$P_{X,VSS} = \frac{\left(500\frac{m^3}{g\ddot{u}n}\right)*\left(0.08\frac{gVSS}{gKO\dot{I}}\right)*\left(5270\frac{gKO\dot{I}}{m^3}\right)*\left[1+0.15*\left(0.03\frac{g}{g*g\text{ün}}\right)*30\ g\ddot{u}n\right]}{\left[1+\left(0.03\frac{g}{g*g\text{ün}}\right)*30\ g\ddot{u}n\right]} + \left(222\frac{gVSS}{m^3}\right) *$

$\left(500\frac{m^3}{g\ddot{u}n}\right) = 236925\frac{gVSS}{g\ddot{u}n}$ olarak çamur üretim hızı hesaplanmaktadır.

3. Adım: Reaktör hacmi ve hidrolik bekletme süresinin hesaplanması

a. Reaktörün hacminin hesaplanması

$V = \frac{\left(236925\frac{gVSS}{g\ddot{u}n}\right)*(30\ g\ddot{u}n)}{\left(6000\frac{g}{m^3}\right)} = 1184.6\ m^3$ şeklinde elde edilir.

b. Hidrolik bekletme süresinin hesaplanması

$\tau = \frac{(1184.6\ m^3)}{\left(500\frac{m^3}{g\ddot{u}n}\right)} = 2.4\ g\ddot{u}n$ olarak bulunur.

4. Adım: Metan gazı, toplam gaz ve enerji üretim hızlarının bulunması

a. Metan gazı üretim hızının bulunması

0^oC'de 1 kg KOİ giderimine karşılık üretilen metan miktarı 0.35 m^3'tür [110]

Biyokütledeki KOİ konsantrasyonu ise Eşitlik (19.1) ile bulunabilir.

$$Biyokütle\ KOİ'si = \left(1.42\frac{gKOİ}{gVSS}\right) * P_{x,bio} \qquad (19.1)$$

Eşitlik (19.1)'de $P_{x,bio}$ olarak ifade edilen terim, 2. adımda hesaplanan Px,VSS değerinin kesirli kısmıdır. Yani 125925 g VSS/gün değeridir. Edinilen bilgilerden hareketle gerekli hesaplamalar yapılırsa;

$Biyokütle\ KOİ'si = \left(1.42\frac{gKOİ}{gVSS}\right) * \left(125925\frac{gVSS}{gün}\right) = 178814\frac{gKOİ}{gün}$ olacaktır.

Giderilen KOİ'ye karşılık üretilen metan gazı miktarı ise toplam giderilen KOİ konsantrasyonundan biyokütle KOİ konsantrasyonunun çıkarılmasıyla elde edilebilir.

$Giderilen\ toplam\ KOİ = \left(500\frac{m^3}{gün}\right) * \left(5270\frac{gKOİ}{m^3}\right) = 2635000\frac{gKOİ}{gün}$,

$Üretilen\ CH_4 = 2635000\frac{gKOİ}{gün} - 178814\frac{gKOİ}{gün} = 2456186\frac{gCH_4KOİ}{gün}$ bulunur.

CH_4 $üretim\ hızı = 2456186\frac{gCH_4KOİ}{gün} * 0.35\ \frac{L\ CH_4}{gKOİ} * \left(\frac{1}{10^3}\ L\right) = 859.7\ \frac{m^3CH_4}{gün}$ elde edilir. Bulunan bu değer standart koşullar için (0^oC) geçerlidir. Problemin girişinde sıcaklığın 25^oC olduğu verilmiştir. Gerekli sıcaklık düzeltmesi uygulanırsa;

CH_4 $üretim\ hızı = 859.7\ \frac{m^3CH_4}{gün} * \left[\frac{(273.15+25)}{(273.15)}\right] = 938.83\frac{m^3CH_4}{gün}$ sonucu elde edilmektedir.

b. Toplam gaz üretim hızının bulunması

Verilen bilgilere göre toplam gazın %65'i CH_4, %35'i ise CO_2'dir.

$Toplam\ gaz$ $üretim\ hızı = \frac{\left(938.3\frac{m^3CH_4}{gün}\right)}{\left(0.65\frac{m^3CH_4}{m^3\ gaz}\right)} = 1443.6\frac{m^3gaz}{gün}$ şeklinde elde edilmektedir.

Metanın enerji içeriği, 0^oC'de 38846 kJ/m^3'tür [111].

$Enerji\ \ üretim\ hızı = \left(859.7\frac{m^3 CH_4}{gün}\right) * \left(38846\frac{kJ}{m^3}\right) = 33.4 *\ 10^6\frac{kJ}{gün}$ bulunur.

5. Adım: Nütrient gereksinimlerinin kontrol edilmesi

Biyokütle üretim hızı = 125925 g VSS/gün,

Biyokütlenin nütrient içeriği = %12 N, %2.4 P (verilen bilgi),

$Gerekli\ N = (125925)(0.12) = 15111\frac{g}{gün}$,

$Gerekli\ P = (125925)(0.024) = 3022\frac{g}{gün}$,

Nütrientlerin giriş konsantrasyonları:

$N = \left(10\frac{g}{m^3}\right) * \left(500\frac{m^3}{gün}\right) = 5000\frac{g}{gün}$,

$P = \left(20\frac{g}{m^3}\right) * \left(500\frac{m^3}{gün}\right) = 10000\frac{g}{gün}$,

Elde edilen verilerden hareketle giriş atıksuyunda yeterli derecede fosforun olduğu ancak azot içeriğinin yetersiz olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısı ile azot ilave edilmelidir.

$İlave\ N = \left(15111\frac{g}{gün}\right) - \left(5000\frac{g}{gün}\right) = 10111\frac{gN}{gün} = 10.1\frac{kgN}{gün}$ eklenmelidir.

6. Adım: Alkalinite gereksiniminin kontrol edilmesi

Tablo 19.3 Anaerobik ayrışma süresince pH'ı nötral seviyelerde tutabilmek amacıyla gerekli alkalinite miktarı [112]

Sıcaklık (°C)	**Gaz içerisindeki %CO_2**			
	25	**30**	**35**	**40**
20	2040	2449	2857	3265
25	1913	2295	2678	3061
30	1761	2113	2465	2817
35	1609	1931	2253	2575
40	1476	1771	2066	2362

Tablo 19.3'teki verilere dayanarak, 25°C ve %35'lik CO_2 gaz fazı için gerekli alkalinitenin 2678 mg/L olduğu söylenebilir.

Giriş atıksuyu alkalinite değeri = 500 mg/L,

$Gerekli\ alkalinite = (2678 - 500)\frac{mgCaCO_3}{L} = 2178\ \frac{mgCaCO_3}{L}$,

$Gerekli\ alkalinite\ (NAHCO_3\ olarak) = \frac{2178\frac{mgCaCO_3}{L}}{50\frac{mgCaCO_3}{meq}} * 84\frac{mg\ NAHCO_3}{meq} = 3659\frac{mg}{L}$,

$Günlük\ gerekli\ alkalinite\ (NAHCO_3\ olarak) = \ 3659\frac{mg}{L} * 500\frac{m^3}{gün} * \frac{1\ kg}{10^3\ g} =$

$1830\frac{kg}{gün}$ bulunmaktadır.

7. Adım: Son çöktürme tankının alan ve çapının bulunması

$Alan = \frac{500\frac{m^3}{gün}}{24\frac{m}{gün}} = 20.83\ m^2$,

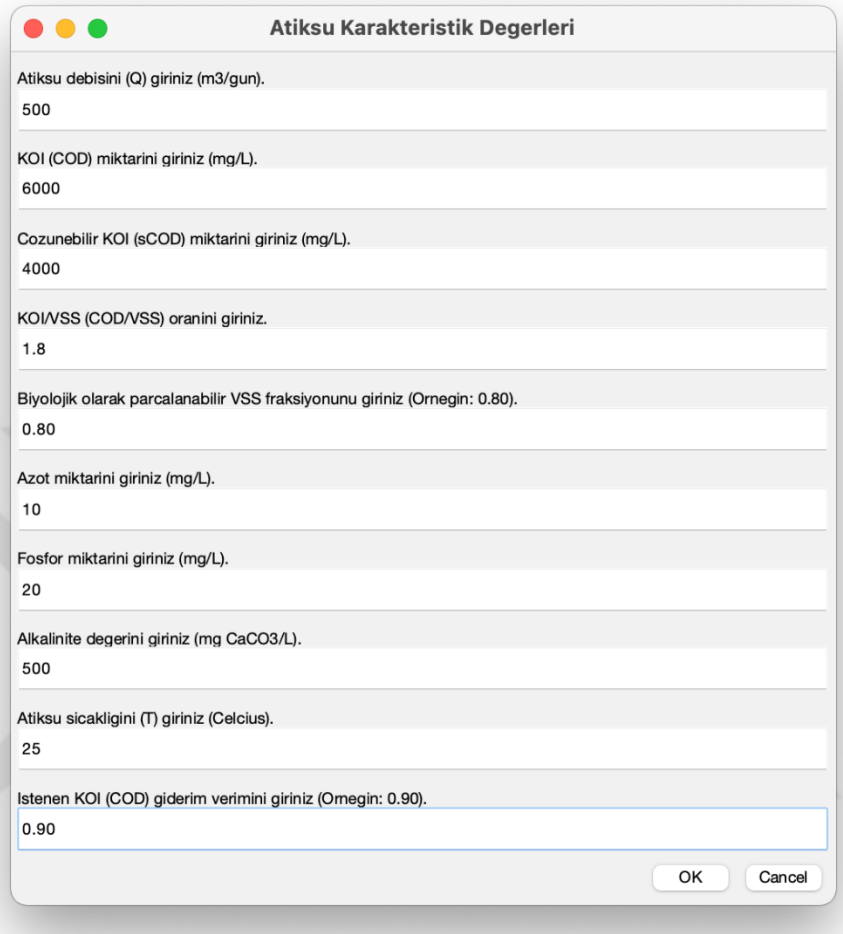
$20.83\ m^2 = \frac{\pi * D^2}{4}$ ve D = 5.2 m bulunmaktadır.

Anaerobik temas tankı tasarım sürecinde CH_4 üretimini takiben makûl değerde bir enerji üretildiği görülmüştür. Üretilen bu enerji, anaerobik prosesin çalışması ve işletilmesi için gerekli enerjinin bir kısmını veya tamamını karşılayabilir.

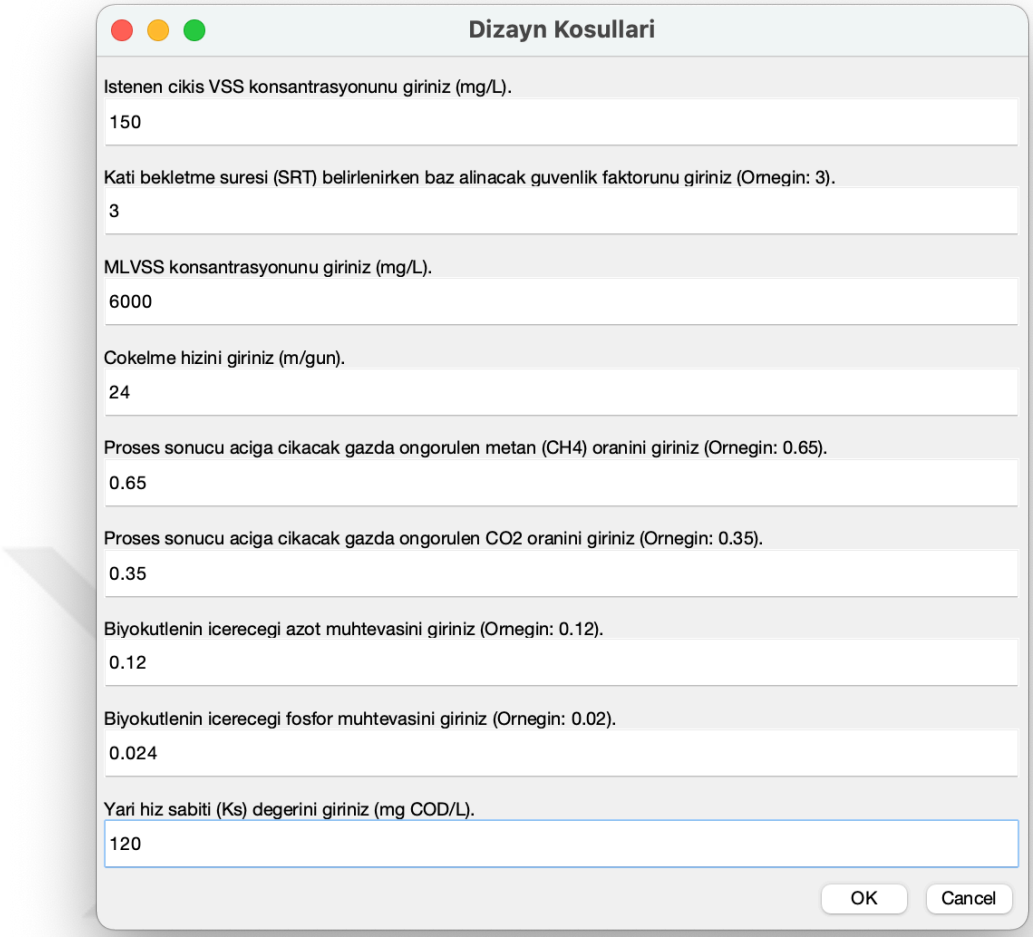
19.3 Anaerobik Temas Tankı Tasarım Probleminin Bilgisayar Ortamında Modellenmesi

Teorik çözüm adımları verilen anaerobik temas tankı prosesinin MATLAB® programında modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Program çalıştırıldığında ilk olarak kullanıcıdan tesisteki atıksuyun karakteristiği ile ilgili verileri işlemesi beklenir. Bu veriler, teorik çözümde de verildiği üzere atıksu debisi, BOİ, KOİ, TSS, VSS gibi bilinmesi mutlaka gerekli verilerdir. Atıksu karakteristiği kullanıcı tarafından işlendiğinde program, yeni bir veri işleme penceresi gösterir. Açılan ikinci pencerede, istenen çıkış suyu değerleri ve çıkış gazının içeriği gibi teknik verilerin, kullanıcı tarafından işlenmesi beklenir. İkinci pencereye gerekli veriler işlendiği takdirde program işlem yapmaya başlar ve kısa bir süre içerisinde sonuç penceresini gösterir. Sonuç penceresinde 20 adet veri gösterilir. Gösterilen bu 20

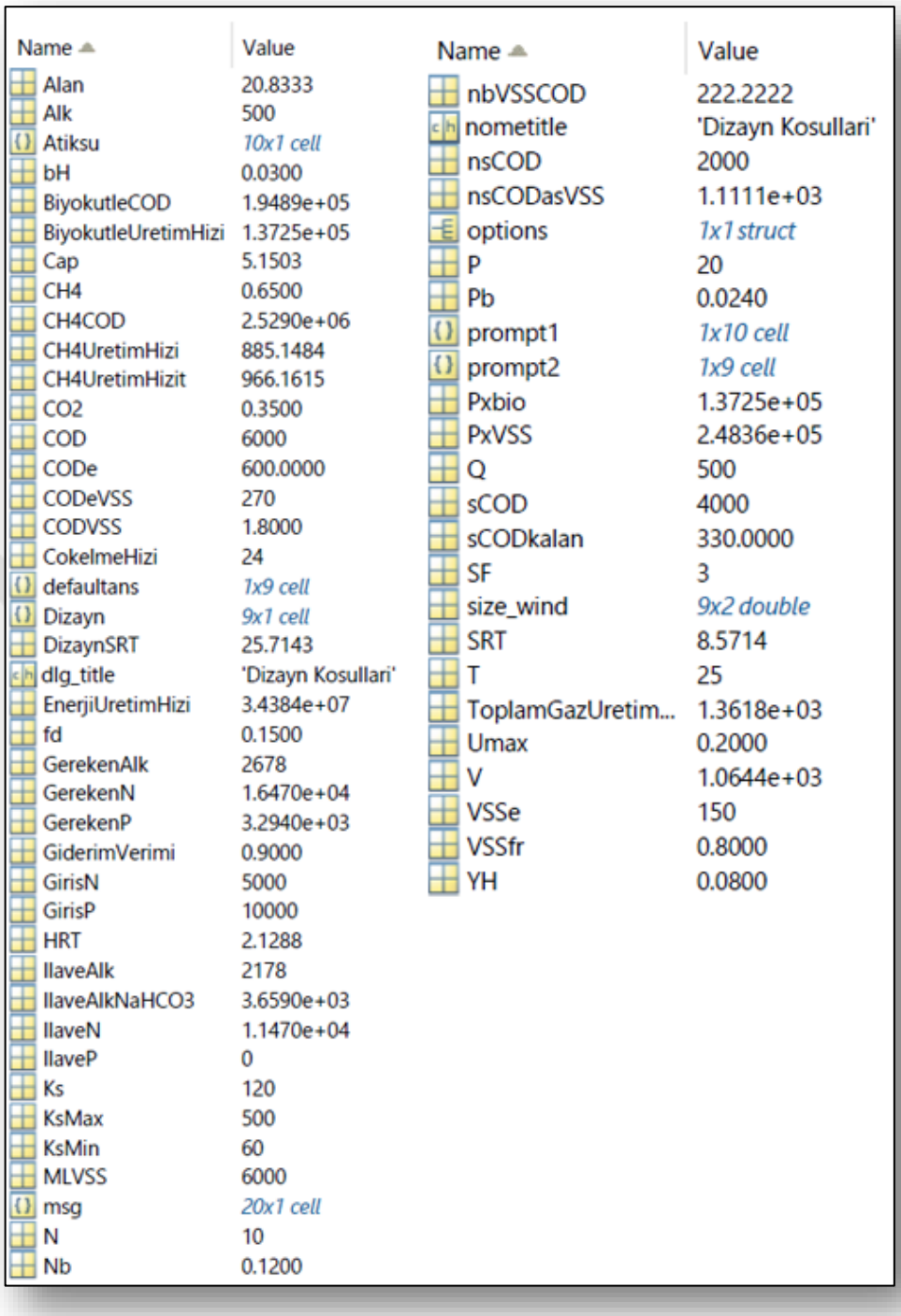
veri, teorik çözümde elle hesaplanan tüm sonuçları içermektedir. Programa dair görseller ilerleyen kısımda verilmiştir.



Şekil 19.2 MATLAB®'de modellenen anaerobik temas tankı tasarımı programının atıksu karakteristik değerleri giriş ekranı



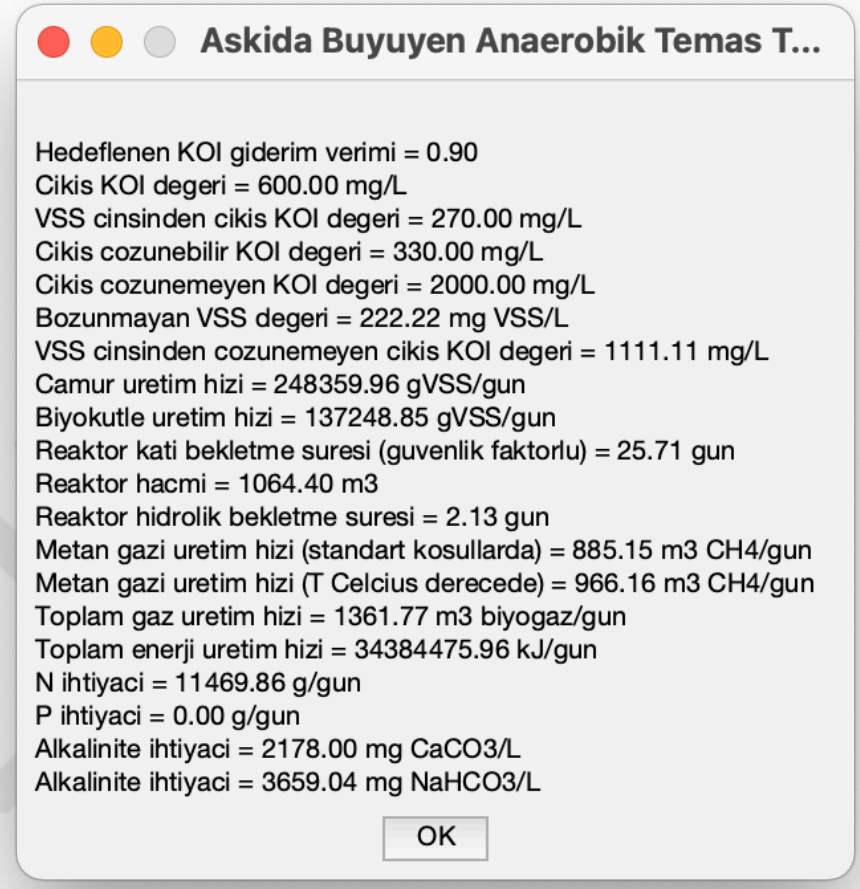
Şekil 19.3 MATLAB®'de modellenen anaerobik temas tankı tasarımı programının dizayn koşulları giriş ekranı



Name	Value
Alan	20.8333
Alk	500
Atiksu	*10x1 cell*
bH	0.0300
BiyokutleCOD	1.9489e+05
BiyokutleUretimHizi	1.3725e+05
Cap	5.1503
CH4	0.6500
CH4COD	2.5290e+06
CH4UretimHizi	885.1484
CH4UretimHizit	966.1615
CO2	0.3500
COD	6000
CODe	600.0000
CODeVSS	270
CODVSS	1.8000
CokelmeHizi	24
defaultans	*1x9 cell*
Dizayn	*9x1 cell*
DizaynSRT	25.7143
dlg_title	'Dizayn Kosullari'
EnerjiUretimHizi	3.4384e+07
fd	0.1500
GerekenAlk	2678
GerekenN	1.6470e+04
GerekenP	3.2940e+03
GiderimVerimi	0.9000
GirisN	5000
GirisP	10000
HRT	2.1288
IlaveAlk	2178
IlaveAlkNaHCO3	3.6590e+03
IlaveN	1.1470e+04
IlaveP	0
Ks	120
KsMax	500
KsMin	60
MLVSS	6000
msg	*20x1 cell*
N	10
Nb	0.1200

Name	Value
nbVSSCOD	222.2222
nometitle	'Dizayn Kosullari'
nsCOD	2000
nsCODasVSS	1.1111e+03
options	*1x1 struct*
P	20
Pb	0.0240
prompt1	*1x10 cell*
prompt2	*1x9 cell*
Pxbio	1.3725e+05
PxVSS	2.4836e+05
Q	500
sCOD	4000
sCODkalan	330.0000
SF	3
size_wind	*9x2 double*
SRT	8.5714
T	25
ToplamGazUretim...	1.3618e+03
Umax	0.2000
V	1.0644e+03
VSSe	150
VSSfr	0.8000
YH	0.0800

Şekil 19.4 Anaerobik temas tankı bilgisayar modellemesinin MATLAB® çalışma alanı görüntüsü



Şekil 19.5 MATLAB®'de modellenen anaerobik temas tankı tasarımı programının sonuç ekranı

20
DEZENFEKSİYON

20.1 Dezenfeksiyon Üniteleri

Dezenfeksiyon, su ve atıksu arıtma tesislerinde, suların deşarj edilmeden önce patojen mikroorganizmaların konsantrasyonunu kabul edilebilir seviyeye düşürmeyi amaçlayan işlemdir. Sterilizasyon ise tüm yaşayan organizmaları öldürmeye yarayan işlemdir. İçme sularının güvenle içilebilmesi için sterilize edilmesi gerekmez ancak dezenfekte edilmesi şarttır [113].

İçme suları ile insan bünyesine girerek zarar verebilen başlıca mikroorganizma türleri: Bakteriler, mantarlar, algler, protozoalar ve virüslerdir. Bu türler arasında en sık karşılaşılan ve içme sularında istenmeyen mikroorganizmalar ise *Salmonella* ve koliform bakteriler olarak adlandırılan *Escherichia coli* ve *Faecal streptococci (Enterococcus* ve *Streptococcus)*'dir. Bu mikroorganizmaların sebep olabileceği hastalıklar ise viral hepatit, hepatit A ve hepatit E, tifo, kolera, dizanteri, ishal şeklinde sıralanabilmektedir [114].

Suların patojenlerle kontamine olması çok çeşitli yollardan olabilmektedir. Bunlar:

- Başta sığır ve domuz olmak üzere domestik hayvanların dışkılarının su ile teması,
- Bünyelerinde çeşitli virüs türlerini taşıyan bitkilerin su ile teması,
- Toprakta yaşayan patojenlerin yağmur, heyelân gibi doğa olaylarının etkisiyle suya taşınması,
- Et paketleme, gıda işleme, farmasötik, kimyasal ve endüstriyel operasyonlar sonucu oluşabilecek atıksular şeklinde sıralanabilir [115].

20.1.1 Dezenfeksiyon Yöntemleri

Dezenfeksiyon ünitelerinde sulardan patojenleri gidermek amacıyla birçok yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan ilki klor kullanımıdır.

Klor, dezenfeksiyon işleminde en sık kullanılan kimyasaldır. Klor ile yapılan dezenfeksiyon işlemine "klorinasyon" da denilebilmektedir. Klor, dezenfeksiyon ünitelerinde, element hâliyle (Cl_2), sodyum hipoklorit (NaOCl), kalsiyum hipoklorit [$(Ca(OCl)_2$] veya kireç kaymağı ($CaOCl_2$) şeklinde kullanılabilir.

Klor, suya eklendiğinde, Denklem (20.1)'de de gösterildiği üzere, hipokloröz asit ve hidroklorik asit oluşumu meydana gelir [113].

$$Cl_{2\,(g)} + H_2O \rightleftharpoons HOCl + H^+ + Cl^- \qquad (20.1)$$

Aynı zamanda klor, sulardaki amonyakla da kolayca etkileşime girebilir. Klorun amonyakla tepkimeleri, dezenfeksiyon işleminin takibi açısından oldukça önemli görülmektedir. Klor ve amonyağın tepkimesinden çeşitli kloramin bileşikleri oluşmaktadır. Klorun hipoklorit şeklinde kullanıldığı bir ünitede monokloramin oluşumu Denklem (20.2)'de gösterilmiştir.

$$NH_3 + HOCl \rightleftharpoons NH_2Cl + H_2O \qquad (20.2)$$

Ozonlama, bir diğer dezenfeksiyon yöntemidir. Ozon, keskin kokulu ve stabil olmayan bir gazdır. Aslen oksijenin bir formudur ve O_3 ile gösterilir. Ozon genellikle fotokimyasal, elektrolitik ve radyokimyasal yollarla oluşmakla birlikte en sık kullanılan üretim yöntemi deşarj elektrodudur [113]. Atomik oksijen ile atmosferik oksijenin tepkimesiyle oluşan ozon Denklem (20.3)'te gösterilmiştir.

$$O + O_2 \rightleftharpoons O_3 \qquad (20.3)$$

Çeşitli bileşimlerde ve miktarlarda üretilen ozon, su içerisine difüze edilerek dezenfeksiyon amaçlı kullanılmış olur.

Bir diğer dezenfeksiyon yöntemi ise ultraviyole (UV) radyasyonudur. UV sisteminde, ışınlar, patojen mikroorganizmaların DNA'larına fotooksidasyon adı verilen yöntemle hasar vererek öldürmektedir. Fotokimyasal reaksiyonların genelinde olduğu gibi dezenfeksiyon işleminde de kullanılan ışığın dalga boyu, enerjisi gibi faktörler önem arz etmektedir. Bu teknolojide genelde 254 nm dalga boylu UV-C ışınları kullanılmaktadır [116].

