İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞEKERLEME ENDÜSTRİSİNDE PROSES VE KİRLENME PROFİLİ İLE ARITILABİLİRLİK BAZLI DENEYSEL KARAKTERİZASYON

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nursel KARAGÜL

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı

ŞUBAT 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞEKERLEME ENDÜSTRİSİNDE PROSES VE KİRLENME PROFİLİ İLE ARITILABİLİRLİK BAZLI DENEYSEL KARAKTERİZASYON

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nursel KARAGÜL
(501081724)

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Mahmut ALTINBAŞ

ŞUBAT 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501081724 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Nursel KARAGÜL**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"ŞEKERLEME ENDÜSTRİSİNDE PROSES VE KİRLENME PROFİLİ İLE ARITILABİLİRLİK BAZLI DENEYSEL KARAKTERİZASYON "** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmustur.

Tez Danışmanı : **Yrd.Doç. Dr. Mahmut ALTINBAŞ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Fatoş Germirli BABUNA**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Neşe TÜFEKÇİ**
İstanbul Üniversitesi

Teslim Tarihi : **6 Mayıs 2011**
Savunma Tarihi : **23 Şubat 2012**

Babam Necdet Karagül'e,

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın yürütülmesi ve yönlendirilmesindeki değerli katkılarından dolayı danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Mahmut ALTINBAŞ' a, çalışma boyunca bilgilerine başvurduğum ve desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK' e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışma esnasında sağladıkları önemli katkılardan dolayı Araş. Gör. Börte KÖSE' ye ve çok fazla destek gördüğüm değerli arkadaşım Deniz İzlen ÇİFTÇİ' ye sonsuz teşekkür ederim.

Bu çalışmada endüstriyel atıksu verilerinin sağlanmasındaki yardımlarından dolayı Kent Gıda A.Ş.' ye ve Tülay ÇİFTÇi' ye teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak her zaman yanımda olarak bana inanan, güvenen ve destekleyen AİLEME içten teşekkür ederim.

ŞUBAT 2012

Nursel KARAGÜL

Çevre Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xi**
TABLO LİSTESİ ..... **xiii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xv**
SEMBOL LİSTESİ ..... **xix**
ÖZET ..... **xxi**
SUMMARY ..... **xxiii**
1.GİRİŞ **1**
1.1 Çalışmanın Önemi 1
1.2 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı 2
2. ŞEKERLEME ENDÜSTRİSİ ATIKSUYU KARAKTERİZASYONU VE ARITILMA ESASLARI **3**
2.1 Şekerleme Endüstrisinin Genel Karakteristikleri 3
2.2 Şekerleme Endüstrisinin Üretim Özellikleri 3
2.3 Ürünün Tanımı 16
2.3.1 Şekerlemelerde kullanılan hammaddeler 18
2.3.2 Şekerlemelerin saklama koşulları 18
2.4 Şekerleme Endüstrisi Atıksuyu Özellikleri ve Arıtımı 19
3. İNCELENEN ŞEKERLEME ENDÜSTRİSİNİN TANITIMI **25**
3.1 Üretim Tesisinin Tanıtımı 25
3.2 Mevcut AAT 26
4. MATERYAL VE YÖNTEM **29**
4.1 Numune Alımı 29
4.2 Yapılan Analizler ve Yöntemleri 32
4.2.1 Askıda katı madde (AKM) ve uçucu askıda katı madde (UAKM) tayini 32
4.2.2 Biyokimyasal oksijen ihtiyacı ($BOİ_5$) 32
4.2.3 Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) 32
4.2.4 Amonyak tayini (NH_3-N) 32
4.2.5 Toplam kjeldahl azotu (TKN) tayini 33
4.2.6 Toplam fosfor tayini (TP) 33
4.2.7 pH, iletkenlik, toplam çözünmüş madde 33
4.2.8 Toplam katı madde (TKM) ve toplam uçucu katı madde (TUKM) 34
4.2.9 Anyon iyonlarının ölçülmesi 34
4.2.10 Sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, bakır, çinko değerlerinin ölçülmesi 34
4.3 KOİ Bileşenlerinin Belirlenmesi 35
4.4 Çözünmüş ve Partiküler İnert Madde (S_I, X_I) Belirleme Yöntemleri 37

4.5 Biyolojik Arıtılabilirlik Esaslı Karakterizasyon 43
4.5.1 Anaerobik Reaktör 43
5. TESİSİN PROSES VE KİRLENME PROFİLİ İLE YAPILAN ÇALIŞMALARIN SONUÇLARI 45
5.1 Su Kullanımı ve Proses Profili 45
5.2 Kirlenme Profili 45
5.3 Atıksu Karakterizasyonu 46
5.4 Biyolojik Arıtılabilirlik Esaslı Karakterizasyon 51
5.5 Literatür ile Karşılaştırma 53
6. ATIKSU ARITMA TESİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ 55
6.1 Atıksu Arıtma Tesisi Birimlerinde Yapılan Karakterizasyon Çalışmalarının Sonuçları 55
6.1.1 Askıda Katı Madde (AKM) ve Uçucu Askıda Katı Madde (UAKM) 55
6.1.2 Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı ($BOİ_5$) 56
6.1.3 Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve Çözünmüş Kimyasal Oksijen İhtiyacı (ÇKOİ) 57
6.1.4 Amonyak (NH_3-N) ve Toplam Kjeldahl Azotu (TKN) 58
6.1.5 Toplam Fosfor (TP) 59
6.1.6 pH, İletkenlik ve Toplam Çözünmüş Madde (TÇM) 60
6.1.7 Toplam Katı Madde (TKM) ve Toplam Uçucu Katı Madde (TUKM) 63
6.2 Atıksu Arıtma Tesisinin Mevcut Tesis Kapasitesinin İrdelenmesi 64
6.2.1 Tesiste Arıtılan Atıksu Miktarları 64
6.2.2 Atıksu Özellikleri 66
6.2.3 Anaerobik Arıtma Kademesi 70
6.2.4 Aerobik Arıtma Kademesi 72
6.2.5 Çamur Arıtma Birimleri 74
6.3 Atıksu Arıtma Tesisinin Performans Değerlendirilmesi 74
6.3.1 Anaerobik Arıtma Kademesi 74
6.3.2 Aerobik Arıtma Kademesi 77
6.3.3 Çamur Depolama ve Susuzlaştırma Birimleri 78
6.3.4 Arıtma Tesisi İşletimi 81
7. SONUÇLAR 83
KAYNAKLAR 85
ÖZGEÇMİŞ 89

KISALTMALAR

AKM	**:** Askıda Katı Madde
BOİ	**:** Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
DAF	**:** Dissolved Air Flotation (Çözünmüş Hava Yüzdürmesi
EGSB	**:** Expanded Granular Sludge Bed (Genleşmiş Granüler Havasız Çamur Yatağı
GMS	**:** Gliserol Monostearat
KM	**:** Katı Madde
KOİ	**:** Kimyasal Oksijen İhtiyacı
PAC	**:** Powdered Activated Carbon (Toz Aktif Karbon)
TÇM	**:** Toplam Çözünmüş Madde
TKM	**:** Toplam Katı Madde
TKN	**:** Toplam Kjeldahl Azotu
TP	**:** Toplam Fosfor
TUA	**:** Toplam Uçucu Madde
TUKM	**:** Toplam Uçucu Katı Madde
ZSF	**:** Balık Biyodeneyi

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1 : Tesisin Üretim Kapasitesi 4
Tablo 2.2 : Yıllık Üretim Miktarları 7
Tablo 2.3 : Tesise ait Ürün ve Üretim Miktarları 16
Tablo 2.4 : SKKY şeker üretimi ve benzeri için atıksu deşarj limitleri 20
Tablo 2.5 : Tesise ait Kaynaklarına Göre Su Kullanımı ve Deşarj 21
Tablo 2.6 : Toplam Atıksu Karakterizasyonu 21
Tablo 2.7 : Kimyasal Arıtma Sonuçları 22
Tablo 2.8 : Biyolojik Arıtmanın Sonuçları 22
Tablo 2.9 : Tesis 1, Tesis 2 ve Tesis 3'e ait Karakterizasyon Sonuçları 23
Tablo 3.1 : İncelenen Şekerleme Fabrikasına ait Üretim Değerleri 26
Tablo 4.1 : Numune alma noktaları ve numune alma koşulları 29
Tablo 4.2 : Çalışma kapsamında ölçülen parametreler, ölçüm yapılan noktalar ve ölçüm teknikleri 35
Tablo 4.3 : Anaerobik Reaktörlerde Kullanılan Besi Çözeltisinin Kompozisyonu .. 44
Tablo 5.1 : İncelenen Şekerleme Endüstrisine ait Proses Profili 45
Tablo 5.2 : İncelenen Şekerleme Endüstrisine ait Proses Profili 45
Tablo 5.3 : İncelenen Şekerleme endüstrisinde oluşan atıksuyun karakterizasyonu 46
Tablo 5.4 : Biyolojik Arıtılabilirlik Esaslı Karakterizasyon çalışmasında Ham Atıksu reaktörlerinden elde edilen KOİ Analiz sonuçları 51
Tablo 5.5 : Biyolojik Arıtılabilirlik Esaslı Karakterizasyon çalışmasında Süzülmüş Atıksu reaktörlerinden elde edilen KOİ Analiz sonuçları 52
Tablo 5.6 : Anaerobik inert KOİ sonuçlarının değerlendirilmesi 52
Tablo 5.7 : İncelenen şekerleme endüstrisine ait atıksu karakterizasyonunun literatür ile karşılaştırılması 54
Tablo 6.1 : İncelenen Şekerleme Endüstrisine ait Karakterizasyon Sonuçları 62
Tablo 6.2 : TKM ve TUKM konsantrasyonlarının ortalama ve satandart sapma değerleri 64
Tablo 6.3 : AAT'ne gelen ham atıksuyun debi dağılımının istatistiki analiz sonuçları 65
Tablo 6.4 : AAT'ne gelen ham atıksuyun istatistik analiz sonuçları 70
Tablo 6.5 : AAT Mayıs 2009-Nisan 2011 Dönemi Performans Değerlendirmesi.... 77
Tablo 6.6 : Çamur susuzlaştırma biriminden çıkan çamur kekinin istatistik analiz sonuçları 79

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Bisküvi Üretim Akım Şeması 4
Şekil 2.2 : Çikolata Kaplı Çubuk Bisküviler ve Gofretler 4
Şekil 2.3 : Şekerli - Şekersiz Sakız Üretim Akım Şeması 6
Şekil 2.4 : Akide Şekeri Üretimi Proses Akım Şeması 8
Şekil 2.5 : Lokum Üretimi Proses Akım Şeması 8
Şekil 2.6 : Ezme Üretimi Proses Akım Şeması 9
Şekil 2.7 : Sert ve Yumuşak Draje Üretimi Proses Akım Şemaları 10
Şekil 2.8 : Şerbet Şekeri Üretimi Proses Akım Şeması 11
Şekil 2.9 : Nöbet Şekeri Üretimi Proses Akım Şeması 11
Şekil 2.10 : Yaş Meyve Şekerlemesi Üretimi Proses Akım Şeması 12
Şekil 2.11 : Çikolata Şekillendirme Proses Akım Şeması 12
Şekil 2.12 : Yumuşak Şekerleme Üretimi Proses Akım Şeması 13
Şekil 2.13 : Dolgulu Sert Şekerleme Üretimi Proses Akım Şeması 14
Şekil 2.14 : Dolgusuz Sert Şekerleme Üretimi Proses Akım Şeması 15
Şekil 3.1 : İncelenen Fabrika 25
Şekil 3.2 : İncelenen şekerleme endüstrisi atıksu arıtma tesisi proses akım şeması .. 27
Şekil 4.1 : Numune alma noktaları 31
Şekil 4.2 : Atıksudaki KOİ fraksiyonlarının dağılımı 36
Şekil 4.3: Çıkış Akımındaki KOİ Fraksiyonları Dağılımı 37
Şekil 4.4 : Karşılaştırmalı metoda göre KOİ profilleri 39
Şekil 4.5 : Ham atıksu – Süzülmüş atıksu reaktörleri İnert KOİ profilleri 43
Şekil 4.6 : Anaerobik reaktörler 44
Şekil 5.1 : AKM konsantrasyonunun ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması 47
Şekil 5.2 : UAKM konsantrasyonunun ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması 47
Şekil 5.3 : BOI_5 konsantrasyonunun ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması 48
Şekil 5.4 : KOİ konsantrasyonunun ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması 48
Şekil 5.5 : ÇKOİ konsantrasyonunun ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması 48
Şekil 5.6 : Amonyak konsantrasyonunun ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması 49
Şekil 5.7 : TKN konsantrasyonunun ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması 49
Şekil 5.8 : TP konsantrasyonunun ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması 50
Şekil 5.9 : pH parametresinin ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması 50

Şekil 5.10 : İletkenlik parametresinin ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması 50
Şekil 5.11 : TÇM konsantrasyonunun ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması 51
Şekil 6.1 : AKM konsantrasyonunun arıtma tesisi ünitelerinde zamana bağlı karşılaştırılması 55
Şekil 6.2 : UAKM konsantrasyonunun arıtma tesisi ünitelerinde zamana bağlı karşılaştırılması 56
Şekil 6.3 : BOI_5 konsantrasyonunun arıtma tesisi ünitelerinde zamana bağlı karşılaştırılması 57
Şekil 6.4 : KOİ konsantrasyonunun arıtma tesisi ünitelerinde zamana bağlı karşılaştırılması 57
Şekil 6.5 : ÇKOİ konsantrasyonunun arıtma tesisi ünitelerinde zamana bağlı karşılaştırılması 58
Şekil 6.6 : Amonyak konsantrasyonunun arıtma tesisi ünitelerinde zamana bağlı karşılaştırılması 58
Şekil 6.7 : TKN konsantrasyonunun arıtma tesisi ünitelerinde zamana bağlı karşılaştırılması 59
Şekil 6.8 : TP konsantrasyonunun arıtma tesisi ünitelerinde zamana bağlı karşılaştırılması 59
Şekil 6.9 : pH parametresinin arıtma tesisi ünitelerinde zamana bağlı karşılaştırılması 60
Şekil 6.10 : İletkenlik parametresinin arıtma tesisi ünitelerinde zamana bağlı karşılaştırılması 60
Şekil 6.11 : TÇM konsantrasyonunun arıtma tesisi ünitelerinde zamana bağlı karşılaştırılması 61
Şekil 6.12 : TKM konsantrasyonunun EGSB reaktörü boyunca zamana bağlı karşılaştırılması 63
Şekil 6.13 : TUKM konsantrasyonunun EGSB reaktörü boyunca zamana bağlı karşılaştırılması 63
Şekil 6.14 : Mayıs 2009 – Nisan 2011 arasında tesiste üretilen günlük toplam atıksu miktarının değişimi 64
Şekil 6.15 : Mayıs 2009 - Nisan 2011 arasında AAT'ne gelen debinin eklenik frekans dağılımı 65
Şekil 6.16 : Mayıs 2009 - Nisan 2011 arasında tesiste üretilen KOİ değerinin değişimi 66
Şekil 6.17 : Mayıs 2009 - Nisan 2011 arasında AAT'ne gelen KOİ'nin eklenik frekans dağılımı 66
Şekil 6.18 : Mayıs 2009 - Nisan 2011 arasında tesiste üretilen KOİ yükü değerinin değişimi 67
Şekil 6.19 : Mayıs 2009 - Nisan 2011 arasında AAT'ne gelen KOİ yükünün eklenik frekans dağılımı 67
Şekil 6.20 : Mayıs 2009 - Nisan 2011 arasında AAT'ne gelen atıksuyun AKM değerinin değişimi 68
Şekil 6.21 : Mayıs 2009 – Nisan 2011 arasında AAT' ne gelen atıksuyun AKM'ye göre eklenik frekans dağılımı 68
Şekil 6.22 : Mayıs 2009 – Nisan 2011 arasında AAT' ne gelen atıksuyun AKM yükü değerinin değişimi 69
Şekil 6.23 : Mayıs 2009 – Nisan 2011 arasında AAT' ne gelen atıksuyun AKM yüküne göre eklenik frekans dağılımı 69

Şekil 6.24 : Anaerobik Reaktördeki KOİ giderim verimi ve çıkış KOİ konsantrasyonunun zamana göre değişimi 75
Şekil 6.25 : Anaerobik Reaktörde oluşan biyogaz debisinin zamana göre değişimi . 75
Şekil 6.26 : Anaerobik Reaktörde Uçucu Yağ Asitinin ve Alkalinitenin zamana göre değişimi 76
Şekil 6.27 : Aerobik Reaktördeki giriş ve çıkış KOİ yükünün zamana göre değişimi 78
Şekil 6.28 : I. Havalandırma havuzunda gözlenen sıcaklık değerleri 78
Şekil 6.29 : Nisan 2009-Mayıs 2011 tarihlerinde Arıtma Tesisinin kütle dengesi 80
Şekil 6.30 : Tesisten Mayıs 2009- Nisan 2011 dönemi ortalamaları ile çıkıştan şehir kanalına deşarj edilen kirlilik yükleri 81

SEMBOL LİSTESİ

C_I	: Toplam İnert KOİ Konsantrasyonu [MKOİ/L^3]
C_S	: Toplam biyolojik olarak ayrışabilen KOİ Konsantrasyonu [MKOİ/L^3]
C_{S0}	: Başlangıçtaki Toplam biyolojik olarak ayrışabilen KOİ Konsantrasyonu [MKOİ/L^3]
C_T	: Toplam KOİ Konsantrasyonu [MKOİ/L^3]
C_{T0}	: Başlangıçtaki Toplam KOİ Konsantrasyonu [MKOİ/L^3]
f_{EX}	: Partiküler İnert mikrobiyal Ürünlere Dönüştürülen İçsel Solunum Biyokütle Fraksiyonu
f_{ES}	: Çözünmüş İnert mikrobiyal Ürünlere Dönüştürülen İçsel Solunum Biyokütle Fraksiyonu
S_H	: Hızlı Hidroliz Olabilen KOİ Konsantrasyonu [MKOİ/L^3]
S_I	: Çözünmüş İnert KOİ Konsantrasyonu [MKOİ/L^3]
S_0	: Çözünmüş Oksijen Konsantrasyonu [MKOİ/L^3]
S_P	: Çözünmüş İnert Mikrobiyal Ürünler [MKOİ/L^3]
S_S	: Kolay Ayrışabilen KOİ Konsantrasyonu [MKOİ/L^3]
S_T	: Toplam Çözünmüş KOİ Konsantrasyonu [MKOİ/L^3]
S_{T0}	: Başlangıçtaki Toplam Çözünmüş KOİ Konsantrasyonu [MKOİ/L^3]
$(S_P)_G$	: Glikoz reaktöründe inert mikrobiyal çözünmüş ürün konsantrasyonu [MKOİ/L^3]
X_I	: Partiküler İnert KOİ Konsantrasyonu [MKOİ/L^3]
X_P	: Partiküler İnert Mikrobiyal Ürünler [MKOİ/L^3]
X_S	: Partiküler Yavaş Ayrışan KOİ Konsantrasyonu [MKOİ/L^3]
X_T	: Toplam KOİ Konsantrasyonu [MKOİ/L^3]
X_0	: Başlangıç Biyokütle Konsantrasyonu [MKOİ/L^3]
X_H	: Aktif Heterotrofik Biyokütle [MUAKM/L^3]
Y_H	: Heterotrofik Dönüşüm Oranı [MKOİ/MKOİ]
Y_{XP}	: Partiküler mikrobiyal ürünler ve ayrışabilir KOİ arasındaki oran
Y_{SP}	: Çözünmüş mikrobiyal ürünler ve ayrışabilir KOİ arasındaki oran
Y_P	: Mikrobiyal aktivite tarafından oluşturulan çözünmüş inert KOİ

ŞEKERLEME ENDÜSTRİSİNDE PROSES VE KİRLENME PROFİLİ İLE ARITILABİLİRLİK BAZLI DENEYSEL KARAKTERİZASYON

ÖZET

Şekerleme endüstrisi, lokum, yumuşak-dolgulu-dolgusuz şeker, çikolata, gofret, sakız, draje, ezme...vb. şekerlemelerini üreten kuruluşları kapsamaktadır. Çalışma kapsamında tesise ait yerleşim ve üretim miktarları verilmiştir. Şekerleme üretimi endüstrisinin Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ndeki alt kategorisi belirlenmiş, üretim prosesleri tanıtılarak, tesiste üretilen ürünler tanımlanmıştır.

Bu çalışmada incelenen şekerleme endüstrisinde yumuşak şekerleme, dolgulu-dolgusuz sert şekerleme, çikolata, şekerli-şekersiz sakız, draje ve jelibon ürünleri imal edilmektedir. Tesisin üretim kapasitesi 46230 ton ürün/yıl civarındadır. Bu ürünlerin üretimi esnasında pişirme kazanı, karıştırma kazanı, şekillendirme, soğutma tüneli gibi ambalajlanana kadar olan bu işlemler sonucu proseslerde atıksu oluşmaktadır.

Şekerleme endüstrisinde kullanılan su miktarının yüksek ancak oluşan atıksu miktarının düşük olmasına rağmen yüksek kirletici konsantrasyonuna sahiptir.

Bu endüstride şekerleme ürünlerinin üretimi sonucu oluşan atıksular şeker-jelibon-sakız 1 hattı, sakız 2 hattı ve jelibon hattı olmak üzere 3 ayrı hattan endüstriye ait atıksu arıtma tesisine gelmektedir. Bu şekerleme endüstrisi atıksularının arıtıldığı Atıksu Arıtma Tesisi, ızgara, DAF ve Dengeleme ünitelerinden oluşan fiziksel arıtma ile iki kademeli (anaerobik+aerobik) biyolojik arıtma ve çamur işleme birimlerini içeren kompleks bir sistemdir. Bu arıtma sistemine gelen şeker-jelibon-sakız1, sakız 2 ve jelibon hatlarından 2 hafta boyunca 6 farklı güne ait 24 saatlik kompozit numune, arıtma tesisi içinde yer alan döner elek çıkışı, 2.dengeleme çıkışı, EGSB (genleşmiş granüler havasız çamur yatağı) anaerobik reaktör çıkışı, 1.havalandırma havuzu çıkışı, çökeltme havuzu çıkışı, vakumsuyu çıkışı, çamur süzüntü suyu havuzu çıkışı ünitelerinden bir hafta boyunca 2 farklı güne ait 24 saatlik kompozit numune, 2.havalandırma havuzu çıkışı, çökeltme havuzu geri devir çamuru ünitelerinden de bir hafta boyunca 2 farklı güne ait anlık numune alınmıştır. Ayrıca EGSB reaktöründe bulunan 8 ayrı musluktan bir hafta boyunca 2 farklı güne ait anlık numune alınmıştır.

1.dengeleme tankı, 2.dengeleme tankı, şartlandırma tankı, anaerobik reaktör, kimyasal madde beslemesi için kostik tankı, H_3PO_4 tankı, $FeCl_3$ tankı birimleri anaerobik arıtma kademesinde yer almaktadır.

1.havalandırma havuzu, 2.havalandırma havuzu ve çökeltim havuzu birimleri havalandırmalı aktif çamur prosesi olarak projelendirilen iki kademeli aerobik arıtma kademesinde yer almaktadır.

Bu çalışmada, ele aldığımız şekerleme endüstrisi atıksularının şeker, sakız, jelibon hatlarından ve atıksu arıtma tesisindeki birimlerinden alınan numunelerin her birine AKM, UAKM, pH, iletkenlik, KOİ, Çözünmüş KOİ, BOİ, Azot Tayini, Fosfor Tayini, Amonyak, anyon ölçümü, sudaki kalsiyum, magnezyum, sodyum, bakır, çinko, potasyum ölçümü, EGSB reaktöründeki musluklardan alınan numunelerin TKM ve TUKM gibi bu şekerleme endüstrisine ait atıksuların arıtılabilirliklerini belirleyen parametre esaslı deneysel çalışmalar ile atıksu karakterizasyonu yapılarak, şekerleme endüstrisine ait proses ve kirlenme profili oluşturulmuştur. İncelenen şekerleme endüstrisine ait atıksu arıtma tesisi çıkışında AKM konsantrasyonu ortalama < 15 mg/L, KOİ konsantrasyonu ise < 40 mg/L olarak bulunmuştur ve bu değerler Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ndeki deşarj limitlerini karşılamaktadır.

Laboratuvar ortamında anaerobik reaktör kurularak inert fraksiyonları belirlenmiştir. Ayrıca tesisin Mayıs 2009-Nisan 2011 dönemleri arasındaki mevcut tesis kapasitesi irdelenerek arıtma tesisinin performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Yapılan karakterizasyon çalışmasında elde edilen veriler literatürle karşılaştırılmıştır.

PROCESS AND POLLUTION PROFILE WİTH TREATABILITY BASED EXPERIMENTAL CHARACTERIZATION OF CONFECTIONERY INDUSTRY

SUMMARY

Confectionery industry, candy, soft-filled-unfilled sugar, chocolate, wafers, chewing gum, coated tablets, crushing .... etc. includes establishments producing candies. Products of confectionery industry, depending on taste and attention than in previous years has become the most widely consumed products.

The main raw materials used in the confectionery industry, sugar, glucose, suve and various additives, as well as various wet and dry fruits, sugar syrups prepared in the main raw materials used to be coated.

Candies, sugar, and glucose or sugar in baked after only citric acid, tartaric acid or as a result of estimation by the addition of potassium Bitartrate dough, according to the type of product to be produced in milk, milk powder, gelatin, oil and added substances such as aromatic substances and shaping food packaging obtained from. Creates a large part of the structure of carbohydrates in sweet things. Used in the manufacture of sugar sweets, sucrose and derivatives thereof. Sucrose, sugar beet or cane sugar refining is achieved by special techniques is processed. Another important for the production of confectionery material in a corn starch obtained from a special production technique is glucose. Glucose, the sugar is crystallized acts, providing convenience to the processing of more help to shape properly.

Sweets, Turkish Food Codex is divided into groups as follows:
♦ Hard candy
♦ Soft candy
♦ Jelly confectionery
♦ Candy Dragee
♦ Tablet sugars
♦ Fruit candies
♦Almond paste, and so on
♦ Koz halva, and the like torrone
♦ Fund
♦ Krokan
♦ Filled confectionary products

Other sugar products;
♦ Halwa
♦Chewing gum
♦ Delight
♦ Chocolate

Hard candies, sucrose, glucose syrup and / or invert sugar is cooked with a high degree of glassy and amorphous form obtained by concentrating the mass of sugar, as well as flavors, colorants and flavoring agents may contain (the amount of moisture up to 3%). Although quite a simple method of production of hard candy, if not carried out in accordance with technical rules, such as crystallization, and defects in adhesion may occur as soon as possible.

Marshmallows; Toffe raw materials used in construction of properties and caramel toffee, milk, milk fat and vegetable oil comes from. The difference between caramel and toffee candy chewing Toffe feature is adding to gelatin or album. Toffler also be made with milk.

Jelly candies, sweets have an important role in other than the low degree of sugar products are prepared by cooking and, therefore, is higher in humidity (15-20%). The typical structural features of these products is provided gelling agents. These starch, gelatin, pectin, gum arabic and agar. Other raw sugar and glucose syrup. Gelling agent used in accordance with, hard, soft, elastic, easy to cut and so on. confectionery is obtained from various tissues and structures.

Dragees; core part of the non-chocolate candy, including chocolate and non-core part of the two types of dried fruit.

Chewing gums, gomelastik (yeast gum), sugar, glucose, essential oil, synthetic waxes and glycerol, wax, oil and emilgatör (softening agents) consisting of a mixture obtained by packaging the dough product is divided into specific shapes.

Chewing gums;
♦ Sugar
♦ Unsweetened
♦ sweetener
to be divided into three. Grouped as a balloon and uncuffed.

Confectionery industry, which are taken up, sugar, gum, and jelly, including 3 different types of confectionery products are manufactured. During the production of these products, the cooking vessel, mixing tank, forming, cooling tunnel to packaging as a result of these operations, consists of wastewater processes.

Wastewater of production of confectionery industry is usually acidic in nature. High amount of water used in the confectionery industry, but despite the low amount of wastewater, has a high concentration of pollutants. Because of the high organic matter concentration in wastewater of confectionery industry, a one-stage treatment is not sufficient to discharge. The biological treatment method of anaerobic treatment, the reduction of organic pollution, especially that wastewater is applied (sugar, yeast, corn, starch, milk products, alcohol, cellulose and paper) of food production and agro-based industries. This application, the correct sizing of the first stage of wastewater treatment plant correctly identify the characteristics of the input is great importance. Anaerobic treatment is applied as a pre-treatment and removal of very large quantities of organic matter is provided. Wastewater of complex organic matter content of containing organic matter, biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), total suspended solids (TSS) is the main parameters, such as oil and grease. Confectionery industry, according to the Water Pollution Control Regulations (2004) sugar production and similar sub-category fall into the category of food industries. Regulation of sugar production and equivalents

at the specified discharge standards are given 450 mg/L for COD and 80 mg/L for TSS.

In this study, the biological treatment of wastewater were investigated, engaged in the production of sugar, gum and jelly from confectionery industry. Wastewater resulting from the production of confectionery products in this industry, sugar-jelly-gum 1 line, gum 2 line and Jelly line, including 3 separate lines of the industry comes from a wastewater treatment plant. Wastewater Treatment Plant is a complex system, the tratment of wastewater in confectionery industry, containing the grid, DAF (Dissolved air flotation), and the balancing units of the physical teratment with the two-stage (anaerobic + aerobic) biological treatment and sludge processing units. From sugar-jelly-gum 1, gum 2, and jelly lines to the treatment system in 6 different days during two weeks, rotating sifter output, 2. Balancing output, EGSB (expanded granular sludge bed) anaerobic reactor output, 1. aeration tank output, sedimentation tank output, vacuum water output, sludge filtrate water tank output units within the treatment plant in 2 different days during the week of 24-hour composite sample, 2. aeration tank output, sedimentation tank sludge recycle units, instant of the sample taken from 2 different days during the week. In addition, instant of the sample was taken 2 different days during the week from the 8 different taps of EGSB reactor.

1. balancing tank, 2. balancing tank, conditioning tank, anaerobic reactör, caustik tank for feeding of chemicals, H_3PO_4 tank, $FeCl_3$ tank units are located in the anaerobic treatment stage.

1. aeration tank, 2. aeration tank, and sedimentation tank units are located, aeration activated sludge process designed as a two-stage aerobic treatment stage.

Samples taken from each of the units mentioned in sugar, gum, Jelly lines and wastewater treatment plant, SS, VSS, pH, conductivity, COD, soluble COD, BOD, Nitrogen Determination, Determination of phosphorus, ammonia, anion measurement of ions, calcium, magnesium, sodium, copper, zinc, potassium, elements of the measurement, the samples taken from taps EGSB reactor, TS and TVS as affecting the wastewater treatment of confectionery industry, executing a series of experimental studies, was done wastewater characterization. In this study, process and pollution profiles of confectionery industry were formed. Inert fractions were determined by establishing anaerobic reactor in the laboratory.

5.299.685 m^3 water of per year are used at the facility. Confectionery industry profile is created for the investigated process and product specific processes, disposal of sewage per day the amount of wastewater is 92.100 m^3/day and 3134 m^3/ton product.

Amount of wastewater formation are examined, the most important wastewater source is sugar-gum1-jelly line in the factory. A large part of this wastewater from production comes the other part of the administrative-social building, mess hall and the toilet. COD and SS of unit on the basis of pollutant loads, is calculated 26642; 2736 kg/ton in the factory. 112 tons products produced per day in the factory.

Plant's layout and production amounts are given in this study. Confectionery manufacturing industry categories determined in the Regulation on Water Pollution Control, introducing the production processes, produced products identified at the plant.The data obtained from the characterization study, compared with the literature. On the basis of the characterization study, process and pollution profiles created on the basis of the plant source.

Sugar and related products is determined by the Water Pollution Control Regulations of TSS and COD pollution parameters. TSS concentration in the exit of the investigated confectionery industry wastewater treatment plant with an average of < 15 mg/L, COD concentration is < 40 mg/L, respectively, and these values meet the Water Pollution Control Regulations discharge limits.

The facility for the period between May 2009 - April 2011 performance evaluation of existing treatment plant capacity of the plant were examined. At the facility in May 2009 - April 2011 period, the average COD and SS parameters and status of the pollution load discharged ISKI existing wastewater treatment plant provides a high performance, especially in terms of COD removal. Expanded granular sludge bed (EGSB) reactor volumetric organic load 4.5 kg COD/m^3.day an deven values as high as 10 ~ 15 kg COD/m^3.day high yields (80% - 90%), COD removal is possible. High - efficiency anaerobic reactor for stable and sustainable business, the maximum volumetric loading 10 kg COD/m^3.day can be done safely. Wastewater treatment plant is a very high removal efficiency can be increased capacity. Aerobic reactor, F/M ratio of 0.33 kg even in shock load BOD_5/kg SS.day. F/M ratio for conventional activated sludge up to a value of 0.6 kg BOD_5/kg VSS.day. Aeration basins are below this value for the moment and where necessary enhanced by the installation has been observed.

In this study, we investigated confectionery industry and the very high treatment efficiency of wastewater treatment plant discharge limits based on Water Pollution Control Regulations under the operation of the facility to obtain the values shows that there is a problem. Aerobic and anaerobic sludge age reactor, the reactor was also very low volumetric organic load of the facility shows that have the capacity to handle more load.

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Önemi

Şekerleme endüstrisi gıda sanayisinde geniş bir yelpazeyi oluşturmaktadır. Dünya çapında birçok şekerleme üretimi yapan firma mevcuttur ve şekerleme endüstrisinde lokum, akide şekeri, şekerli-şekersiz sakız, jelibon, çikolata, yumuşak-dolgulu-dolgusuz şekerleme, ezme..vb. gibi ürünler üretilmektedir. Bir çok çeşidi ile ve özellikle düşük kalorili ve diş dostu yazılarıyla da her yaştaki tüketicinin ilgisini çekmektedir. Şekerleme endüstrilerine ait üretilen ürünler, damak tadına ve ilgiye bağlı olarak önceki yıllara göre daha yaygın olarak tüketilen ürünler haline gelmiştir.

Şekerleme endüstrisi gibi birçok gıda sektöründe üretim esnasında fazla su kullanılmasına rağmen oluşan atıksu miktarı az olmakla birlikte, oluşan atıksu yüksek organik kirlilik içermektedir. Genellikle SKKY'deki deşarj limitlerini sağlayabilmek için biyolojik olarak arıtılmaları tercih edilmektedir.

Biyolojik arıtma yöntemi olan anaerobik arıtma, organik kirliliğin azaltılmasında, özellikle gıda üretimi yapan ve tarıma dayalı endüstrilerin (şeker, maya, mısır, nişasta, süt ürünleri, alkol, selüloz ve kağıt) atıksularına bir asırdan fazla süredir uygulanmaktadır (McCarthy, 1982). Şekerleme endüstrisi atıksularının organik madde konsantrasyonu yüksek olduğu için, tek kademeli bir arıtma deşarj için yeterli değildir. Anaerobik arıtma bir ön arıtma olarak uygulanır ve oldukça yüksek miktarda organik madde giderimi sağlanır (Toröz ve diğ., 1997).