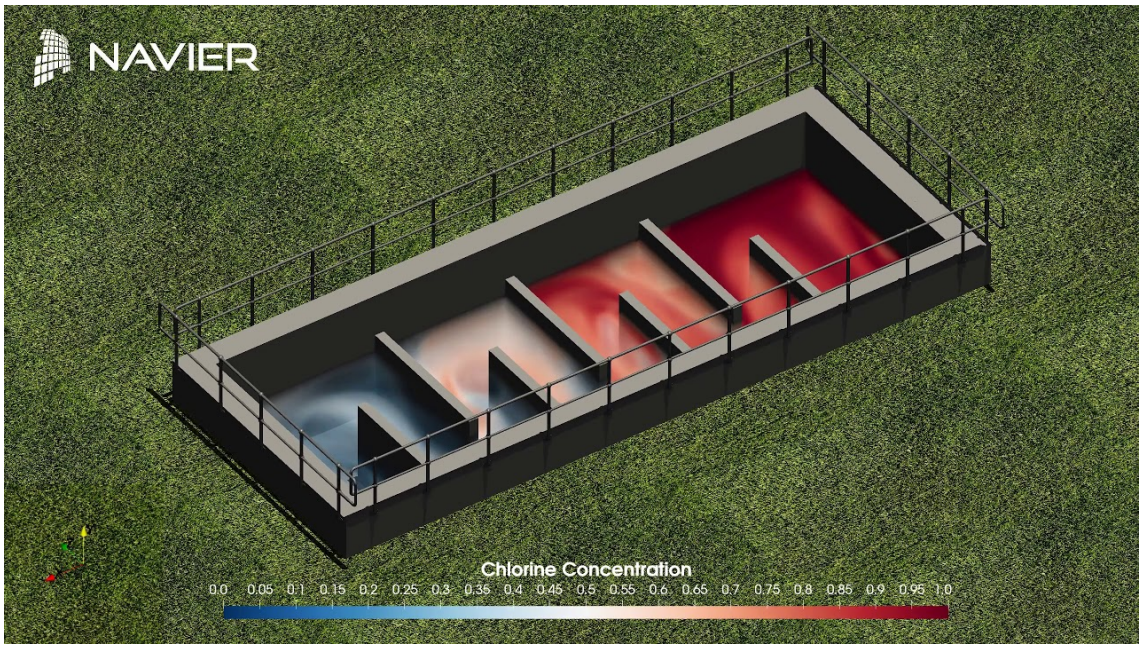
Klor, ozon ve UV dışında filtrasyon, ısıl işlem, gümüş iyonları ve biyosidler ile de dezenfeksiyon işlemleri yapılabilmektedir. Çalışmanın bu kısmında klor ile yapılan dezenfeksiyon işlemi üzerinde çalışılacaktır.

20.1.2 Dezenfeksiyon Yan Ürünleri

Dezenfeksiyon sürecinde kullanılan kimyasallar, çeşitli zararlı yan ürünlerin oluşumuna sebebiyet vermektedir. Klorun doğal organik maddelerle reaksiyonu sonucu trihalometanlar (THM), haloasetik asitler (HAA), haloasetonitriller, haloketonlar, haloaldehitler, kloropikrin, siyanojen klorür ve klorofenoller olarak sınıflandırılabilen karsinojenik yan ürünler oluşabilmektedir. THM ve HAA, sıklıkla oluşan yan ürünler olup yüksek konsantrasyonda organik kontaminasyona işaret eder. Klor dioksit veya ozon, THM ve HAA üretimine sebebiyet vermeden dezenfeksiyon işleminde kullanılabilmektedir ancak klordioksitin kendisi zaten toksik bir maddedir. Bunlara ek olarak, bromür mevcudiyetinde ozonla yapılan dezenfeksiyon işleminde hipobromit iyonu (OBr^-) oluşabilmektedir. UV ile yapılan dezenfeksiyon işlemlerinde ise hiçbir yan ürün oluşumu tespit edilememiştir [113].

20.2 Dispersiyon Temelli Klor Temas Tankı Tasarım Problemi

4000 m^3/gün debisi ve pik faktörü 2 olan bir içme suyu arıtma tesisinde dezenfeksiyon işleminin yürütülmesi amacıyla klor temas tankı tasarlanacaktır. Pik akışta hidrolik bekletme süresi 90 dakika alınacaktır. En az 2 paralel kanal kullanılacaktır. Klor temas tankının boyutları, pik akışta, dispersiyon sayısı en fazla 0.015 olacak şekilde seçilecektir [117].



Şekil 20.1 Klor temas tankı örnek çizimi [118]

1. Adım: Klor temas tankı için boyut kabullerinin yapılması

Tankın genişliği 2 m, derinliği 3 m, paralel kanal sayısı 2 olarak seçilmektedir. O halde gerekli uzunluk:

$$L = \frac{\left(2*4000\frac{m^3}{gün}\right)}{(2)*\left(1440\frac{dk}{gün}\right)} * 90\ dk * \frac{1}{2\ m*3\ m} = 41.7\ m \text{ olarak hesaplanır.}$$

Pik akışta hız kontrolü yapılırsa:

$$v = \frac{\left(2*4000\frac{m^3}{gün}\right)}{(2)*\left(1440\frac{dk}{gün}\right)*\left(60\frac{s}{dk}\right)} * \frac{1}{2\ m*3\ m} = 0.0077\frac{m}{s} \text{ elde edilir.}$$

2. Adım: Dispersiyon sayısının hesaplanması

Dispersiyon sayısı hesaplanmadan önce dispersiyon katsayısı, Eşitlik (20.4) ile hesaplanmalıdır.

$$D = 1.01 * \nu * {N_R}^{0.875} \tag{20.4}$$

Eşitlik (20.4)'te;

D: Dispersiyon katsayısını,

ν : Kinematik viskoziteyi,

R: hidrolik yarıçapı (m) ifade etmektedir. Eşitlikte N_R ile gösterilen ifade Reynold sayısıdır ve başka bir eşitlik, Eşitlik (20.5) kullanılarak elde edilmektedir.

$$N_R = \frac{4 * \nu * R}{\nu} \tag{20.5}$$

Gerekli değerler eşitlikteki yerlerine yazılırsa;

$N_R = \frac{\left[4*\left(0.0077\frac{m}{s}\right)*\frac{2\ m*3\ m}{2*3\ m+2\ m}\right]}{\left(1.003*\ 10^{-6}\frac{m^2}{s}\right)} = 23031$ elde edilir.

Eşitlik (20.4)'e dönülürse dispersiyon katsayısı,

$D = 1.01 * \left(1.003 *\ 10^{-6}\frac{m^2}{s}\right) *\ 23031^{0.875} =\ 6648 *\ 10^{-3}\frac{m^2}{s}$ şeklinde hesaplanabilir. Dispersiyon katsayısı hesaplandıktan sonra 20.6 eşitliği kullanılarak dispersiyon sayısı da elde edilebilir.

$$d = \frac{D * t}{L^2} \tag{20.6}$$

Bulunan değerler, Eşitlik (20.6)'daki yerlerine yazılırsa dispersiyon sayısı,

$d = \frac{\left(0.006648\frac{m^2}{s}\right)*\left(90\ dk*60\frac{s}{dk}\right)}{(41.4\ m^2)} = 0.0206$ olarak hesaplanmaktadır.

Problemin başında dispersiyon sayısının en fazla 0.0015 istendiği bildirilmişti. Bulunan bu değer, istenen değerden oldukça fazla olduğundan tankın boyutlandırılması yeniden yapılmalıdır.

3. Adım: Klor temas tankının yeniden boyutlandırılması

Tankın yeniden boyutlandırılması aşamasında, kanal sayısı 3 alınacaktır.

Tankın genişliği 1.25 m, derinliği 3 m, paralel kanal sayısı 3 olarak belirlenir.

$L = \frac{\left(2*4000\frac{m^3}{gün}\right)}{(3)*\left(1440\frac{dk}{gün}\right)} * 90\ dk * \frac{1}{1.25\ m*3\ m} = 44.4\ m$ olarak hesaplanır.

Pik akışta hız kontrolünün yapılması:

$v = \frac{\left(2*4000\frac{m^3}{gün}\right)}{(3)*\left(1440\frac{dk}{gün}\right)*\left(60\frac{s}{dk}\right)} * \frac{1}{1.25\ m*3\ m} = 0.0082\ \frac{m}{s}$ elde edilir.

Reynolds sayısının hesaplanması:

$N_R = \frac{\left[4*\left(0.0082\frac{m}{s}\right)*\frac{1.25\ m*3\ m}{2*3\ m+1.25\ m}\right]}{\left(1.003*10^{-6}\frac{m^2}{s}\right)} = 16915$ olarak hesaplanır.

Dispersiyon katsayısının hesaplanması:

$D = 1.01 * \left(1.003 *\ 10^{-6}\ \frac{m^2}{s}\right) *\ 16915^{0.875} =\ 5.07 *\ 10^{-3}\ \frac{m^2}{s}$ bulunur.

Dispersiyon sayısının hesaplanması:

$d = \frac{\left(0.00507\frac{m^2}{s}\right)*\left(90\ dk*60\frac{s}{dk}\right)}{(44.4\ m^2)} = 0.0139$ şeklinde bulunmaktadır. Bu değer, 0.015'ten küçük olduğu için tankın boyutları kabul edilebilir.

4. Adım: Yapılan hesaplamaların ortalama akışta kontrol edilmesi

Pik faktörü 2 olarak kabul edildiği için tanktaki ortalama akış hızı;

$v = \frac{0.0082\frac{m}{s}}{2} = 0.0041\ \frac{m}{s}$ alınacaktır.

Reynolds sayısının hesaplanması:

$N_R = \frac{\left[4*\left(0.0041\frac{m}{s}\right)*\frac{1.25\ m*3\ m}{2*3\ m+1.25\ m}\right]}{\left(1.003*10^{-6}\frac{m^2}{s}\right)} = 8457$'dir.

Dispersiyon katsayısının hesaplanması:

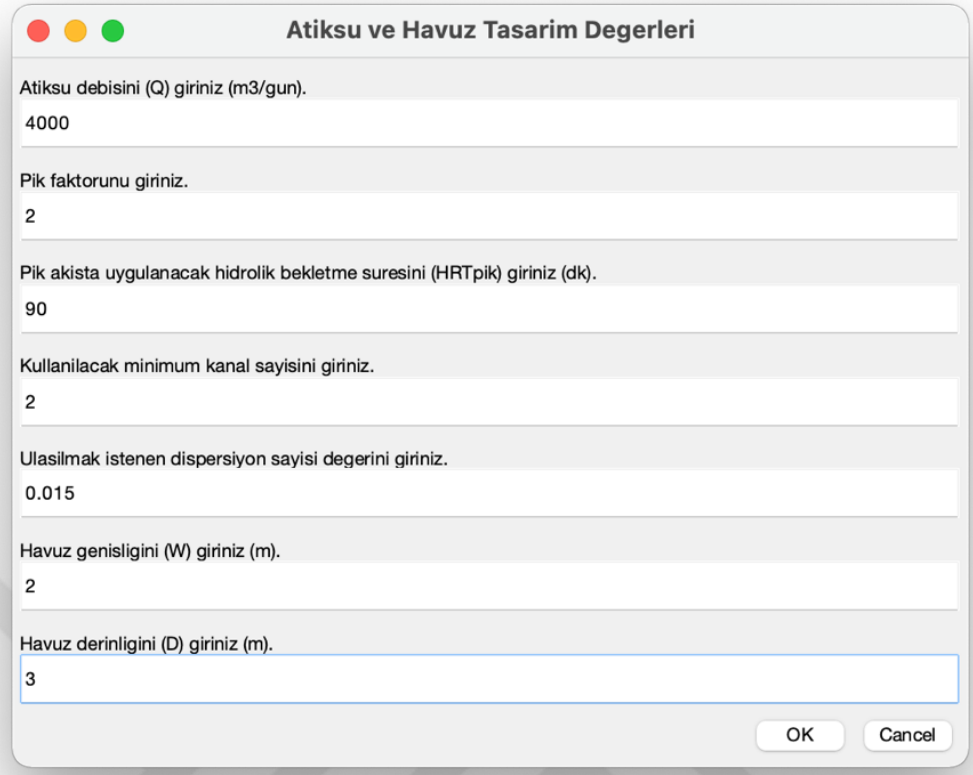
$D = 1.01 * \left(1.003 * \ 10^{-6}\frac{m^2}{s}\right) * \ 8457^{0.875} = \ 2.77 * \ 10^{-3}\frac{m^2}{s}$olacaktır.

Dispersiyon sayısının hesaplanması:

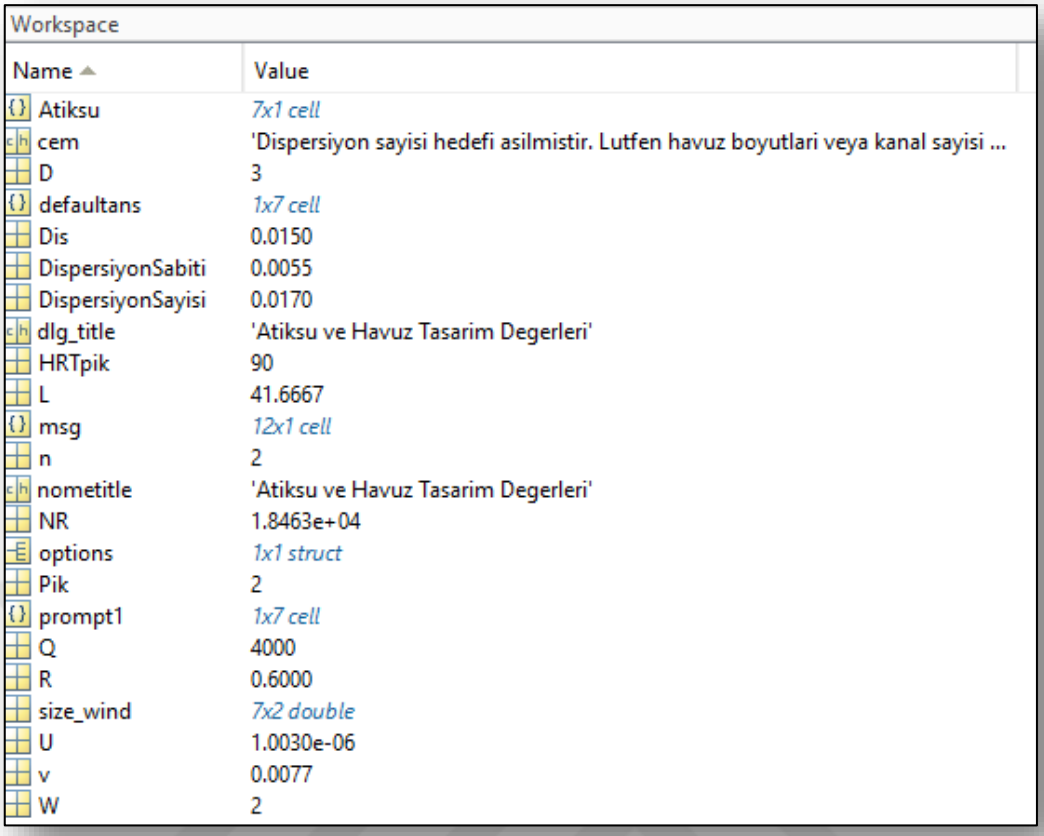
$d = \frac{\left(0.00277\frac{m^2}{s}\right)*\left(90\ dk*60\frac{s}{dk}\right)}{(44.4\ m^2)} = 0.0076$ olarak hesaplanmaktadır. Hız, yarıya düştüğünden dolayı uygun bir değerdir.

20.3 Dispersiyon Temelli Klor Temas Tankı Probleminin Bilgisayar Ortamında Modellenmesi

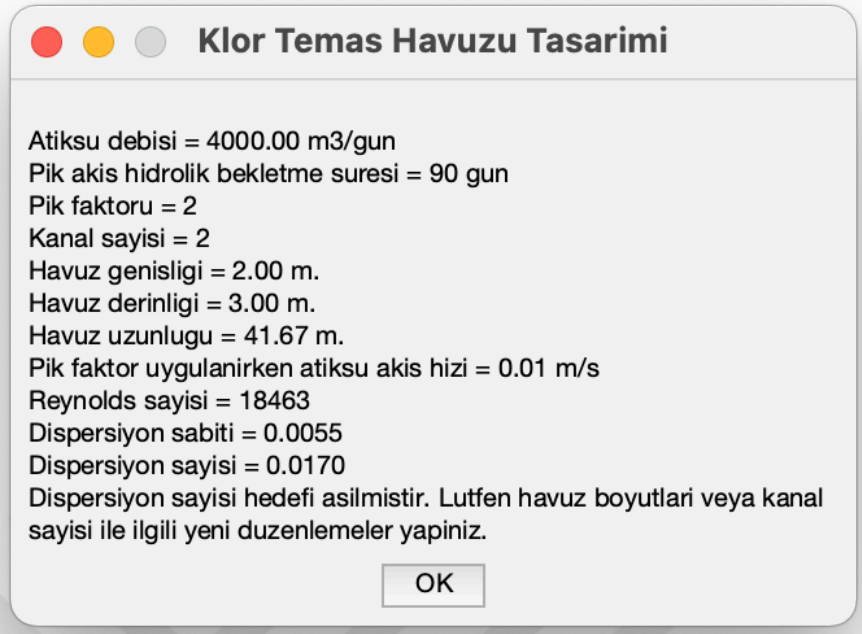
Teorik çözüm adımları verilen klor temas tankı prosesinin MATLAB® programında modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Program çalıştırıldığında ilk olarak kullanıcıdan tesisteki atıksu debisi, hidrolik bekletme süresi ve tankın boyutları ile ilgili tasarım verilerini işlemesi beklenir. Dizayn verileri işlendikten sonra Reynolds sayısı, dispersiyon katsayısı, dispersiyon sayısı gibi tüm parametreler hesaplanarak ekrana getirilmektedir. Eğer seçilen boyutlar, dispersiyon sayısı hedefini aşıyorsa sonuç penceresinde bu sözel olarak belirtilir. Eğer dispersiyon sayısı hedefini sağlıyorsa, dizayn boyutlarının uygunluğu ile ilgili bir sözel ifade de gözükmektedir. Program ile ilgili görseller ilerleyen bölümde gösterilmiştir.



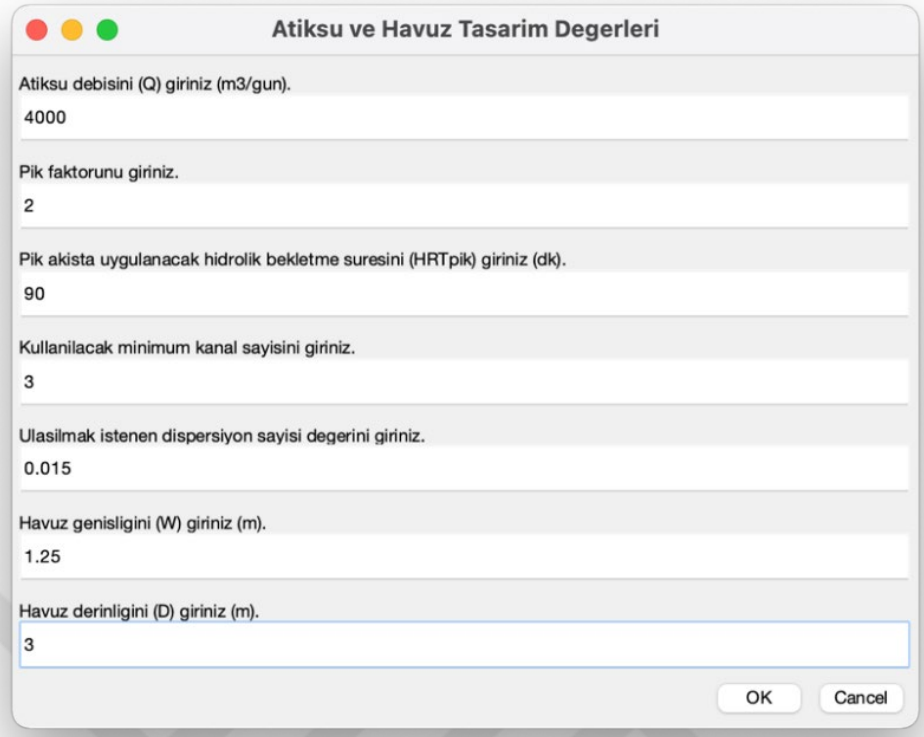
Şekil 20.2 Klor temas tankı prosesinin atıksu ve dizayn verileri giriş ekranı (I. durum)



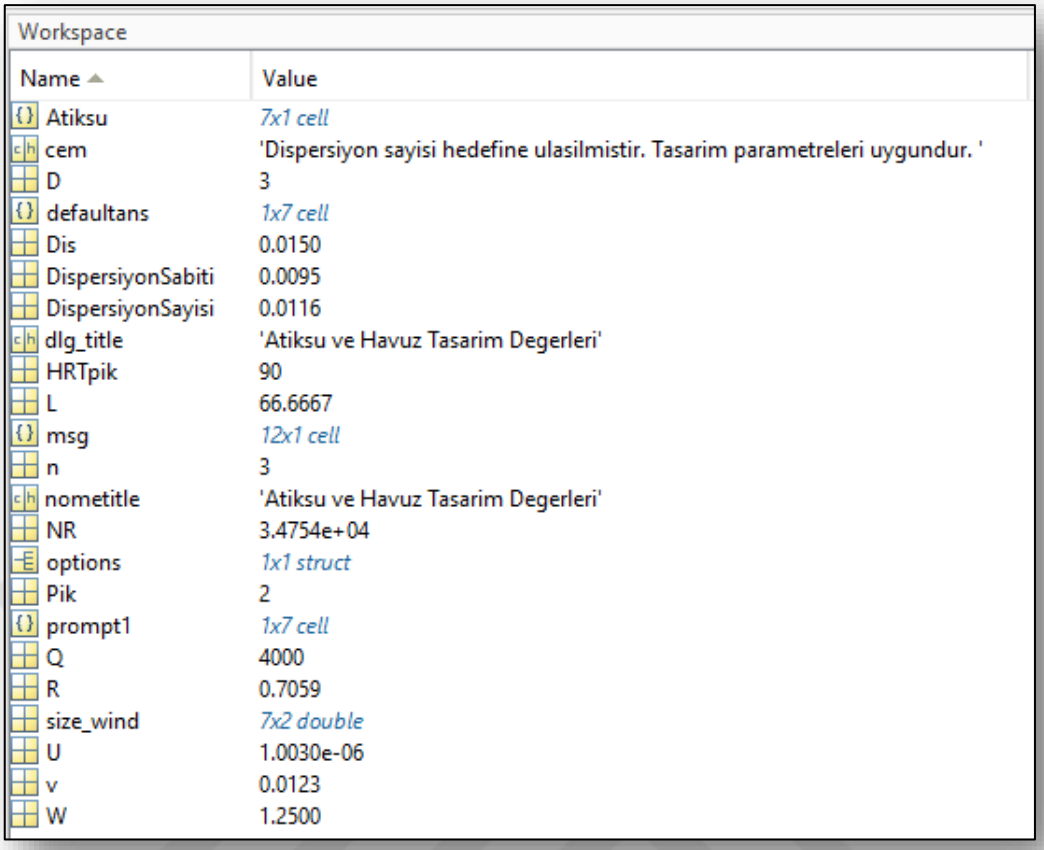
Şekil 20.3 Klor temas tankı prosesinin MATLAB® çalışma alanı görüntüsü (I. durum)



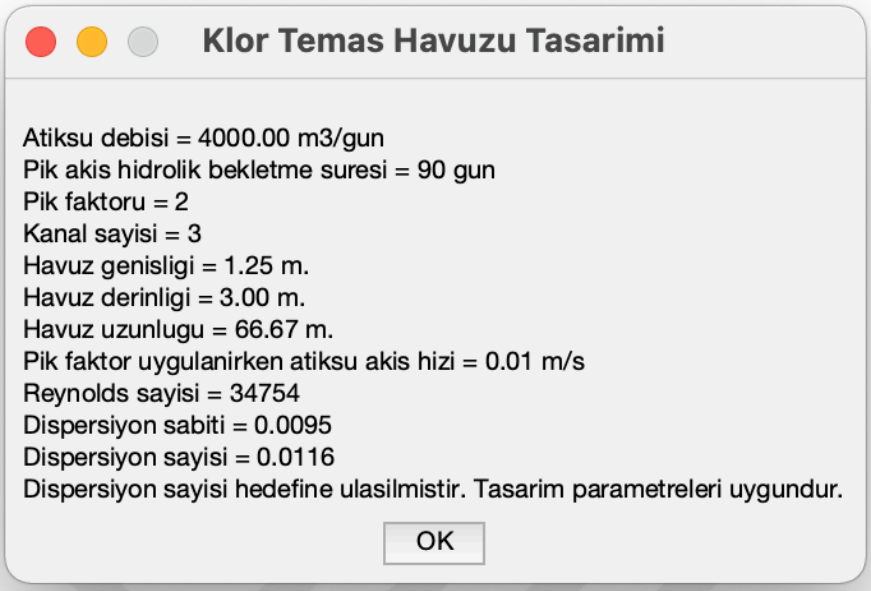
Şekil 20.4 I. durumda Klor temas tankı dizayn verilerinin uygun olmadığına dair sonucun yer aldığı sonuç ekranı



Şekil 20.5 Klor temas tankı prosesinin atıksu ve dizayn verileri giriş ekranı (II. durum)



Şekil 20.6 Klor temas tankı prosesinin MATLAB® çalışma alanı görüntüsü (II. durum)



Şekil 20.7 II. durumda klor temas tankı dizayn verilerinin uygun olduğuna dair sonucun yer aldığı sonuç ekranı

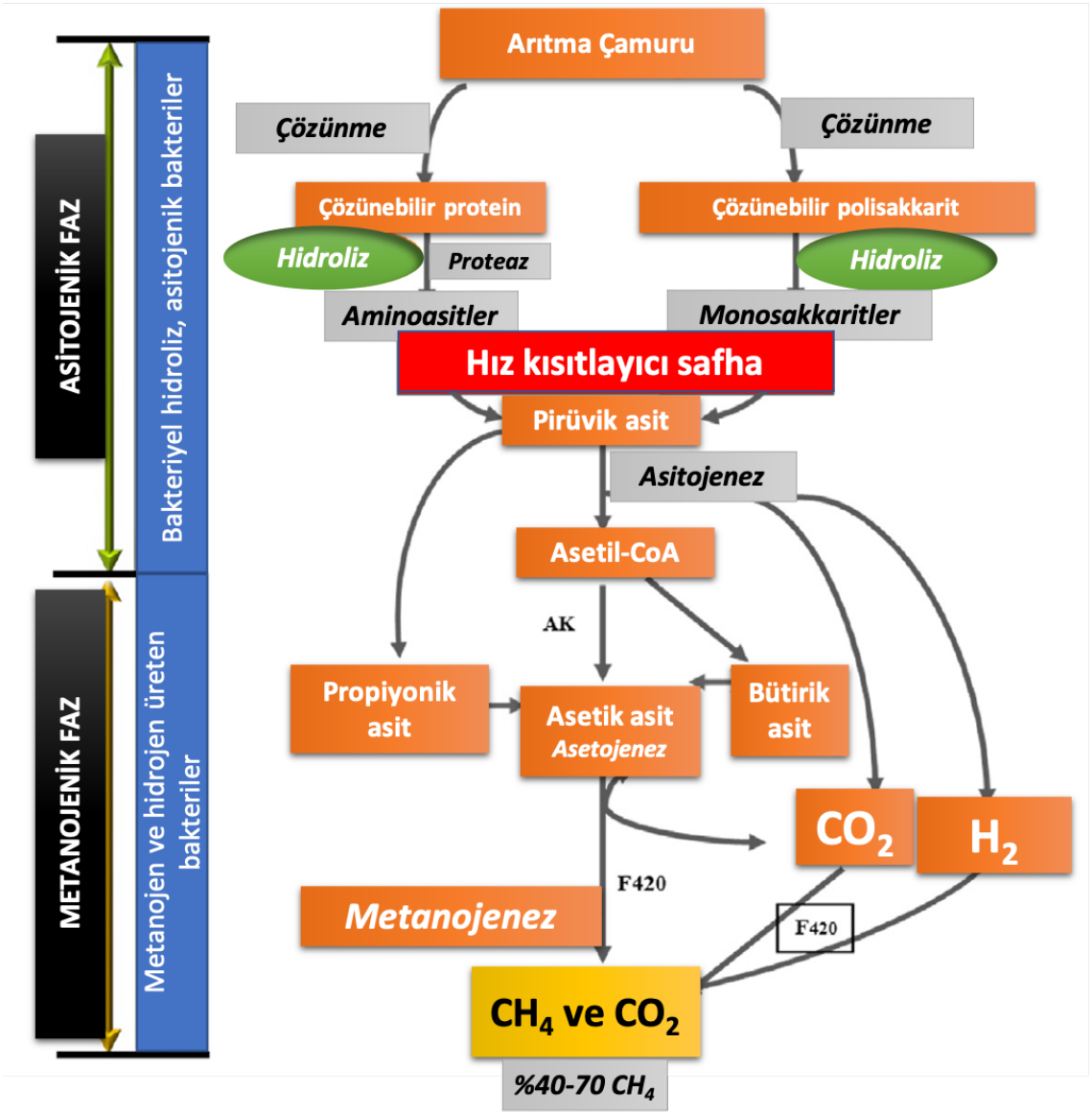
21
ANAEROBİK ÇAMUR ÇÜRÜTME

21.1 Anaerobik Çürütme

Evsel ve endüstriyel atıksuların arıtılması hususunda yıllardan beri süregelen en önemli problem arıtma çamurları olmuştur. Arıtma çamurlarının gerek nasıl değerlendirileceği gerekse bertaraf maliyeti ayrı problem başlıklarını oluşturmaktadır. Arıtma çamurunun bertaraf maliyeti, atıksu arıtma tesisinin işletme maliyetinin yaklaşık yarısını oluşturmaktadır [119].

Arıtma çamurlarının değerlendirilmesinde veya başka bir deyişle arıtılmasında kullanılan başlıca yöntemler: Çamur yoğunlaştırma, aerobik ve anaerobik çürüme, çamur susuzlaştırma şeklinde sıralanabilir [120]. Bu yöntemler arasında en avantajlı görülen anaerobik çürümedir. Atıksuların anaerobik proseslerden geçirilmesi sonucu, CO_2 ve CH_4 içerikli biyogaz oluşmaktadır. Biyogazın içerdiği CH_4 arttırıldıkça, bu biyogazdan yararlanma olanağı da artmaktadır. CH_4 içeriği yüksek olan kaliteli bir biyogaz, enerji kaynağı olarak kullanılabilir ve üretildiği arıtma tesisinin enerji ihtiyacını karşılayabilir. Bu avantaja ek olarak anaerobik proseslerin yan ürünlerinin çevreye zararlı etkisi de aerobik proseslere oranla oldukça düşüktür [121].

Arıtma çamurlarının anaerobik çürümesi genel anlamda iki aşamalıdır: Hidroliz ve fermentasyonu içeren bir asitojenik faz ve biyogaz üretim sürecini içeren bir metanojenik fazdır. Hidroliz safhasında, çamur içeriğindeki protein ve polisakkaritler, yapıtaşlarına yani sırasıyla aminoasit ve monosakkaritlere çözünür. Çözünen yapıtaşların fermentasyonu ile pirüvik asit ve propiyonik asit gibi asitler üretilir. Metanojen bakteriler, üretilen bu asitlerle reaksiyona girerek sonucunda CH_4 ve CO_2 içerikli metanın üretildiği metanojenik fazı yürütürler. Bu anaerobik çürüme süreçlerini genel anlamda açıklayan görsel, Şekil 21.1'de gösterilmiştir.



Şekil 21.1 Anaerobik çürümenin metabolik yol haritası [122]

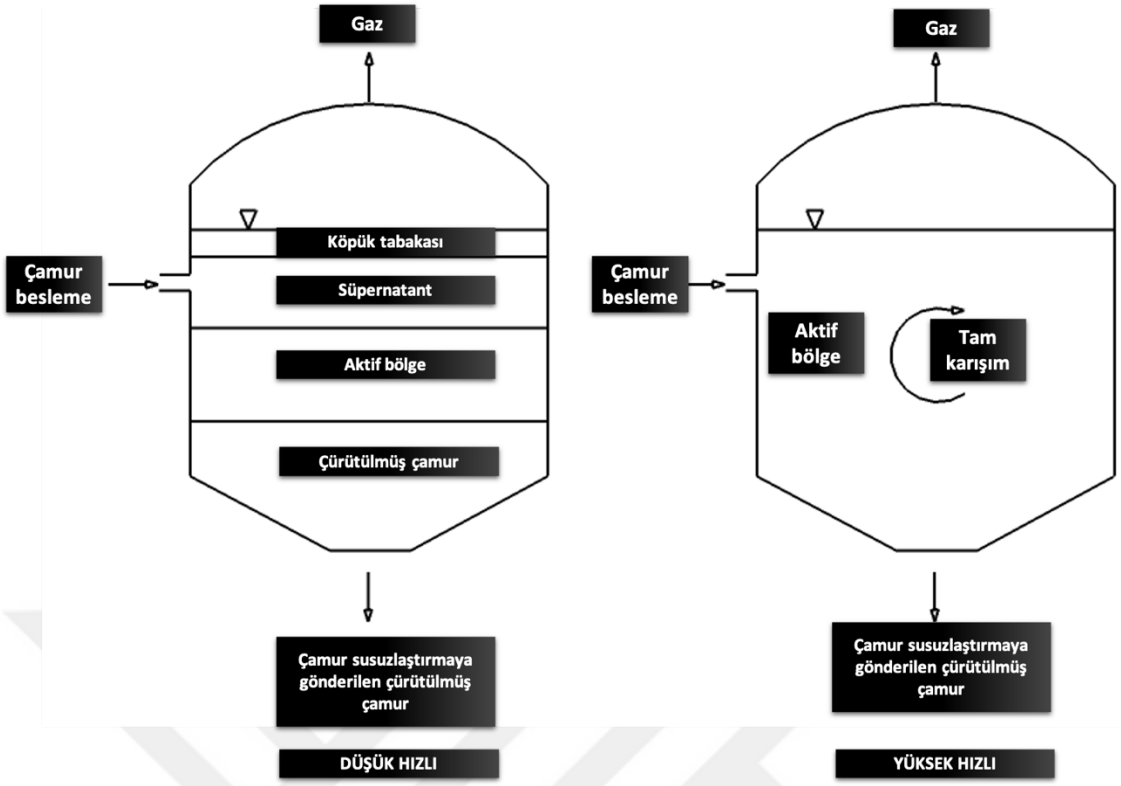
21.2 Anaerobik Çamur Çürütücü Prosesi Tasarım Problemi

Arıtma çamurlarının anaerobik ortamda çürümesi, Şekil 21.1'de de gösterildiği üzere çeşitli reaksiyonların art arda yürütülmesi sonucu gerçekleşmektedir. Reaksiyonların proses içerisinde düzgün bir şekilde gerçekleşebilmesi için bazı parametrelerin uygun olması gerekmektedir. Reaksiyonlara ve prosesin tasarımına etkiyen bu parametreler:

- Katı bekletme süresi,
- Hidrolik bekletme süresi,
- Sıcaklık,
- Alkalinite,
- pH,
- Reaksiyonu inhibe edebilecek maddelerin varlığı (toksik maddeler vb.),
- Nütrientlerin ve iz metallerin varlığı ve biyolojik olarak kullanılabilirliği şeklinde sıralanabilir.

Anaerobik çürütücünün boyutlandırılmasında dikkate alınan en önemli iki faktör katı ve hidrolik bekletme süreleridir. Özellikle katı bekletme süresi, hidroliz, fermentasyon ve metanojenez reaksiyonlarının gerçekleşmesinde en etkili parametredir. Her bir reaksiyon için gereken minimum katı bekletme süresi değeri vardır. Bu değer, istenen minimum değerden daha küçük olursa, proseste görev alan bakteriler yeterince büyüyemezler ve çürüme prosesi başarısızlıkla sonuçlanır [123].

Sıcaklık, çamur çürütücü prosesinde, bakterilerin canlılığını kontrol edebilen ve çürüme hızının belirlenmesinde gerekli bir parametredir. Anaerobik proseslerde genelde mezofilik koşullar gözetilmektedir. Mezofilik prosesler, 30 – 38°C aralığında çalışmaktadır. Düşük ve yüksek hızlı bir anaerobik çamur çürütücünün kesiti Şekil 21.2'de, bir atıksu arıtma tesisinde çalıştırılan gerçek bir anaerobik çamur çürütücü görseli ise Şekil 21.3'te verilmiştir.



Şekil 21.2 Düşük ve yüksek hızlı anaerobik çamur çürütücü proseslerinin kesitleri [124]



Şekil 21.3 Emaye kaplama bir anaerobik çamur çürütücü [125]

Tam karışımlı anaerobik çamur çürütücüler için işletme sıcaklığı ve bu sıcaklıklara karşılık gereken minimum katı bekletme süresi değerleri Tablo 21.1'de gösterilmiştir.

Tablo 21.1 Tam karışımlı anaerobik çamur çürütücü prosesi için işletme sıcaklıkları ve önerilen SRT değerleri [126]

İşletme sıcaklığı (^oC)	**Minimum SRT (gün)**
18	11
24	8
30	6
35	4
40	4

Verilen bilgiler ışığında anaerobik çamur çürütücü tasarımı yapılır. Çürütücü, tek bölmeli, tam karışımlı ve yüksek hızlı olarak tasarlanmıştır. Debisi 38000 m^3/gün olan bir atıksu arıtma tesisine inşa edilmektedir. Giriş atıksuyunun BOİ ve TSS değerleri, sırasıyla 400 ve 300 mg/L'dir. Ön çöktürme havuzunda %35 BOİ, %50 TSS giderim performansı gözlenmiştir. Ön çöktürme çamurunun %95 su içerdiği ve çamurun spesifik gravitesinin 1.02 olduğu kabul edilecektir [126]. Prosesle alâkalı kabul edilen diğer dizayn verileri şu şekildedir:

Tablo 21.2 Tam karışımlı anaerobik çamur çürütücü prosesi için kabul edilen dizayn verileri [126]

Parametre	**Değeri ve Birimi**
SRT	15 gün
Sıcaklık	35^oC

Tablo 21.2 Tam karışımlı anaerobik çamur çürütücü prosesi için kabul edilen dizayn verileri (devamı) [126]

Parametre	Değeri ve Birimi
Atık çamurdan yararlanma katsayısı (katı dönüşüm katsayısı), E	0.70
Çamurun içerdiği azot ve fosfor nütrientleri	Yeterli miktardadır
Dönüşüm katsayısı, Y	0.08 kg VSS/kg bCOD
İçsel dönüşüm katsayısı, b	0.03 gün^{-1}
Çürütücüde oluşan gazın CH_4 içeriği	%65
35°C'de metana dönüşüm katsayısı	0.40

1. Adım: Günlük üretilen çamur kütlesinin ve hacminin bulunması

$Çamur\ kütlesi = \frac{\left(38000\,\frac{m^3}{gün}\right)*\left(300\frac{g}{m^3}\right)*(0.5)}{\left(1000\frac{g}{kg}\right)} = 5700\,\frac{kg}{gün}$ olarak hesaplanır.

$Çamur\ hacmi = \frac{\left(5700\frac{kg}{gün}\right)}{(1.02)*\left(1000\frac{kg}{m^3}\right)*(0.05)} * \frac{1}{2\ m*3\ m} = 111.8\,\frac{m^3}{gün}$ elde edilir.

2. Adım: bCOD yükünün hesaplanması

$bCOD\ yükü = (0.35) * \left(400\,\frac{g}{m^3}\right) * \left(38000\ \frac{m^3}{gün}\right) * \left(\frac{1}{1000}\frac{kg}{g}\right) = 5320\,\frac{kg}{gün}$ şeklinde bulunmaktadır.

3. Adım: Çürütücü hacminin bulunması

$V = \left(111.8\,\frac{m^3}{gün}\right) * (15\ gün) = 1677\ m^3$ şeklindedir.

4. Adım: Hacimsel yükleme hızının bulunması

$Hacimsel\ yükleme\ hızı = \frac{5320\frac{kg}{gün}}{1677\ m^3} = 3.17\,\frac{kg}{m^3*gün}$ bulunmaktadır.

5. Adım: Günlük üretilen uçucu katıların bulunması

bCOD yükü, 2. adımda 5320 kg/gün olarak bulunmuştu. Tablo 21.2'de verilen E, yani katıya dönüşüm katsayısı kullanılırsa;

$S = \left(5320\,\frac{kg}{g\ddot{u}n}\right) * (1 - 0.70) = 1596\,\frac{kg}{g\ddot{u}n}$ bulunur.

$S_0 - S = \left(5320\,\frac{kg}{g\ddot{u}n}\right) - \left(1596\,\frac{kg}{g\ddot{u}n}\right) = 3724\,\frac{kg}{g\ddot{u}n}$,

$P_X = \frac{\left[(0.08)*(3724)\frac{kg}{g\ddot{u}n}\right]}{1+\left(0.03\frac{1}{g\ddot{u}n}\right)*(15\ g\ddot{u}n)} = 205.5\,\frac{kg}{g\ddot{u}n}$ şeklinde elde edilmektedir.

6. Adım: Günlük üretilen CH_4 hacminin hesaplanması

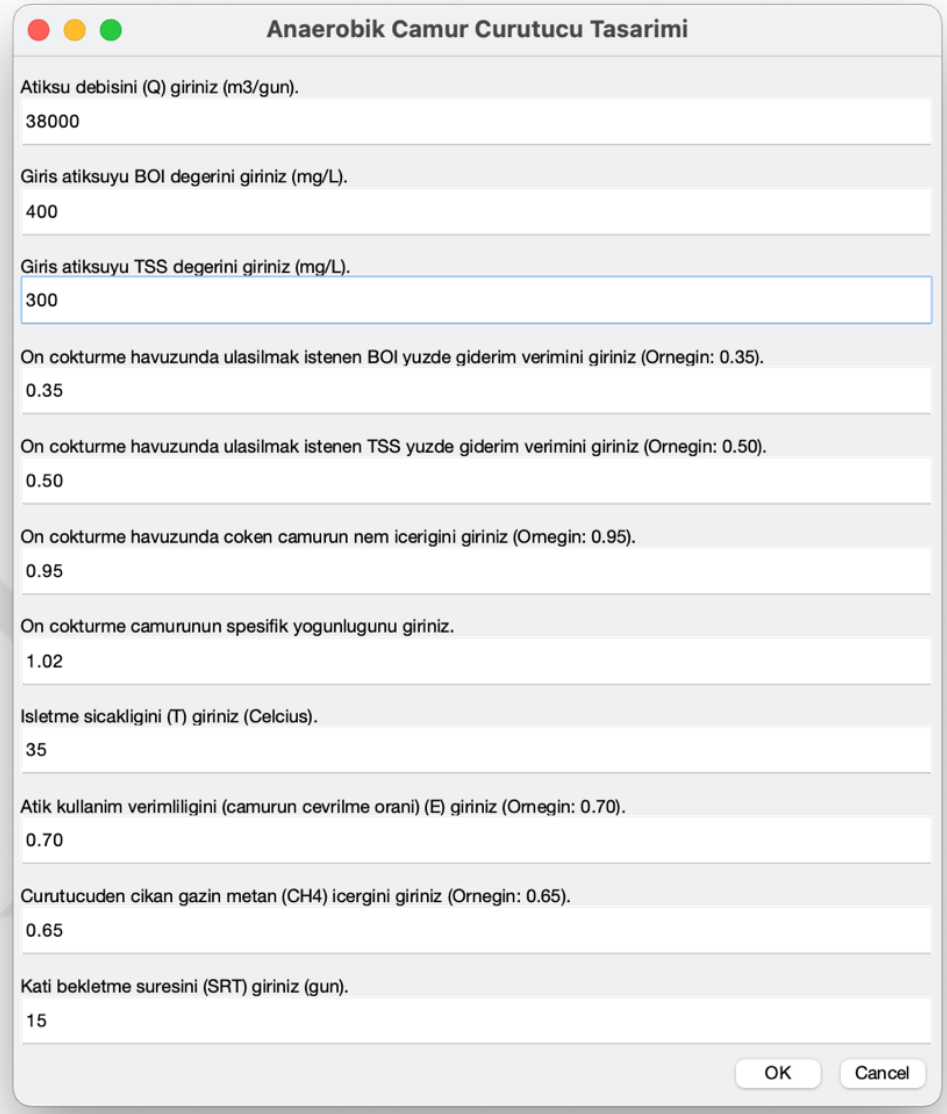
$V_{CH4} = (0.40) * \left(3724\,\frac{kg}{g\ddot{u}n}\right) - 1.42 * \left(205.5\,\frac{kg}{g\ddot{u}n}\right) = 1373\,\frac{m^3}{g\ddot{u}n}$ olarak hesaplanmaktadır.

7. Adım: Toplam üretilen günlük gazın hesaplanması

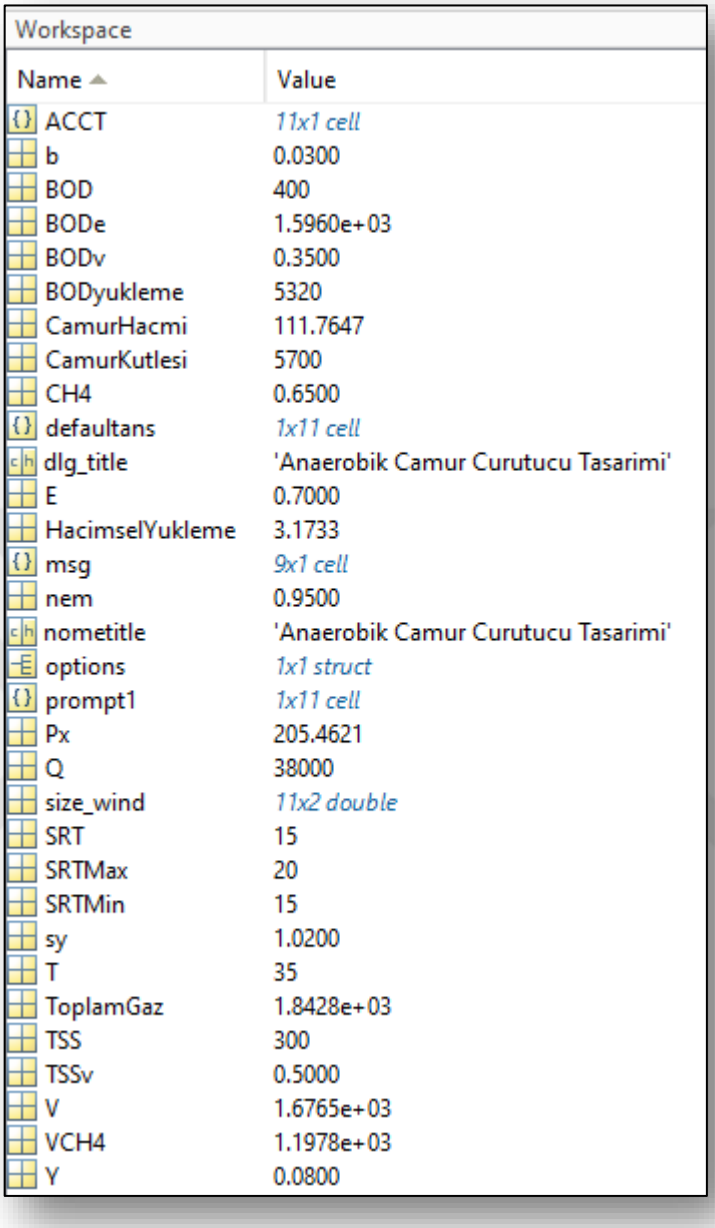
$Toplam\ g\ddot{u}nl\ddot{u}k\ gaz\ hacmi = \frac{1373}{0.65} = 2112\,\frac{m^3}{g\ddot{u}n}$ olacaktır.

21.3 Yüksek Hızlı Anaerobik Çamur Çürütücü Prosesi Tasarım Probleminin Bilgisayar Ortamında Modellenmesi

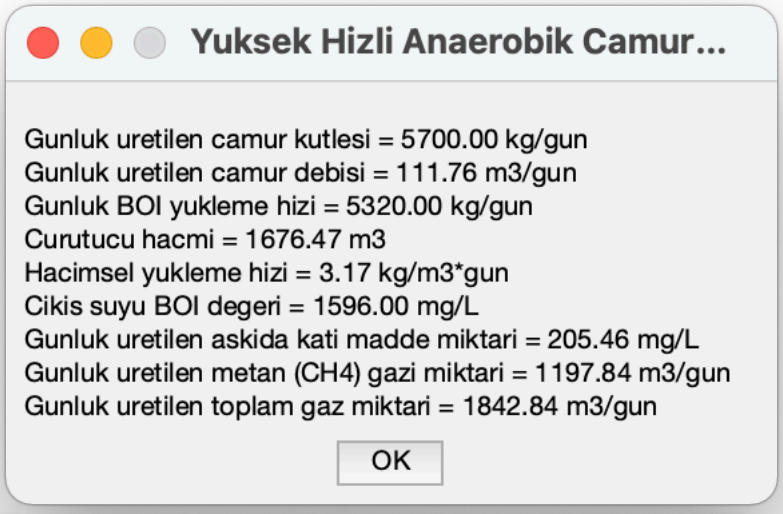
Teorik çözüm adımları verilen yüksek hızlı anaerobik çamur çürütücü prosesinin MATLAB® programında modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Program çalıştırıldığında ilk olarak kullanıcıdan tesisteki atıksu debisi, hidrolik bekletme süresi ve tankın boyutları ile ilgili tasarım verilerini işlemesi beklenir. Dizayn verileri işlendikten sonra Reynolds sayısı, dispersiyon katsayısı, dispersiyon sayısı gibi tüm parametreler hesaplanarak ekrana getirilmektedir. Eğer seçilen boyutlar, dispersiyon sayısı hedefini aşıyorsa sonuç penceresinde bu sözel olarak belirtilir. Eğer dispersiyon sayısı hedefini sağlıyorsa, dizayn boyutlarının uygunluğu ile ilgili bir sözel ifade de gözükmektedir. Program ile ilgili görseller ilerleyen bölümde gösterilmiştir.



Şekil 21.4 Tek bölmeli yüksek hızlı anaerobik çamur çürütücü prosesinin atıksu ve dizayn verileri giriş ekranı



Şekil 21.5 Tek bölmeli yüksek hızlı anaerobik çamur çürütücü prosesi bilgisayar modellemesinin MATLAB® çalışma alanı görüntüsü



Şekil 21.6 Tek bölmeli yüksek hızlı anaerobik çamur çürütücü prosesinin tasarım verileri sonuç ekranı

22
SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında çevre mühendisliğinin konusu olan ve üniversitelerde ders olarak okutulan çevre kimyası, fiziksel temel prosesler, kimyasal temel prosesler, biyolojik temel prosesler, hidrolik, su temini, anaerobik arıtma prosesleri, arıtma çamuru kontrolü, ileri arıtım teknolojileri ve optimizasyon uygulamaları alanlarından öğrencilerin, akademisyenlerin ve saha mühendislerinin neredeyse her zaman karşı karşıya kaldığı hesap problemleri inceleme altına alınmıştır. Bu problemlerin seçilme sebeplerinden biri çevre mühendisliği ile meşgul olan herkesi ilgilendirmesi, diğeri ise elle (manuel) veya hesap makinesiyle çözümü zor, karmaşık ve çok zaman alan problemler olmasıdır. Her mühendislik dalında olduğu gibi çevre mühendisliği hesaplamalarında da çok fazla formül kullanılmaktadır ve bu formüller çeşitli parametreler içermektedir. Formüllerin birçoğunda başka formüllerle çözülebilen parametreler de mevcuttur. Bu durum da inceleme altına alınan problemlerin komplekslik seviyesini arttırmaktadır. Komplekslik seviyesinin artması ile birlikte girdi değerleri her değiştiğinde problemin yeniden çözülmesi gerekmekte; bu da enerjiden ve zamandan ciddi kayıp demektir.

Bu çalışmanın en önemli hedefi, çevre mühendisliği hesap problemlerini çok kısa sürede çözüme kavuşturabilecek programların tasarlanmasıdır. İncelenen 21 adet uygulama örneğinde de bu hedefe ulaşılmıştır. Gerekli parametreler ve hedeflenen çıktılar bilindiği takdirde programların çalıştırılıp sonuç ekranına ulaşılması oldukça kısa sürmektedir. Ayrıca girdi değerlerinin değiştirilip yeni senaryolar ile programların çalıştırılması yine benzer sürelerde olmakta bu da her ufak değişim sonrası gerçekleştirilecek olan hesaplamaların az vakit alacağı anlamına gelmektedir. Programların ne hızda çözüm ürettiği, MATLAB® programında, tic-toc kodu eklenerek bulunabilmektedir. Çalışma kapsamında yer alan tüm problemlerin çalışma süreleri Tablo 22.1'de verildiği gibidir.

Tablo 22.1 Çalışma kapsamında yer alan problemlerin sonuç çıktısını verme süreleri

No.	Problemin İsmi/Alanı	Sonuç Verme Süresi (s)	Girdi Pencere Sayısı	Girdi Sayısı	Çıktı Pencere Sayısı	Çıktı Sayısı	Program İçeriği
1	Atıksu karakterizasyonunu değerlendirme	0.2224	1	11	1	20	Matematiksel hesap
2	Su agresifliği ve ölçekleme potansiyelini değerlendirme	0.3108	1	6	1	5	Matematiksel hesap
3	Münferit çökelme	1.4137	2	17	2	2	Matematiksel hesap ve grafik çizimi
4	Yumaklı çökelme	0.1929	2	10	1	1	Matematiksel hesap
5	Yüzeysel havalandırma	0.9415	2	15	2	5	Matematiksel hesap ve grafik çizimi
6	Fotoliz	0.2103	1	11	1	4	Matematiksel hesap
7	İçme suyu arıtımında filtre tasarımı	0.2628	1	17	1	13	Matematiksel hesap

Tablo 22.1 Çalışma kapsamında yer alan problemlerin sonuç çıktısını verme süreleri (devamı)

No.	Problemin İsmi/Alanı	Sonuç Verme Süresi (s)	Girdi Pencere Sayısı	Girdi Sayısı	Çıktı Pencere Sayısı	Çıktı Sayısı	Program İçeriği
8	Su iletimi/terfi merkezi maliyeti	0.2185	1	13	1	4	Matematiksel hesap
9	Endüstriyel kirlilik/optimum deşarj yöntemini seçme	1.9216	1	15	1	6	Matematiksel hesap
10	Çoklu bölge atıksuları için uygun arıtma alternatifi seçme	0.3402	2	18	2	6	Matematiksel hesap
11	Akıbet modeli	0.1990	1	10	1	8	Matematiksel hesap
12	4 adımlı nitrifikasyon prosesi	0.4858	1	11	1	4	Matematiksel hesap
13	Damlatmalı filtre	0.2428	2	11	1	3	Matematiksel hesap ve malzeme seçimi

Tablo 22.1 Çalışma kapsamında yer alan problemlerin sonuç çıktısını verme süreleri (devamı)

No.	Problemin İsmi/Alanı	Sonuç Verme Süresi (s)	Girdi Pencere Sayısı	Girdi Sayısı	Çıktı Pencere Sayısı	Çıktı Sayısı	Program İçeriği
14	Yalnızca karbon gideren tam karışımlı aktif çamur prosesi	0.2861	2	26	1	26	Matematiksel hesap
15	Birlikte karbon ve azot gideren tam karışımlı aktif çamur prosesi	0.3228	2	30	1	29	Matematiksel hesap
16	Preanoksik aşamalı MLE prosesi	0.3124	2	21	1	12	Matematiksel hesap
17	MBR prosesi	0.4250	3	35	1	23	Matematiksel hesap
18	MBBR prosesi	0.2701	2	27	1	17	Matematiksel hesap
19	Anaerobik temas tankı tasarımı	0.2751	2	19	1	20	Matematiksel hesap
20	Klor temas tankı tasarımı	0.2149	1	7	1	12	Matematiksel hesap

Tablo 22.1 Çalışma kapsamında yer alan problemlerin sonuç çıktısını verme süreleri (devamı)

No.	Problemin İsmi/Alanı	Sonuç Verme Süresi (s)	Girdi Pencere Sayısı	Girdi Sayısı	Çıktı Pencere Sayısı	Çıktı Sayısı	Program İçeriği
21	Yüksek hızlı anaerobik çamur çürütücü prosesi	0.1890	1	11	1	9	Matematiksel hesap

Çalışma kapsamında yazılan tüm programlara tic-toc kodu eklenerek programın sonuç verme süresi ölçülmüştür. Programlar, iki farklı bilgisayarda çözülmüş ve sürelerin ortalamaları alınmıştır. Programların çalıştırıldığı bilgisayarların özellikleri şunlardır:

- 1. Bilgisayar: Apple MacBook Air 2020, 4 çekirdekli 10. Nesil Intel Core i5 İşlemci 1.1 GHz, 8 GB 3733 MHz LPDDR4X Bellek, 256 GB PCIe Tabanlı Katı Hâl Diski, Intel Iris Plus Grafik Kartı, macOS Big Sur İşletim Sistemi
- 2. Bilgisayar: HP 290 G2 Business Masaüstü PC, 2 çekirdekli 8. Nesil Intel Pentium Gold G5500 İşlemci 3.80 GHz, 12 GB 2400 MHz DDR4 Bellek, 128 GB M2 NVME Tabanlı Katı Hâl Diski, NVIDIA GeForce GT 710 2 GB Grafik Kartı, Windows 10 Pro 64 bit İşletim Sistemi

Bu sürelere, program kodlarında matematiksel hesaplamaların yapılmaya başlandığı andan sonuç penceresinin ekrana getirilmesi arasında geçen zaman dahildir. Problemlerin çözülme süreleri 0.1890 saniye ile 1.9216 saniye arasında değişmektedir. Bu sürelere etkiyen faktörler şunlardır:

- Program içeriğinde yer alan kodların satır olarak azlığı/fazlalığı,
- Program kodları arasında fonksiyon çözme (fsolve) komutunun bulunması,
- Programlarda iteratif yaklaşımların olması,

- Program kodlarında koşul yaratan if, while, switch gibi yapıların bulunması,
- Programın, girilen parametrelere karşılık gelen bir grafik oluşturuyor olması,
- Kullanıcıların bilgisayar özelliklerinin ve işletim sistemlerinin farklılıkları

şeklinde sıralanabilir.