Endüstriyel atıksu arıtma tesislerinin doğru olarak boyutlandırılmasında birinci aşama olarak atıksuların arıtma tesisine girişteki karakteristiklerinin doğru bir şekilde tanımlanması büyük önem taşır. Kompleks organik madde içeren atıksuların organik madde içeriğinin ölçülmesi, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam askıda katı madde (AKM) ve yağ ve gres gibi ana parametrelere dayanır (Tünay ve diğ., 1995).

Yapılan bu çalışmayla şekerleme endüstrisi atıksularının atıksu karakterizasyonunun belirlenmesi ve anaerobik arıtmanın bir ön arıtma olarak uygulanması sonucu elde

edilen veriminde incelenmesi esas alınmıştır. Tesisin proses ve kirlenme profili oluşturularak ve mevcut olan atıksu arıtma tesisinin performans değerlendirilmesi yapılarak tesisin genel durumu incelenmiştir.

1.2 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Bu çalışmada, ele aldığımız şekerleme endüstrisi atıksularının şeker, sakız, jelibon hatlarından ve atıksu arıtma tesisindeki birimlerinden alınan numunelerin her birine AKM, UAKM, pH, iletkenlik, KOİ, Çözünmüş KOİ, BOİ, Azot Tayini, Fosfor Tayini, Amonyak, anyon ölçümü, sudaki kalsiyum, magnezyum, sodyum, bakır, çinko, potasyum ölçümü, EGSB reaktöründeki musluklardan alınan numunelerin TKM ve TUKM gibi bu şekerleme endüstrisine ait atıksuların arıtılabilirliklerini belirleyen parametre esaslı deneysel çalışmalar ile atıksu karakterizasyonu yapılarak, şekerleme endüstrisine ait proses ve kirlenme profili oluşturulması hedeflenmiştir.

Bölüm 2'de, şekerleme endüstrisinin genel karakteristikleri, üretim özellikleri, atıksu özellikleri ve arıtımı ile ilgili literatür çalışmaları verilmiştir.

Bölüm 3'te, çalışma kapsamında tesise ait yerleşim, kapasite ve işgücü bilgileri verilmiştir. Şeker üretimi endüstrisinin Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ndeki alt kategorisi belirlenmiş, üretim prosesleri tanıtılarak, tesiste üretilen ürünler tanımlanmıştır.

Bölüm 4'te, numune alma noktaları ve numune alma koşulları ile ilgili bilgi verilmiştir. Yapılan analizler ve yöntemlerden kısaca bahsedilerek KOİ bileşenleri tanımlanmıştır.

Bölüm 5'te, incelenen şekerleme endüstrisine ait proses ve kirlenme profili oluşturulmuştur. İnert KOİ sonuçlarıda yine bu bölümde verilmiştir.

Bölüm 6'da, atıksu arıtma birimlerinde yapılan karakterizasyon çalışmalarının sonuçları verilmiştir. Mevcut arıtma tesisinin arıtma performansı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nce belirlenmiş deşarj limitlerine göre incelenmiştir.

Bölüm 7'de, bu çalışmada yapılan deneysel çalışmaların sonuçlarının değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. ŞEKERLEME ENDÜSTRİSİ ATIKSUYU KARAKTERİZASYONU VE ARITILMA ESASLARI

2.1 Şekerleme Endüstrisinin Genel Karakteristikleri

Şekerleme endüstrisi; lokum, yumuşak - dolgulu - dolgusuz şeker, çikolata, gofret, bisküvi, şekerli - şekersiz sakız, jelibon, draje, ezme...vb. şekerleme ürünlerini üreten kuruluşları kapsar.

Şekerleme endüstrisinde kullanılan su miktarının yüksek ancak oluşan atıksu miktarının düşük olmasına rağmen yüksek kirletici konsatrasyonuna sahip olması, bu endüstrinin çevreye verdiği organik ve inorganik kirliliğin yüksek olması nedeniyle arıtılmaları çevre için çok önemlidir.

Bu endüstri dalında faaliyet gösteren tesislerden kaynaklanan atıksular genellikle asidik karakterde olup, yüksek organik madde içerikli ve nütrient maddeler açısından fakir bir yapıya sahiptir.

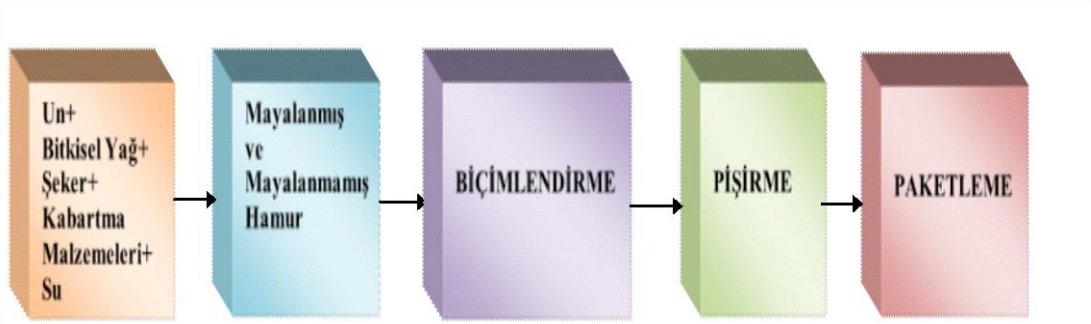
Şekerleme endüstrisinde kullanılan ana hammaddeler; şeker, glikoz, su ve çeşitli türde tad ve koku veren katkı maddeleri olup, bunun yanında çeşitli yaş ve kuru meyveler, ana hammaddelerden hazırlanmış şurupla kaplanmak üzere kullanılabilmektedir (Yıldız, 1995; Toröz ve diğ., 1997).

2.2 Şekerleme Endüstrisinin Üretim Özellikleri

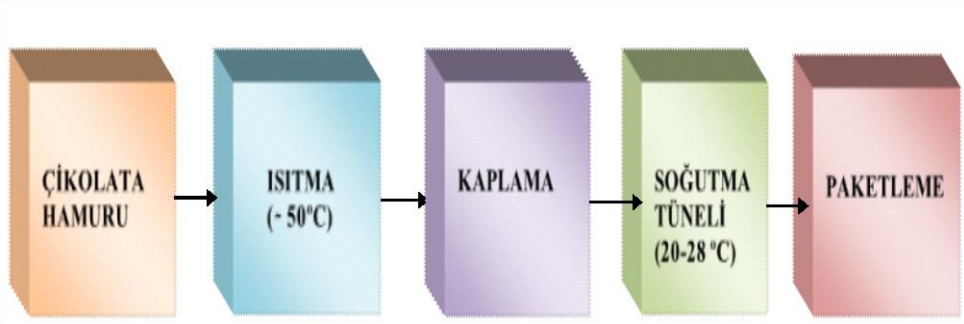
Bu bölümde, şekerleme endüstrisi dalında faaliyet gösteren ve ana üretimleri birbirinden farklı olan tesislerle ilgili çalışmalar incelenmiştir.

Toröz ve diğ. (1997)'nin çalışmasında ele alınan şekerleme endüstrinde bisküvi, çikolata kaplı çubuklar ve gofretler üretilmektedir. Tesiste günde 3 vardiya halinde ve haftada 6 gün çalışılmaktadır. Toplam personel sayısı 1000-1200 arasındadır. Tesiste üretim prosesleri iki farklı grupta sınıflandırılmaktadır. İlk grup olan bisküvi üretimine ait akım şeması Şekil 2.1'de ve ikinci grup olan çikolata kaplı çubuk

bisküviler ve gofretlere ait üretim akım şeması Şekil 2.2'de gösterilmektedir. Tesisin üretim kapasitesi de Tablo 2.1'de verilmektedir.



Şekil 2.1: Bisküvi Üretim Akım Şeması (Toröz ve diğ., 1997)



Şekil 2.2: Çikolata Kaplı Çubuk Bisküviler ve Gofretler (Toröz ve diğ., 1997)

Tablo 2.1: Tesisin Üretim Kapasitesi (Toröz ve diğ., 1997)

Ürün	**Toplam Üretim (ton/yıl)**
Bisküvi	18000
Çikolata Kaplı Çubuk Bisküviler ve Gofretler	24000
Toplam	42000

Yıldız (1995)'ın çalışmasında 3 farklı şekerleme endüstrisi ele alınmıştır. Çalışmada ele alınan Tesis 1'de şekerli ve şekersiz sakız ürünleri imal edilmektedir. Tesis 1 üç vardiya halinde çalışmaktadır. Toplam 500 çalışana sahiptir. Fabrikada haftada 6 gün olmak üzere senede toplam 290 gün faaliyette bulunmaktadır. Fabrikada şekerli ve şekersiz sakız olmak üzere yıllık olarak toplam 12000 ton'luk bir üretim yapılmaktadır. Bunun ortalama olarak 1500 tonunu şekersiz sakız, 8500 tonunu da

şekerli sakız oluşturmaktadır. Her iki üretimde de kullanılan maya, çeşitli reçine ve hammaddelerin bir araya getirilerek maya mikserlerinde karıştırılması sonucu elde edilmektedir. 3'ü 5 tonluk ve 4'üde 500 kg'lık olmak üzerede fabrikada toplam 7 adet maya mikseri bulunmaktadır. Maya bu mikserlerde hazırlandıktan sonra, bir kısmı şekersiz sakız bir kısmı da şekerli sakız üretiminde kullanılmak üzere depolara kaldırılmaktadır.

Şekersiz sakız üretim prosesinde, depodan alınan hazır maya sırasıyla aşağıdaki işlemlere tabi tutulmaktadır;

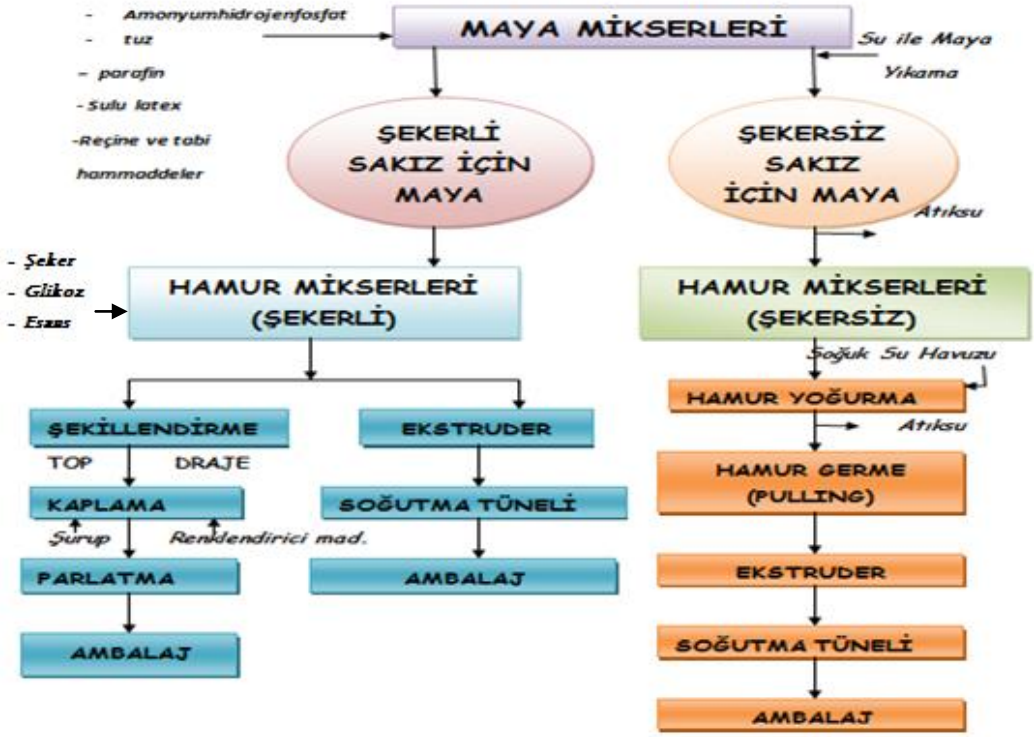
Maya, mikserlerde 4-6 Atü buhar basıncı verilmek suretiyle 2-6 saat süreyle karıştırılmaktadır. Karıştırma işleminin belirli safhalarında, maya içinde mayanın açlığına yol açacak tuz vb. maddelerin uzaklaştırılması için, maya su ile 4-5 kez yıkanmaktadır ve bunun sonucunda prosesten atıksu oluşmaktadır. Bu işlemin sona ermesiyle, şekersiz sakız üretiminde kullanılacak maya, kalıplara dökülerek depolarda muhafaza edilmektedir. Üretim yapılacağı zaman depolardan alınan bu mayalar, ikinci bir mikserde, belirli bir sıcaklık ve basınçta tekrar karıştırılarak, kullanıma hazır hale getirilmektedir. Daha sonra, sıcak halde bulunan hamur, soğutma havuzunda temaslı soğutmaya tabi tutulmaktadır. Soğutma işlemi, hamurun soğuk su içinde elle yoğrulması şeklinde yapılmakta ve bu işlem sonucu atıksu oluşmaktadır (Yıldız, 1995).

Soğutulan hamur, hamur germe makinasına alınmaktadır ve hamur gerilmek suretiyle uzatılmaktadır. Daha sonra, ekstruder makinasına verilerek ip halinde çekilerek uzatılmaktadır. İp haline getirilen hamur, soğutma tüneli adı verilen bir bant üzerinde, soğuk hava verilip +4 ºC'ye kadar soğutulmaktadır. Soğutulmuş ve kullanıma hazır hale gelen sakız, kesme makinalarında belirli boyutlarda kesildikten sonra ambalajlanarak tüketime sunulmaktadır (Yıldız, 1995).

Şekerli sakız üretim prosesinde, depodan alınan hazır maya şekersiz sakız üretimindeki gibi bir yıkama işlemine tabi tutulmamaktadır. Burada maya şekerli hamur mikserine alınarak, üzerine belirli oranlarda şeker, glikoz ve esans ilave edilip belirli bir buhar basıncı ve sıcaklık altında bir süre karıştırılmaktadır. Bu karıştırma işlemi sonucunda elde edilen hamurun bir kısmı ekstruder makinasında ip halinde çekilirken, diğer bir kısmı da ip halinde uzatıldıktan sonra küçük küçük kesilerek top veya draje şeklinde şekillendirilmektedir. Top ve draje şeklinde şekillendirilen

hamur, döner kaplama kazanlarında, üzerine daha önce hazırlanan şurup ve renklendirici maddelerin ilave edilmesi suretiyle kaplama işlemine tabi tutulmaktadır. Top ve draje şeklindeki şekerli sakızlar parlatılmakta ve ambalajlanarak tüketime sunulmaktadır (Yıldız, 1995).

Ekstruderde ip halinde çekilen hamur ise, şekersiz sakız üretimindeki gibi soğutma tünelinde +4 ºC'ye soğutulduktan sonra ambalajlanarak tüketime sunulmaktadır. Tesis 1' e ait şekerli ve şekersiz sakız üretiminin akım şeması Şekil 2.3'te verilmektedir (Yıldız, 1995).



Şekil 2.3: Şekerli - Şekersiz Sakız Üretim Akım Şeması (Yıldız, 1995)

Yıldız (1995)'ın çalışmasındaki Tesis 2'de akide şekeri, lokum (sade ve meyveli), ezme, draje, şerbet şekeri, nöbet şekeri, çikolata ve yaş meyve şekerlemesi ürünlerini imal edilmektedir.

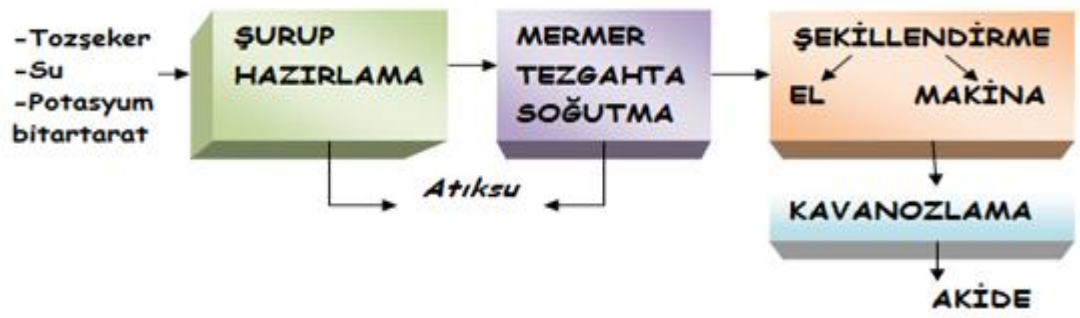
Tesiste tek vardiya çalışılmaktadır ve toplam çalışan personel sayısı 40 kişidir. Fabrika haftada 6 gün olmak üzere senede toplam 290 gün faaliyette bulunmaktadır. Fabrikada imal edilen ürünlerin ortalama yıllık üretim miktarları Tablo 2.2'de verilmektedir (Yıldız, 1995).

Tablo 2.2: Yıllık Üretim Miktarları (Yıldız, 1995)

Ürün	Üretim Miktarı (ton/yıl)
Akide Şekeri	80
Lokum	350
Ezme	174
Draje	75
Şerbet Şekeri	15
Nöbet Şekeri	12
Yaş Meyve Şekerlemesi	9
Çikolata	22

Tesis 2'de akide şekeri üretiminde, belirli oranlarda şeker, su ve potasyum bitartarat, pişirme kazanlarında 160-180 ºC'ye kadar belirli bir basınç ve sıcaklık altında 45 dk süreyle pişirilmektedir. Elde edilen şurup, işleme derecesi olan 90 ºC'ye kadar soğutulmak üzere mermer tezgah üzerine dökülmektedir. Boyalı akide yapılacağı zaman, pişirme işleminin bitiminden hemen önce belli bir miktarda boya şuruba ilave edilip daha sonra 10 dakika süren bir soğutma işlemi yapılmaktadır. Daha sonra, cinsine göre üzerine aroma veya meyve ilavesi yapılarak hem elle hem de makine ile şekillendirme yapılmaktadır (Yıldız, 1995).

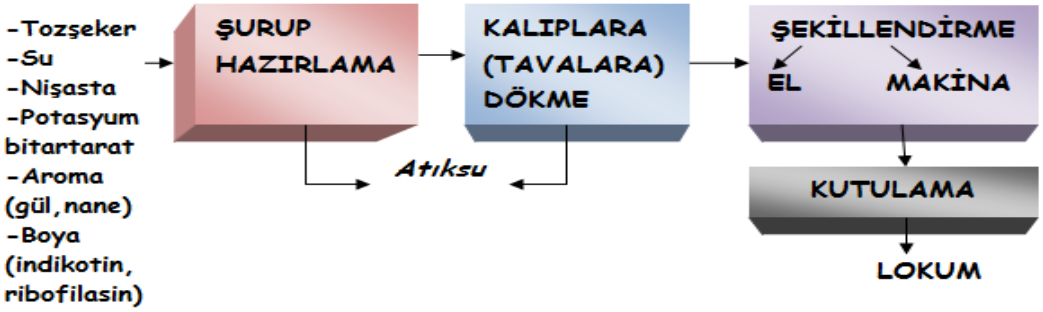
Bu üretim prosesinde, üretim sırasında herhangi bir atıksu oluşumu söz konusu olmamaktadır. Ancak ekipmanların yıkanması sonucu atıksu oluşmaktadır. Bu üretime ait akım şeması Şekil 2.4'te gösterilmektedir (Yıldız, 1995).



Şekil 2.4: Akide Şekeri Üretimi Proses Akım Şeması (Yıldız, 1995)

Fabrikada, sade ve meyveli olmak üzere iki tip lokum üretilmektedir. Belirli oranlarda şeker, su, nişasta ve potasyum bitartarat, 115-120 ºC'ye kadar pişirme kazanlarında yaklaşık 2,5 saat süreyle pişirilmektedir. Pişirme işlemi bittikten sonra, dikdörtgen şeklindeki kalıplara hazırlanan bu şurup dökülmektedir. Ortamın sıcaklığına bağlı olarak 1-2 gün dinlendirilip kalıpta soğutulmaktadır. Sonra hem makine hem de el ile şekillendirme işlemi yapılarak kutularda ambalajlanmaktadır (Yıldız, 1995).

Bu üretim prosesinden ekipmanların yıkanması ve farklı cins lokum üretimlerine geçişlerde ekipmanın yıkanması sonucu atıksu oluşmaktadır. Bu üretimle ilgili akım şeması Şekil 2.5'te gösterilmektedir (Yıldız, 1995).



Şekil 2.5: Lokum Üretimi Proses Akım Şeması (Yıldız, 1995)

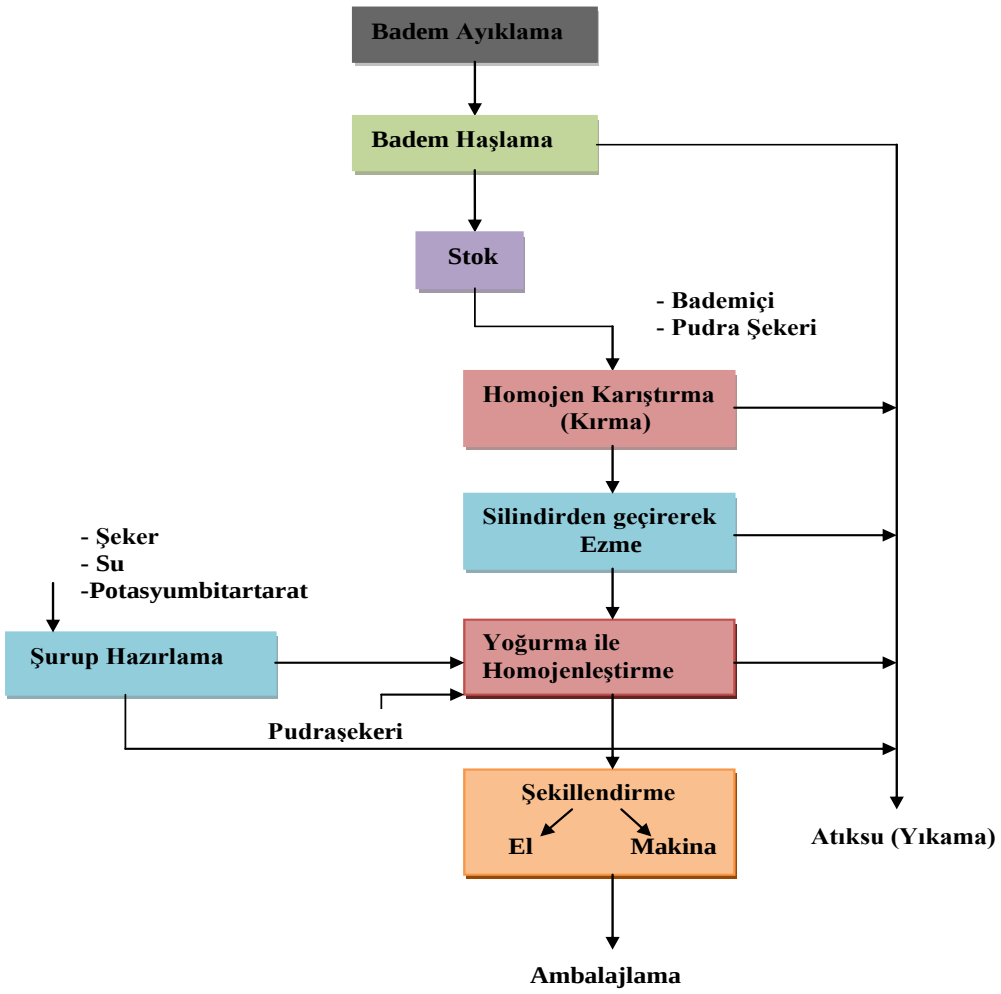
Ezme üretiminde, badem toz vb. maddelerden temizlenmek üzere ayıklanmaktadır. Dışındaki kabuğu soymak üzere 100 ºC'de haşlama kazanında haşlanmaktadır. Daha sonra, soyma makinasında kabuğu tamamen soyulduktan sonra elde edilen beyaz badem kurutularak stoklanmaktadır (Yıldız, 1995).

Belirli oranlarda şeker ve su 140 ºC'de pişirilerek şuruba hazırlanmaktadır. Pişirme işlemi bir yandan devam ederken diğer yandan bademiçi ve pudra şekeri, kırma ve silindir makinalarından geçirilerek hamur haline getirilmektedir. Hazırlanan şurup,

hamur haline getirilen bu karışıma ilave edilerek yaklaşık 30 dakika karıştırılmakta ve 1 saat soğumaya bırakılmaktadır. Soğtulduktan sonra, yoğurma makinasında pudra şekeri ilave edilmektedir. Daha sonra elle ve makine ile şekillendirme işlemi yapılıp ambalajlanarak tüketime sunulmaktadır (Yıldız, 1995).

Yumuşak draje üretiminde ise badem yerine değişik meyveler kullanılmaktadır. Bu meyveler değişik boyutlarda ve şekillerde kesilerek döner tavalarda bu kez ısıtılmadan soğuk kaplama işlemine tabi tutulmaktadır (Yıldız, 1995).

Bu üretim prosesinde ekipmanların temizlenmesi işlemi, silindir makinası ve yoğurma makinasının günlük olarak silinmesi şeklinde yapılmaktadır. Bu prosesten atıksu oluşmaktadır. Ezme üretimine ait proses akım şeması Şekil 2.6'da gösterilmektedir (Yıldız, 1995).

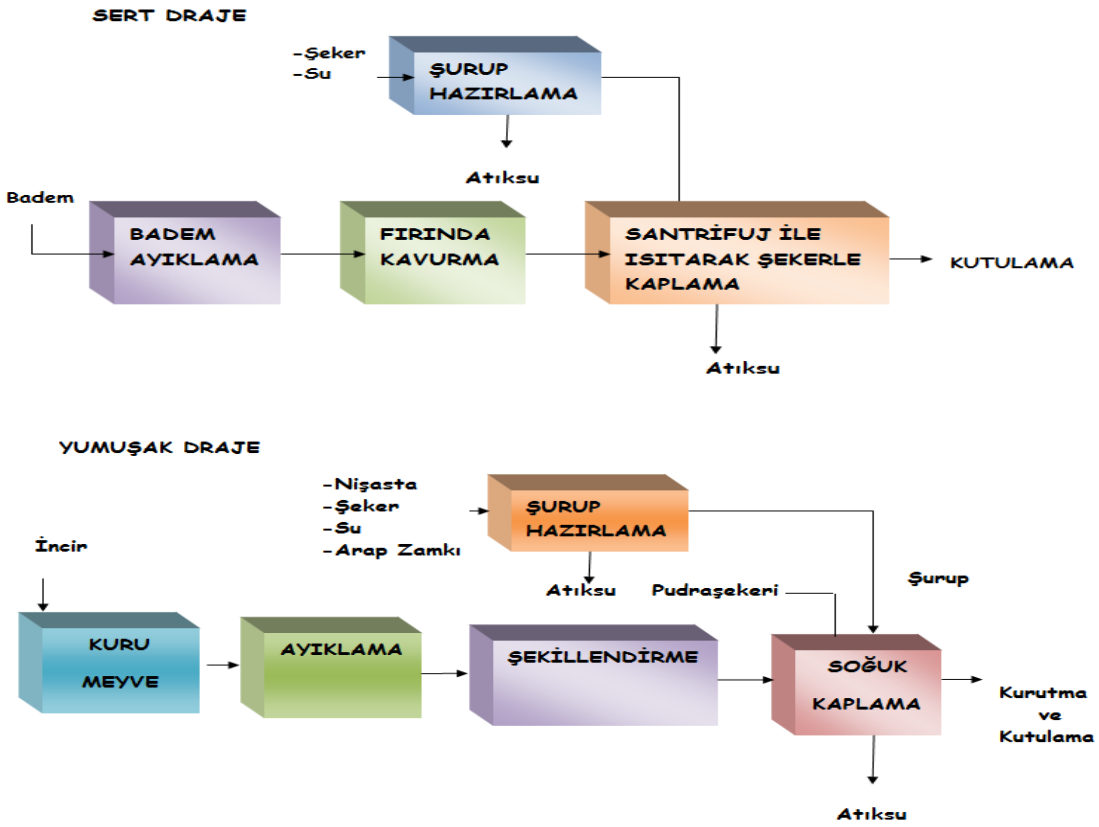


Şekil 2.6: Ezme Üretimi Proses Akım Şeması (Yıldız, 1995)

Draje üretiminde, belirli oranlarda şeker ve su, 120 ºC'ye kadar kaynatılarak şurup hazırlanmaktadır. Bu arada bademler belirli bir sıcaklıkta fırında kavrulmaktadır.

Kavrulan bademler, döner tavalara alınmaktadır. Hazırlanan şurup, alttan ısıtılan döner tavalardaki bademe 8 saat süreyle nüfuz ettirilmektedir. Bu işlem bittikten sonra tavalardan alınarak paketlenmektedir (Yıldız, 1995).

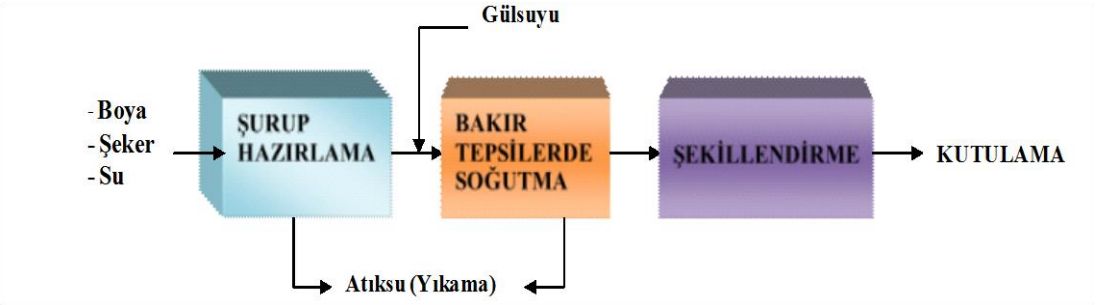
Bu üretim prosesinde ekipmanların temizlenmesi işlemi, tavaların günlük olarak silinmesi şeklinde yapılmaktadır. Bu prosesten atıksu oluşmaktadır. Bu üretime ait proses akım şeması Şekil 2.7'de gösterilmektedir (Yıldız, 1995).



Şekil 2.7: Sert ve Yumuşak Draje Üretimi Proses Akım Şemaları (Yıldız, 1995)

Şerbet şekeri üretiminde, belirli oranlarda şeker ve su, 140 ºC'ye kadar 1 saat süreyle şurup hazırlama kazanında kaynatılarak şurup hazırlanmaktadır. Pişirme bitiminden önce şekeri renklendirecek boya maddesi belirli bir miktar ilave edilmektedir. Pişirme işlemi bittikten sonra da gülsuyu ilave edilmektedir. Daha sonra şekillendirme amacıyla bakır tepsilere dökülmekte ve tepsilerde soğutmaya bırakılmaktadır. Daha sonra da tepsilerde belirli şekillerde kesilerek ambalajlanmaktadır (Yıldız, 1995).

Bu üretim prosesinde ekipmanların temizlenmesi işlemi, şurup kazanı ve tepsilerin yıkanması sonucunda atıksu oluşmaktadır. Bu üretime ait proses akım şeması Şekil 2.8'de gösterilmektedir (Yıldız, 1995).

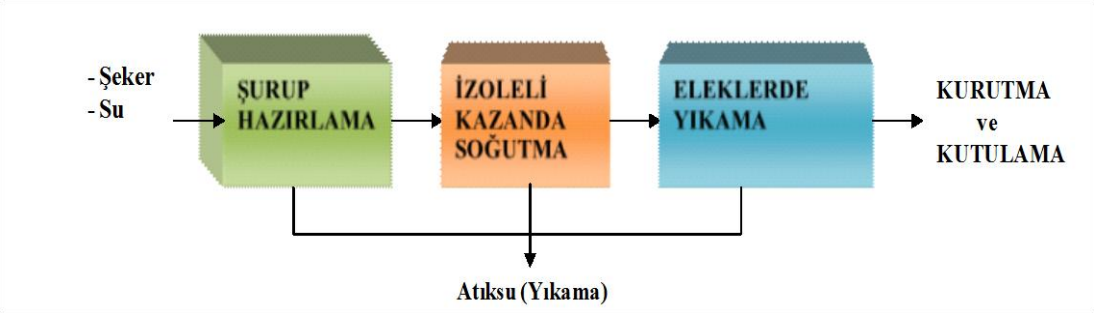


Şekil 2.8: Şerbet Şekeri Üretimi Proses Akım Şeması (Yıldız, 1995)

Nöbet şekeri üretiminde, belirli oranlarda şeker ve su, 125 ºC'ye kadar 1 saat süreyle şurup hazırlama kazanında kaynatılarak şurup hazırlanır (Yıldız, 1995).

Diğer yandan, iç içe ağaç talaşı ile izolasyonlu kazana, hazırlanan şurup konmaktadır ve hemen soğumaması için ağzı kapatılmakta ve etrafı dış ortamdan izole edilecek şekilde örtülmektedir. Yaklaşık 8 gün bu kazan içinde bekletilmektedir. Bu sürede, şurup içindeki şeker kazan içinde yer alan ip etrafında zamanla yoğunlaşarak sertleşmektedir. Bu süre sonunda elde edilen ürün yüzeyinde kalmış olabilecek şeker şurubundan temizlenmek üzere elekler üzerinde yıkanmaktadır. Daha sonra kurutularak ambalajlanmaktadır (Yıldız, 1995).

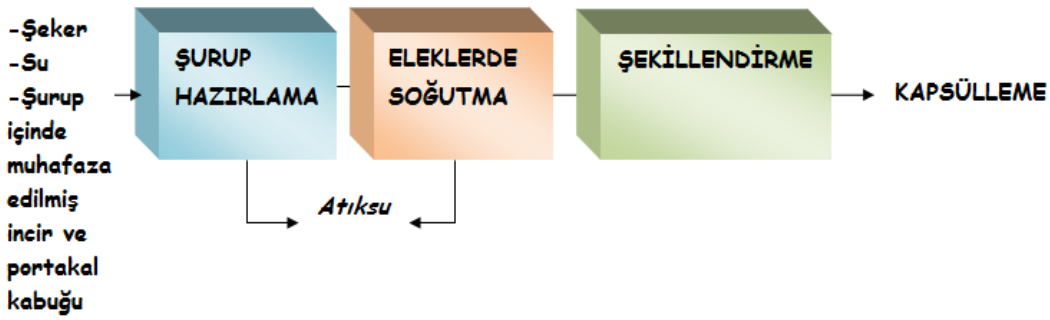
Bu üretim prosesinde, izolasyonlu kazanın ve eleklerin yıkanması sonucu atıksu oluşmaktadır. Bu üretime ait proses akım şeması Şekil 2.9'da gösterilmektedir (Yıldız, 1995).



Şekil 2.9: Nöbet Şekeri Üretimi Proses Akım Şeması (Yıldız, 1995)

Yaş meyve şekerlemesi üretiminde, belirli oranlarda şeker ve su karıştırılarak 120ºC'ye kadar kaynatılmaktadır. Ayrı bir yerde şeker şurubu içinde muhafaza edilen incir ve portakal kabuğu, hazırlanan şeker şurubu içinde yaklaşık 15 dakika pişirilmektedir. Daha sonra elekten süzülerek soğutulmaktadır. Elle şekillendirme işlemi yapıldıktan sonra özel kapsüller içinde tüketime sunulmaktadır (Yıldız, 1995).