En hızlı çözülen problem, 0.1890 saniye ile 21 numaralı yüksek hızlı anaerobik çamur çürütücü tasarım problemidir. Bu problemde, kullanıcıdan 11 adet parametre girilmesi beklenir ve 9 adet sonuç verisi ekrana getirilir. En yavaş çözülen problem ise, 1.9216 saniye ile 9 numaralı endüstriyel kirlilik (optimum deşarj yöntemini seçme) problemidir. Bu problemde ise kullanıcıdan 15 adet parametre girilmesi beklenir ve 6 adet sonuç verisi ekrana getirilir. Fakat, problemin diğer problemlere göre daha yavaş çözülme sebebi, parametrelerin azlığı/fazlalığı değil; program kodlarında koşul ve karar süreçlerinin yoğun olarak yer almasıdır.

Programların bulduğu sonuç değerleri, teorik çözümle elde edilen verilerle çok büyük oranda örtüşmekte ancak bazı veriler arasında ufak farklılıklar meydana gelebilmektedir. Bu farklılığın en büyük sebebi, teorik çözümde bulunan bazı değerlerde, sayının tam kısmından sonra gelen kısmın çok basamaklı olması ve bu basamakların sadece belirli bir miktarının hesaba katılması, bir tür sayı yuvarlama işlemi yapılmasıdır. Ayrıca teorik çözümlerde iteratif yaklaşım gerektiren birçok durum mevcuttur. Çözüm yapılırken bir değer belirlenir ve işlem ona göre ilerletilir fakat bulunan değer, çıkış suyu standardı vb. değerleri sağlayamadığında iteraktif yaklaşım yenilenir ve işlemlere başka bir değer ile devam edilir. Bu şekilde bulunan değerler kesin olmamakla birlikte doğru bir iteratif yaklaşımın benimsenmesi çok uzun sürebilir. Ancak MATLAB® ortamında herhangi bir yuvarlama işlemi yapılmadan ve de MATLAB®, iteratif yaklaşımı bünyesindeki döngüsel kodlar ile sağladığından, sonuçlara daha hassas ve net bir şekilde kısa zaman içerisinde ulaşılmaktadır.

22.1 Programlarda Meydana Gelebilecek Muhtemel Hatalar, Sebepleri ve Çözümleri

Bu çalışma kapsamında oluşturulan MATLAB® programları, teorik çözümlerde verilen parametreler ile işleme tâbi tutulduğunda oldukça kesin ve doğru verilere

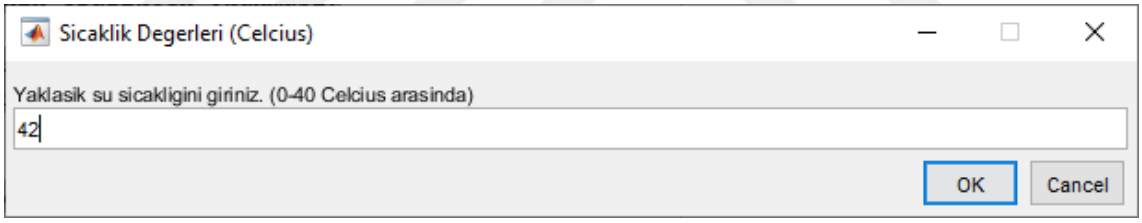
ulaştırmasına rağmen farklı parametreler denendiğinde birtakım hatalar veya anlamsız sonuçlar meydana gelebilmektedir. Esasen bu hataların sebebi kodların hatalı olması değil bilimsel bazı aykırılıklar yaşanabiliyor olmasıdır. Bazı muhtemel hatalara örnek verilecek olursa:

- Kullanıcının atıksu sıcaklığını, bakterilerin yaşamsal aktivite gösteremeyecek bir sayı olarak girmesi,
- Kullanıcının kule çapı, tank çapı gibi parametreleri gerçekle örtüşmeyecek kadar büyük veya küçük girmesi,
- C_{st} gibi en ufak bir sıcaklık değişiminde farklı değerler alabilen parametrelerin yaratacağı ufak sapmalar şeklinde sıralanabilir.

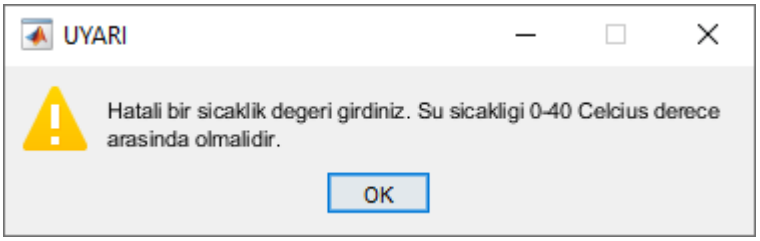
Programların hatasız çalışabilmesi için değerlerin bilimsel verilere uygun girilmesi, mikroorganizmaların yaşamsal aktivitelerinin ve teknik aksamların sorunsuz çalışacağı değer aralıklarının iyi gözetilmesi, en ufak bir sıcaklık veya yükseklik değişiminde farklı değerler alan parametrelerin literatürdeki tüm sıcaklık veya yükseklik değerlerine göre alacağı değerlerin problem kodlarına entegre edilmesi gerekmektedir. Bu konuda kullanıcıyı yönlendirecek bazı uyarı mesajları hazırlanmış ve programlara entegre edilmiştir. Örneğin, 5 numaralı oksijen transferi konulu programda, çözünmüş oksijenin doygunluk derişimini ifade eden C_s değeri, suyun 0-40°C arasındaki sıcaklıkları için farklı değerler almakta, 40°C'nin üstü ve 0°C'nin altındaki sıcaklıklara karşılık gelen değerleri bulunmamaktadır [127]. Şekil 22.1'de, 5 numaralı program için, uyarı mesajının hangi kod yapısı ile verildiğine ilişkin ekran görüntüsü yer alırken; Şekil 22.2'de su sıcaklığı değerinin giriş ekranı yer almaktadır. Şekilden de görüleceği üzere bu ekranda da gerekli uyarılar yazılı olarak yapılmıştır. Ek olarak, Şekil 22.3'te su sıcaklığının, belirtilen sınırlar dışında programa girilmesi hâlinde, nasıl bir uyarı ile karşılaşılacağını gösteren ekran görüntüsü yer almaktadır. Şekil 22.4'te ise C_s değerinin "Command Window" ekranında tanınmayan fonksiyon veya değişken olarak tanımlandığı görülmektedir.

```
susicakligi = c(1);
switch (susicakligi)
     case {0,1}
          Cs=14.4;
    case {2,3,4}
        Cs = 13.4;
    case {5,6,7}
        Cs = 12.4;
    case {8,9,10}
        Cs = 11.5;
    case {11,12,13}
        Cs = 10.7;
    case {14,15}
        Cs = 10.1;
    case {16,17,18}
        Cs = 9.6;
    case {19,20,21}
        Cs = 9;
    case {22,23,24,25}
        Cs = 8.4;
    case {26,27,28}
        Cs = 8;
    case {29,30,31,32}
        Cs = 7.5;
    case {33,34,35,36}
        Cs = 7;
    case {37,38,39,40}
        Cs = 6.5;
    otherwise
          warndlg('Hatali bir sicaklik degeri girdiniz. Su sicakligi 0-40 Celcius derece arasinda olmalidir.','UYARI');
end
```

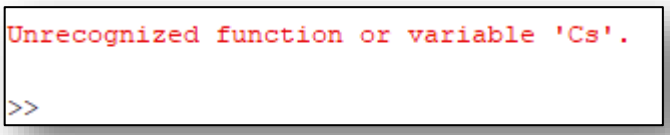
Şekil 22.1 Su sıcaklığının değişen değerlerine göre C_s parametresinin alacağı değerler ve uyarı mesajının yer aldığı satırı gösteren kod ekranı



Şekil 22.2 Su sıcaklığı değerinin giriş ekranı



Şekil 22.3 Su sıcaklığı, belirtilen sınırlar dışında girildiğinde programda gösterilecek uyarı mesajı kutusu



Şekil 22.4 Su sıcaklığı, belirtilen sınırlar dışında girildiğinde C_s'nin tanımsız olacağını gösteren MATLAB® Command Window ekranı görüntüsü

Bazı programlarda ise programın herhangi bir uyarı ekranı göstermemesi adına, kodların yazılışı sırasında önlemler alınmıştır. Örneğin, 3 numaralı münferit çökelmeye ilişkin programda, partiküllerin giderilen fraksiyonlarının 1'den yüksek bir değer çıkması hâlinde, program bu değeri otomatik olarak 1 alacaktır. Çünkü bir partikülün ancak %100'ü, fraksiyon olarak 1/1'i giderilebilir. İlgili ekran görüntüsü Şekil 22.5'te gösterilmiştir.

```
%ADIM 4: Ortalama Cokelme Hizlarinin Islenmesi
Ort1 = (V1)./2;
Ort2 = (V1+V2)./2;
Ort3 = (V2+V3)./2;
Ort4 = (V3+V4)./2;
Ort5 = (V4+V5)./2;
Ort6 = (V5+V6)./2;
Ort7 = (V6+V7)./2;
Ort8 = (V7+V8)./2;
%ADIM 5: Partikullerin Giderilen Fraksiyonlarinin Hesaplanmasi
Fr1 = Ort1./Vkritik;
Fr2 = Ort2./Vkritik;
Fr3 = Ort3./Vkritik;
Fr4 = Ort4./Vkritik;
Fr5 = Ort5./Vkritik;
Fr6 = Ort6./Vkritik;
Fr7 = Ort7./Vkritik;
Fr8 = Ort8./Vkritik;
if Fr1 >= 1
    Fr1 = 1;
end
if Fr2 >= 1
    Fr2 = 1;
end
if Fr3 >= 1
    Fr3 = 1;
end
if Fr4 >= 1
    Fr4 = 1;
end
if Fr5 >= 1
    Fr5 = 1;
end
if Fr6 >= 1
    Fr6 = 1;
end
if Fr7 >= 1
    Fr7 = 1;
end
if Fr8 >= 1
    Fr8 = 1;
end
```

Şekil 22.5 Münferit çökelme programında, partiküllerin giderilen fraksiyonlarının 1'den büyük bir değer çıkması hâlinde, programın davranışını modelleyen kod ekranı

3 ve 5 numaralı program için hazırlanan bu uyarı ve önlem sistemleri, gerek duyulması hâlinde tüm programlar için hazırlanabilir. MATLAB®'in esnek yapısı, yazılan 21 programın, bilimsel gelişmelere kolayca adapte olabilmesi için değişiklikler yapılmasını mümkün kılmaktadır.

22.2 Çalışma Kapsamının Geliştirilmesi İçin Teknolojik Girişimler, Öneriler ve Gelecek Çalışmalar

22.2.1 Teknolojik Girişimler

Bu çalışma kapsamında yazılan programların geliştirilmesi amacıyla birkaç çalışma tarafımızca yapılmıştır. Bunlardan ilki programların mobil platformlarda çalıştırılabilmesi için gerekli uygulamaların oluşturulmasıdır. Oluşturulan MATLAB® tabanlı programların Android işletim sistemli cep telefonu ve tablet bilgisayarlarda çalışabilmesi için kodun C yazılım diline çevrilmesi gerekmektedir. MATLAB® kodları, Coder eklentisi ile C diline çevrilebilmektedir ancak bu çalışma kapsamında göz önüne alınan problemlerin kod yapısı buna tam olarak uyum sağlayamamıştır. Hiçbir koşul yapısı içermeyen basit kodlar, başarı ile C yazılım diline çevrilmektedir fakat Çevre Mühendisliği problemlerinde kodların bu şekilde basitleştirilmesi mümkün olmamaktadır.

Bir diğer geliştirme çalışması, oluşturulan MATLAB® programlarının yine bir MATLAB® eklentisi olan Simulink'e transfer edilerek düzenlenmesi ve Simulink projesi olarak Android Studio'da kullanılmasıdır. Fakat Simulink daha çok otomasyon uygulamaları üzerinde özelleştiği için problemlere ait çözüm kodlarında yer alan birçok yapı, Simulink'te çalıştırılamamıştır.

Son olarak, oluşturulan programlar, bir MATLAB® eklentisi olan Compiler ile kaydedilmeye çalışılmıştır. Compiler eklentisi, bilgisayarında MATLAB® yüklü olmayan kullanıcılar için "Tıkla-Çalıştır" tarzı bir uygulama geliştirmeye yaramaktadır. Bilgisayarında MATLAB® yüklü olmayan kullanıcıların, oluşturulan programları, MATLAB® Runtime isimli MATLAB®'den bağımsız ufak bir eklenti yükleyerek çalıştırabilmesi yeterli olmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalar olumlu sonuç vermiştir. Programlar, Compiler ile başarılı bir şekilde kaydedilebilmiş ve MATLAB® yüklü olmayan bir bilgisayarda çalıştırılabilmiştir. Compiler eklentisinin en büyük avantajı, programları çalıştırmak için MATLAB® yükleme gereksinimi olmamasının yanısıra, oluşturulan MATLAB® programlarının kodlarını açık bir şekilde göstermiyor oluşu, kod gizliliğini sağlamasıdır.

22.2.2 Öneriler ve Gelecek Çalışmalar

Çevre Mühendisliği problemlerinin MATLAB® üzerinde kodlanması, çalıştırılması ve çözülmesi, çalışmanın önceki kısmında da bahsedilen sebeplerden ötürü oldukça verimli bir etkinlik yaratmaktadır. MATLAB®, basit arayüzü, kolay kod yapıları ve internette oldukça fazla kaynak barındırması sebebiyle tercih edilebilir bir program ve yazılım dili olmaktadır. Ülkemizde birçok üniversitede, lisans 1. Sınıf müfredatında, bir yazılım dili mutlaka temel bir şekilde öğretilmektedir ancak ilerleyen senelerde bu tarz dersler azalmaktadır hatta bazı üniversitelerin müfredatlarında hiç yer almamaktadır. Bu çalışma kapsamındaki başlıca öneri, Çevre Mühendisliği lisans ve lisansüstü müfredatına MATLAB®'in entegre edilmesidir. Çevre Mühendisliği derslerinde öğretilen teorik çözümler mutlaka MATLAB® gibi bir programda öğrenciler ve akademisyenler tarafından uygulamalı bir şekilde gösterilmeli ve farklı girdi değerleri ile yeni problem senaryoları üretilmelidir. Böylece öğrencilerin teorik bilgileri pekişeceği gibi düşünce ve vizyonları da genişleyecek ve bu sayede, yazılım konusunda istekli öğrenciler yetişebilecektir.

Günümüz dünyasında bilgisayar, yazılım, mobil uygulama, sosyal ağ gibi kavramlar, geleneksel kavramların önüne geçmeye başlamıştır. İnsanlar, market alışverişi dahil her türlü ihtiyaçlarını mobil uygulamalar sayesinde karşılayabilmektedir. Bu düzende yetişen mühendislerin, sahada çalışırken pratikliğe ihtiyaçları olmaktadır. Bu sebeple, Çevre Mühendisliği problemlerinin modellenmesi mobil platformlarda da çalışacak bir program vasıtasıyla gerçekleşebilmelidir. Bu konuda MATLAB®'in üreticilerinden bir eklenti geliştirmeleri beklenebilir veya geliştiricilerin başka bir yazılım vasıtasıyla, Çevre Mühendisliği problemlerini, cep telefonu ve tablet bilgisayarlar aracılığıyla çözebilecek programlar üretmesi beklenebilir.

Bu çalışma kapsamında bilgisayar esaslı modellemesi gerçekleştirilen 21 adet uygulama, birbirinden bağımsız bir şekilde yer almaktadır. Gelecekteki çalışmalarda, tüm bu uygulamaların tek tıkla, tek pencereden çalışabilecek seviyeye gelmesi amaçlanmaktadır.

KAYNAKÇA

[1] Y. Daineko, V. Dmitriyev ve M. Ipalakova, "Using virtual laboratories in teaching natural sciences: An example of physics courses in university," Computer Applications in Engineering Education, vol. 25, ss. 39–47, 2017.

[2] A. J. Magana ve G. Silva Coutinho, "Modeling and simulation practices for a computational thinking-enabled engineering workforce," Computer Applications in Engineering Education, vol. 25, ss. 62–78, 2017.

[3] K. Yetilmezsoy, "IMECE—implementation of mathematical, experimental, and computerbased education: a special application of fluid mechanics for civil and environmental engineering students," Computer Applications in Engineering Education, vol. 25, ss. 833–860, 2017.

[4] E. Behringer ve L. Engelhardt, "Guest editorial: AAPT recommendations for computational physics in the undergraduate physics curriculum, and the partnership for integrating computation into undergraduate physics," American Journal of Physics, vol. 85 ss. 325–326, 2017.

[5] T. Timberlake ve J. E. Hasbun, "Computation in classical mechanics," American Journal of Physics, vol. 76, ss. 334–339, 2008.

[6] Open Source Physics. (2020, 25 Kasım). Physics Pedagogy and Computer Science. COMPADRE. Erişim: https://compadre.org/osp/webdocs/programming.cfm.

[7] E.F. Redish ve J. M. Wilson, "Student programming in the introductory physics course: M.U.P. P.E.T," American Journal of Physics, vol. 61, ss. 222–232, 1993.

[8] K. C. Lee ve J. Lee, "Programming physics softwares in Flash," Computer Physics Communications, vol. 177, ss. 195–198, 2007.

[9] B. L. Sherin, "A comparison of programming languages and algebraic notation as expressive languages for physics," International Journal of Computers for Mathematics Learning, vol. 6, ss. 1–61, 2001.

[10] B. Zupančič ve A. Sodja, "Computer-aided physical multi-domain modelling: Some experiences from education and industrial applications," Simulation Modelling Practice and Theory, vol. 33, ss. 45–67, 2013.

[11] E. Bozkurt ve A. Ilik, "The effect of computer simulations over students' beliefs on physics and physics success," Procedia Social and Behavioral Sciences, vol. 2, ss. 4587–4591, 2010.

[12] R. Taub, M. Armoni, E. Bagno ve M. M. Ben-Ari, "The effect of computer science on physics learning in a computational science environment," Computers & Education, vol. 87, ss. 10–23, 2015.

[13] H. Nguyen ve R. Santagata, "Impact of computer modeling on learning and teaching systems thinking," Journal of Research in Science Teaching, ss. 1-28, 2020.

[14] N. Zhang, G. Biswas, K. W. McElhaney, S. Basu, E. McBride ve J. L. Chiu, "Studying the Interactions Between Science, Engineering, and Computational Thinking in a Learning-by-Modeling Environment," International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED), ss. 598-609, 2020.

[15] C. Sarabando, J. P. Cravino ve A. A. Soares, "Contribution of a computer simulation to students' learning of the physics concepts of weight and mass," Procedia Technology, vol. 13, ss. 112–121, 2014.

[16] K. Yetilmezsoy, "IMECE-Implementation of mathematical, experimental, and computer-based education: A special application of fluid mechanics for civil and environmental engineering students," Computer Applications in Engineering Education, vol. 25-5, ss. 833-860, 2017.

[17] K. Yetilmezsoy ve C. E. Mungan, "MATLAB time-based simulations of projectile motion, pendulum oscillation, and water discharge," European Journal of Physics, vol. 39, ss. 1-18, 2018.

[18] S. Attaway, "MATLAB: A Practical İntroduction To Programming and Problem Solving," London, Butterworth Heinemann, 2009.

[19] N. Nirmalakhandan, "Modeling Tools for Environmental Engineers and Scientists," London, CRC Press, 2001.

[20] H. Moore, "MATLAB for Engineers: Global Edition," 4th edition. Birleşik Krallık, Pearson Higher Education, 2014.

[21] D. W. Harder, University of Waterloo. (2020, 26 Kasım). MATLAB® Tutorial. University of Waterloo. Erişim: https://ece.uwaterloo.ca/~dwharder/Matlab/.

[22] The MathWorks Inc. (2020, 26 Kasım). MATLAB vs. Python: Top reasons to choose MATLAB. The Mathworks Inc. Erişim: https://www.mathworks.com/products/matlab/matlab-vs-python.html?s_tid=srchtitle.

[23] The MathWorks Inc. (2020, 26 Kasım). Comparing MATLAB and R for prototyping and implementing analytics. The Mathworks Inc. Erişim: https://mathworks.com/discovery/matlab-vs-r.html#apps.

[24] J. D. Crawford, Doug Crawford's Visuomotor Neuroscience Lab. (2020, 27 Kasım). York University. Erişim: https://yorku.ca/jdc/Matlab/Lesson1.htm.

[25] F. Akbal, Biyolojik Azot ve Fosfor Giderimi, Ders Notları, Samsun, 2020.

[26] Gatidou ve ark., "Review on the occurrence and fate of microplastics in Sewage Treatment Plants," Journal of Hazardous Materials, vol. 367, ss. 504-512, 2019.

[27] G. Tchobanoglous, H. D. Stensel, R. Tsuchihashi, F. Burton, M. Abu-Orf, G. Bowden ve W. Pfrang, Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5th edition, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: McGraw-Hill Education, ss. 707-717, 2013.

[28] H. Toprak, Atıksu Miktar ve Özellikleri, Ders Notları, İzmir, 2020.

[29] B. A. Kocamemi, Environmental Engineering Unit Processes, Ders Notları, ss. 25, 2017.

[30] S. Yümün, "Küçükkuyu, Güre ve Dikili koylarında toplam karbon (TC), toplam organik karbon (TOC), inorganik karbon (IC), toplam azot (TN) ve C/N oranlarına bağlı olarak kıta içi kirliliğin araştırılması," Yüksek lisans tezi, Çevre Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye, 2019.

[31] İ. Öztürk, Atıksu Mühendisliği, İstanbul, Türkiye: İSKİ Teknik Kitaplar Serisi, 2016.

[32] D. Li ve S. Liu, "Drinking Water Detection," Water Quality Monitoring and Management, ch. 10, ss. 251-267, 2019.

[33] V. Eroğlu, Su Tasfiyesi, 6. Baskı, Ankara, Türkiye: Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları, 2008.

[34] E. Y. Küçükgül ve D. Özdağlar, "İçme Suyunda Agresitivitenin Saptanması ve Şebekede Korozyonun Önlenmesi," Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, vol. 6-3, ss. 19-39, 2004.

[35] M. L. McFarland, T. L. Provin ve D. E. Boellstorff, "Drinking Water Problems: Corrosion," Water and the Earth's Resources, vol. 7-12, ss. 1-5, 2019.

[36] G. Tchobanoglous, H. D. Stensel, R. Tsuchihashi, F. Burton, M. Abu-Orf, G. Bowden ve W. Pfrang, Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5th edition, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: McGraw-Hill Education, ss. 530-535, 2013.

[37] İ. Peker, Çevre Mühendisliğinde Temel İşlemler, İstanbul, Türkiye: Birsen Yayınevi, ss. 197, 2007.

[38] T. D. Reynolds ve P. A. Richards, Çevre Mühendisliğinde Temel İşlemler ve Süreçler, 2. Basım, Ankara, Türkiye: Efil Yayınevi, 2015.

[39] A. Riazi ve U. Türker, "The drag coefficient and settling velocity of natural sediment particles," Computational Particle Mechanics, vol. 6, ss. 427-437, 2019.

[40] G. Tchobanoglous, H. D. Stensel, R. Tsuchihashi, F. Burton, M. Abu-Orf, G. Bowden ve W. Pfrang, Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5th edition, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: McGraw-Hill Education, ss. 350-354, 2013.

[41] H. Toprak, Sedimentation. (2020, 15 Eylül). Dokuz Eylül Üniversitesi. Erişim: http://web.deu.edu.tr/atiksu/ana52/ani4054.html.

[42] T. D. Reynolds ve P. A. Richards, Çevre Mühendisliğinde Temel İşlemler ve Süreçler, 2. Basım, Ankara, Türkiye: Efil Yayınevi, ss. 238, 2015.

[43] T. D. Reynolds ve P. A. Richards, Çevre Mühendisliğinde Temel İşlemler ve Süreçler, 2. Basım, Ankara, Türkiye: Efil Yayınevi, ss. 512, 2015.

[44] S. Sertkaya, "Balıkesir Kentsel Katı Atık Depolama Sahası Sızıntı Sularından Jet Loop Reaktör Kullanılarak Amonyak Giderimi," Yüksek lisans tezi, Çevre

Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, Türkiye, 2015.

[45] İ. Peker, Çevre Mühendisliğinde Temel İşlemler, İstanbul, Türkiye: Birsen Yayınevi, ss. 139, 2007.

[46] J. Colt, "Solubility of Atmospheric Gases in Freshwater," Computation of Dissolved Gas Concentration in Water as Functions of Temperature, Salinity and Pressure, 2nd Edition. Amerika Birleşik Devletleri: Elsevier, böl. 1, ss. 1-71, 2012.

[47] G. Tchobanoglous, H. D. Stensel, R. Tsuchihashi, F. Burton, M. Abu-Orf, G. Bowden ve W. Pfrang, Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5th edition, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: McGraw-Hill Education, ss. 422-423, 2013.

[48] M. Y. Kılıç ve K. Kestioğlu, "Endüstriyel Atıksuların Arıtımında İleri Oksidasyon Proseslerinin Uygulanabilirliğinin Araştırılması," Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, vol. 13-1, ss. 67-80, 2008.

[49] G. Tchobanoglous, H. D. Stensel, R. Tsuchihashi, F. Burton, M. Abu-Orf, G. Bowden ve W. Pfrang, Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5th edition, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: McGraw-Hill Education, ss. 521, 2013.

[50] World Health Organization, Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition, Cenevre, İsviçre: Word Health Organization, 2017.

[51] A. R. Tricker ve R. Preussman, "Carcinogenic N-nitrosamines in the diet: occurence, formation, mechanisms and carcinogenic potential," Mutation Research, vol. 259, ss. 277-289, 1991.

[52] G. Tchobanoglous, H. D. Stensel, R. Tsuchihashi, F. Burton, M. Abu-Orf, G. Bowden ve W. Pfrang, Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5th edition, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: McGraw-Hill Education, ss. 522-528, 2013.

[53] TrojanUVPhox™ UV-photolysis and UV-oxidation solution. (2020, 16 Eylül). ENVIROPRO. Erişim: https://www.enviropro.co.uk/entry/110288/Trojan-UV-Technologies-UK/TrojanUVPhox-UVphotolysis-and-UVoxidation-solution/.

[54] H. Wright, A. Salveson ve B. Sotirakos, UV Regulations: Wastewater and Reuse. (2020, 17 Eylül). UVSolutions. Erişim: https://uvsolutionsmag.com/articles/2019/uv-regulations-wastewater-and-reuse/.

[55] J. C. Crittenden, R. R. Trussell, D. W. Hand, K. J. Howe ve G. Tchobanoglous, MWH's Water Treatment: Principles and Design, 3rd edition, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: John Wiley & Sons, ss. 509, 2012.

[56] J. C. Crittenden, R. R. Trussell, D. W. Hand, K. J. Howe, G. Tchobanoglous, MWH's Water Treatment: Principles and Design, 3rd edition, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: John Wiley & Sons, ss. 515, 2012.