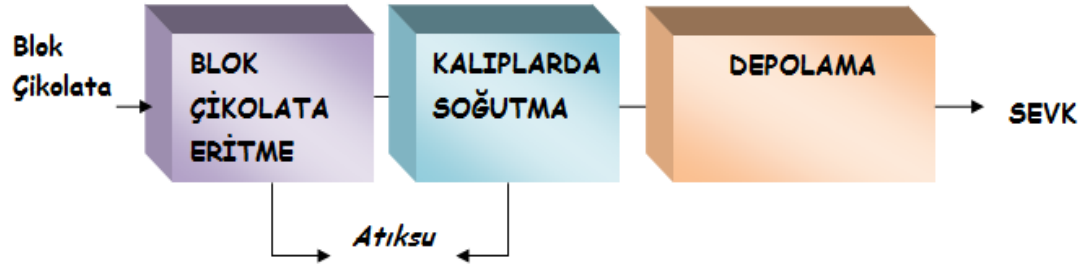
Bu üretim prosesinde, elek ve kazanın yıkanması sonucu atıksu oluşmaktadır. Bu üretime ait proses akım şeması Şekil 2.10'da gösterilmiştir (Yıldız, 1995).



Şekil 2.10: Yaş Meyve Şekerlemesi Üretimi Proses Akım Şeması (Yıldız, 1995)

Çikolata üretimi, dış piyasadan bloklar halinde getirilen çikolatalar, alttan ısıtmalı tezgahlar üzerinde eritilmektedir. Daha sonra yaklaşık 30 ºC işleme sıcaklığına soğutulmaktadır. Sıvı halde bulunan çikolata, kalıplara dökülerek dolaplarda muhafaza edilerek tüketime sunulmaktadır (Yıldız, 1995).

Bu üretim prosesinde, elek ve kazanın yıkanması sonucu atıksu oluşmaktadır. Bu üretime ait proses akım şeması Şekil 2.11'de gösterilmiştir (Yıldız, 1995).



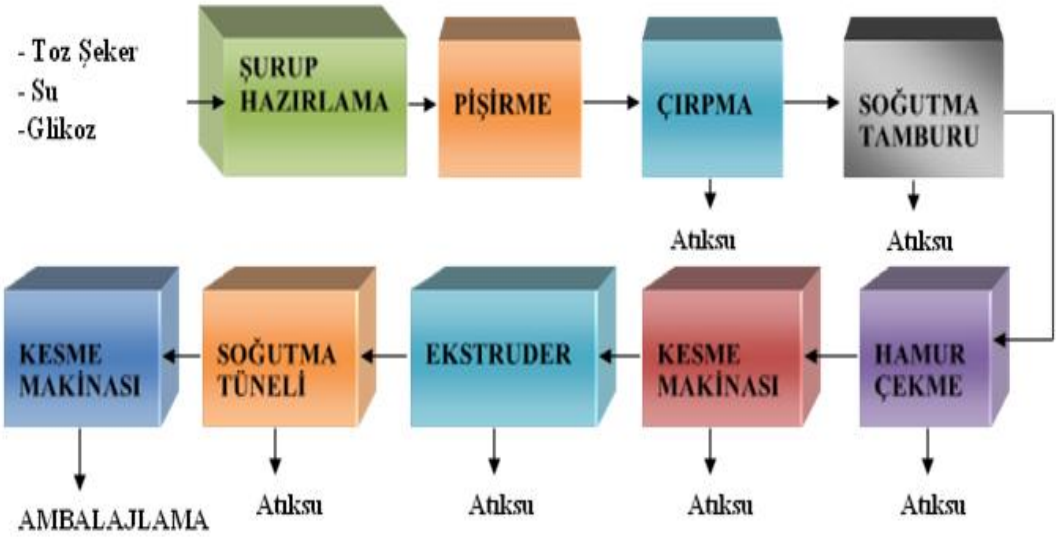
Şekil 2.11: Çikolata Şekillendirme Proses Akım Şeması (Yıldız, 1995)

Yıldız (1995)'ın çalışmasında ele alınan Tesis 3'te yumuşak şekerleme, dolgulu ve dolgusuz sert şekerleme ürünlerini imal edilmektedir. Tesiste iki vardiya halinde çalışılmakta ve toplam çalışan sayısı 450'yi bulmaktadır. Haftada 6 gün olmak üzere fabrikada senede 290 gün faaliyette bulunulmaktadır (Yıldız, 1995).

Fabrikada; yumuşak ve dolgulu - dolgusuz sert şekerleme olmak üzere başlıca 3 tip ürün üretilmekte olup günlük olarak toplam 25 ton'luk bir üretim gerçekleştirilmektedir. Bunun ortalama olarak 10 tonunu yumuşak şekerleme, 15 tonunu da dolgulu - dolgusuz sert şekerleme ürünleri oluşturmaktadır (Yıldız, 1995).

Yumuşak şekerleme üretiminde, şurup hazırlama tankında, belirli oranlarda toz şeker, su, glikoz ve çeşitli katkı maddeleri belirli bir buhar basıncı altında ısıtılıp karıştırılarak ürün yapımında kullanılacak şurup hazırlanmaktadır. Daha sonra hazır hale gelen şurup, serpantin borular vasıtasıyla vakumlanarak pişirme kazanına verilmektedir. Şurup pişirme kazanında belirli bir dereceye kadar pişirilmektedir ve sonra vakumlanmaktadır. Burada pişmiş hale gelen hamur, basınçlı hava verilerek çırpma kazanına aktarılmaktadır. Çırpma kazanında, hamura çeşitli bazik katkı maddeleri katılıp basınçlı hava verilmek suretiyle hamur çırpılmaktadır. Buradan çıkan çırpılmış hamur, yine basınçlı hava altında soğutma tamburuna kadar yürütülmektedir. Soğutma tamburunda soğutulan hamur, otomatik pistonlar vasıtasıyla çekme makinasına aktarılmaktadır. Burada düz halde çekilen hamur, soğutma bandında soğutularak, kesme makinasında kesilmektedir. Daha sonra ince rulolar haline getirilmek üzere ekstrudere verilmektedir. Ekstruderden çıkan ürün, soğutma tünelinde soğutulmaktadır. Daha sonra, kesme makinalarında belirli şekillerde kesilen ürün ambalajlanarak tüketime sunulmaktadır (Yıldız, 1995).

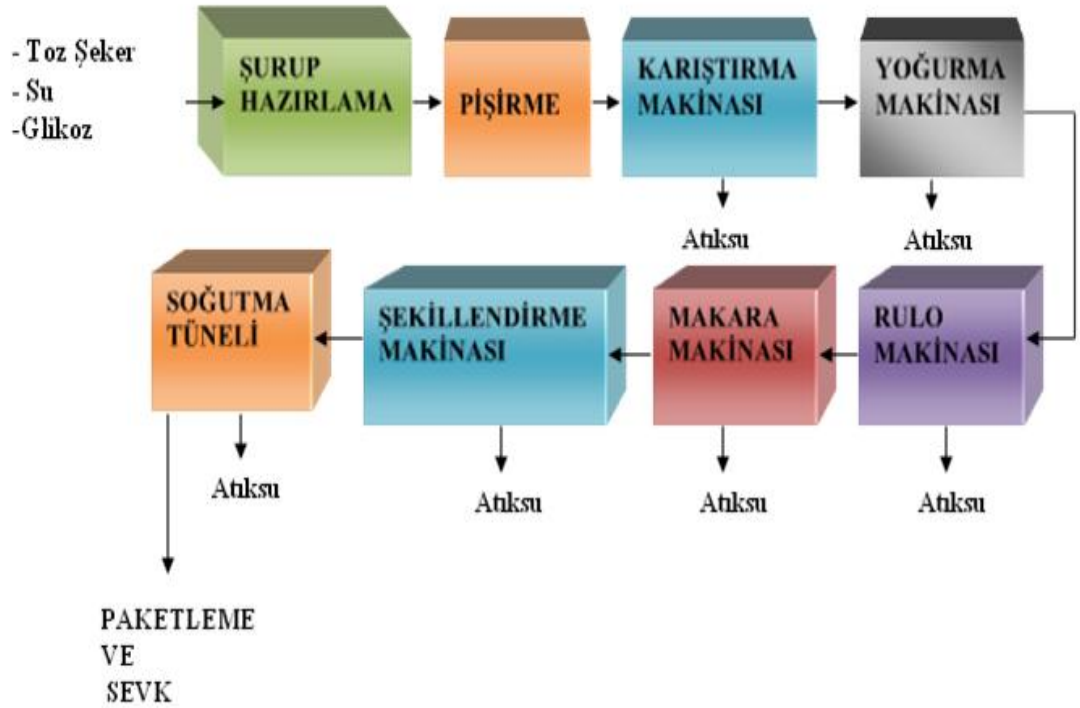
Bu üretim prosesinde üretim sırasında atıksu oluşmamaktadır. Ekipmanların temizlenmesi, şurup kazanı ve pişirme kazanının yıkanması ve diğer ekipmanların da temizlenmesi sonucunda atıksu oluşmaktadır. Bu prosese ait üretim akım şeması Şekil 2.12'de gösterilmektedir (Yıldız, 1995).



Şekil 2.12: Yumuşak Şekerleme Üretimi Proses Akım Şeması (Yıldız, 1995)

Dolgulu sert şekerleme, şurup hazırlama tankında, belirli oranlarda toz şeker, su, glikoz ve çeşitli katkı maddeleri belirli bir buhar basıncı altında ısıtılıp karıştırılarak ürün yapımında kullanılacak şurup hazırlanmaktadır. Daha sonra hazır hale gelen şurup, serpantin borular vasıtasıyla vakumlanarak pişirme kazanına verilmektedir. Şurup pişirme kazanında belirli bir dereceye kadar pişirilmektedir ve sonra vakumlanmaktadır. Buradan karıştırma makinasına aktarılarak homojen bir şekilde karıştırılarak homojen bir şekilde karıştırılan hamur, yoğurma makinasında yoğrulmak suretiyle içindeki şurup hamura iyice nüfuz ettirilmektedir. Yoğurulan hamur rulo makinasında kalın rulo haline getirildikten sonra makara makinasına geçirilmektedir. Burada daha ince rulo haline getirilen ürün, şekillendirme makinasında şekillendirildikten sonra soğutma tünelinde soğutulmaktadır. Daha sonra paketlenerek tüketime sunulmaktadır (Yıldız, 1995).

Bu üretim prosesinde üretim sırasında atıksu oluşmamaktadır. Ekipmanların temizlenmesi, şurup kazanı ve pişirme kazanının yıkanması ve diğer ekipmanların da temizlenmesi sonucunda atıksu oluşmaktadır. Bu prosese ait üretim akım şeması Şekil 2.13'de gösterilmektedir (Yıldız, 1995).

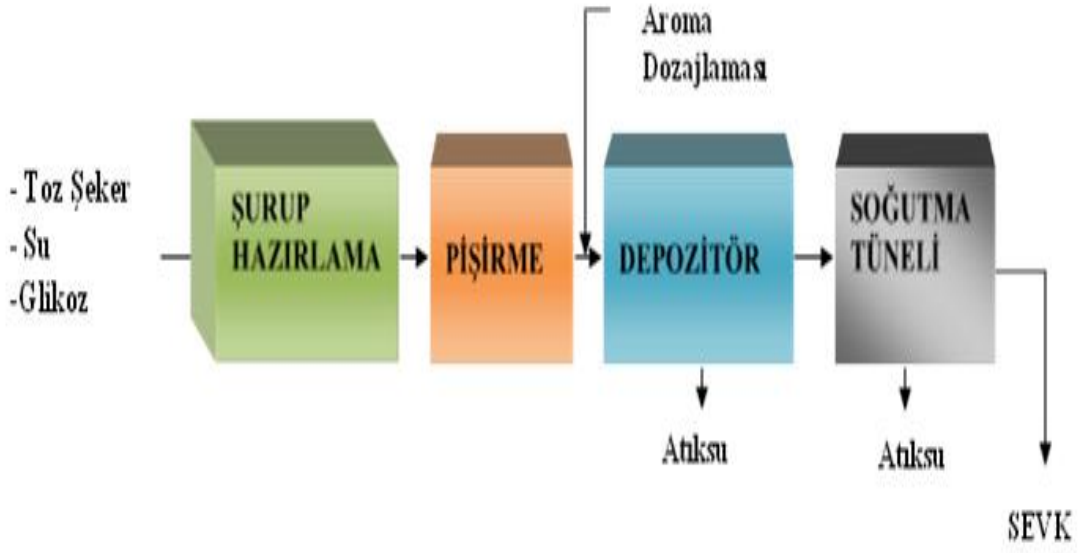


Şekil 2.13: Dolgulu Sert Şekerleme Üretimi Proses Akım Şeması (Yıldız, 1995)

Dolgusuz sert şekerleme üretiminde, şurup hazırlama tankında, belirli oranlarda toz şeker, su, glikoz ve çeşitli katkı maddeleri belirli bir buhar basıncı altında ısıtılıp

karıştırılarak ürün yapımında kullanılacak şurup hazırlanmaktadır. Daha sonra hazır hale gelen şurup, serpantin borular vasıtasıyla vakumlanarak pişirme kazanına verilmektedir. Şurup pişirme kazanında belirli bir dereceye kadar pişirilmektedir ve sonra vakumlanmaktadır. Pişirme kazanından alınan hamura çeşitli türlerde aroma dozajlaması yapıldıktan sonra, hamurun pistonlar vasıtasıyla kalıplara döküldüğü depozitör makinasına verilmektedir. Kalıplara dökülen hamur burada vakumlandıktan sonra soğutma tüneline aktarılmaktadır. Belirli bir dereceye kadar soğutulan ürün ambalajlama makinasına verilerek ambalajlanmaktadır ve sonra tüketime sunulmaktadır (Yıldız, 1995).

Bu üretim prosesinde üretim sırasında atıksu oluşmamaktadır. Ekipmanların temizlenmesi, şurup kazanı ve pişirme kazanının yıkanması ve diğer ekipmanların da temizlenmesi sonucunda atıksu oluşmaktadır. Bu üretim prosesine ait üretim akım şeması Şekil 2.14'de gösterilmektedir (Yıldız, 1995).



Şekil 2.14: Dolgusuz Sert Şekerleme Üretimi Proses Akım Şeması (Yıldız, 1995)

Tünay ve diğ. (1995)'nin çalışmasında ele alınan şekerleme endüstrisinde günde 3 vardiya ve haftanın 6 günü çalışılmaktadır. Toplam çalışan personel sayısı 150-300 arasındadır. Tesiste çokokrem, çikolata kremalı çubuk, çikolata kaplı gofret, çikolata kaplı meyveli kek, krem çikolata imal edilmektedir. Tesiste üretilen ürünlerin üretim miktarları Tablo 2.3'te verilmektedir.

Tablo 2.3: Tesise ait Ürün ve Üretim Miktarları (Tünay ve diğ., 1995)

Ürün	Toplam Üretim (ton/yıl)	Üretim Zamanı (saat/yıl)
Çokokrem	3800	11120
Çikolata Kremalı Çubuk	300	800
Çikolata Kaplı Gofret	980	5300
Çikolata Kaplı Meyveli Kek	235	900
Krem Çikolata	750	5500

2.3 Ürünün Tanımı

Şekerlemeler; şeker ve glikozun veya sadece şekerin pişirilmesinden sonra sitrik asit, tartarik asit veya potasyum bitartarat ilave edilerek kestirilmesi sonucu oluşan hamura, üretilecek ürünün çeşidine göre süt, süt tozu, jelatin, yağ ve aroma gibi maddelerin eklenmesi ve şekillendirilerek ambalajlanması sonucu elde edilen gıda maddelerdir (Palacıoğlu, 2003).

Şekerlemelerin yapısının büyük bölümünü karbonhidratlar oluşturur. Şekerlemelerin üretiminde kullanılan şeker, sakkaroz ve türevleridir. Sakkaroz, şeker pancarı veya şeker kamışının özel yöntemlerle işlenerek rafine edilmesi ile elde edilmektedir. Şekerleme üretiminde kullanılan bir diğer önemli madde de mısırdan elde edilen nişastadan özel bir üretim tekniği ile elde edilen glikozdur. Glikoz, şekerin kristalize olmasına etki eder, işlenmesine kolaylık sağlayarak daha düzgün olarak şekillenmesine yardımcı olmaktadır (Palacıoğlu, 2003).

Şekerlemeler, Türk Gıda Kodeksi'nde aşağıdaki şekilde gruplara ayrılmıştır:

♦ Sert şekerleme

♦ Yumuşak şekerleme

♦ Jöle şekerleme

♦ Draje şekerleme

♦ Tablet şekerler

♦ Meyve şekerlemeleri

♦ Badem ezmesi ve benzerleri

♦ Koz helva, nuga ve benzerleri

♦ Fondan

♦ Krokan

♦ Dolgulu şekerleme ürünleri

Diğer şekerli ürünler;

♦ Helva

♦ Çiklet

♦ Lokum

♦ Çikolata ve kokolinler

Sert şekerlemeler; Sakarozun glikoz şurubu ve/veya invert şeker ile birlikte pişirilerek yüksek derecede konsantre edilmesiyle elde edilen camsı ve amorf yapıda şeker kitlesinden oluşan ve ayrıca aroma, renklendirici ve çeşni maddeleri içeren ürünlerdir (nem miktarı en çok %3). Sert şekerleme üretimi oldukça basit bir yöntem olmakla birlikte, teknik kurallara uygun olarak yapılmadığı takdirde kristalizasyon ve yapışkanlık gibi kusurlar kısa sürede ortaya çıkabilmektedir (Palacıoğlu, 2003).