[57] J. C. Crittenden, R. R. Trussell, D. W. Hand, K. J. Howe, G. Tchobanoglous, MWH's Water Treatment: Principles and Design, 3rd edition, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: John Wiley & Sons, ss. 529, 2012.

[58] T. D. Reynolds ve P. A. Richards, Çevre Mühendisliğinde Temel İşlemler ve Süreçler, 2. Basım, Ankara, Türkiye: Efil Yayınevi, ss. 294, 2015.

[59] V. Eroğlu, Su Tasfiyesi, 6. Baskı, Ankara, Türkiye: Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları, ss. 133-134, 2008.

[60] V. Eroğlu, Su Tasfiyesi, 6. Baskı, Ankara, Türkiye: Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları, ss. 143, 2008.

[61] V. Eroğlu, Su Tasfiyesi, 6. Baskı, Ankara, Türkiye: Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları, ss. 144, 2008.

[62] V. Eroğlu, Su Tasfiyesi, 6. Baskı, Ankara, Türkiye: Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları, ss. 197, 2008.

[63] E. Debik, Atıksu Arıtımında Tesis Tasarımı, Ders Notları, İstanbul, 2017.

[64] D. Özdağlar, Terfi Merkezleri, Ders Notları, İzmir, 2011.

[65] Santrifüj Pompa. (2020, 20 Ağustos). BESCAMO. Erişim: https://www.bescamo.com/santrifuj-pompa/.

[66] ILN. (2020, 21 Ağustos). KSB. Erişim: https://products.ksb.com/en-eg/products/pumps-and-pump-systems/circulator-pumps/glanded-in-line-pump/iln-4556.

[67] M. Ardıçlıoğlu, Su Getirme, Ders Notları, Kayseri, 2017.

[68] M. Güner, Santrifüj Pompalarda Teorik Hesaplamalar, Ders Notları, Ankara, 2020.

[69] B. L. Stringam, "Pump Efficiency," LSU AgCenter Pub, vol. 3241-8, ss. 200, 2013.

[70] J. Evans, Pump Efficiency – What Is Efficiency. (2020, 21 Ağustos). PUMPS&SYSTEMS. Erişim: https://www.pumpsandsystems.com/pump-efficiency-what-efficiency.

[71] İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi, Mühendislik Ekonomisi, Ders Notları, İstanbul, 2016.

[72] K. Yetilmezsoy, Çevre Mühendisliğinde Optimizasyon Uygulamaları, Ders Notları, İstanbul, 2018.

[73] F. İ. Türkdoğan ve K. Yetilmezsoy, Su Getirme ve Kanalizasyon Uygulamaları, 3. baskı, İstanbul, Türkiye: Su Vakfı Yayınları, ss. 48, 2015.

[74] M. T. Gönüllü, Endüstriyel Kirlenme Kontrolü, İstanbul, Türkiye: Birsen Yayınevi, 2004.

[75] U. Kurt, Endüstriyel Kirlenme Kontrolü, Ders Notları, 2017.

[76] K. Yetilmezsoy, Çevre Mühendisliğinde Optimizasyon Uygulamaları, Ders Notları, İstanbul, 2019.

[77] A. R. Bielefeldt ve H. D. Stensel, "Evaluation of Biodegradation Kinetic Testing Methods and Longterm Variability in Biokinetics for BTEX Metabolism," Water Resources, vol. 33-3, ss. 733-740, 1999.

[78] M. Ekrem Çakmak, Adsorpsiyon Teorisi, Ders Notları, Yalova, 2018.

[79] G. Tchobanoglous, H. D. Stensel, R. Tsuchihashi, F. Burton, M. Abu-Orf, G. Bowden ve W. Pfrang, Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5th edition, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: McGraw-Hill Education, ss. 667, 2013.

[80] E. Debik, Biyolojik Temel İşlemler, Ders Notları, 2008.

[81] V. Matějů, S. Čižinská, J. Krejčí ve T. Janoch, "Water denitrification by an immobilized biocatalyst," Journal of Chemical Technology and Biotechnology, vol. 14-3, ss. 170-183, 1992.

[82] G. Tchobanoglous, H. D. Stensel, R. Tsuchihashi, F. Burton, M. Abu-Orf, G. Bowden ve W. Pfrang, Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5th edition, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: McGraw-Hill Education, ss. 782-785, 2013.

[83] E. Debik, Biyolojik Temel İşlemler, Ders Notları, ss. 116, 2008.

[84] Sewage Treatment Plan Trickling Filter STP Installation Service. (2020, 2 Ekim). INDIAMART. Erişim: https://www.indiamart.com/proddetail/trickling-filter-stp-installation-service-17104244855.html.

[85] J. P. Boltz, E. Morgenroth, G. T. Daigger, C. deBarbadillo, S. Murthy, K. H. Sørensen ve B. Stinson, "Method to identify potential phosphorus rate-limiting conditions in post-denitrification biofilm reactors within systems designed for simultaneous low-level effluent nitrogen and phosphorus concentrations," Water Research, vol. 46, ss. 6228-6238, 2012.

[86] M. L. Davis, Water and Wastewater Engineering Design Principles and Practice, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: McGraw-Hill, böl. 24-7, ss. 1084, 2010.

[87] G. Daigger ve J. Boltz, "Trickling Filter and Trickling Filter-Suspended Growth Process Design and Operation: A State-of-the-Art Review," Water Environment Research, vol. 83-5, ss. 388-404, 2011.

[88] Trickling Filters. (2020, 5 Ekim). THE WATER&CARBON GROUP. Erişim: https://waterandcarbon.com.au/technology/trickling-filters/.

[89] Tri Bio Pack Media Bio Trickling Filters. (2020, 11 Ekim). MADE IN CHINA. Erişim: https://chemxing.en.made-in-china.com/product/WjbmYCSdMrce/China-Tri-Bio-Pack-Media-Bio-Trickling-Filters.html.

[90] Trickling Filter Technology. (2020, 13 Ekim). HEWITECH. Erişim: https://www.hewitech.de/en/products/water-purification/tricklingfilter/.

[91] G. Tchobanoglous, H. D. Stensel, R. Tsuchihashi, F. Burton, M. Abu-Orf, G. Bowden ve W. Pfrang, Wastewater Engineering: Treatment and Resource

Recovery, 5th edition, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: McGraw-Hill Education, ss. 963-966, 2013.

[92] E. Debik, Biyolojik Temel İşlemler, Ders Notları, 2008.

[93] N. S. A. Alia, K. Muda, M. F. M. Amin, M. Z. M. Najib, E. H. Ezechi ve M. S. J. Darwisha, "Initialization, enhancement and mechanisms of aerobic granulation in wastewater treatment," Seperation and Purification Technology, 2020.

[94] M. I. Pariente, Y. Segura, R. Molina ve F. Martinez, "Wastewater Treatment as a process and a resource," Wastewater Treatment Residues as Resources for Biorefinery Products and Biofuels, United States of America: Elsevier, böl. 2, ss. 19-44, 2019.

[95] G. Tchobanoglous, H. D. Stensel, R. Tsuchihashi, F. Burton, M. Abu-Orf, G. Bowden ve W. Pfrang, Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5th edition, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: McGraw-Hill Education, ss. 756-761, 2013.

[96] G. Tchobanoglous, H. D. Stensel, R. Tsuchihashi, F. Burton, M. Abu-Orf, G. Bowden ve W. Pfrang, Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5th edition, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: McGraw-Hill Education, ss. 762-766, 2013.

[97] S. J. Ergas ve V. Aponte-Morales, "Biological Nitrogen Removal, Earth Systems and Environmental Sciences," Comprehensive Water Quality and Purification, vol. 3, Amerika Birleşik Devletleri: Elsevier, ss. 123-149, 2014.

[98] G. Tchobanoglous, H. D. Stensel, R. Tsuchihashi, F. Burton, M. Abu-Orf, G. Bowden ve W. Pfrang, Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5th edition, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: McGraw-Hill Education, ss. 806-813, 2013.

[99] L. Goswami, R. V. Kumar, S. Narayan, B. N. Arul, M. Kannan ve P. G.Pugazhenthi, "Membrane bioreactor and integrated membrane bioreactor systems for micropollutant removal from wastewater: A review," Journal of Water Process Engineering, vol. 26, ss. 314-328, 2018.

[100] Membran Bio Reaktör. (2020, 26 Kasım). ÇEVRETEK. Erişim: https://cevretek.com.tr/membran-bio-reaktor/.

[101] G. Tchobanoglous, H. D. Stensel, R. Tsuchihashi, F. Burton, M. Abu-Orf, G. Bowden ve W. Pfrang, Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5th edition, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: McGraw-Hill Education, ss. 813-818, 2013.

[102] G. Tchobanoglous, H. D. Stensel, R. Tsuchihashi, F. Burton, M. Abu-Orf, G. Bowden ve W. Pfrang, Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5th edition, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: McGraw-Hill Education, ss. 1015-1026, 2013.

[103] MBBR Media Moving Bed Biofilm Reactor. (2020, 30 Kasım). MADE IN CHINA. Erişim: https://chemxing.en.made-in-

china.com/product/HqCxAtKlZsGZ/China-Mbbr-Media-Moving-Bed-Biofilm-Reactor.html.

[104] M. L. Davis, Water and Wastewater Engineering Design Principles and Practice, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: McGraw-Hill, böl. 24-7, ss. 1091, 2010.

[105] FlooBED – Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). (2020, 30 Kasım). XPRT ENVIRONMENTAL. Erişim: https://www.environmental-expert.com/products/floobed-moving-bed-biofilm-reactor-mbbr-666240.

[106] G. Tchobanoglous, H. D. Stensel, R. Tsuchihashi, F. Burton, M. Abu-Orf, G. Bowden ve W. Pfrang, Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5th edition, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: McGraw-Hill Education, ss. 1061-1062, 2013.

[107] Z. Kong, L. Li, Y. Xue, M. Yang ve Y-Y. Li, "Challenges and prospects for the anaerobic treatment of chemical-industrial organic wastewater: A review," Journal of Cleaner Production, vol. 231, ss. 913-927, 2019.

[108] A. Aziz, F. Basheer, A. Sengar, Irfanullah, S. U. Khan ve I. H. Farooqi, "Biological wastewater treatment (anaerobic-aerobic) technologies for safe discharge of treated slaughterhouse and meat processing wastewater," Science of the Total Environment, vol. 686, ss. 681-708, 2019.

[109] G. Tchobanoglous, H. D. Stensel, R. Tsuchihashi, F. Burton, M. Abu-Orf, G. Bowden ve W. Pfrang, Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5th edition, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: McGraw-Hill Education, ss. 1099-1103, 2013.

[110] J. Park, B. Lee, W. Shin, S. Jo ve H. Jun, "Application of a rotating impeller anode in a bioelectrochemical anaerobic digestion reactor for methane production from high-strength food waste," Bioresource Technology, vol. 259, ss. 423-432, 2018.

[111] G. Tchobanoglous, H. D. Stensel, R. Tsuchihashi, F. Burton, M. Abu-Orf, G. Bowden ve W. Pfrang, Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5th edition, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: McGraw-Hill Education, ss. 1107, 2013.

[112] D.J. Batstone, J. Keller, I. Angelidaki, S.V. Kalyuzhnyi, S.G. Pavlostathis, A. Rozzi, W.T.M. Sanders, H. Siegrist ve V.A. Vavilin, "The IWA Anaerobic Digestion Model No 1 (ADM1)," Water Science and Technology, vol. 45-10, ss. 65-73, 2002.

[113] M. L. Davis, Water and Wastewater Engineering Design Principles and Practice, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: McGraw-Hill, böl. 13-2, ss. 507, 2010.

[114] H. Irmak, Sularla İlişkili Hastalıklar, Ankara, Türkiye: Sağlık Bakanlığı Yayınları, 2008.

[115] N. P. Cheremisinoff, "Water Sterilization Technologies," Water and Wastewater Treatment Technologies, böl. 11, ss. 448, 2002.

[116] K. Aydın, "Ultraviyole Işınları ile Suların Dezenfeksiyonu," IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, Türkiye, ss. 989, 2009.

[117] G. Tchobanoglous, H. D. Stensel, R. Tsuchihashi, F. Burton, M. Abu-Orf, G. Bowden ve W. Pfrang, Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5th edition, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: McGraw-Hill Education, ss. 1353-1355, 2013.

[118] De-Risk Chlorine Contact Tank Design. (2020, 28 Kasım). NAVIER. Erişim: https://navier-flow-consultants.com/chlorine-contact-tanks/.

[119] M. Kacprzaka, E. Neczaj, K. Fijałkowskia, A. Grobelaka, A. Grosser, M. Worwaga, A. Rorata, H. Brattebob, Å. Almåsc ve B. R. Singhc, "Sewage sludge disposal strategies for sustainable development," Environmental Research, vol. 156, ss. 39-46, 2017.

[120] E. Neczaj ve A Grosser, "Biogas production by thermal hydrolysis and thermophilic anaerobic digestion of waste-activated sludge," Industrial and Municipal Sludge, böl. 31, ss. 741, 2019.

[121] N. C. Ayla, "Kentsel Katı Atık Depolama Sahalarında Oluşan Biyogazın Metan İçeriğinin İyileştirilmesi," Lisans tezi, Çevre Mühendisliği, İnşaat Fakültesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2018.

[122] Z. Guangyin ve Z. Youcai, "Harvest of Bioenergy From Sewage Sludge by Anaerobic Digestion," Pollution Control and Resource Recovery: Sewage Sludge, böl. 5, ss. 183, 2017.

[123] G. Tchobanoglous, H. D. Stensel, R. Tsuchihashi, F. Burton, M. Abu-Orf, G. Bowden ve W. Pfrang, Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5th edition, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: McGraw-Hill Education, ss. 1503-1509, 2013.

[124] Anaerobic Digestion of Sewage Sludge. (2020, 4 Aralık). SSWM. Erişim: http://archive.sswm.info/print/8676?tid=3467.

[125] Emaye Kaplama Çamur Çürütücü Tanklar. (2020, 1 Aralık). ETA EKİPMAN. Erişim: http://blog.etaekipman.com/index.php/camur-curutucu-tanki.html.

[126] N. Anggraini ve H. Herdiansyah, "COD Values for Determining BOD5 Dilution Factor in Faecal Sludge Waste - Case Study on the Duri Kosambi Faecal Sludge Treatment Plant in DKI Jakarta Province," AIP Conference Proceedings, vol. 2120-1, 2019.

[127] G. Tchobanoglous, H. D. Stensel, R. Tsuchihashi, F. Burton, M. Abu-Orf, G. Bowden ve W. Pfrang, Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5th edition, New York Şehri, New York, Amerika Birleşik Devletleri: McGraw-Hill Education, ss. 1923, 2013.

A
ATIKSU KARAKTERİZASYONU DEĞERLENDİRME PROGRAMI KODLARI

```
%Atiksu Karakterizasyonunun Degerlendirilmesi;
%Programmed by Necdet Cem Ayla, January 2021;
%ADIM 1: Parametrelerin Islenmesi;
prompt = {'Atiksu baslangic BOI konsantrasyonu degerini giriniz (mg/L). '...
'Atiksu baslangic KOI konsantrasyonu degerini giriniz (mg/L). '...
… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …
nometitle = ('Atiksu Giris ve Cikis Degerleri');
dlg_title = nometitle;
size_wind = [1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1
100]; % Pencere boyutlari
defaultans = {'','','','','','','','','',''}; %default degerler
options.Resize = 'on';
%options.WindowStyle = 'normal';
Atiksu = inputdlg(prompt,dlg_title,size_wind, defaultans,options);
BOD = str2double(Atiksu(1));
TCOD = str2double(Atiksu(2));
… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …
%ADIM 2: Hesaplamalarin Yapilmasi
tic
%ADIM 2.1: Biyolojik olarak parcalanabilir KOI (bCOD),
bCOD = 1.6.*(BOD);
```

```
%ADIM 2.2: Biyolojik olarak parcalanamayan partikuler KOI (nbpCOD),
%ADIM 2.2.1: Oncelikle partikuler olmayan kismin da hesaplanmasi gerekir,
nbCOD = TCOD - bCOD;
nbpCOD = nbCOD - sCODe;
%ADIM 2.3: Yavas bozunan KOI (sbCOD),
sbCOD = bCOD - rbCOD;
%ADIM 2.4: Biyo. olarak parcalanamayan ucucu askida kati maddeleR (nbVSS),
%ADIM 2.4.1: Oncelikle VSSKOI oranini bulmak gerekir,
VSSCOD = (TCOD-sCOD)./(VSS);
nbVSS = nbpCOD./VSSCOD;
%ADIM 2.5: Inert kati miktari (iTSS),
iTSS = TSS - VSS;
%ADIM 2.6: Biyo. olarak parcalanamayan partikuler organik azot (nbpON),
%ADIM 2.6.1: Oncelikle VSS icerisindeki org. azot degerini bulmak gerekir,
fN = (TKN - sON - NH4N)./(VSS);
nbpON = fN.*nbVSS;
%ADIM 2.7: Toplam biyo. olarak parcalanabilen Kjeldahl azotu (bTKN),
bTKN = TKN - nbpON - sON;
… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …
%ADIM 3: Tum Sonuclari Mesaj Kutusunda Gostermek,
msg = cell(12,1);
… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …
msgbox(msg,'Atiksu Karakterizasyonu');
toc
```

B
SU AGRESİFLİĞİ VE ÖLÇEKLEME POTANSİYELİ DEĞERLENDİRME PROGRAMI KODLARI

```
%Langelier ve Ryzner Indexlerine Gˆre Suyun Agresifliginin Bulunmasi˝
%Programmed by Necdet Cem Ayla, January 2021;
%ADIM #1
clear, clc
format short
%ADIM #2
a1 = {'Sudaki toplam kati miktari (mg/L)','HCO3 icin Ka2 degerinin tam sayi kismini giriniz. (girdi 10^-11 ile carpilacaktir.)',...
'CaCO3 icin Ksp degerinin tam kismini giriniz. (girdi 10^-9 ile carpilacaktir.)','Ca+2 iyonunun konsantrasyon degerinin tam kismini giriniz. (girdi 10^-3 ile carpilacaktir.) (mol/L)',...
'HC03 icin konsantrasyon degerinin tam kismini giriniz. (girdi 10^-3 ile carpilacaktir.) (mol/L)','Ar˝t˝lm˝¸ suyun pH degerini giriniz.'}
a2 = 'Girdiler';
a3 = [1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100];
a4 = inputdlg(a1,a2,a3);
tic
%ADIM #3
b = char(a4);
c = str2num(b);
TDS = c(1); KA2 = c(2); KSP = c(3); Ca = c(4); HCO3 = c(5); pH = c(6);
KA2_net = KA2.*(10^-11);
```

```
KSP_net = KSP.*(10^-9);
Ca_net = Ca.*(10^-3);
HCO3_net = HCO3.*(10^-3);
I=2.5.*10^-5.*TDS;
… … … …
```

C
MÜNFERİT ÇÖKELME PROGRAM KODLARI

```
%On Cokturme Havuzlarinda Partikul Giderim Verimini Hesaplama;
%Programmed by Necdet Cem Ayla, January 2021;
%ADIM 1: Baz Alinacak Hiz Araliklarinin Girilmesi
prompt1 = {'1. aral˝k: 0.0-V1 m/sa arasinda olacaktir. V1 i giriniz: ','2. aralik: V1-V2 m/sa arasinda olacaktir. V2 yi giriniz: ','V3 u giriniz: '...
'V4 u giriniz: '...
'V5 i giriniz: '...
'V6 yi giriniz: '...
'V7 yi giriniz: '...
'V8 i giriniz: '};
nometitle = ('Olcum Yapilacak Hiz Araliklarinin Degerleri');
dlg_title = nometitle;
size_wind = [1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100]; % Pencere boyutlari
defaultans = {'','','','','','','',''}; %default degerler
options.Resize = 'on';
%options.WindowStyle = 'normal';
Hiz = inputdlg(prompt1,dlg_title,size_wind, defaultans,options);
V1 = str2double(Hiz(1));
V2 = str2double(Hiz(2));
V3 = str2double(Hiz(3));
V4 = str2double(Hiz(4));
```

```
V5 = str2double(Hiz(5));

V6 = str2double(Hiz(6));

V7 = str2double(Hiz(7));

V8 = str2double(Hiz(8));

%ADIM 2: Belirtilen Hiz Araliklarinda Olculen Partikul Sayisi Degerleri

prompt2 = {'Cokelme hizi degeri 0 ile V1 arasinda iken olculen partikul sayisi (*10^5): '...

'Cokelme hizi degeri V1 ile V2 arasinda iken olculen partikul sayisi (*10^5): '...

'Cokelme hizi degeri V2 ile V3 arasinda iken olculen partikul sayisi (*10^5):'...

… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …

dlg_title = nometitle;

size_wind = [1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100]; % Windows size

defaultans = {'','','','','','','',''}; %default

options.Resize = 'on';

%options.WindowStyle = 'normal';

Cem = inputdlg(prompt2,dlg_title,size_wind, defaultans,options);

C1 = str2double(Cem(1));

C2 = str2double(Cem(2));

… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …

tic

%ADIM 3: Toplam Partikul Sayisinin Hesabi

ToplamPartikul = (C1+C2+C3+C4+C5+C6+C7+C8).*(10^-5);

%ADIM 4: Ortalama Cokelme Hizlarinin Islenmesi

Ort1 = (V1)./2;
```

```
Ort2 = (V1+V2)./2;

Ort3 = (V2+V3)./2;

… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …

%ADIM 5: Partikullerin Giderilen Fraksiyonlarinin Hesaplanmasi

Fr1 = Ort1./Vkritik;

Fr2 = Ort2./Vkritik;

Fr3 = Ort3./Vkritik;

… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …

if Fr1 >= 1
   Fr1 = 1;
end
if Fr2 >= 1
   Fr2 = 1;
end
if Fr3 >= 1
   Fr3 = 1;
end

… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …

%ADIM 6: Fraksiyondan Hareketle Giderilen Partikul Sayilarinin Hesabi

V1G1 = C1.*Fr1;

V2G2 = C2.*Fr2;

V3G3 = C3.*Fr3;

… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …

GiderilenPartikul = (V1G1+V2G2+V3G3+V4G4+V5G5+V6G6+V7G7+V8G8).*(10^-
5);
```

```
%ADIM 7: Giderilmeyen Partikul Miktarlarinin Hesabi

V1D1 = C1-V1G1;

V2D2 = C2-V2G2;

… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …

GiderilmeyenPartikul = (V1D1+V2D2+V3D3+V4D4+V5D5+V6D6+V7D7+V8D8).*(10^-5);

%ADIM 8: Genel Giderim Verimi

GiderimVerimi = (GiderilenPartikul)./(ToplamPartikul).*100;

msgbox(sprintf('On Cokturme Havuzunun Genel Giderim Verimi Yuzde %1.2f dir.',GiderimVerimi),'Genel Giderim Verimi')

%ADIM 9: Histogram Icin Matrislerin Olusturulmasi

%Atiksu Baslangic Partikul Verileri

A = [C1 V1D1; C2 V2D2; C3 V3D3; C4 V4D4; C5 V5D5; C6 V6D6; C7 V7D7; C8 V8D8];

%Hiz Araliklari

C = [V1 V2 V3 V4 V5 V6 V7 V8];

%Histogramin Olusturulmasi

W = bar(C,A);

W(1).FaceColor = 'r';

W(2).FaceColor = 'g';

legend('Baslangic partikul miktarlari', 'Giderilemeyen partikul miktarlari');

title ('Cokelme Hizlarina Gore Partikul Miktarlari');

xlabel ('Hiz Araliklari (m/sa)');

ylabel ('Partikul Sayilari (*10^-5)');

toc
```

D
YUMAKLI ÇÖKELME PROGRAMI KODLARI

```
%Yumakli Cokelme Grafiginden Okunan Degerlerle Verim Hesaplama;
%Programmed by Necdet Cem Ayla, January 2021;
%ADIM 1: Grafik Egrileri Arasindaki Delta H Degerlerinin Okunmasi
prompt1 = {'Delta h 1. degerini giriniz: '...
'Delta h 2. degerini giriniz: '...
'Delta h 3. degerini giriniz: '...
'Delta h 4. degerini giriniz: '...
'Cokturme kolonunun y¸ksekligini (H) giriniz (m.): '};
nometitle = ('Grafik Egrileri Arasindaki Delta h Degerleri');
dlg_title = nometitle;
size_wind = [1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100]; % Pencere boyutlari
defaultans = {'','','','',''}; %default degerler
options.Resize = 'on';
%options.WindowStyle = 'normal';
DeltaH = inputdlg(prompt1,dlg_title,size_wind, defaultans,options);
DeltaH1 = str2double(DeltaH(1));
DeltaH2 = str2double(DeltaH(2));
DeltaH3 = str2double(DeltaH(3));
DeltaH4 = str2double(DeltaH(4));
H = str2double(DeltaH(5));
%ADIM 2: Olculen Yuzde Verim Degerlerinin Islenmesi
prompt2 = {'Ilk egri icin (R1) degerini giriniz (Genelde 100dur.): '...
```

```
'Ikinci egri icin giderim verimi (R2) degerini giriniz: '...
'Ucuncu egri icin giderim verimi (R3) degerini giriniz: '...
'Dorduncu egri icin giderim verimi (R4) degerini giriniz: '...
'Besinci egri icin giderim verimi (R5) degerini giriniz: '};
nometitle = ('Olculen Yuzde Verim Degerleri');
dlg_title = nometitle;
size_wind = [1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100]; % Pencere boyutlari
defaultans = {'','','','',''}; %default degerler
options.Resize = 'on';
%options.WindowStyle = 'normal';
Verim = inputdlg(prompt2,dlg_title,size_wind, defaultans,options);
R1 = str2double(Verim(1));
… … … …
```

E
OKSİJEN TRANSFERİ PROGRAM KODLARI

```
%Yuzeysel Havalandirma Olcum Verileri Kullanilarak Uygun KL\alpha Katsayisini;
%Bulmak;
%Programmed by Necdet Cem Ayla, January 2021;
%1. ADIM: Kullanicidan Olcum Verilerini Toplamak
prompt = {'Ilk olcum yaptiginiz dakika: ','Ilk olculen cozunmus oksijen konsantrasyonu (mg/L): ','2. kez olcum yaptiginiz dakika: '...
   '2. olculen cozunmus oksijen konsantrasyonu (mg/L): '...
'3. kez olcum yaptiginiz dakika: '...
'3. olculen cozunmus oksijen konsantrasyonu (mg/L): '...
… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …
nometitle = ('Olcum Zamani ve Olculen Cozunmus Oksijen Konsantrasyonlari');
dlg_title = nometitle;
size_wind = [1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100]; % Pencere boyutlari
defaultans = {'','','','','','','','','','','','','',''}; %degerler
options.Resize = 'on';
%options.WindowStyle = 'normal';
Cem = inputdlg(prompt,dlg_title,size_wind, defaultans,options);
Z1 = str2double(Cem(1));
O1 = str2double(Cem(2));
Z2 = str2double(Cem(3));
… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …
```

```
%2. ADIM: Su Sicakligini Sectirmek
waitfor(prompt);
susicakligi = {'Yaklasik su sicakligini giriniz. (0-40 Celcius arasinda) '};
su2 = 'Sicaklik Degerleri (Celcius)';
su3 = [1 100];
su4 = inputdlg(susicakligi,su2,su3);
b = char(su4);
c = str2double(b);
susicakligi = c(1);
switch (susicakligi)
    case {0,1}
        Cs=14.4;
   case {2,3,4}
      Cs = 13.4;
  … … …
```

```
x = [Z1 Z2 Z3 Z4 Z5 Z6 Z7];
y = [Y1 Y2 Y3 Y4 Y5 Y6 Y7];
%Grafigin Cizdirilmesi
plot(x,y,'ro-','LineWidth',3,'Marker','square','MarkerEdgeColor','g')
title('Oksijen Saturasyonunun Zamanla Degisimi (KL\alpha Bulunmasi)');
xlabel('Zaman (dakika)');
ylabel('ln(Cs-C)/(Cs-C0) degerleri');
%4. ADIM: KL.\alpha Degerlerinin Grafikten Okunmasi;
slopes = diff(y)./diff(x);
slopes2 = slopes./(1.024)^(susicakligi-20);
%4.ADIM #1: Msgbox duzenlemesi icin kod eki;
cem2=[];
cem3=[];
%5. ADIM: Tum Sonuclari Topluca Mesaj Kutusunda Gosterme;
msg = cell(6,1);
msg{1} = sprintf('Girilen Su Sicakligi = %1.2f Celcius',susicakligi);
msg{2} = sprintf('Sicakliga Karsilik Gelen Cs Degeri = %1.0f',Cs);
msg{3} = sprintf('Grafikten Okunan KLalpha Degerleri',cem2);
msg{4} = num2str (slopes);
msg{5} = sprintf('20 Celciustaki KLalpha Degerleri',cem3);
msg{6} = num2str (slopes2);
msgbox(msg,'Sonuclar')
toc
```

F
FOTOLİZ PROSESİ PROGRAM KODLARI

```
%Ters Osmoz Cikis Suyundaki NDMA Kirleticisi Icin Fotoliz Prosesi Dizayni;
%Programmed by Necdet Cem Ayla, January 2021;
%ADIM #1
clear, clc
format long
%ADIM #2
a1 = {'Fotoliz prosesinde kullanilacak toplam lamba sayisini giriniz','Bir lambanin elektriksel gucunu yaziniz (Watt)',...
'Reaktor cikis verimini yuzdelik sayi seklinde giriniz (Ornegin: 0.67)','Reaktorde kullanilacak suyun efektif hacmini giriniz (Litre)',...
… … … …
```

```
Lamba = c(1); LambaGucu = c(2); Verim = c(3); V = c(4); n = c(5); Ci = c(6); Cf = c(7);
Lamda = c(8); Fi = c(9); Epsilon = c(10); k2 = c(11);

P = ((Lamba).*(LambaGucu))./1000;

PR = ((P).*(Verim).*(Lamda.*(10^(-9)))./((j.*h.*vl.*V)));

Epsilon2 = 2.303.*(Epsilon);

k = Fi.*PR.*((Epsilon2)./(k2));

%ADIM #4 Hidrolik Hesaplamalar

HRT = (n./k).*(((Ci./Cf)^(1/n))-1);

Q = V./HRT;

%ADIM #5 Fotoliz Prosesinin Elektriksel Verimliligini Hesaplama (EE/O)

ElektrikselVerimlilik = (P./3600)./(Q.*(log10(Ci./Cf)));

GunlukToplamEnerjiKullanimi = n.*(P).*24;

%ADIM #6 Sonuclari Bir Mesaj Kutusunda Gostermek

msg = cell(4,1);

msg{1} = sprintf('Toplam reaktör gücü = %1.1f Kilowatt',P);

msg{2} = sprintf('Su debisi = %1.3f m3/s',Q);

msg{3} = sprintf('Elektriksel Verimlilik = %1.2f kWsa/m3',ElektrikselVerimlilik);

msg{4} = sprintf('Gunluk Toplam Enerji Kullanimi = %1.3f
kWsa/gun',GunlukToplamEnerjiKullanimi);

msgbox(msg, 'Sonuclar ve Degerlendirme')

toc
```

G
FİLTRASYON PROGRAM KODLARI

```
%ADIM 1: Azalan Debili Filtrelerle Filtrasyon Mekanizmasi Tasarimi;
%Programmed by Necdet Cem Ayla, January 2021;
prompt = {'Filtrelere giren ham su debisini (Q) giriniz (m3/s).',...
'Filtre sayisini (n) giriniz.',...
'Filtrelerin calistigi ortalama hizi (Vort) giriniz (m/sa). ',...
'Filtreler kirlendikten sonra filtrelerin calisacagi hizi (Vmin) giriniz (m/sa).',...
... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ...
nometitle = ('Filtre Ekipmanlarinin Tasarim Parametreleri');
dlg_title = nometitle;
size_wind = [1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100]; % Pencere boyutlari
defaultans = {'','','','','','','','','','','','','','','',''}; %default degerler
options.Resize = 'on';
%options.WindowStyle = 'normal';
Filtre = inputdlg(prompt,dlg_title,size_wind, defaultans,options);
Q = str2double(Filtre(1));
n = str2double(Filtre(2));
Vort = str2double(Filtre(3));
Vmin = str2double(Filtre(4));
... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ...
%ADIM 2: Filtre boyutlarinin hesaplanmasi;
tic
```

```
FiltreBoyutu = Q./(n.*Vort.*24);
%ADIM 3: Akim hesaplamalarinin yapilmasi;
OrtAkim = Q./n;
MaxAkim = FiltreBoyutu.*Qfmax.*24;
MinAkim = FiltreBoyutu.*Vmin.*24;
%ADIM 4: Orifis yuk kayiplarinin hesaplanmasi;
BoruSuHizi = MaxAkim./(((pi()./4).*((d./1000).^2)).*86400);
BoruKayiplari = (kgiris+kcikis+kvana+kT).*((BoruSuHizi).^2)./(2.*9.81);
ToplamKayiplar = (Y1+Y2+Y3)+(BoruKayiplari);
OrifisYukKaybi = hmax-ToplamKayiplar;
%ADIM 5: Orifis capinin hesaplanmasi;
%Borunun alt kisimlarina kadar olan yuk kaybi hesaplandigindan;
OYK2 = OrifisYukKaybi./(0.7);
MaxAkim2 = MaxAkim./86400;
Eqn1 = 0;
dor = 0;
while Eqn1<MaxAkim2
   M1 = 2.*9.81.*OYK2;
   M2 = 1-(C.^2).*((dor./d).^2);
   M3 = M1./M2;
   M4 = sqrt(M3);
   M5 = pi().*((dor.^2)./4);
   M6 = C.*M5;
   Eqn1 = M6.*M4;
   dor = dor+0.0000001;
```

```
end
sonuc = dor;
kontrol = Eqn1;
%ADIM 6: Orifis hizinin ve Reynolds sayisinin kontrolu;
Vorifis = BoruSuHizi.*((d./(1000.*dor)).^2);
%ADIM 6.1: Kinematik viskozite sayisinin belirlenmesi;
switch (Tsu)
    case {0,1,2,3,4}
        KV=1.787.*(10^-6);
    … … …
```

```
KumTO = ((Vort./Qfmax).^2).*(OrifisYukKaybi+BoruKayiplari+Y3);

%ADIM 7.3.2: Kum icerisindeki laminer kayiplar;

KumLO = (Y1+Y2).*(Vort./Qfmax);

KirliFiltreO = KumTO + KumLO; %Butun filtreler temizken en dusuk su seviyesi;

%ADIM 8: Sonuclarin derlenmesi;

msg = cell(13,1);

msg{1} = sprintf('Her bir filtrenin alanı = %1.2f m2',FiltreBoyutu);

msg{2} = sprintf('Her bir filtreye giren ortalama akim = %1.2f m3/gun dur.',OrtAkim);

msg{3} = sprintf('Her bir filtreye giren maksimum akim = %1.2f m3/gun dur.',MaxAkim);

... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ...

msgbox(msg,'Elde Edilen Degerler');

toc
```

H
SU İLETİMİ (TERFİ İSTASYONU TASARIMI) PROGRAM KODLARI

```
%Terfi Istasyonu Tasariminda Ekonomik Boru Capi Secimi;

%Programmed by Necdet Cem Ayla, January 2021;

prompt = {'Kisi basi gunluk maksimum su sarfiyatini litre cinsinden giriniz ','Yerlesim yerinin nufusunu giriniz ','Yuzdelik Faiz oranini sadece sayi olarak giriniz '...

   'Yuzdelik Amortisman oranini sadece sayi olarak giriniz '...

'Pompanin gunde kac saat calistirilacagini giriniz '...

'kilowatt-saat basina odenecek elektrik ucretini giriniz '...

'Pompa verimini yuzdelik sayi formatinda giriniz '...

... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ...

nometitle = (['Yerlesim Yeri ve Isale Hatt˝ ile Ilgili Bilgiler']);

dlg_title = nometitle;

size_wind = [1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100]; % Windows size

defaultans = {'','','','','','','','','','','','',''}; %default

options.Resize = 'on';

%options.WindowStyle = 'normal';

Cem = inputdlg(prompt,dlg_title,size_wind, defaultans,options);

qmax = str2double(Cem(1));

N = str2double(Cem(2));

P1 = str2double(Cem(3));
```

```
… … … …
```

İ
ENDÜSTRİYEL KİRLİLİK (ALICI ORTAMA DEŞARJ OPTİMİZASYONU) PROGRAM KODLARI

```
%Aritilan Atiksu Icin Optimum Desarj Yonteminin Bulunmasi;

%Programmed by Necdet Cem Ayla, January 2021;

%ADIM #1

clear, clc

format short

%ADIM #2

a1 = {'Tesise giren atiksu debisini giriniz. (m3/s)','Derenin akis debisini giriniz. (m3/s)',...

'Nehrin akis debisini giriniz. (m3/s)','Tesise giren atiksuyun kirlilik yukunu giriniz. (BOI5 degeri)',...

'Derenin kirlilik yukunu giriniz. (BOI5 degeri)','Nehrin kirlilik yukunu giriniz. (BOI5 degeri)',...

'Dereye desarj yapilabilmesi icin BOI5 limit degerini giriniz. (mg/L)','Nehre desarj yapilabilmesi icin BOI5 limit degerini giriniz. (mg/L)',...

'Nehre desarj yapilmasi amaciyla sectiginiz borunun birim maliyetini giriniz. (TL/m.)','Sectiginiz borunun yillik yaklasik bakim/onarim masrafini giriniz. (TL/m/yil)',...

... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ...

a2 = 'Veriler';

a3 = [1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100];

a4 = inputdlg(a1,a2,a3);
```

```
%ADIM #3

b = char(a4);

c = str2num(b);

Qpla = c(1); Qstr = c(2); Qriv = c(3); Lpla = c(4); Lstr = c(5); Lriv = c(6); Lstd1 = c(7);
Lstd2 = c(8); minv = c(9); mopr = c(10); X = c(11); k = c(12); Vstr = c(13); i = c(14),
n = c(15);

%ADIM #3.1: Birinci Durum: Tesisten Dereye Direkt Desarj Yapilmasi

tic

syms E1

… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …

%ADIM #3.2: Ikinci Durum: Tesisten Nehre Boru Dosenerek Desarj Yapilmasi

t = (X./Vstr)./86400;

Ly = Lstr.*exp(-k.*t);

syms E2

KutleDengesi2 = Qpla.*Lpla.*(1-E2)+Qstr.*Ly+Qriv.*Lriv-(Qpla+Qstr+Qriv).*Lstd2;

B=solve(KutleDengesi2);

E2=double(B);

YatirimMaliyeti2 = (4.5+5.*(E2)).*(10.^6);

IsletmeMaliyeti2 = (0.1+0.5.*(E2)).*(10.^6);

BoruYatirimMaliyeti = minv.*X;

BoruIsletmeMaliyeti = mopr.*X;

YatirimMaliyeti2_c = YatirimMaliyeti2.*k4;

BoruYatirimMaliyeti_c = BoruYatirimMaliyeti.*k4;

ToplamMaliyet2 =
YatirimMaliyeti2_c+BoruYatirimMaliyeti_c+IsletmeMaliyeti2+BoruIsletmeMaliyeti
;
```

```
%ADIM #4 Sonuclari Bir Mesaj Kutusunda Gostermek
msg = cell(6,1);
msg{1} = sprintf('Direkt dereye desarj toplam maliyeti = %1.0f TL',ToplamMaliyet1);
msg{2} = sprintf('Boru dosenerek nehre desarj toplam maliyeti = %1.0f TL',ToplamMaliyet2);
msg{3} = sprintf('Direkt dereye desarj verimi = %1.2f',E1);
msg{4} = sprintf('Boru dosenerek nehre desarj verimi = %1.2f',E2);
%ADIM 5 Sonuclari Yorumlama
%Verim Degerlerine Gore Aritma Yontemini Yorumlama
Verim1 = E1;
Verim2 = E2;
if (Verim1>0.35) && (Verim2>0.35)
q=('Atiksuyun desarji icin biyolojik aritma gereklidir.');
end
if (Verim1<0.35) && (Verim2<0.35)
q=('Atiksuyun desarji icin fiziksel aritma yeterlidir.');
end
if (Verim1==0.35) && (Verim2==0.35)
q=('Atiksuyun desarji icin fiziksel aritma yeterlidir.');
end
msg{5} = q;
%Maliyet Degerlerine Gore Optimum Desarj Yontemini Yorumlama
TM1 = ToplamMaliyet1;
TM2 = ToplamMaliyet2;
```

```
if TM1>TM2
w=('Atiksuyun aritildiktan sonra boru dosenerek nehre desarj edilmesi mali acidan daha uygundur.');
end
if TM1<TM2
w=('Atiksuyun aritildiktan sonra direkt dereye desarji mali acidan daha uygundur.');
end
if TM1==TM2
w=('Direkt dereye desarj veya borular yardimiyla nehre desarj yontemlerinden biri secilebilir, mali acidan ikisi de uygundur.');
end
msg{6} = w;
msgbox(msg, 'Sonuclar ve Degerlendirme')
toc
```

J
ÇOKLU BÖLGE ARITMA ALTERNATİFİ BELİRLEME PRORAM KODLARI

```
%Uc Ayri Bolge Icin Bilesik/Ayri Aritma Uygunlugunun Arastirilmasi;

%Programmed by Necdet Cem Ayla, January 2021;

%ADIM #1

clear, clc

format short

%ADIM #2

a1 = {'1. bolgenin atiksu debisini giriniz. (Q1) (m3/s)','2. bolgenin atiksu debisini giriniz. (Q2) (m3/s)',...

'3. bolgenin atiksu debisini giriniz. (Q3) (m3/s)','1. bolge icin aritma bedelini giriniz. (C1) (TL/yil/Q1)',...

'2. bolge icin aritma bedelini giriniz. (C2) (TL/yil/Q2)','3. bolge icin aritma bedelini giriniz. (C3) (TL/yil/Q3)',...

'Uc bolgenin toplam debisi icin aritma bedelini giriniz. (C4) (TL/yil/QT)','1. bolge icin boru birim uzunlugu basina isale hatti yatirim bedelini giriniz. (Y1) (TL/m)',...

… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …

a2 = 'Veriler';

a3 = [1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100];

a4 = inputdlg(a1,a2,a3);

%ADIM #3

b = char(a4);

c = str2num(b);
```

```
Q1 = c(1); Q2 = c(2); Q3 = c(3); C1 = c(4); C2 = c(5); C3 = c(6); C4 = c(7); Y1 = c(8);
Y2 = c(9); Y3 = c(10); O1 = c(11); O2 = c(12); O3 = c(13); i = c(14); n = c(15);
%ADIM #3.1: Ayri Ayri Aritma Yontemi Icin Aritma Bedellerinin Hesabi
tic
A1 = Q1.*C1;
A2 = Q2.*C2;
A3 = Q3.*C3;
QT = Q1+Q2+Q3;
A4 = (QT).*C4;
AyriAritmaMaliyeti = A1+A2+A3;
%ADIM #3.2: Faiz Hesaplari Icin k4 Bileseninin Tanimlanmasi
k4 = (i.*((1+i)^n))./(((1+i)^n)-1);
%ADIM #3.3: Bilesik Aritma Yontemi Icin Isale Bedellerinin Hesabi
B1 = Y1.*k4+O1;
B2 = Y2.*k4+O2;
B3 = Y3.*k4+O3;
IsaleMaliyeti = B1+B2+B3;
%ADIM #4: Bilesik Aritma Icin En Yuksek Maliyetli Bolgeyi Bulma
if B1>=B2
  if B1>=B3
    EnBuyuk=B1;
    q=('Ortak aritma tesisinin 1. bolgeye yakin insa edilmesi mali acidan daha
uygundur.');
  else %B3>=B1
    EnBuyuk=B3;
```

```
    q=('Ortak aritma tesisinin 3. bolgeye yakin insa edilmesi mali acidan daha uygundur.');
  end
... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ...
end
%ADIM #5: Problemin Ilk Kismi Icin Verileri Gosterme
msg = cell(3,1);
msg{1} = sprintf('Bolgelerden alinan atiksular ayri ayri aritilirsa odenecek bedel = %1.0f TL',AyriAritmaMaliyeti);
msg{2} = sprintf('Atiksularin bilesik aritimi icin odenecek isale bedeli = %1.0f TL',IsaleMaliyeti);
msg{3} = q;
msgbox(msg, 'Sonuclar ve Degerlendirme')
toc
%ADIM #6: Bilesik Aritma Yapilacak Alani Konumlandirma
a5 = {'Sectiginiz konumun 1. bolgeye olan uzakligini giriniz. (s1) (m.)','Sectiginiz konumun 2. bolgeye olan uzakligini giriniz. (s2) (m.)',...
'Sectiginiz konumun 3. bolgeye olan uzakligini giriniz. (s3) (m.)'};
a6 = 'Uzakliklar';
a7 = [1 100; 1 100; 1 100];
a8 = inputdlg(a5,a6,a7);
d = char(a8);
e = str2num(d);
s1 = e(1); s2 = e(2); s3 = e(3);
tic
%ADIM #7: Tasima Maliyetlerini Hesaplama
```

```
TM1 = B1.*s1;

TM2 = B2.*s2;

TM3 = B3.*s3;

TasimaMaliyeti = TM1+TM2+TM3;

BilesikAritimToplamMaliyeti = IsaleMaliyeti+TasimaMaliyeti;

%ADIM #8: Alternatif Secimi

if (AyriAritmaMaliyeti>BilesikAritimToplamMaliyeti)

rr=('Atiksularin bilesik aritilmasi, mali acidan daha uygundur.');

end

if (BilesikAritimToplamMaliyeti>AyriAritmaMaliyeti)

rr=('Atiksularin ayri aritilmasi, mali acidan daha uygundur.');

end

if (AyriAritmaMaliyeti==BilesikAritimToplamMaliyeti)

rr=('Atiksularin aritilmasi icin ayri veya bilesik aritim secilebilir. Mali acidan farklari
yoktur.');

end

msg = cell(3,1);

msg{1} = sprintf('Atiksularin ortak aritim tesisine tasinma maliyeti = %1.0f
TL',TasimaMaliyeti);

msg{2} = sprintf('Bilesik aritma toplam maliyeti = %1.0f
TL',BilesikAritimToplamMaliyeti);

msg{3} = rr;

msgbox(msg, 'Alternatif Secimi')

toc
```

K
AKIBET MODELİ PROGRAM KODLARI

```
%Tam Karisimli Aktif Camur Prosesinde Biyotik ve Abiyotik Kayiplarin;
%Modellenmesi;
%Programmed by Necdet Cem Ayla, January 2021;
%ADIM 1: Parametrelerin Islenmesi
prompt1 = {'Giris substrat konsantrasyonu (S0,g/m3 veya mg/L): '...
'Hidrolik bekletme suresi (SRT, gün): '...
'Havalandirma tankinda atiksuyun havalandirilma suresi (T, gun):  '...
'MLVSS konsantrasyonu (Xt, g/m3 veya mg/L):  '...
… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …
nometitle = ('Aktif Camur Proses Tasarimi');
dlg_title = nometitle;
size_wind = [1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100];
% Pencere boyutlari
defaultans = {'','','','','','','','','',''}; %default degerler
options.Resize = 'on';
%options.WindowStyle = 'normal';
ACP = inputdlg(prompt1,dlg_title,size_wind, defaultans,options);
S0 = str2double(ACP(1));
SRT = str2double(ACP(2));
T = str2double(ACP(3));
Xt = str2double(ACP(4));
Kp = str2double(ACP(5));
```

```
KLa = str2double(ACP(6));
Um = str2double(ACP(7));
Ks = str2double(ACP(8));
b = str2double(ACP(9));
Y = str2double(ACP(10));
tic
%ADIM 2: Sivi Substrat Konsantrasyonunun Bulunmasi
S = Ks.*(1+b.*SRT)./(SRT.*(Um-b)-1);
%ADIM 3: Biyokutle Tarafindan Bozunan Substrat Konsantrasyonunun Bulunmasi
Xs = Y.*((S0-S)-Kp.*S.*Xt.*(T./SRT)-(KLa.*S.*T))./((b.*T)+(T./SRT));
%ADIM 4: Biyobozunma Sonucu Kayba Ugrayan Substrat Kons. Bulunmasi
Biyobozunma = (1./Y).*((Um.*S)./(Ks+S)).*(Xs.*T);
%ADIM 5: Sogrulma Sonucu Kayba Ugrayan Substrat Kons. Bulunmasi
Sogrulma = (Kp.*S.*Xt.*T)./(SRT);
%ADIM 6: Buharlasma Sonucu Kayba Ugrayan Substrat Kons. Bulunmasi
Buhar = (KLa.*S.*T);
%ADIM 7: Substrat Kayip Fraksiyonlarinin Bulunmasi
CikisFr = S./S0.*100;
BiyoFr = Biyobozunma./S0.*100;
SogrulmaFr = Sogrulma./S0.*100;
BuharFr = Buhar./S0.*100;
%ADIM 8: Sonuclari Mesaj Kutusunda Duzenli Bir Sekilde Gostermek
msg = cell(8,1);
msg{1} = sprintf('Cikis substrat konsantrasyonu = %1.3f g/m3',S);
```

```
msg{2} = sprintf('Biyokutle tarafindan ayristirilan substrat fraksiyonu yuzde %1.0f dir',CikisFr);

msg{3} = sprintf('Biyobozunma sonucu ayrisan substrat = %1.3f g/m3',Biyobozunma);

… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …

msgbox(msg,'Elde Edilen Bulgular');

toc
```

L
4 ADIMLI AKTİF ÇAMUR PROSESİ PROGRAM KODLARI

%4 Adimli ACP'nin Her Adimindaki NH4-N Konsantrasyonunun Bulunmasi;

%Programmed by Necdet Cem Ayla, January 2021;

%ADIM 1: Parametrelerin Islenmesi;

prompt = {'Aktif camur prosesinde uygulanacak olan hidrolik bekletme suresini (HRT) giriniz (sa). ',...

'Cikis suyu NH4-N degerini giriniz (mg/L). ',...

'Okside olmus amonyakli bilesiklerin (NOx) miktarini giriniz (mg/L). ',...

'Prosesin calistirilacagi sicaklik degerini giriniz (Celcius). ',...

'Belirlenen sicaklikta spesifik mikroorganizma buyume hizini (Umax) giriniz (g/g*gun). ',...

'NH4-N icin yari hiz sabitini (KNH) giriniz (mg/L).',...

'Maksimum hucre verimini (Yn) giriniz (gVSS/gNH4-N).',...

'Belirlenen sicaklikta mikroorganizma icsel parcalanma hizini (b) giriniz (g/g*gun). ',...

… …

dlg_title = nometitle;

size_wind = [1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100]; % Pencere boyutlari;

defaultans = {'','','','

```
HRT = str2double(Nitrifikasyon(1));
NH4NCikis = str2double(Nitrifikasyon(2));
NOx = str2double(Nitrifikasyon(3));
… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …
%ADIM 2: Tek adimli proses icin spesifik m.o. buyume hizinin bulunmasi;
tic
U = ((Umax.*NH4NCikis)./(NH4NCikis+KNH).*(DO./(DO+KO)))-b;
%ADIM 2.1: Kati bekletme suresinin (SRT) bulunmasi;
SRT = 1./U;
%ADIM 3: Nitrifikasyon bakterilerinin konsantrasyonunun bulunmasi;
Xn = ((SRT.*Yn.*NOx)./(HRT./24*(1+b.*SRT)));
%ADIM 4: 4 adimli proses icin hesaplamalarin yapilmasi;
%ADIM 4.1: HRT'nin 4 adimli proses icin yeniden hesaplanmasi;
HRT4 = (HRT./4)./24;
%ADIM 5: Proses bolmeleri icin kutle denklikleri ve NH4-N konsantrasyon
%esitliklerinin yazilmasi;
%ADIM 5.1: 4. bolmenin kutle denkligi ve 3. bolmenin NH4-N kons. bulunmasi;
Rn4 = (Umax./Yn).*(N4./(KNH+N4)).*(DO./(KO+DO)).*Xn;
syms N3
d4 = ((1 + R).*N3) - ((1 + R)*N4) - (Rn4.*HRT4);
W = solve(d4);
N3 = double(W);
%ADIM 5.2: 3. bolmenin kutle denkligi ve 2. bolmenin NH4-N kons. bulunmasi;
Rn3 = (Umax./Yn).*(N3./(KNH+N3)).*(DO./(KO+DO)).*Xn;
syms N2
```

```
d3 = ((1 + R).*N2) - ((1 + R)*N3) - (Rn3.*HRT4);
W2 = solve(d3);
N2 = double(W2);
%ADIM 5.3: 2. bolmenin kutle denkligi ve 1. bolmenin NH4-N kons. bulunmasi;
Rn2 = (Umax./Yn).*(N2./(KNH+N2)).*(DO./(KO+DO)).*Xn;
syms N1
d2 = ((1 + R).*N1) - ((1 + R)*N2) - (Rn2.*HRT4);
W3 = solve(d2);
N1 = double(W3);
%ADIM 5.4: 1. bolmenin kutle denkligi ve baslangic NH4-N kons. bulunmasi;
Rn1 = (Umax./Yn).*(N1./(KNH+N1)).*(DO./(KO+DO)).*Xn;
d1 = (NOx + R.*N4 - ((1 + R).*N1) - (Rn1.*HRT4));
%ADIM 6: Tum sonuclari duzenli bir sekilde gostermek;
msg = cell(4,1);
msg{1} = sprintf('1. bolmenin NH4-N konsantrasyonu = %1.2f mg/Ldir.',N1);
msg{2} = sprintf('2. bolmenin NH4-N konsantrasyonu = %1.2f mg/Ldir.',N2);
msg{3} = sprintf('3. bolmenin NH4-N konsantrasyonu = %1.2f mg/Ldir.',N3);
msg{4} = sprintf('4. bolmenin NH4-N konsantrasyonu = %1.2f mg/Ldir.',N4);
msgbox(msg,'Prosesin Her Bolmesindeki NH4-N Konsantrasyonlari');
toc
```

M
DAMLATMALI FİLTRE TASARIMI PROGRAM KODLARI

```
%Ek Havalandirmali Damlatmali Filtrelerde Basinc Dususlerini Hesaplama;
%Programmed by Necdet Cem Ayla, January 2021;
%ADIM 1: Atiksu Karakteristigi ve Dizayn Kabulleri;
prompt = {'Atiksu debisini (Q) giriniz (m3/gun).',...
'On cokturme cikisi BOI degerini (S0) giriniz (mg/L).',...
'Atiksu sicakligini (Tww) giriniz (Celcius). ',...
... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ...
nometitle = ('Atiksu Karakteristigi Bilgileri ve Dizayn Kabulleri');
dlg_title = nometitle;
size_wind = [1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100];
% Pencere boyutlari
defaultans = {'','','','','','','','','',''}; %default degerler
options.Resize = 'on';
%options.WindowStyle = 'normal';
Dizayn = inputdlg(prompt,dlg_title,size_wind, defaultans,options);
Q = str2double(Dizayn(1));
S0 = str2double(Dizayn(2));
Tww = str2double(Dizayn(3));
BOIlr = str2double(Dizayn(4));
Op = str2double(Dizayn(5));
D = str2double(Dizayn(6));
```

```
n = str2double(Dizayn(7));

h = str2double(Dizayn(8));

Ta = str2double(Dizayn(9));

P = str2double(Dizayn(10));

%ADIM 2: Damlatmali Filtreye Gerekli Oksijen Miktarinin Bulunmasi;

tic

Ro = 20.*(0.8.*(exp(-1.*9.*BOIlr))+1.2.*(exp(-1.*0.17.*BOIlr))).*(Op);

%ADIM 3: Hava Akis Hizinin Bulunmasi;

ARstd = (Ro.*Q.*S0.*3.58)./(1000.*1440);

%ADIM 3.1: Hava Akis Hizina Sicaklik Duzeltmesi;

    ART = ARstd.*((273.15+Ta)./(273.15)).*(1./P);

%ADIM 3.1.1: Dusuk oksijen saturasyonu duzeltmesi;

    ART2 = (ARstd.*((273.15+Ta)./(273.15)).*(1./P)).*(1+((Ta-20)./100));

%ADIM 4: Basinc Dususlerinin Bulunmasi;

A = pi().*(D.^2)./4;

q = (Q./24)./A;

Np = 10.33.*(h).*(exp((q.*1000).*1.36.*10.^-5));

%ADIM 4.1: Filtre Malzemesine Gore Duzeltme Faktorlerinin Secilmesi;

[Selection,OK] = listdlg('Name','Filtre Malzemesi Secim Ekrani','ListString', {'Tas',
'Plastik capraz akisli', 'Plastik dikey akisli', 'Plastik karisik malzemeli'},
'SelectionMode', 'single','ListSize', [350, 250]);

switch (Selection)

  case {1}

    SYA = 45;

    DF = 2;
```

```
    case {2}
        SYA = 100;
        DF = 1.3;
... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ...
%ADIM 5: Tum Sonuclarin Derlenmesi;
msg = cell(3,1);
msg{1} = sprintf('Damlatmali filtrede hava akis hizi = %1.4f m3/dk',ART2);
msg{2} = sprintf('Damlatmali filtrede basinc dusus miktari = %1.6f Pa dir.',DeltaP1);
msg{3} = sprintf('Damlatmali filtrede basinc dusus miktari = %1.6f kPa dir.',DeltaP12);
msgbox(msg,'Elde Edilen Sonuclar');
toc
```