Yumuşak şekerlemeler; Toffe ve karamel şekerlemelerin özellikleri yapımlarında kullanılan hammaddeler olan süt, süt yağı ve bitkisel yağlardan ileri gelmektedir. Toffe ile karamel şekerlemeler arasındaki fark toffelere çiğneme özelliği vermek için jelatin veya albümün katılmasıdır. Toffeler sütsüz de yapılabilmektedir (Palacıoğlu, 2003).

Jöle şekerlemeler; şekerli ürünler içinde önemli bir yere sahip olup, diğer şekerli ürünlere göre daha düşük derecelerde pişirilerek hazırlanırlar ve bu nedenle nem oranları daha yüksektir (%15-20). Bu ürünlerin tipik yapı özellikleri jelleştirme maddeleriyle sağlanmaktadır. Bunlar; nişasta, jelatin, pektin, arap zamkı ve agardır. Diğer hammaddeler şeker ve glikoz şurubudur. Kullanılan jelleştirici maddeye göre; sert, yumuşak, elastiki, kolay kesilen vb. değişik doku ve yapıda şekerlemeler elde edilmektedir (Palacıoğlu, 2003).

Drajeler; Çekirdek kısmı çikolata-dışı şeker ve çekirdek kısmı kuru meyve-dışı çikolata olmak üzere iki türlüdür.

Çikletler; gomelastik (çiklet mayası), şeker, glikoz, esans, suni mum veya gliserin, waks, yağ ve emilgatör (yumuşatıcı maddeler) karışımından oluşan hamurun belirli şekillerde bölünüp ambalajlanması ile elde edilen bir üründür. Çikletler;

♦ Şekerli

♦ Şekersiz

♦ Tatlandırıcılı

olmak üzere üçe ayrılır. Balonlu ve balonsuz olarak da gruplandırılabilmektedir (Palacıoğlu, 2003).

2.3.1 Şekerlemelerde kullanılan hammaddeler

Toz şeker, glikoz şurubu, yağlı süttozu, yağsız süttozu, peyniraltı suyu tozu, katı bitkisel yağlar, sıvı bitkisel yağlar, kakao yağı, tereyağı, jelatin, pektin, kakao tozu, kakao likörü, sakız mayası, sıvı aromalar, toz aromalar, renklendiriciler, doğal renklendiriciler, bitki özleri, nişasta, dekstroz, maltodekstrin, asitliği düzenleyici; sitrik asit, laktik asit vb., yapay tatlandırıcı; aspartam, acesulfam-K vb., polioller; sorbitol, izomalt, maltitol, xylitol vb., emülgatörler; lesitin, GMS vb., carnauba wax, gum arabic, shellac, susam, antep fıstığı, badem, yer fıstığı, iç fındık, fındık füresi, meyve konsantreleri, meyve sosları, sodyum bikarbonat, vitaminler, magnezyum stearat, gliserin, yemek tuzu (Palacıoğlu, 2003).

2.3.2 Şekerlemelerin saklama koşulları

Genel kural olarak tüm şekerleme ürünleri serin ve kuru ortamda, doğrudan güneş ışığı görmeyecek şekilde ve koku veren maddelerden uzakta saklanmaktadır. Sıcaklık 22ºC'nin, nisbi nem ise %60'ın üzerinde olmadığı takdirde ürünler son kullanma tarihine kadar ilk günkü kalitesini korumaktadır (Palacıoğlu, 2003).

Şekerlemelerin olumsuz nem koşullarına dayanımı ambalaj şekli ve malzemesiyle de ilgilidir. Örneğin sarma şeklinde ambalajlanıp dökme olarak satılan ürünler veya kağıt ambalajlı ürünler aşırı nemli ortamlarda çok çabuk etkilenir (Palacıoğlu, 2003).

Jöle şekerlemeler 30ºC'nin üzerindeki sıcaklıklarda eriyerek şekilleri bozulur, ambalajsız olarak açıkta bırakıldıklarında kuruyarak sertleşir.

Aşırı sıcak ve/veya nemli ortamda kalan toffe şekerler yumuşayarak yapışkan bir hal alır. Sert şekerler nemli ortamlara daha hassastırlar, yüzeylerinde yapışkan bir tabaka oluşur ve ambalaja yapışırlar, daha sonra yüzeyleri matlaşır (Palacıoğlu, 2003).

2.4 Şekerleme Endüstrisi Atıksuyu Özellikleri ve Arıtımı

Şekerleme endüstrisinde üretimde oluşan atıksular genelde asidik karakterli, yüksek organik madde içeriğine sahiptir (Yıldız, 1995). Bu nedenle direkt deşarj edilmemektedirler ve deşarj edilmeden önce biyolojik olarak arıtılmaları gerekmektedir. Organik madde konsantrasyonu yüksek olduğu için, tek kademeli bir arıtma deşarj için yeterli değildir. Anaerobik arıtma bir ön arıtma olarak uygulanır ve oldukça yüksek miktarda organik madde giderimi sağlanır (Toröz ve diğ., 1997).

Biyolojik arıtma yöntemi olan anaerobik arıtma, organik kirliliğin azaltılmasında, özellikle gıda üretimi yapan ve tarıma dayalı endüstrilerin (şeker, maya, mısır, nişasta, süt ürünleri, alkol, selüloz ve kağıt) atıksularına uygulanmaktadır (McCarthy, 1982). Uygulamada, endüstriyel atıksu arıtma tesislerinin doğru olarak boyutlandırılmasında birinci aşama olarak atıksuların arıtma tesisine girişteki karakteristiklerinin doğru bir şekilde tanımlanması büyük önem taşır. Kompleks organik madde içeren atıksuların organik madde içeriğinin ölçülmesi, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam askıda katı madde (AKM) ve yağ ve gres gibi ana parametrelere dayanır (Tünay ve diğ., 1995).

Şekerleme endüstrisi, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (2004)'ne göre Gıda Sanayii kategorisi Şeker Üretimi ve Benzerleri alt kategorisine girmektedir. Yönetmeliğin Şeker Üretimi ve Benzerleri ile ilgili kısmında belirtilen deşarj standartları Tablo 2.4' de verilmektedir.

Tablo 2.4: SKKY şeker üretimi ve benzeri için atıksu deşarj limitleri (Yayınlanma tarihi: 31.12.2004)

a. Kondenzasyon suları ile seyrelme yok ise

Parametre	Birim	Kompozit Numune (2 Saatlik)	Kompozit Numune (24 Saatlik)
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/L)	500	450
Askıda Katı Madde (AKM)	(mg/L)	100	80
Balık Biyodeneyi (ZSF)	-	4	-

b. Kondenzasyon suları ile seyrelme var ise

Parametre	Birim	Kompozit Numune (2 Saatlik)	Kompozit (24 Saatlik)	Numune
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/L)	60	-	
Balık Biyodeneyi (ZSF)	-	4	-	

Şekerleme endüstrisinin atıksu özelliklerine ve arıtımlarına dair bilgi edinebilmek için daha önce yapılan çalışmalardan örnekler vermek gerekmektedir.

Toröz ve diğ. (1997)'nin çalışmasında ele alınan şekerleme endüstrisinde toplam su kullanımı 180 m^3/gün'dür. Tesise ait su kullanımı ve deşarj Tablo 2.5'te verilmektedir.

Tablo 2.5: Tesise ait Kaynaklarına Göre Su Kullanımı ve Deşarj (Toröz ve diğ., 1997)

Kaynaklar	**Su Kullanımı (m^3/gün)**	**Deşarj**
Üretim	30	Buharlaşma
Yumuşatma tankı	25	Atıksu
Soğutma suları	30	Buharlaşma
Diğerleri (ekipman ve yer yıkama vs.)	95	Atıksu
Toplam su kullanımı	**180**	
Toplam atıksu	**120**	

Toröz ve diğ. (1997)'nin çalışmasındaki şekerleme endüstrisine ait atıksu arıtma tesisinin dengeleme tankından kompozit numune alınmıştır ve atıksu karakterizasyonuna bakılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 2.6'da verilmektedir.

Tablo 2.6: Toplam Atıksu Karakterizasyonu (Toröz ve diğ., 1997)

PARAMETRE	**KONSANTRASYON**
	mg/L
Toplam KOİ	1700
Süzülmüş KOİ	1400
AKM	1050
Yağ ve Gres	250
Toplam Kjeldahl Azotu	36
Toplam Fosfor	4
pH	8,7

Bu çalışmada yapılan atıksu karakterizasyonu sonucu iki kademeli arıtma uygun görülmüştür ve kimyasal+biyolojik arıtma uygulanmıştır. Arıtmada kullanılacak kimyasala karar vermek için yapılan deneysel çalışmalar sonucunda kullanılan kimyasallar, dozajları ve arıtma giderim verimleri Tablo 2.7'de verilmektedir (Toröz ve diğ., 1997).

Tablo 2.7: Kimyasal Arıtma Sonuçları (Toröz ve diğ., 1997)

KİMYASAL	DOZAJ	pH	İLK KOİ	SON KOİ	GİDERİM
	mg/l		mg/l	mg/l	%
$FeCl_3$	300	6,5	1700	1180	31
$FeCl_3$+NaOH	500	6,5	1700	1160	32
$FeSO_4$	300	6,5	1700	1300	24
$FeSO_4$+NaOH	500	8,7	1700	1130	34
Alum	300	6	1700	1130	34
$FeCl_3$	500	10	1700	1050	39
$FeSO_4$+Kireç	300	8	1700	1025	40
$FeSO_4$+Kireç	500	8	1700	960	44
$FeSO_4$+Kireç	**500**	**10**	**1700**	**800**	**53**
$FeSO_4$+Kireç	700	10	1700	790	54

Tablo 2.7'de verilen sonuçlardan en uygun olanı 500 mg/l $FeSO_4$+Kireç dozaj edilmesi ve pH'ın 10 olmasıdır. Biyolojik arıtma kademesinde ise ele alınan endüstrinin atıksu arıtma tesisine benzer faaliyet gösterebilecek aerobik reaktörler kurulmuştur. Kimyasal arıtımla birlikte biyolojik olarak arıtma sonucunda KOİ giderim verimleri Tablo 2.8'de verilmektedir (Toröz ve diğ., 1997).

Tablo 2.8: Biyolojik Arıtmanın Sonuçları (Toröz ve diğ., 1997)

F/M	GİRİŞ KOİ	ÇIKIŞ SÜZÜLMÜŞ KOİ	$BİYOKÜTLE_{İLK}$	$BİYOKÜTLE_{SON}$	GİDERİM
mg KOİ/mg MLSS.gün	mg/l	mg/l	mg MLSS/l	mg MLSS/l	%
1,0	800	30	1600	1950	96
0,6	800	35	2000	2350	96
0,5	800	25	1600	2000	97
0,4	800	30	2000	2300	96

Sonuç olarak kimyasal arıtma ile kimyasal koagülantlar kullanılarak %24-54 aralığında KOİ giderimi sağlanmaktadır. Kimyasal olarak arıtılan atıksular biyolojik arıtma ile arıtıldığında %96 KOİ giderilmektedir (Toröz ve diğ., 1997).

Yıldız (1995)'ın çalışmasında bahsedilen Tesis 1, Tesis 2 ve Tesis 3'ün farklı tarihlerde arıtma tesisi girişlerinden alınan atıksu numuneleri kirletici parametreler açısından analiz edilmiş ve sonuç olarak bu tesislere ait atıksuların genelde asidik karakterli, nutrient maddeler açısından fakir ve yüksek organik madde içeriğine sahip olduğu saptanmıştır. Bu analizler sonucunda her bir tesis için elde edilen kirletici parametre değerlerinin standart sapmaları hesaplanarak ortalama ve aralık değerleri Tablo 2.9'da verilmektedir (Yıldız, 1995).

Tablo 2.9: Tesis 1, Tesis 2 ve Tesis 3'e ait Karakterizasyon Sonuçları (Yıldız, 1995)

	TESİS 1			**TESİS 2**			**TESİS 3**		
PARAMETRELER	**ORT.**	**STD. SAPMA**	**ARALIK**	**ORT.**	**STD. SAPMA**	**ARALIK**	**ORT.**	**STD. SAPMA**	**ARALIK**
$KOİ_{TOP}$ (mg/L)	2844	839	1469-3690	6221	1985	3368-8044	3628	212	3373-3878
$KOİ_{SÜZ}$ (mg/L)	2495	785	1231-3366	5386	1784	2879-7073	3016	166	2732-3140
$BOİ_5$ (mg/L)	1835	780	759-2768	4909	1650	2610-6426	2703	95	2555-2816
TKN (mg/L)	54	28	16-95	33	12	15-47	22	17	10-50,4
T-P (mg/L)	64	50	10-144	8,6	5,4	1,5-15	2,5	0,8	1,5-3,5
AKM (mg/L)	260	102	91-350	440	89	300-535	140	32	112-190
pH	5,1	0,7	4,5-6,3	4	0,2	3,7-4,2	4,8	0,2	4,5-5,0

3. İNCELENEN ŞEKERLEME ENDÜSTRİSİNİN TANITIMI

3.1 Üretim Tesisinin Tanıtımı

Bu çalışmada incelenen şekerleme endüstrisinde yumuşak şekerleme, dolgulu-dolgusuz sert şekerleme, çikolata, şekerli-şekersiz sakız, draje ve jelibon ürünleri imal edilmektedir. Son 5 yılın verilerine göre tesisin üretim kapasitesi ortalama 46230 ton ürün/yıl civarındadır.

Tesis, Kocaeli ilinin Gebze ilçesinde 100.000 m^2 açık alan üzerine kurulmuştur ve Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1: İncelenen Fabrika

Tesiste 2 vardiya halinde haftada 6 gün çalışılmaktadır. 2008 yılı ocak ayı itibari ile işçi sayısı 1263 kişi ve beyaz yakalı personel de 562 kişidir. Fabrika sahasında Sosyal Binada işçilerin soyunma odaları, duş ve tuvaletler ile büyük bir yemekhanesi mevcuttur. Ayrıca İdari Bina, Teknik Bina, Satış Binası olmak üzere 3 ana binası daha mevcut olup beyaz yakalı personelin çalıştığı ofisler yer almaktadır.

Şeker1, Şeker2, Şeker3, Şeker6, Çikolata1 ve Çikolata3 ile Jelibon, Sakız, Vision 1-2,3-4, 5-6 isimli üretim alanları mevcuttur. Bir adet Hammadde Deposu ile 1 adet

Mamul Madde Deposu mevcuttur. Ayrıca fabrika içerisinde bakım ekibi tarafından kullanılan çeşitli atölyeler mevcuttur (Öztürk ve Altınbaş, 2008).

Yardımcı işletme tesislerine ait 2 adet soğutma kulesi, üretime hizmet veren 2 adet kazan dairesi, su arıtma tesisi, su sarnıçları, kompresörler, jeneratörler, chiller odaları, yakıt tankları bulunmaktadır. Sosyal Binası ve Satış Binasının ısıtma amaçlı ayrı kazan daireleri vardır (Öztürk ve Altınbaş, 2008).

Fabrikada; üretim, yemekhane ve evsel kullanımlar olmak üzere ortalama 15000 m^3/gün su kullanımı gerçekleşmektedir.

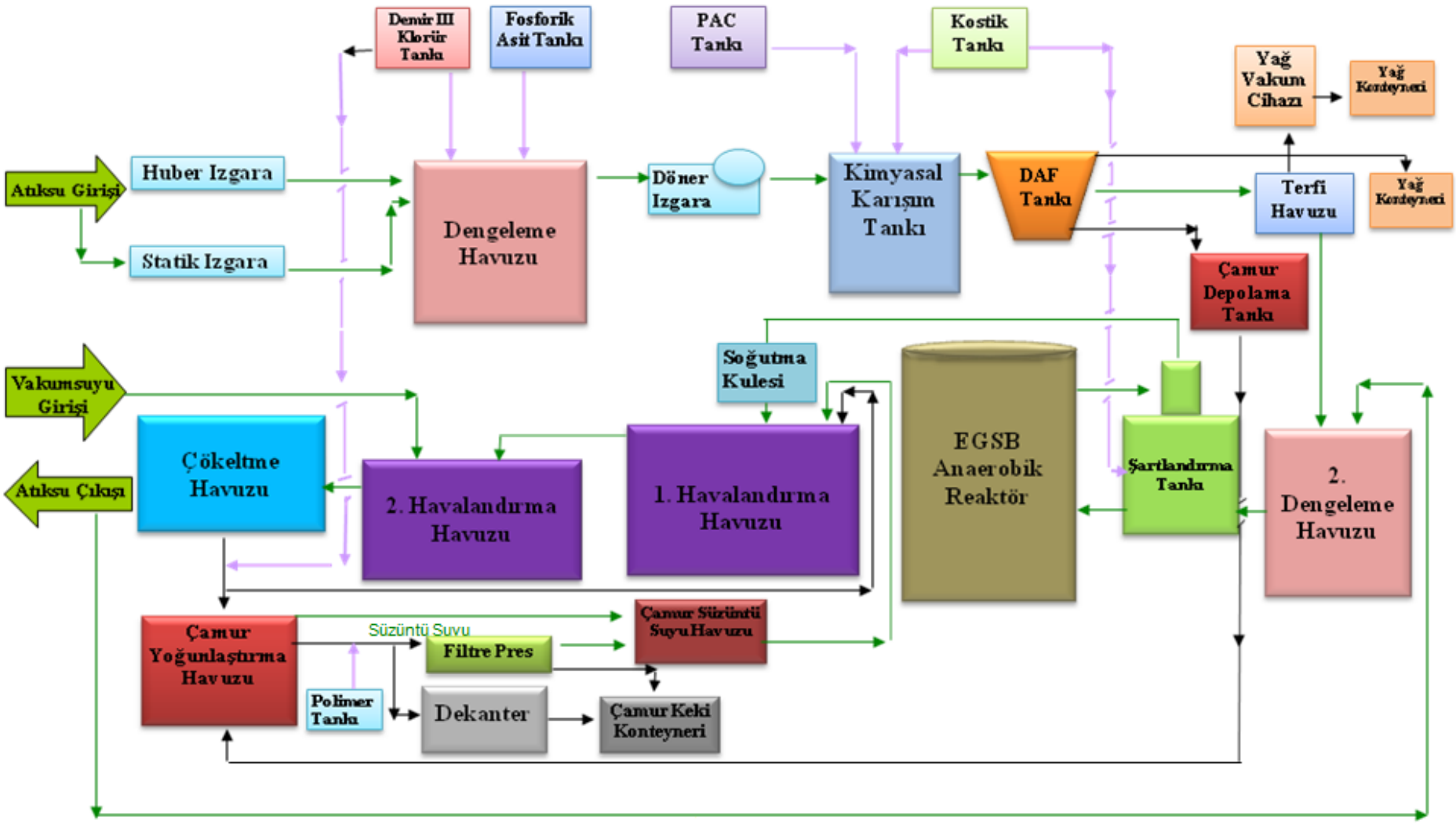
İncelenen şekerleme endüstrisinde 2005-2011 yılları arasında üretim rakamları Tablo 3.1'de verildiği gibi hem kategori olarak hem de rakamlar olarak değişkenlik göstermektedir (Öztürk ve Altınbaş, 2008).

Tablo 3.1: İncelenen Şekerleme Fabrikasına ait Üretim Değerleri

Yıl	Çikolata (ton)	Şekerleme (ton)	Sakız (ton)	Toplam (ton)
2011	3000	27400	11400	**41800**
2010	3400	30400	12700	**46500**
2009	3300	29600	12300	**45200**
2008	3400	30800	12900	**47100**
2007	4000	36000	15000	**55000**
2006	3000	34000	11000	**48000**
2005	3000	30000	7000	**40000**

3.2 Mevcut AAT

İncelenen şekerleme endüstrisi atıksularının arıtıldığı Atıksu Arıtma Tesisi, ızgara, DAF ve Dengeleme ünitelerinden oluşan fiziksel arıtma ile iki kademeli (anaerobik+aerobik) biyolojik arıtma ve çamur işleme birimlerini içeren kompleks bir sistemdir. Mevcut AAT akım şeması Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2: İncelenen şekerleme endüstrisi atıksu arıtma tesisi proses akım şeması

4. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, numune alma noktaları ve numune alma koşulları ile ilgili bilgi verilmektedir. Ayrıca yapılan analizler ve yöntemlerden kısaca bahsedilmektedir. KOİ bileşenleri tanımlanarak, İTÜ çevre laboratuarlarında anaerobik reaktörün kurulumu anlatılmaktadır.

4.1 Numune Alımı

Şekerleme endüstrisi atıksuları, biyolojik arıtılabilirliği nispeten kolay, yüksek seviyede organik kirliliğe ve düşük pH'a sahip olup, yüksek $BOİ_5$, KOİ ve askıda katı madde konsantrasyonu ile karakterize edilmektedir.

Tesiste belirlenen numune alma noktalarından alınan örnekler İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında ve eş zamanlı olarak tesiste analiz edilerek, proses atıksuları için bir karakterizasyon çalışması yapılmıştır. Tablo 4.1'de karakterizasyon çalışması kapsamında numune alma noktaları ve numune alma koşulları belirtilmektedir.

Tablo 4.1: Numune alma noktaları ve numune alma koşulları

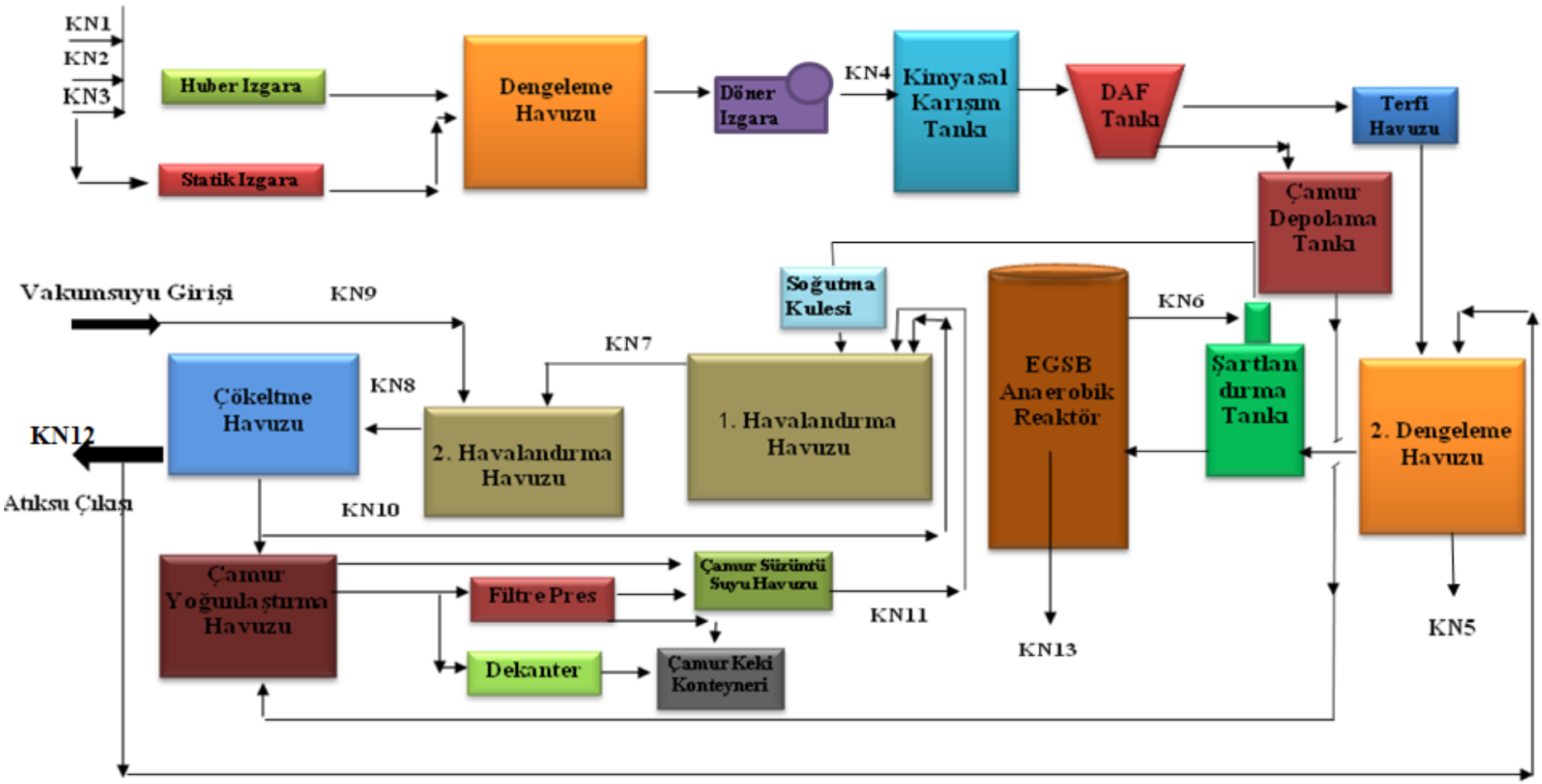
Numune Kodu	Numune Adı	Numune Alma Koşulları
KN1	Şeker - Jelibon - Sakız 1 Hattı	Numuneler 2 hafta boyunca 6 farklı günde 24 saatlik kompozit olarak alınmıştır.
KN2	Sakız 2 Hattı	Numuneler 2 hafta boyunca 6 farklı günde 24 saatlik kompozit olarak alınmıştır.
KN3	Jelibon Hattı	Numuneler 2 hafta boyunca 6 farklı günde 24 saatlik kompozit olarak alınmıştır.
KN4	Döner Elek Çıkışı	Numuneler 1 hafta boyunca 2 farklı günde 24 saatlik kompozit olarak alınmıştır.

Tablo 4.1 (devamı): Numune alma noktaları ve numune alma koşulları

KN5	2. Dengeleme Çıkışı	Numuneler 1 hafta boyunca 2 farklı günde 24 saatlik kompozit olarak alınmıştır.
KN6	Anaerobik Reaktör (EGSB) Çıkışı	Numuneler 1 hafta boyunca 2 farklı günde 24 saatlik kompozit olarak alınmıştır.
KN7	1. Havalandırma Havuzu Çıkışı	Numuneler 1 hafta boyunca 2 farklı günde 24 saatlik kompozit olarak alınmıştır.
KN8	2. Havalandırma Havuzu Çıkışı	Numuneler 1 hafta boyunca 2 farklı günde anlık olarak alınmıştır.
KN9	Vakumsuyu Hattı	Numuneler 1 hafta boyunca 2 farklı günde 24 saatlik kompozit olarak alınmıştır.
KN10	Çökeltme Havuzu Geri Devir Çamuru	Numuneler 1 hafta boyunca 2 farklı günde anlık olarak alınmıştır.
KN11	Çamur Süzüntü Suyu Havuzu Çıkışı	Numuneler 1 hafta boyunca 2 farklı günde 24 saatlik kompozit olarak alınmıştır.
KN12	Çökeltme Havuzu Çıkışı	Numuneler 1 hafta boyunca 2 farklı günde 24 saatlik kompozit olarak alınmıştır.
KN13	EGSB Reaktör Muslukları	EGSB reaktöründe yer alan 8 ayrı musluktan 1 hafta boyunca anlık ve kompozit olarak 2 gün numune alınmıştır.

Şeker-jelibon-sakız1, sakız2 ve jelibon hatlarından gelen ham atıksulardan, 26.07.2010, 28.07.2010, 31.07.2010, 04.08.2010, 07.08.2010 ve 16.08.2010 tarihlerine ait 24 saatlik kompozit numune, arıtma tesisi içinde yer alan döner elek çıkışı, 2.dengeleme çıkışı, EGSB (genleşmiş granüler havasız çamur yatağı) anaerobik reaktör çıkışı, 1.havalandırma havuzu çıkışı, çökeltme havuzu çıkışı, vakumsuyu hattı, çamur süzüntü suyu havuzu çıkışı ünitelerinden 28.07.2010 ve 04.08.2010 tarihlerine ait 24 saatlik kompozit numune, 2.havalandırma havuzu çıkışı, çökeltme havuzu geri devir çamuru ünitelerinden de 28.07.2010 ve 04.08.2010 tarihlerine ait anlık numune alınmıştır. Ayrıca EGSB reaktöründe yükseklik boyunca farklı yükseklik noktalarında bulunan 8 ayrı musluktan 28.07.2010 ve 04.08.2010 tarihlerine ait anlık numune alınmıştır.

Belirlenen karakterizasyon çalışması kapsamında numune alma noktaları Şekil 4.1' de gösterilmektedir.



Şekil 4.1: Numune alma noktaları

4.2 Yapılan Analizler ve Yöntemleri

4.2.1 Askıda katı madde (AKM) ve uçucu askıda katı madde (UAKM) tayini

Toplam askı maddeleri miktarı gravimetrik ölçüm esasına dayanan bir yöntem ile belirlenir. Filtreden geçmeyen katı maddeler olarak ifade edilen askıda katı maddeler su örneğinin filtre kağıdından geçmeyen kısmının 103 - 105 °C' de etüvde 1 saat kurutulduktan sonra, desikatörde soğutulup tartılmasıyla belirlenmektedir (APHA, 1992). Bu tartım sonucu AKM bulunur. Askıda katı maddelerin daha sonra 500 - 550 °C' de yakılması sonucu karbondioksit ve suya dönüşen organik kısmı ise UAKM olarak tanımlanmaktadır.

4.2.2 Biyokimyasal oksijen ihtiyacı ($BOİ_5$)

BOİ, aerobik şartlarda bakterilerin organik maddeleri parçalayarak stabilize etmesi için gereken oksijen miktarıdır. BOİ aerobik oksidasyona dayanmaktadır ve besin maddesi olarak kullanılan organik maddelerin 20 ºC'de karışık bir mikroorganizma topluluğu tarafından tüketilen oksijen miktarının ölçümünü içeren titrimetrik bir yöntemdir.

4.2.3 Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)

Evsel ve endüstriyel atık suların kirlilik derecesini belirlemede kullanılan en önemli parametrelerden biridir. Biyokimyasal oksijen ihtiyacından farklı olarak organik maddenin biyokimyasal reaksiyonlarla değil redoks reaksiyonlarıyla oksitlenmesi esasına dayanır. Atık suların bünyesindeki organik maddeler, kimyasal oksidasyonları için gerekli oksijen miktarı cinsinden belirlenir. Yöntem birkaç istisna dışında tüm organik maddelerin, kuvvetli oksitleyicilerle asit ortamlarda oksitlenebilecekleri esasına dayanmaktadır ve titrimetrik bir yöntemdir (APHA, 1992; Özdemir ve Eltem, 2001).

4.2.4 Amonyak tayini

Amonyum iyonları (NH_4^+), pH>7 iken büyük oranda amonyağa (NH_3) dönüşmektedir. Bu dönüşüm, pH 9.5 civarında neredeyse tamamen gerçekleşmektedir.

$$NH_4^+ \longrightarrow NH_3 + H^+$$

Amonyak azotu tayininde distilasyon-titrasyon yöntemi, özellikle amonyak konsantrasyonu 5 mg/l' nin üzerindeki numunelerde uygulanmaktadır. Distilasyon işlemi, amonyak azotunun girişim yapan birçok maddeden ayrılmasını sağlamaktadır. Numune, pH 9.5'te borat tampon çözeltisiyle organik azot bileşiklerinin ve siyanatların hidrolizini azaltmak üzere tamponlanmakta ve borik asit çözeltisi içine distile edilmektedir. Distilasyonda, buhar faz yoğunlaştırılarak borik asit çözeltisi içinde toplanmaktadır. Bu çözelti daha sonra kuvvetli bir asitle titre edilerek amonyak azotu tayini yapılmaktadır.

4.2.5 Toplam kjeldahl azotu tayini

Amonyak azotu tayini yapılarak su numunelerindeki organik azot ve amonyak azotunu belirlemek mümkündür ve parçalama metodu ile analiz edilmektedir.

4.2.6 Toplam fosfor tayini (TP)

Bir su numunesinin toplam fosfor tayini numunenin kuvvetli asit hidrolizine tabi tutulması ve sonrasında ortofosfat ölçümü ile gerçekleşir. Test koşulları altında organik fosfor ve polifosfatlar ortofosfata dönüşür. Toplam fosfor tayini ölçümü kolorimetrik yöntem esasına dayanır.

4.2.7 pH, iletkenlik, toplam çözünmüş madde

pH su içinde bulunan hidrojen iyonları derişiminin eksi logaritması olarak tanımlanır.

$pH= -\log[H^+]$

Bu bağıntıya göre hidrojen iyonu derişimi arttıkça pH değeri düşer. Suların pH'ları pH metre (Thermo orion 720a model cihaz) ile ölçülmüştür.

İletkenlik, bir su numunesinin elektrik taşıyabilme özelliğinin sayısal ifadesidir. Bu özellik, sudaki iyonik türlerin konsantrasyonlarına, değerliklerine, taşınırlıklarına, nisbi konsantrasyonlarına ve ölçüm sıcaklıklarına bağlı olarak değişir. İnorganik bileşikler iyi iletkenlik gösterirken, organik bileşikler çok zayıf bir akım geçiricilik kabiliyetine sahiptirler.

Toplam çözünmüş madde, su içinde eriyik halde bulunan minerallerin ağırlıklarının toplamıdır ve mg/litre cinsinden ölçülür. Su içinde çözünmüş madde miktarı çoğaldıkça suyun iletkenliği yükselir.

Suların iletkenlikleri ve toplam çözünmüş madde miktarları Crison multimeter 44 marka bir cihaz ile ölçülmüştür.

4.2.8 Toplam katı madde (TKM) ve toplam uçucu katı madde (TUKM)

Toplam katı madde, filtre edilebilen ve filtre edilemeyen katıların toplamıdır. Filtre edilebilen katı maddeye çözünmüş katı madde, filtre edilemeyen katı maddeye ise askıda katı madde denir. Bu parametreler gravimetrik yöntem ile analiz edilmektedirler.

4.2.9 Anyon iyonlarının ölçülmesi

Atıksu numunelerindeki anyon iyonlarının miktarlarını ve hangi tür anyonların bulunduğunu belirlemek amacıyla Dionex ICS-3000 marka iyon kromotografıyla ölçüm yapılmaktadır. Şekerleme endüstrisine ait atıksu numunesinde bulunan anyon iyonları sülfat, nitrat, bromür, florür, nitrit, fosfat ve klorürdür. Bu iyonların miktarları ise mg/l olarak ifade edilmektedir.

4.2.10 Sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, bakır, çinko değerlerinin ölçülmesi

Atıksu numunesinde sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, bakır, çinko elementlerinin miktarları Perkin Elmer Optima 3300 DV ICP-OES, Perkin Elmer Elan DRC-E ICP-MS cihazı ile ölçülmektedir ve mg/l olarak ifade edilmektedir.

Karakterizasyon çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen analizler, analiz yöntemleri, analizlerde kullanılan cihazlar ve ölçümün yapıldığı atıksu kaynakları Tablo 4.2' te verilmektedir.