N
YALNIZCA KARBON GİDEREN TAM KARIŞIMLI AKTİF ÇAMUR PROSESİ TASARIMI PROGRAM KODLARI

```
%Tam Karisimli Aktif Camur Prosesi Tasarimi;
%Programmed by Necdet Cem Ayla, January 2021;
%ADIM 1: Nitrifikasyon Olmadan Yalnizca BOD Giderimi Yapan Proses;
%Adim 1.1: Atiksu Karakteristigi;
prompt1 = {'BOD degerini giriniz (mg/L).',...
'Cozunebilir BOD miktarini (sBOD) giriniz (mg/L)',...
'COD degerini giriniz (mg/L).',...
'Cozunebilir COD miktarini (sCOD) giriniz (mg/L).',...
'Hizli biyolojik parcalanabilir KOI (rbCOD) konsantrasyonunu giriniz (mg/L).',...
'Toplam kati miktarini (TSS) giriniz (mg/L).',...
'Ucucu askida kati miktarini (VSS) giriniz (mg/L).',...
'bCOD/BOD oranini giriniz.',...
'Atiksu debisini (Q) giriniz (m3/gun).',...
'Havalandirma havuzundaki atiksu (Mixed-Liquor) sicakligini (T) giriniz.'};
nometitle = ('Atiksu Karakteristik Degerleri');
dlg_title = nometitle;
size_wind = [1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100];
% Pencere boyutlari
defaultans = {'','','','','','','','','',''}; %default degerler
options.Resize = 'on';
```

```
%options.WindowStyle = 'normal';

Atiksu = inputdlg(prompt1,dlg_title,size_wind, defaultans,options);

BOD = str2double(Atiksu(1));

sBOD = str2double(Atiksu(2));

COD = str2double(Atiksu(3));

… … … …
```

```
Proses = inputdlg(prompt2,dlg_title,size_wind, defaultans,options);
FineBubble = str2double(Proses(1));
LiquidDepth = str2double(Proses(2));
HSeramik = str2double(Proses(3));
DO = str2double(Proses(4));
HTesis = str2double(Proses(5));
PTesis = str2double(Proses(6));
alfa = str2double(Proses(7));
… … … …
```

```
YH = 0.45; bH = 0.12; b = 1.04; fd = 0.15; Ks = 8; Umax = 6; Umax2 = 1.07;

bHt = bH.*(b.^(T-20));

Umaxt = Umax.*(Umax2.^(T-20));

S = (Ks.*(1+bHt.*SRT))./(SRT.*(Umaxt-bHt)-1);

%Px,bio esitliginin modullere parcalanmasi;

Pxbio1 = Q.*YH.*(bCOD-S);

Pxbio2 = fd.*bHt.*Pxbio1.*SRT;

Pxbio3 = 1+bHt.*SRT;

Pxbio = ((Pxbio1./Pxbio3)./1000)+((Pxbio2./Pxbio3)./1000);

%Adim 3.1: Pxvss ve Pxtss degerlerinin bulunmasi;

Pxvss = Pxbio + (Q.*nbVSS./1000);

Pxtss = (Pxbio./0.85)+(Q.*nbVSS./1000)+(Q.*(TSS-VSS)./1000);

%Adim 3.2: MLVSS ve MLSS kutlelerinin bulunmasi;

MLVSSkutle = Pxvss.*SRT;

MLSSkutle = Pxtss.*SRT;

%ADIM 4: Havalandirma Havuzu Dizayni;

%Adim 4.1: Havalandirma havuzunun hacminin bulunmasi;

Vhav = ((MLSSkutle.*1000)./MLSS);

Vhavtek = Vhav./nhavuz;

%Adim 4.1: Havalandirma havuzu hidrolik bekletme suresinin bulunmasi;

HRT = (Vhav.*24)./(Q);

%Adim 4.2: Havalandirma havuzu MLVSS konsantrasyonunun bulunmasi;

%Adim 4.2.1: Ucucu kisim;

VSSkismi = MLVSSkutle./MLSSkutle;

MLVSS = VSSkismi.*MLSS;
```

```
%ADIM 5: F/M orani ve BOD hacimsel yukleme hizinin bulunmasi;
FM = (Q.*BOD)./(MLVSS.*Vhav);
BODyukleme = (Q.*BOD)./(Vhav.*1000);
%ADIM 6: TSS ve VSS bazinda Yobs degerinin bulunmasi;
%TSS bazinda;
GiderilenbCOD = Q.*(bCOD-S)./1000;
YobsTSS = (Pxtss./GiderilenbCOD).*Ratio;
%VSS bazinda;
YobsVSS = (YobsTSS)*VSSkismi;
%ADIM 7: Oksijen ihtiyacinin hesaplanmasi;
… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …
%Cst degeri icin kosullu esitlikler;
switch T
   case {0,1,2}
      Cst = 14.1;
   case {3,4}
      Cst = 13.2;
   case {5,6,7}
      Cst = 12.5;
… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …
%SOTR devami;
SOTR3 = (beta.*(Cst./9.09).*PbPa.*Cdifuzor)-DO;
SOTR4 = 1.024.^(20-T);
SOTR = SOTR1.*(SOTR2./(SOTR3)).*SOTR4;
%Adim 8.5: Hava akis hizinin bulunmasi;
```

```
HavaAkisHizi = SOTR./(FineBubble.*60.*0.27);

%ADIM 9: Son Cokturme Tanki Tasarimi;

XR = MLSS./Rsc+MLSS;

Alansc = Q./HRTsc;

Alantek = Alansc./Tanksayisi;

Captek = sqrt(4.*Alantek./pi());

%Kati Yukleme Hizinin Bulunmasi;

Katiyukleme = ((1+Rsc).*Q.*MLSS./1000)./(Alansc.*24);

msg = cell(26,1);

msg{1} = sprintf('Biyolojik olarak parcalanabilen KOI degeri = %1.2f mg/L',bCOD);

msg{2} = sprintf('Biyolojik olarak parcalanamayan KOI degeri = %1.2f mg/L',nbCOD);

msg{3} = sprintf('Biyolojik olarak parcalanamayan cozunebilen cikis KOI degeri = %1.2f mg/L',nbsCODe);

msg{4} = sprintf('Biyolojik olarak parcalanamayan VSS degeri = %1.2f mg/L',nbVSS);

msg{5} = sprintf('Cikis BOI degeri = %1.2f mg/L',S);

msg{6} = sprintf('Px,bio degeri = %1.2f kgVSS/gun',Pxbio);

msg{7} = sprintf('Px,VSS degeri = %1.2f kg/gun',Pxvss);

msg{8} = sprintf('Px,TSS degeri = %1.2f kg/gun',Pxtss);

msg{9} = sprintf('Havalandirma havuzu MLVSS kutlesi = %1.2f kg',MLVSSkutle);

… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …

msgbox(msg,'Yalnizca BOI Giderilen ACP Dizayni');

toc
```

O

KARBON VE AZOTU BİRLİKTE GİDEREN TAM KARIŞIMLI AKTİF ÇAMUR PROSESİ TASARIMI PROGRAM KODLARI

%Nitrifikasyon Asamasi Olan Aktif Camur Prosesi Tasarimi;

%Programmed by Necdet Cem Ayla, January 2021;

%Adim 1.1: Atiksu Karakteristigi;

prompt1 = {'BOD degerini giriniz (mg/L).',...

'Cozunebilir BOD miktarini (sBOD) giriniz (mg/L)',...

'COD degerini giriniz (mg/L).',...

'Cozunebilir COD miktarini (sCOD) giriniz (mg/L).',...

'Hizli biyolojik parcalanabilir KOI (rbCOD) konsantrasyonunu giriniz (mg/L).',...

… … … …

```
sCOD = str2double(Atiksu(4));

rbCOD = str2double(Atiksu(5));

TSS = str2double(Atiksu(6));

… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …

%Adim 1.2: Dizayn Parametreleri;

prompt2 = {'Nitrifikasyon gerceklesecek tank icin alfa sabitini giriniz.',...

'Nitrifikasyon gerceklesecek tank icin beta sabitini giriniz.',...

'Ince kabarcikli difuzorler icin tikanma esigi katsayisini (FF) giriniz.',...

'Tesisin deniz seviyesine gore yuksekligini (HTesis) giriniz (m).',...

'Belirtilen yukseklikteki acik hava basincini (PTesis) giriniz (kPa).',...

'Havalandirmali ince membran difuzorlerinin O2 transfer verimini giriniz (Ornegin: 0.42).',...

'Havalandirma havuzunun sivi derinligini giriniz (m).',...

'Havalandirma havuzu sayisini giriniz.',...

'Seramik difuzorlerin havayi salacagi yuksekligi giriniz (m).',...

'Atiksu alkalinite degerini giriniz (mg CaCO3/L).',...

'Geri devir oranini (R) giriniz.',...

'Son cokturme havuzunun hidrolik bekletme suresini (HRTsc) giriniz (m3/m2*dk).',...

'Kullanilacak son cokturme tank sayisini giriniz.',...

'Emniyet faktorunu (SF) giriniz.'};

nometitle = ('Dizayn Parametreleri');

dlg_title = nometitle;

size_wind = [1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100]; % Pencere boyutlari

defaultans = {'','','','','','','','','','','','','',''}; %default degerler
```

```
options.Resize = 'on';
%options.WindowStyle = 'normal';
Dizayn = inputdlg(prompt2,dlg_title,size_wind, defaultans,options);
alfa = str2double(Dizayn(1));
beta = str2double(Dizayn(2));
FF = str2double(Dizayn(3));
HTesis = str2double(Dizayn(4));
PTesis = str2double(Dizayn(5));
FineBubble = str2double(Dizayn(6));
… … … …
```

```
YH = 0.45; YHN = 0.15; bH = 0.12; b = 1.04; fd = 0.15; Ks = 8; Umax = 6; Umax2 =
1.07;

bHt = bH.*(b.^(T-20));

Umaxt = Umax.*(Umax2.^(T-20));

UmaxAOBt = UmaxAOB.*(1.072^(T-20));

bAOBt = bAOB.*(1.029^(T-20));

UAOB = ((UmaxAOBt.*SNH4./(SNH4+KNH4)).*(DO./(DO+KoAOB)))-bAOBt;

%Teorik ve dizayn kati bekletme surelerinin bulunmasi;

%Teorik SRT;

TeorikSRT = 1./UAOB;

%Dizayn SRT;

DizaynSRT = (SF).*(TeorikSRT);

%S degerinin bulunmasi;

S = (Ks.*(1+bHt.*DizaynSRT))./(DizaynSRT.*(Umaxt-bHt)-1);

… … … …
```

```
MLVSSkutle = PxVSS.*DizaynSRT;
MLSSkutle = PxTSS.*DizaynSRT;
%Havalandirma havuzu hacim ve hidrolik bekletme surelerinin bulunmasi;
V = MLSSkutle.*1000./MLSS;
Vtek = V./nhavuz;
HRT = V.*24./Q;
%MLVSS konsantrasyonu, F/M orani, BOI yukleme hizlarinin bulunmasi;
UcucuKisim = MLVSSkutle./MLSSkutle;
MLVSS = UcucuKisim.*MLSS;
FM = (Q.*BOD)./(MLVSS.*V);
BOIyukleme = (Q.*BOD)./(V.*1000);
%YTSS ve YVSS degerlerinin bulunmasi;
GiderilenbCOD = Q.*(bCOD-S)./1000;
YobsTSS = (PxTSS./GiderilenbCOD).*Ratio;
… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …
%Adim 8.3: Cozunmus oksijenin difuzorlu havalandirma icin doygunluk degeri;
Cdifuzor = 9.09.*(1+0.40.*(DifuzorDerinligi./10.33));
%SOTR esitliginin modullere parcalanmasi;
SOTR1 = (Ro./(alfa.*FF));
SOTR2 = (Cdifuzor);
%Cst degeri icin kosullu esitlikler;
switch T
   case {0,1,2}
      Cst = 14.1;
   case {3,4}
```

```
        Cst = 13.2;
    case {5,6,7}
        Cst = 12.5;
... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ...
end
%SOTR devami;
SOTR3 = (beta.*(Cst./9.09).*PbPa.*Cdifuzor)-DO;
SOTR4 = 1.024.^(20-T);
SOTR = SOTR1.*(SOTR2./(SOTR3)).*SOTR4;
%Adim 8.5: Hava akis hizinin bulunmasi;
HavaAkisHizi = SOTR./(FineBubble.*60.*0.27);
%Alkalinite Kontrolleri;
KullanilanAlk = NOxyeni.*7.14;
EklenecekAlk = (Alk./2) - (Alk) + (KullanilanAlk);
GunlukEklenecekAlk = (EklenecekAlk).*(Q).*(10.^-3);
NAHCO3 = GunlukEklenecekAlk.*84./50;
%Son Cokturme Havuzu Tasarimi;
XR = MLSS./R+MLSS;
Alansc = Q./HRTsc;
Alantek = Alansc./Tanksayisi;
Captek = sqrt(4.*Alantek./pi());
%Kati Yukleme Hizinin Bulunmasi;
Katiyukleme = ((1+R).*Q.*MLSS./1000)./(Alansc.*24);
msg = cell(29,1);
msg{1} = sprintf('Biyolojik olarak parcalanabilen KOI degeri = %1.2f mg/L',bCOD);
```

```
msg{2} = sprintf('Biyolojik olarak parcalanamayan KOI degeri = %1.2f mg/L',nbCOD);

msg{3} = sprintf('Biyolojik olarak parcalanamayan cozunebilen cikis KOI degeri = %1.2f mg/L',nbsCODe);

msg{4} = sprintf('Biyolojik olarak parcalanamayan VSS degeri = %1.2f mg/L',nbVSS);

msg{5} = sprintf('Cikis BOI degeri = %1.2f mg/L',S);

msg{6} = sprintf('Havalandirma havuzu kati bekletme suresi = %1.2f gun',DizaynSRT);

msg{7} = sprintf('Havalandirma havuzu azotlu bilesik konsantrasyonu = %1.2f mg/L',NOxyeni);

msg{8} = sprintf('Prosesten gunluk VSS olarak atilan biyokutle = %1.2f kg/gun',PxbioVSSyeni);

msg{9} = sprintf('PxVSS degeri = %1.2f kg/gun',PxVSS);

msg{10} = sprintf('PxTSS degeri = %1.2f kg/gun',PxTSS);

... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ...

msgbox(msg,'Nitrifikasyonlu ACP Dizayni');

toc
```

P
MLE PROSES TASARIMI PROGRAM KODLARI

```
%MLE Preanoksik Denitrifikasyon Proses Dizayni;
%Programmed by Necdet Cem Ayla, January 2021;
%Adim 1.1: Atiksu Karakteristigi;
prompt1 = {'BOD degerini giriniz (mg/L).',...
'Cozunebilir BOD miktarini (sBOD) giriniz (mg/L)',...
'COD degerini giriniz (mg/L).',...
'Cozunebilir COD miktarini (sCOD) giriniz (mg/L).',...
'Hizli biyolojik parcalanabilir KOI (rbCOD) konsantrasyonunu giriniz (mg/L).',...
… … … …
```

```
Ratio = str2double(Atiksu(8));

Q = str2double(Atiksu(9));

T = str2double(Atiksu(10));

prompt2 = {'Cikis suyunda istenen NH4-N konsantrasyonunu giriniz (mg/L).',...

'Atiksu MLSS (XTSS) konsantrasyonunu giriniz (mg/L).',...

'Atiksudaki toplam Kjeldahl azotu (TKN) degerini giriniz (mg/L).',...

'Atiksudaki toplam amonyum azotu (NH4-N) konsantrasyon degerini giriniz (mg/L).',...

'TKN nin yuzde kaci NOxtur, yuzdelik oranini giriniz (Ornegin: 0.80).',...

'Atiksu cozunmus oksijen degerini (DO) giriniz (mg/L).',...

'Baslangic alkalinite degerini giriniz (mg CaCO3/L).',...

'Geri devir oranini (R) giriniz.',...

'MLE prosesi anoksik asamasi icin karistirma enerjisini giriniz (kW/1000*m3).',...

'Geri devir camuru nitrat konsantrasyonunu (NOxRAS) giriniz (mg/L).',...

'Dizayn icin kullanilacak olan guvenlik faktorunu (SF) giriniz.'};

nometitle = ('Proses Dizayni');

dlg_title = nometitle;

size_wind = [1 150; 1 150; 1 150; 1 150; 1 150; 1 150; 1 150; 1 150; 1 150; 1 150];

defaultans = {'','','','','','','','','',''}; %default degerler

options.Resize = 'on';

%options.WindowStyle = 'normal';

Dizayn = inputdlg(prompt2,dlg_title,size_wind, defaultans,options);

SNH4 = str2double(Dizayn(1));

MLSS = str2double(Dizayn(2));
```

```
TKN = str2double(Dizayn(3));
NH4N = str2double(Dizayn(4));
TKNNOX = str2double(Dizayn(5));
DO = str2double(Dizayn(6));
Alk = str2double(Dizayn(7));
R = str2double(Dizayn(8));
AME = str2double(Dizayn(9));
NOxRAS = str2double(Dizayn(10));
SF = str2double(Dizayn(11));
%ADIM 2: Atiksu Karakteristigi Hesaplamalari;
%Adim 2.1: bCOD'nin bulunmasi (biyolojik parcalanir KOI);
tic
bCOD = Ratio.*(BOD);
%Adim 2.2: nbCOD'nin bulunmasi (biyolojik parcalanamaz KOI);
nbCOD = COD - bCOD;
%Adim 2.3: nbsCODe'nin bulunmasi (cikis suyu biyolojik parcalanamaz KOI);
nbsCODe = sCOD - Ratio.*sBOD;
%Adim 2.4: nbVSS'nin bulunmasi (bio. parcalanamaz askida kati madde);
%Adim 2.4.1: Partikuler bolumu;
nbpCOD = COD - bCOD - nbsCODe;
%Adim 2.4.2: Ucucu bolumu;
VSSCOD = (COD-sCOD)./(VSS);
nbVSS = nbpCOD./VSSCOD;
%ADIM 3: Dizayn Hesaplamalari;
%EPA ve diger literatur verilerinden yararlanarak kinetik katsayi tayini;
```

KoAOB = 0.50; bAOB = 0.17; KNH4 = 0.50; UmaxAOB = 0.90;

YH = 0.45; YHN = 0.15; bH = 0.12; b = 1.04; fd = 0.15; Ks = 8; Umax = 6; Umax2 = 1.07;

bHt = bH.*(b.^(T-20));

Umaxt = Umax.*(Umax2.^(T-20));

UmaxAOBt = UmaxAOB.*(1.072^(T-20));

bAOBt = bAOB.*(1.029^(T-20));

UAOB = ((UmaxAOBt.*SNH4./(SNH4+KNH4)).*(DO./(DO+KoAOB)))-bAOBt;

%Adim 3.1: Teorik ve dizayn kati bekletme surelerinin bulunmasi;

… …

%Adim 3.8: Havalandirma havuzu hacim ve hidrolik bekletme surelerinin bulunmasi;

V = MLSSkutle.*1000./MLSS;

HRT = V.*24./Q;

%Adim 3.9: MLVSS konsantrasyonu, F/M orani, BOI yukleme hizlarinin bulunmasi;

UcucuKisim = MLVSSkutle./MLSSkutle;

MLVSS = UcucuKisim.*MLSS;

FM = (Q.*BOD)./(MLVSS.*V);

BOIyukleme = (Q.*BOD)./(V.*1000);

%Adim 3.10: YTSS ve YVSS degerlerinin bulunmasi;

GiderilenbCOD = Q.*(bCOD-S)./1000;

YobsTSS = (PxTSS./GiderilenbCOD).*Ratio;

YobsVSS = YobsTSS.*UcucuKisim;

%Adim 3.11: Oksijen ihtiyacinin bulunmasi;

Ro = ((Q.*(bCOD-S)./1000) - (1.42.*(PxbioVSSyeni-(Pxbio3yeni./1000))) + (4.57.*Q.*NOxyeni./1000))./24;

```
%Adim 3.12: Aktif biyokutle konsantrasyonunun bulunmasi;
Xb = (Q.*DizaynSRT./V).*((YH.*bCOD)./(1+bHt.*DizaynSRT));
%Adim 3.13: Ic geri devir oraninin bulunmasi;
IR = (NOxyeni./NOxRAS)-1-R;
%Adim 3.14: Anoksik tanka beslenen NO3-N konsantrasyonunun bulunmasi;
AnoksikBeslenenDebi = IR.*Q + R.*Q;
AnoksikBeslenenNO3N = AnoksikBeslenenDebi.*NOxRAS;
%Adim 3.15: Anoksik tank hacmi ve hidrolik bekletme suresinin bulunmasi;
AnoksikHRT = HRT.*0.2./24;
AnoksikV = AnoksikHRT.*Q;
%Adim 3.16: Anoksik F/M oraninin bulunmasi;
AnoksikFM = Q.*BOD./((AnoksikV.*Xb));
%Adim 3.17: Spesifik denitrifikasyon oraninin bulunmasi;
rbCODFraksiyonu = (rbCOD./bCOD);
%b0 ve b1 sabitleri icin kosullu esitlikleri olusturma;
if (rbCODFraksiyonu)<=0.10
   b0 = 0.186;
   b1 = 0.078;
end
if (rbCODFraksiyonu)>0.10 && (rbCODFraksiyonu)<=0.20
   b0 = 0.213;
   b1 = 0.118;
end
… … … …
```

```
else
   SDNR1 = 0.24.*(AnoksikFM);
end
%devami;
%SDNR icin sicaklik duzeltmesi;
SDNRt = SDNR1.*(1.026.^(T-20));
%SDNRt icin ic geri devir orani duzeltmesi (SDNRadjusted);
SDNRadj = SDNRt - (0.029.*log(AnoksikFM)) - 0.012;
%Genel SDNRnin bulunmasi (MLVSS kons. bazinda);
SDNR = SDNRadj.*(Xb./MLVSS);
%Adim 3.18: NO3-N kontrolu;
NO3N = AnoksikV.*SDNRadj.*Xb;
NO3Kontrolu = NO3N./AnoksikBeslenenNO3N;
NO3KontroluYuzde = abs((1-NO3Kontrolu).*100);
if NO3KontroluYuzde<=20
   uyari=sprintf('Tank hacmi uygundur');
else
   uyari=sprintf('Anoksik tank hacminin kucultulmesi uygundur');
end
%Adim 3.19: Prosesin oksijen ihtiyacinin bulunmasi;
KrediOksijen = ((2.86).*(NOxyeni-NOxRAS).*(Q./1000))./24;
RoN = Ro - KrediOksijen;
%Adim 3.20: Alkalinite Kontrolleri;
KullanilanAlk = NOxyeni.*7.14;
EklenecekAlk = ((Alk./2) - Alk + KullanilanAlk).*Q./1000;
```

```
UretilecekAlk = 3.57.*(NOxyeni - NOxRAS);

GerekenAlk = (Alk./2)-Alk+KullanilanAlk-UretilecekAlk;

GerekenAlkKutle = GerekenAlk.*Q./1000;

%Adim 3.20: Anoxic kisim karistirma enerjisinin belirlenmesi;

Guc = AnoksikV.*AME./1000;

%ADIM 4: Sonuclari Derleme;

msg = cell(12,1);

msg{1} = sprintf('Anoksik tankin hacmi = %1.1f m3',AnoksikV);

msg{2} = sprintf('Spesifik denitrifikasyon orani = %1.1f gNO3-N/gMLVSS*gun',SDNR);

msg{3} = sprintf('Anoksik tank hidrolik bekletme suresi = %1.3f gun',AnoksikHRT);

msg{4} = sprintf('Anoksik tank oksijen ihtiyaci = %1.1f kg O2/sa',KrediOksijen);

msg{5} = sprintf('Klasik nitrifikasyon prosesine gore oksijen kazanimi = %1.1f kg O2/sa',RoN);

… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …

toc
```

Q
MBR PROSES TASARIMI PROGRAM KODLARI

```
%Membran Biyoreaktor Tasarimi;
%Programmed by Necdet Cem Ayla, January 2021;
%ADIM 1: Parametrelerin Islenmesi;
%Adim 1.1: Atiksu Karakteristigi;
prompt1 = {'BOD degerini giriniz (mg/L).',...
'Cozunebilir BOD miktarini (sBOD) giriniz (mg/L)',...
'COD degerini giriniz (mg/L).',...
'Cozunebilir COD miktarini (sCOD) giriniz (mg/L).',...
'Hizli biyolojik parcalanabilir KOI (rbCOD) konsantrasyonunu giriniz (mg/L).',...
… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …
dlg_title = nometitle;
size_wind = [1 120; 1 120; 1 120; 1 120; 1 120; 1 120; 1 120; 1 120; 1 120; 1 120];
defaultans = {'','','','','','','','','',''}; %default degerler
options.Resize = 'on';
%options.WindowStyle = 'normal';
Atiksu = inputdlg(prompt1,dlg_title,size_wind, defaultans,options);
BOD = str2double(Atiksu(1));
sBOD = str2double(Atiksu(2));
COD = str2double(Atiksu(3));
sCOD = str2double(Atiksu(4));
rbCOD = str2double(Atiksu(5));
TSS = str2double(Atiksu(6));
```

```
… … … …
```

… … … …

… …

```
%Adim 2.1: bCOD'nin bulunmasi (biyolojik parcalanir KOI);
tic
bCOD = Ratio.*(BOD);
%Adim 2.2: nbCOD'nin bulunmasi (biyolojik parcalanamaz KOI);
nbCOD = COD - bCOD;
%Adim 2.3: nbsCODe'nin bulunmasi (cikis suyu biyolojik parcalanamaz KOI);
nbsCODe = sCOD - Ratio.*sBOD;
%Adim 2.4: nbVSS'nin bulunmasi (bio. parcalanamaz askida kati madde);
%Adim 2.4.1: Partikuler bolumu;
nbpCOD = COD - bCOD - nbsCODe;
%Adim 2.4.2: Ucucu bolumu;
VSSCOD = (COD-sCOD)./(VSS);
nbVSS = nbpCOD./VSSCOD;
%EPA ve diger literatur verilerinden yararlanarak kinetik katsayi tayini;
KoAOB = 0.50; bAOB = 0.17; KNH4 = 0.50; UmaxAOB = 0.90; beta = 0.95;
YH = 0.45; YHN = 0.15; bH = 0.12; b = 1.04; fd = 0.15; Ks = 8; Umax = 6; Umax2 =
1.07;
bHt = bH.*(b.^(T-20));
Umaxt = Umax.*(Umax2.^(T-20));
UmaxAOBt = UmaxAOB.*(1.072^(T-20));
bAOBt = bAOB.*(1.029^(T-20));
UAOB = ((UmaxAOBt.*SNH4./(SNH4+KNH4)).*(DO./(DO+KoAOB)))-bAOBt;
%Teorik ve dizayn kati bekletme surelerinin bulunmasi;
%Teorik SRT;
```

```
TeorikSRT = 1./UAOB;
%Dizayn SRT;
DizaynSRT = (SF).*(TeorikSRT);
%S degerinin bulunmasi;
S = (Ks.*(1+bHt.*DizaynSRT))./(DizaynSRT.*(Umaxt-bHt)-1);
%NOx degerinin bulunmasi;
NOx = NOXNN.*TKN;
%Px,bio,VSS degerinin bulunmasi;
Pxbio1 = Q.*YH.*(bCOD-S);
Pxbio2 = fd.*bHt.*Pxbio1.*DizaynSRT;
Pxbio3 = (Q.*YHN.*NOx)./(1+bAOBt.*DizaynSRT);
Pxbio4 = 1+bHt.*DizaynSRT;
PxbioVSS = ((Pxbio1./Pxbio4)./1000)+((Pxbio2./Pxbio4)./1000)+(Pxbio3./1000);
%BODTKN oraninin dogrulugunu kontrol etme;
NOxyeni = TKN-SNH4-(0.12.*PxbioVSS./Q);
%PxbioVSS denklemine yeni NOx degerinin yerlestirilmesi;
Pxbio3yeni = (Q.*YHN.*NOxyeni)./(1+bAOBt.*DizaynSRT);
PxbioVSSyeni =
((Pxbio1./Pxbio4)./1000)+((Pxbio2./Pxbio4)./1000)+(Pxbio3yeni./1000);
%VSS ve TSS kutle ve konsantrasyonlarinin bulunmasi;
PxVSS = PxbioVSSyeni + (Q.*nbVSS./1000);
PxTSS = (PxbioVSSyeni./0.85) + (Q.*nbVSS./1000) + (Q.*(TSS-VSS)./1000);
MLVSSkutle = PxVSS.*DizaynSRT;
MLSSkutle = PxTSS.*DizaynSRT;
%Oksijen ihtiyacinin bulunmasi;
```

```
Ro = ((Q.*(bCOD-S)./1000) - (1.42.*(PxbioVSSyeni-(Pxbio3yeni./1000))) + (4.57.*Q.*NOxyeni./1000))./24;

%ADIM 3: Ince Kabarcik Havalandirma Dizayni;

%Adim 3.1: Deniz seviyesine gore goreceli basincin bulunmasi;

… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …

%devami;

Pxonhav = (Q.*YH.*(bCOD-0)./1000)./(1+bHt.*DizaynSRT);

HRTonhav = (Vpre./Q).*24;

%Adim 4.3: On hav. Biyokutle fraksiyonunun ve degerinin bulunmasi;

XbFraksiyonu = Pxonhav./PxTSS;

Xbonhav = XbFraksiyonu.*XNOX;

%Xbonhav kons. hareketle MLVSS kons. bulunmasi;

MLVSSonhav = XNOX.*(0.79);

%Adim 4.4: Anoksik tank Cikis NO3-N konsantrasyonunun bulunmasi;

NePA = NOxyeni./(1+Rm);

%Adim 4.5: Anoksik tanka beslenen NO3-N miktarinin bulunmasi;

NOxfeed = Rm.*Q.*NePA;

%Adim 4.6: Anoksik bolgenin hacminin ve HRTsinin bulunmasi (%20lik oran kabuluyle);

Vanoksik = 0.20.*(Vpre + AyirmaTankiHacmi);

HRTanoksik = (Vanoksik./Q).*24;

%Adim 4.7: F/M oraninin bulunmasi;

FManoksik = (Q.*BOD./(Vanoksik.*Xbonhav));

rbCODFraksiyonu = (rbCOD./bCOD);

%b0 ve b1 sabitleri icin kosullu esitlikleri olusturma;
```

```
if (rbCODFraksiyonu)<=0.10
   b0 = 0.186;
   b1 = 0.078;
end
if (rbCODFraksiyonu)>0.10 && (rbCODFraksiyonu)<=0.20
   b0 = 0.213;
   b1 = 0.118;
end
if (rbCODFraksiyonu)>0.20 && (rbCODFraksiyonu)<=0.30
   b0 = 0.235;
   b1 = 0.141;
end
… … … …
```

```
%ADIM 5: Standart oksijen transfer hizi hesaplamalari;
KrediOksijenm = (2.86.*(NOxyeni - NePA).*Q./1000)./24;
RoNet = Ro - KrediOksijenm;
RoKazanc = 1-(RoNet./Ro);
%ADIM 6: Alkalinite hesaplamalari;
KullanilanAlk = NOxyeni.*7.14;
UretilenAlk = 3.57.*(NOxyeni - NePA);
EklenecekAlk = (Alk./2)-Alk+KullanilanAlk-UretilenAlk;
EklenecekAlkKutle = EklenecekAlk.*Q./1000;
%ADIM 7: Anoksik karistirma icin gereken gucun bulunmasi;
Gucm = Vanoksik.*AME./1000;
%ADIM 8: Oksijen transfer sistemi hesaplamalari;
%Adim 8.1: On havalandirma ve membran tanklarinin O2 ihtiyaclari;
VpreO2 = 0.90.*RoNet;
MembranO2 = 0.10.*RoNet;
%Adim 8.2: On havalandirma tanki icin SOTR esitliginin modullere parcalanmasi;
SOTR1 = (VpreO2./(Alfaf.*0.90));
SOTR2 = (Cdifuzor);
%Cst degeri icin kosullu esitlikler;
switch T
   case {0,1,2}
      Cst = 14.1;
   case {3,4}
      Cst = 13.2;
   case {5,6,7}
```

```
    Cst = 12.5;
... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ...
end
%SOTR devami;
SOTR3 = (beta.*(Cst./9.09).*PbPa.*Cdifuzor)-DO;
SOTR4 = 1.024.^(20-T);
SOTR = SOTR1.*(SOTR2./(SOTR3)).*SOTR4;
%Adim 8.3: On havalandirma tanki icin Hava akis hizinin bulunmasi;
HavaAkisHizi = SOTR./(FBO.*60.*0.27);
%Adim 8.4: Membran tanki icin SOTRnin bulunmasi;
SOTR1m = (MembranO2./(Alfac.*1));
SOTR3m = (beta.*(Cst./9.09).*PbPa.*Cdifuzor)-DO;
SOTR4m = 1.024.^(20-T);
SOTRm = SOTR1m.*(SOTR2./(SOTR3m)).*SOTR4m;
%Adim 8.5: Membran tanki icin Hava akis hizinin bulunmasi;
HavaAkisHizim = SOTRm./(CBO.*60.*0.27);
%ADIM 9: SONUCLARIN DERLENMESI;
msg = cell(22,1);
msg{1} = sprintf('Membran tankinin hacmi = %1.2f m3',AyirmaTankiHacmi);
msg{2} = sprintf('Membran tanki hidrolik bekletme suresi = %1.2f sa',HRTm);
msg{3} = sprintf('Membran tanki MLSS konsantrasyonu = %1.2f mg/L',MLSSm);
msg{4} = sprintf('Membran tanki MLVSS konsantrasyonu = %1.2f mg/L',MLVSSm);
msg{5} = sprintf('Membran tanki O2 ihtiyaci = %1.2f kg/sa',MembranO2);
msg{6} = sprintf('Membran tanki O2 transfer hizi = %1.2f m3/dk',HavaAkisHizim);
msg{7} = sprintf('Membran akisi = %1.2f L/m2*h',Flux);
```

```
msg{8} = sprintf('Membran alani = %1.2f m2',MembranAlani);

msg{9} = sprintf('On havalandirma tanki hacmi = %1.2f m3',Vpre);

msg{10} = sprintf('On havalandirma tanki hidrolik bekletme suresi = %1.2f sa',HRTonhav);

... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ...

msgbox(msg,'Membran Biyoreaktor Dizayni')

toc
```

R
MBBR PROSES TASARIMI PROGRAM KODLARI

```
%Hareketli Yatak Biyofilm Reaktor Dizayni;
%Programmed by Necdet Cem Ayla, January 2021;
%ADIM 1: Parametrelerin Islenmesi;
%Adim 1.1: Atiksu Karakteristigi;
prompt1 = {'BOD degerini giriniz (mg/L).',...
'Cozunebilir BOD miktarini (sBOD) giriniz (mg/L)',...
'COD degerini giriniz (mg/L).',...
'Cozunebilir COD miktarini (sCOD) giriniz (mg/L).',...
'Hizli biyolojik parcalanabilir KOI (rbCOD) konsantrasyonunu giriniz (mg/L).',...
'Toplam kati miktarini (TSS) giriniz (mg/L).',...
'Ucucu askida kati miktarini (VSS) giriniz (mg/L).',...
'bCOD/BOD oranini giriniz.',...
'Atiksu debisini (Q) giriniz (m3/gun).',...
'Havalandirma havuzundaki atiksu (Mixed-Liquor) sicakligini (T) giriniz.',...
'Cikis suyunda istenen NH4-N konsantrasyonunu giriniz (mg/L).',...
... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ...
dlg_title = nometitle;
size_wind = [1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1
100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100]; % Pencere boyutlari
defaultans = {'','','','
```

```
Atiksu = inputdlg(prompt1,dlg_title,size_wind, defaultans,options);

BOD = str2double(Atiksu(1));

sBOD = str2double(Atiksu(2));

COD = str2double(Atiksu(3));

sCOD = str2double(Atiksu(4));

rbCOD = str2double(Atiksu(5));

TSS = str2double(Atiksu(6));

… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …

%Adim 1.2: Dizayn Parametreleri;

prompt2 = {'Plastik biyofilm tasiyici ortaminin spesifik yuzey alanini giriniz (m2/m3).',...

'Ilk reaktorun BOI yuzde giderim verimini giriniz (Ornegin: 0.75).',...

'Ilk reaktorun BOI giderim akisini giriniz (g/m2*gun).',...

'Ikinci reaktorun BOI yuzde giderim verimini giriniz (Ornegin: 0.75).',...

'On nitrifikasyon yapacak ikinci reaktorun BOI giderim akisini giriniz (g/m2*gun).',...

'Cozunmus oksijen kisitli biyofilm nitrifikasyon akisini giriniz (g*N/m2*gun).',...

'Cozunmus oksijen kisitli nitrifikasyon icin sicaklik duzeltme faktorunu (TetaDO) giriniz.',...

'Amonyak kisitli nitrifikasyon icin sicaklik duzeltme faktorunu (TetaNH3)giriniz.',...

'BOI giderimi icin biyofilm kati bekletme suresini (SRT) giriniz (gun).',...

'BOI giderim tanki icin tasiyici ortam doluluk oranini giriniz (Ornegin: 0.50).',...

'Nitrifikasyon tanki icin tasiyici ortam doluluk oranini giriniz (Ornegin: 0.50).'};

nometitle = ('Reaktor Dizayni');

dlg_title = nometitle;
```

```
size_wind = [1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100]; % Pencere boyutlari
defaultans = {'','','','','','','','','',''}; %default degerler
options.Resize = 'on';
%options.WindowStyle = 'normal';
Dizayn = inputdlg(prompt2,dlg_title,size_wind, defaultans,options);
Alan = str2double(Dizayn(1));
Verim1 = str2double(Dizayn(2));
Aki1 = str2double(Dizayn(3));
Verim2 = str2double(Dizayn(4));
Aki2 = str2double(Dizayn(5));
AkiDO = str2double(Dizayn(6));
TetaDO = str2double(Dizayn(7));
TetaNH3 = str2double(Dizayn(8));
SRT = str2double(Dizayn(9));
BOIDolu = str2double(Dizayn(10));
NitriDolu = str2double(Dizayn(11));
%ADIM 2: Hesaplamalar;
%Adim 2.1: 1. reaktor icin Gerekli Plastik Ortam Hacmini Bulma;
tic
UygulananBOIAkisi1 = Aki1./Verim1;
OrtamAlani1 = Q.*BOD./UygulananBOIAkisi1;
OrtamHacmi1 = OrtamAlani1./Alan;
VTank1 = OrtamHacmi1./BOIDolu;
HRT1 = VTank1./Q.*24;
```

```
%Adim 2.2: 2. reaktor icin hesaplamalarin yapilmasi;
UygulananBOIAkisi2 = Aki2./Verim2;
OrtamAlani2 = (1-Verim1).*Q.*BOD./UygulananBOIAkisi2;
OrtamHacmi2 = OrtamAlani2./Alan;
VTank2 = OrtamHacmi2./BOIDolu;
HRT2 = VTank1./Q.*24;
%ADIM 3: Nitrifikasyon icin mevcut NH4-N kons. bulunmasi;
%EPA ve diger literatur verilerinden yararlanarak kinetik katsayi tayini;
YH = 0.45; bH = 0.12; b = 1.04; fd=0.15;
bHt = bH.*(b.^(T-20));
YHr = YH.*Ratio;
Pxbio = (YHr.*BOD.*(1+fd.*bHt.*SRT))./(1+(bHt.*SRT));
NHa = TKN - 0.12.*Pxbio;
%Adim 3.1: Nitrifikasyon reaktoru icin plastik ortam hesaplamalari;
%Cozunmus oksijen kisitli aki;
JNT = 1.07.*((TetaDO).^(T-15));
%Nitrifikasyon akisi ve amonyak kisitli aki;
JN = (SNH4./(2.2+SNH4)).*3.3;
JNTNH4 = JN.*(TetaNH3.^(T-15));
%ADIM 4: 3. ve 4. reaktorler icin hesaplamalarin yapilmasi;
fun1=@(X) [(JNT.*(X-SNH4)./JNTNH4)+X-NHa];
X1 = 0.0001;
X=fsolve(fun1,X1);
OrtamAlani3 = (X-SNH4).*Q./JNTNH4;
OrtamAlani4 = (X-SNH4).*Q./JNTNH4;
```

```
OrtamHacmi3 = OrtamAlani3./Alan;

OrtamHacmi4 = OrtamAlani4./Alan;

VTankNitri = OrtamHacmi3./JNTNH4;

HRTNitri = (VTankNitri./Q).*24;

%Adim 4.1: Toplam Degerleri Bulmak;

OrtamHacmi = OrtamHacmi1+OrtamHacmi2+OrtamHacmi3+OrtamHacmi4;

TankHacmi = VTank1+VTank2+2.*VTankNitri;

TankHacmikabul = 2.*VTank1+2.*VTankNitri;

ToplamHRT = HRT1+HRT2+2.*HRTNitri;

%ADIM 5: MBBR Dizayni Sonuclari Derlemek;

msg = cell(17,1);

msg{1} = sprintf('1. reaktor tasiyici ortam hacmi = %1.2f m3',OrtamHacmi1);

msg{2} = sprintf('1. reaktor tank hacmi = %1.2f m3',VTank1);

msg{3} = sprintf('1. reaktor hidrolik bekletme suresi = %1.2f sa',HRT1);

msg{4} = sprintf('2. reaktor tasiyici ortam hacmi = %1.2f m3',OrtamHacmi2);

msg{5} = sprintf('2. reaktor kabul edilen tank hacmi = %1.2f m3',VTank1);

msg{6} = sprintf('2. reaktor tank hacmi = %1.2f m3',VTank2);

msg{7} = sprintf('2. reaktor hidrolik bekletme suresi = %1.2f sa',HRT2);

… … … …
```

S
ANAEROBİK TEMAS TANKI TASARIMI PROGRAM KODLARI

```
%Askida Buyuyen Anaerobik Temas Tanki Tasarimi;
%Programmed by Necdet Cem Ayla, January 2021;
%ADIM 1: Parametrelerin Islenmesi;
prompt1 = {'Atiksu debisini (Q) giriniz (m3/gun).',...
'KOI (COD) miktarini giriniz (mg/L).',...
'Cozunebilir KOI (sCOD) miktarini giriniz (mg/L).',...
'KOI/VSS (COD/VSS) oranini giriniz.',...
'Biyolojik olarak parcalanabilir VSS fraksiyonunu giriniz (Ornegin: 0.80).',...
'Azot miktarini giriniz (mg/L).',...
'Fosfor miktarini giriniz (mg/L).',...
'Alkalinite degerini giriniz (mg CaCO3/L).',...
'Atiksu sicakligini (T) giriniz (Celcius).',...
'Istenen KOI (COD) giderim verimini giriniz (Ornegin: 0.90).'};
nometitle = ('Atiksu Karakteristik Degerleri');
dlg_title = nometitle;
size_wind = [1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100];
% Pencere boyutlari
defaultans = {'','','','','','','','','',''}; %default degerler
options.Resize = 'on';
%options.WindowStyle = 'normal';
Atiksu = inputdlg(prompt1,dlg_title,size_wind, defaultans,options);
```

```
Q = str2double(Atiksu(1));

COD = str2double(Atiksu(2));

sCOD = str2double(Atiksu(3));

CODVSS = str2double(Atiksu(4));

… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …

%Adim 1.1: Dizayn Kosullarinin Islenmesi;

prompt2 = {'Istenen cikis VSS konsantrasyonunu giriniz (mg/L).',...

'Kati bekletme suresi (SRT) belirlenirken baz alinacak guvenlik faktorunu giriniz (Ornegin: 3).',...

'MLVSS konsantrasyonunu giriniz (mg/L).',...

'Cokelme hizini giriniz (m/gun).',...

'Proses sonucu aciga cikacak gazda ongorulen metan (CH4) oranini giriniz (Ornegin: 0.65).',...

'Proses sonucu aciga cikacak gazda ongorulen CO2 oranini giriniz (Ornegin: 0.35).',...

'Biyokutlenin icerecegi azot muhtevasini giriniz (Ornegin: 0.12).',...

… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …

size_wind = [1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100]; % Pencere boyutlari

defaultans = {'','','','','','','','',''}; %default degerler

options.Resize = 'on';

%options.WindowStyle = 'normal';

Dizayn = inputdlg(prompt2,dlg_title,size_wind, defaultans,options);

VSSe = str2double(Dizayn(1));

SF = str2double(Dizayn(2));

MLVSS = str2double(Dizayn(3));

CokelmeHizi = str2double(Dizayn(4));
```

```
CH4 = str2double(Dizayn(5));
CO2 = str2double(Dizayn(6));
Nb = str2double(Dizayn(7));
Pb = str2double(Dizayn(8));
Ks = str2double(Dizayn(9));
KsMax = 500;
KsMin = 60;
Ks(Ks>KsMax) = KsMax;
Ks(Ks<KsMin) = KsMin;
%ADIM 2: Dizayn SRT degerinin belirlenmesi;
tic
CODe = (1-GiderimVerimi).*COD;
CODeVSS = VSSe.*CODVSS;
sCODkalan = CODe-CODeVSS;
%Literatur verilerinden yararlanarak kinetik katsayilarin tayini;
%Umax degeri icin kosullu esitlikler;
switch T
   case {25,26,27,28,29}
      Umax = 0.20;
   case {30,31,32,33,34}
      Umax = 0.25;
   case {35,36,37,38,39,40}
      Umax = 0.35;
end
bH= 0.03; YH = 0.08; fd = 0.15;
```

```
SRT = (((Umax.*sCODkalan)./(Ks+sCODkalan))-bH).^(-1);

DizaynSRT = SRT.*SF;

%ADIM 3: Camur olusum hizinin tespit edilmesi;

nsCOD = COD-sCOD;

nsCODasVSS = nsCOD./CODVSS;

nbVSSCOD = (1-VSSfr).*nsCODasVSS;

PxVSS = ((Q.*YH.*(COD - nbVSSCOD - sCODkalan) + Q.*YH.*(COD - nbVSSCOD -
sCODkalan).*DizaynSRT.*fd.*bH)./(1+bH.*DizaynSRT))+(nbVSSCOD.*Q);

%ADIM 4: Reaktor hacmini ve hidrolik bekletme suresini bulma;

V = PxVSS.*DizaynSRT./MLVSS;

HRT = V./Q;

%ADIM 5: Biyogaz ve enerji uretim hizlerinin bulunmasi;

Pxbio = PxVSS - (nbVSSCOD.*Q);

BiyokutleCOD = Pxbio.*1.42;

CH4COD = Q.*(COD - nbVSSCOD - sCODkalan) - BiyokutleCOD;

CH4UretimHizi = CH4COD.*0.35./1000;

CH4UretimHizit = CH4UretimHizi.*((273.15+T)./273.15);

ToplamGazUretimHizi = CH4UretimHizi./CH4;

EnerjiUretimHizi = CH4UretimHizi.*38846;

BiyokutleUretimHizi = Pxbio;

GerekenN = Pxbio.*Nb;

GerekenP = Pxbio.*Pb;

GirisN = N.*Q;

GirisP = P.*Q;

%Nutrient ilavesi icin kosullu esitliklerin olusturulmasi;
```

```
if (GirisN) >= (GerekenN)
   IlaveN = 0;
else
   IlaveN = GerekenN - GirisN;
end
… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …
%ADIM 6: Alkalinite ihtiyacinin bulunmasi;
%Sicaklik ve CO2 oranina bagli olarak gereken alk. miktarlarinin
%kosullu esitliklerinin literatur verilerine gore olusturulmasi;
switch T
   case {20}
      switch CO2
         case {0.25}
          GerekenAlk = 2040;
         case {0.30}
            GerekenAlk = 2449;
… … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … … …
      end
   case {40}
      switch CO2
         case {0.25}
            GerekenAlk = 1476;
         case {0.30}
            GerekenAlk = 1771;
         case {0.35}
```

```
            GerekenAlk = 2066;
        case {0.40}
            GerekenAlk = 2362;
    end
end
IlaveAlk = GerekenAlk - Alk;
IlaveAlkNaHCO3 = IlaveAlk./50.*84;
%ADIM 7: Cokturme havuzunun capinin bulunmasi;
Alan = Q./CokelmeHizi;
Cap = sqrt(4.*Alan./pi());
%ADIM 8: Bulgularin Derlenmesi;
msg = cell(20,1);
msg{1} = sprintf('Hedeflenen KOI giderim verimi = %1.2f',GiderimVerimi);
msg{2} = sprintf('Cikis KOI degeri = %1.2f mg/L',CODe);
msg{3} = sprintf('VSS cinsinden cikis KOI degeri = %1.2f mg/L',CODeVSS);
msg{4} = sprintf('Cikis cozunebilir KOI degeri = %1.2f mg/L',sCODkalan);
msg{5} = sprintf('Cikis cozunemeyen KOI degeri = %1.2f mg/L',nsCOD);
msg{6} = sprintf('Bozunmayan VSS degeri = %1.2f mg VSS/L',nbVSSCOD);
msg{7} = sprintf('VSS cinsinden cozunemeyen cikis KOI degeri = %1.2f
mg/L',nsCODasVSS);
msg{8} = sprintf('Camur uretim hizi = %1.2f gVSS/gun',PxVSS);
msg{9} = sprintf('Biyokutle uretim hizi = %1.2f gVSS/gun',BiyokutleUretimHizi);
... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ...
toc
```

T
KLOR TEMAS TANKI TASARIMI PROGRAM KODLARI

```
%Klor Temas Havuzu Tasarimi (Dezenfeksiyon);
%Programmed by Necdet Cem Ayla, January 2021;
%ADIM 1: Parametrelerin Islenmesi;
prompt1 = {'Atiksu debisini (Q) giriniz (m3/gun).',...
'Pik faktorunu giriniz.',...
'Pik akista uygulanacak hidrolik bekletme suresini (HRTpik) giriniz (dk).',...
'Kullanilacak minimum kanal sayisini giriniz.',...
'Ulasilmak istenen dispersiyon sayisi degerini giriniz.',...
'Havuz genisligini (W) giriniz (m).',...
'Havuz derinligini (D) giriniz (m).'};
nometitle = ('Atiksu ve Havuz Tasarim Degerleri');
dlg_title = nometitle;
size_wind = [1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100]; % Pencere boyutlari
defaultans = {'','','','','','',''}; %default degerler
options.Resize = 'on';
%options.WindowStyle = 'normal';
Atiksu = inputdlg(prompt1,dlg_title,size_wind, defaultans,options);
Q = str2double(Atiksu(1));
Pik = str2double(Atiksu(2));
HRTpik = str2double(Atiksu(3));
n = str2double(Atiksu(4));
```

```
Dis = str2double(Atiksu(5));
W = str2double(Atiksu(6));
D = str2double(Atiksu(7));
%ADIM 2: Havuz uzunlugunun ve akis hizinin bulunmasi;
tic
L = ((n.*Q)./(n.*1440)).*HRTpik.*(1./(W.*D));
v = ((n.*Q)./(n.*1440.*60)).*(1./(W.*D));
%ADIM 3: Dispersiyon sabitinin bulunmasi;
U = 1.003.*(10.^(-6));
R = (W.*D)./(W.*(D+W));
NR = (4.*v.*R)./U;
DispersiyonSabiti = 1.01.*U.*(NR.^(0.875));
%ADIM 3.1: Dispersiyon sayisinin bulunmasi;
DispersiyonSayisi = (DispersiyonSabiti.*(HRTpik.*60))./(L.^2);
%ADIM 4: Karsilastirma yapilmasi;
if DispersiyonSayisi >= Dis
   cem=('Dispersiyon sayisi hedefi asilmistir. Lutfen havuz boyutlari veya kanal sayisi ile ilgili yeni duzenlemeler yapiniz. ');
else
   cem=('Dispersiyon sayisi hedefine ulasilmistir. Tasarim parametreleri uygundur. ');
end
%ADIM 5: Bulgularin Derlenmesi;
msg = cell(12,1);
msg{1} = sprintf('Atiksu debisi = %1.2f m3/gun',Q);
```

```
msg{2} = sprintf('Pik akis hidrolik bekletme suresi = %1.0f gun',HRTpik);
msg{3} = sprintf('Pik faktoru = %1.0f',Pik);
msg{4} = sprintf('Kanal sayisi = %1.0f',n);
msg{5} = sprintf('Havuz genisligi = %1.2f m.',W);
... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ... ...
msgbox(msg,'Klor Temas Havuzu Tasarimi')
toc
```

U
YÜKSEK HIZLI ANAEROBİK ÇAMUR ÇÜRÜTÜCÜ PROSES TASARIMI PROGRAM KODLARI

```
%Yuksek Hizli Anaerobik Camur Curutucu Tasarimi;

%Programmed by Necdet Cem Ayla, January 2021;

%ADIM 1: Parametrelerin Islenmesi;

prompt1 = {'Atiksu debisini (Q) giriniz (m3/gun).',...

'Giris atiksuyu BOI degerini giriniz (mg/L).',...

'Giris atiksuyu TSS degerini giriniz (mg/L).',...

'On cokturme havuzunda ulasilmak istenen BOI yuzde giderim verimini giriniz (Ornegin: 0.35).',...

'On cokturme havuzunda ulasilmak istenen TSS yuzde giderim verimini giriniz (Ornegin: 0.50).',...

'On cokturme havuzunda coken camurun nem icerigini giriniz (Ornegin: 0.95).',...

'On cokturme camurunun spesifik yogunlugunu giriniz.',...

'Isletme sicakligini (T) giriniz (Celcius).',...

'Atik kullanim verimliligini (camurun cevrilme orani) (E) giriniz (Ornegin: 0.70).',...

'Curutucuden cikan gazin metan (CH4) icergini giriniz (Ornegin: 0.65).',...

'Kati bekletme suresini (SRT) giriniz (gun).'};

nometitle = ('Anaerobik Camur Curutucu Tasarimi');

dlg_title = nometitle;

size_wind = [1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100; 1 100]; % Pencere boyutlari

defaultans = {'','','','','','','','','','',''}; %default degerler
```

```
options.Resize = 'on';
%options.WindowStyle = 'normal';
ACCT = inputdlg(prompt1,dlg_title,size_wind, defaultans,options);
Q = str2double(ACCT(1));
BOD = str2double(ACCT(2));
TSS = str2double(ACCT(3));
… … … …
```

```
%ADIM 6: Gunluk uretilen metan gazi miktarinin bulunmasi;
VCH4 = 0.40.*(BODyukleme-BODe)-1.42.*Px;
%ADIM 7: Uretilen toplam gaz miktarinin bulunmasi;
ToplamGaz = VCH4./CH4;
%ADIM 8: Bulgularin Derlenmesi;
msg = cell(9,1);
msg{1} = sprintf('Gunluk uretilen camur kutlesi = %1.2f kg/gun',CamurKutlesi);
msg{2} = sprintf('Gunluk uretilen camur debisi = %1.2f m3/gun',CamurHacmi);
msg{3} = sprintf('Gunluk BOI yukleme hizi = %1.2f kg/gun',BODyukleme);
msg{4} = sprintf('Curutucu hacmi = %1.2f m3',V);
msg{5} = sprintf('Hacimsel yukleme hizi = %1.2f kg/m3*gun',HacimselYukleme);
… … … …
```

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1. N.C. Ayla, K. Yetilmezsoy, "Su İletim Sistemlerinin Bilgisayar Tabanlı Modellenmesi", 4. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu (4th Engineers of Future International Student Symposium), EFIS 2020, II. Oturum, Ref. ID: 27, 07-08 Mayıs 2020, Zonguldak, Türkiye, 2020, ss. 41-44.