Tablo 4.2: Çalışma kapsamında ölçülen parametreler, ölçüm yapılan noktalar ve ölçüm teknikleri

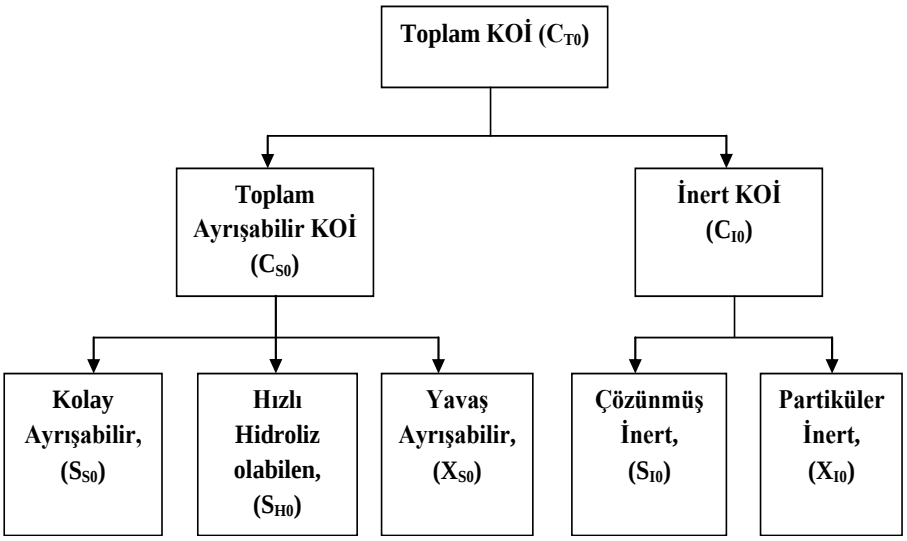
PARAMETRELER	ANALİZ YÖNTEMİ	CİHAZ MARKASI	ÖLÇÜM NOKTALARI
pH		Thermo orion 720a model cihaz	KN13 hariç tüm ölçüm noktaları
Toplam Çözünmüş Madde (TÇM) ve İletkenlik		Crison multimeter 44 marka cihaz	KN13 hariç tüm ölçüm noktaları
Sülfat, Nitrat, Bromür, Florür, Nitrit, Fosfat, Klorür		Dionex ıcs – 3000 marka iyon kromotograf	KN13 hariç tüm ölçüm noktaları
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Çözünmüş Kimyasal Oksijen İhtiyacı (ÇKOİ)	APHA 2005 - 5220 B Titrimetrik Yöntem		KN13 hariç tüm ölçüm noktaları
Biyolojik Oksijen İhtiyacı ($BOİ_5$)	APHA 2005 - 5210 B Titrimetrik Yöntem		KN13 hariç tüm ölçüm noktaları
Toplam Katı Madde (TKM)	APHA 2005-2540 B:103-105 ^oC Gravimetrik Yöntem		KN13
Toplam Uçucu Katı Madde (TUKM)	APHA 2005 - 2540 B: 550 ^oC Gravimetrik Yöntem		KN13
Askıda Katı Madde (AKM)	APHA 2005-2540 D:103-105^oC Gravimetrik Yöntem		KN13 hariç tüm ölçüm noktaları
Uçucu Askıda Katı Madde (UAKM)	APHA 2005 – 2540 E : 550^oC Gravimetrik Yöntem		KN13 hariç tüm ölçüm noktaları
Amonyak Azotu (NH_3-N)	APHA 2005 – 4500-NH_3 B Distilasyon Metodu		KN13 hariç tüm ölçüm noktaları
Toplam Kjeldahl Azotu (TKN)	APHA 2005 – 4500-Norg D Parçalama Metodu		KN13 hariç tüm ölçüm noktaları noktaları
Toplam Fosfor(TP)	APHA 2005 – 4500 P - E Kolorimetrik Yöntem		KN13 hariç tüm ölçüm noktaları
Sodyum, Potasyum, Kalsiyum, Magnezyum, Bakır, Çinko	EPA 200.7, EPA 200.8	Perkin Elmer Optima 3300 DV ICP-OES, Perkin Elmer Elan DRC-E ICP-MS	KN13 hariç tüm ölçüm noktaları

4.3 KOİ Bileşenlerinin Belirlenmesi

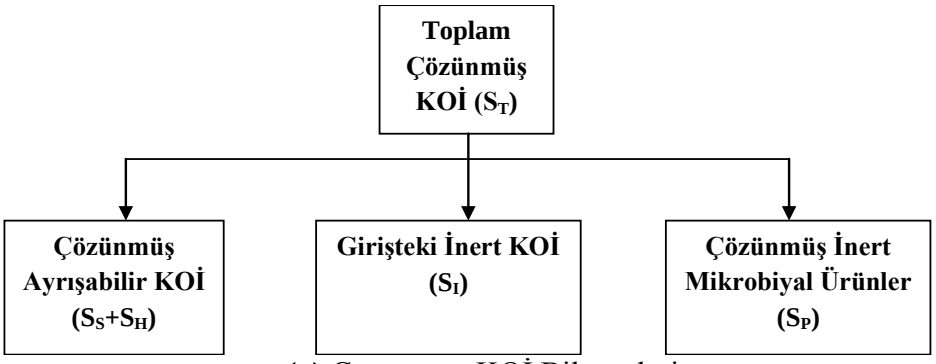
KOİ öncelikle, biyolojik olarak ayrışabilen (C_s) ve inert KOİ olarak ikiye ayrılmaktadır. Daha sonra inert çözünürlük özelliklerine göre, çözünmüş ve

partiküler olarak tekrar iki gruba ayrılmaktadır. İnert KOİ, başlangıçtaki çözünmüş inert KOİ (S_I), başlangıçtaki partiküler inert KOİ (X_I) olarak ayrılırken; biyolojik olarak ayrışabilen KOİ, ayrışma özelliklerine göre yavaş ve hızlı ayrışan KOİ olarak incelenmektedir (X_s, S_s). Bu fraksiyonların yanında reeaktörde metabolik prosesler tarafından üretilen bileşenler de, partiküler inert metabolik ürünler (X_p), çözünmüş inert metabolik ürünler (S_p) olarak isimlendirilmektedir. S_I ve X_I sistemi değişikliğe uğramadan terk etmektedir. Çözünmüş inert KOİ fraksiyonu hiçbir biyokimyasal reaksiyona katılmadan atıksu ile deşarj edilmektedir. Bu fraksiyon çıkış suyu KOİ seviyesi ve dolayısıyla sistemin performansı üzerinde direkt bir etkiye sahip olduğu için; atıksu karakterizasyonunda, çıkıştaki S_I değerinin doğru bir şekilde belirlenmesi deşarj standartları açısından büyük önem taşımaktadır (Artan ve diğ., 1989; Orhon ve diğ., 1989).

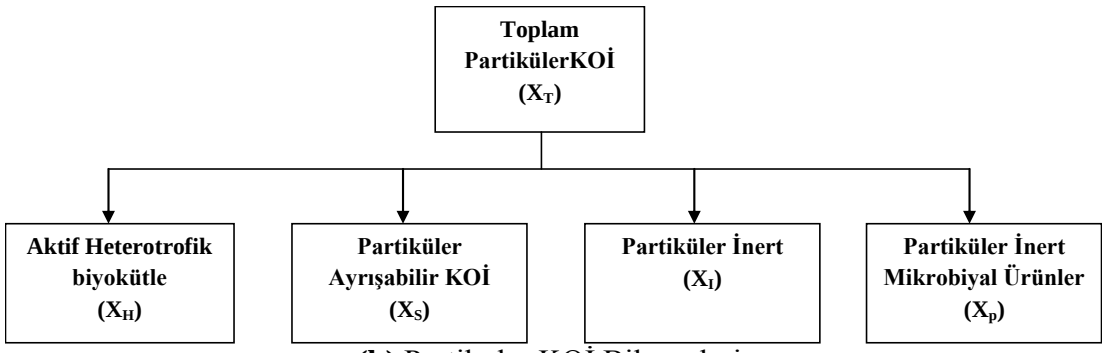
Atıksuya ait KOİ fraksiyon dağılımı Şekil 4.2'de ve çıkış akımındaki KOİ fraksiyonları dağılımı Şekil 4.3'te gösterilmektedir.



Şekil 4.2: Atıksudaki KOİ fraksiyonlarının dağılımı (Ekama ve diğ., 1986)



(a) Çözünmüş KOİ Bileşenleri



(b) Partiküler KOİ Bileşenleri

Şekil 4.3: Çıkış Akımındaki KOİ Fraksiyonları Dağılımı (Kennedy ve diğ., 1982)

4.4 Çözünmüş ve Partiküler İnert Madde (S_I, X_I) Belirleme Yöntemleri

Arıtma tesisinden çıkan arıtılmış atıksuda, biyokütle tarafından üretilen çözünmüş ve partiküler formda (S_P, X_P) ürünler ile arıtma tesisine giren ayrışmayan çözünmüş ve patriküler inert (S_I, X_I) madde bulunmaktadır. Buna bağlı olarak arıtma tesisinin arıtma verimi büyük ölçüde değişmektedir.

Literatürde çeşitli türdeki atıksular üzerine yapılan inert fraksiyonlar, araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Belli bir çamur yaşına sahip kesikli reaktörden alınan numunelerde değeri nihai çözünmüş kalıcı KOİ, S_I'ya eşit olduğu varsayılan değerler saptanmıştır (Henze ve diğ., 1987). Diğer bir çalışma çamur yaşı 10 ile 20 gün arasında olan aktif çamur sistemlerinde çıkıştaki çözünmüş KOİ'nin girişteki inert KOİ'ye eşit olacağını ifade etmektedir (Ekama ve diğ., 1986). Ancak yapılan bu çalışmalar bakteriler tarafından üretilen inert ürünleri (S_P) göz önüne almamış olmaktadır.

Germirli ve diğerleri (1990), kesikli bir sistemde, kolay ayrışabilen organik madde S_S, tamamen tükendiği zaman, KOİ profilinin bir minimuma ulaştığını ve bu noktada kalan organik maddenin ise S_R ve S_I'ın toplamından ibaret olduğunu belirtmiştir (Germirli ve diğ., 1990). Germirli çalışmasında, giriş suyundaki S_I'ın belirlenmesi

için iki farklı yöntem önermiştir. Her iki yöntemde de inert fraksiyonu tayin edilcek atıksu yanında farklı bir organik madde olarak, organik kısmının tamamen ayrıştığı kabul edilen glikoz kullanılmıştır. Atıksuyun partiküler KOİ'sinin çözünmüş KOİ'sine yakın olması halinde Germirli ve diğ. tarafından önerilen metod kullanılmaktadır. Deneylerde kullanılan biyokütlenin alıştırılma işlemi doldur-boşalt reaktörlerde, alışmış mikroorganizma ve besi maddesi ilavesiyle yürütülmektedir. Biyokütlenin alıştırılması % 50 glikoz çözeltisi ve % 50 atıksu kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Ekama ve diğ., 1986).

Karşılaştırmalı Metod:

Bu metodda, çözünmüş endüstriyel atıksu ve aynı konsantrasyonda glikoz çözeltisi, iki ayrı reaktörde aşı mikroorganizma ve gerekiyorsa nütrient ilavesi ile kesikli olarak çalıştırılmış ve zamana karşı çözünmüş KOİ değerleri izlenmiştir. Atıksu ve glikoz değerleri için bir minimuma ulaşıldığında, aradaki farkın S_{I0} olduğu belirtilmiştir. Deneyde aynı KOİ değeriyle başlayan iki reaktör karalı hale geldiğinde;

$$(S_I)_{Atıksu} = (S_I+S_P)_{Atıksu} - (S_P)_{Glikoz} \quad \textbf{(4.1)}$$

sonucuna varılır. Bu yöntemde,

$$(S_P)_{Atıksu} \approx (S_P)_{Glikoz} \quad \textbf{(4.2)}$$

kabulü yapılmaktadır.

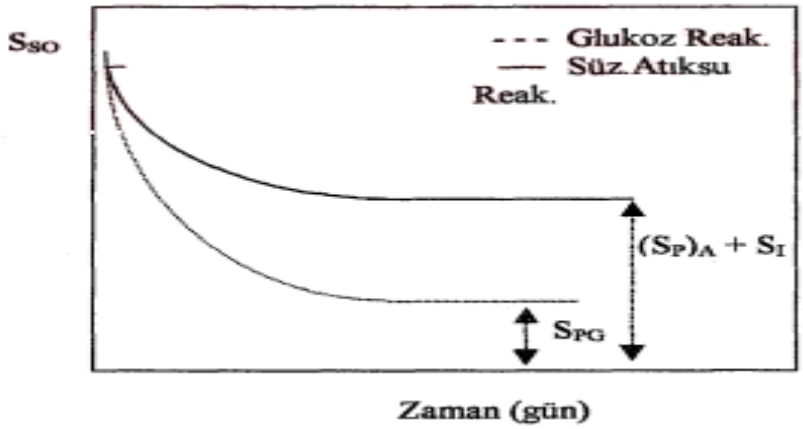
Bu yaklaşım iki reaktörü de aynı başlangıç KOİ'sine sahip olduğunda geçerlidir. Bir Y_I dönüşüm katsayısı tanımlamasıyla, S_I'ın S_{T0}'la ilişkisi şöyledir:

$$Y_I = S_I / S_{T0} \quad \textbf{(4.3)}$$

Mkrobiyal aktivite tarafından oluşturulan çözünmüş inert KOİ'nin dönüşümü olan Y_P ise;

$$Y_P = (S_R - S_P) / (S_{T0} - S_I) = S_P / S_{S0} \quad \textbf{(4.4)}$$

olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4.4: Karşılaştırmalı metoda göre KOİ profilleri

Kademeli Metod:

Bu yönteme göre, kesikli reaktörde aynı konsantrasyonda seyreltik çözünmüş atıksu üzerine kademeli olarak artan konsantrasyonlarda glikoz ilavesi ile elde edilen sistemlerin, düşük konsantrasyonda aşı mikroorganizma ilave edilerek işletilmesi ve reaktördeki çözünmüş KOİ değerlerinin zamana karşı izlenmesi adımlarından oluşmaktadır (Germirli ve diğ., 1991). Buna göre karşılaştırmalı yöntemde olduğu gibi reaktörler her birinde süzülmüş KOİ sabit bir S_R değerine ulaşana kadar işletilir. Bu artık KOİ'nin atıksudan veya mikrobiyal aktivitelerden gelen çözünmüş inert organiklerden kaynaklandığı farz edilir:

$$S_R = S_P + S_I \qquad \textbf{(4.5)}$$

(4.3) ve (4.4) eşitlikleriyle birleştirilen bu ifade lineer bir denklem verir:

$$S_R = Y_P S_{T0} + (1 - Y_P) S_I \qquad \textbf{(4.6)}$$

Bu yöntemle, her bir reaktördeki S_I konsantrasyonu (reaktörlerde eşit miktarda bulunduğu için) sabit tutulmakta, ancak S_{S0} konsantrasyonları farklı olduğundan farklı S_R değerlerine ulaşılmaktadır. Bütün reaktörlerdeki çözünmüş KOİ'ye karşı, çözünmüş giriş KOİ değerleri çizilmiş ve bu doğrunun KOİ eksenini kestiği değer, atıksuyun çözünmüş inert KOİ değeri olarak hesaplanmıştır.

Orhon ve diğerleri (1989) tarafından önerilen metodda, giriş atıksuyunda çözünmüş ve partiküler inert maddeleri belirleyen sadece deneysel ölçümlere dayalı yeni bir metod önerilmiştir (Orhon ve diğ., 1989; Germirli ve diğ., 1991). Atıksuyun partiküler KOİ'sinin yüksek olması durumunda kullanılması önerilmektedir.

Bu yöntemde, girişteki ve reaksiyon sırasında oluşan çözünmüş inert organikleri ayrı olarak tanımlanmalı ve partiküler inert madde tayininde S_P girişiminden kaçınılmalıdır. Ayrıca Y_H, b_H ve f_{EX} gibi diğer stokiometrik ve kinetik sabitlere ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu deneysel yaklaşım, çözünmüş ve partiküler mikrobiyal ürünleri (S_P, X_P) ve girişteki biyolojik ayrışabilir KOİ (C_{S0})'nin bir fraksiyonu olarak kabul edilen X_P'yi kullanılır. Deneysel çalışmada biri süzülmüş (S_{T0}) diğeri toplam atıksu, (C_{T1}) reaktöründen oluşmaktadır. İki reaktörde de biyolojik olarak ayrışabilir tüm substratın kullanıldığı ve tüm biyokütlenin mineralize olduğuna emin olunan, bununla birlikte KOİ ölçümlerinin değişmediği bir eşik değere ulaşıncaya kadar yeterince uzun bir süre toplam ve çözünmüş KOİ değerleri izlenir. Her iki reaktöre önceden aklime olmuş çok az miktarda (10-50 mg UAKM/L) biyokütle ilave edilir (Eremetar ve diğ., 1999).

Toplam atıksu için (1. Reaktör) deneyin başlangıcında KOİ içeriği,

$$C_{T0} = S_{S0} + X_{S0} + S_I + X_I = C_{S0} + S_I + X_I \quad \textbf{(4.7)}$$

İkinci reaktör için çözünmüş KOİ ise şu şekilde verilebilir:

$$S_{T0} = S_{S0} + S_I \quad \textbf{(4.8)}$$

Deneyin sonunda, tüm biyolojik aktivite sona erdiğinden ($X_H = 0$) ve tüm ayrışabilen substrat tükendiğinden ($S_S = 0$, $X_S = 0$) toplam atıksu ile beslenen birinci reaktör için toplam ve çözünmüş KOİ aşağıdaki gibi formüle edilebilir:

$$C_{T1} = S_{P1} + S_I + X_I + X_{P1} \quad \textbf{(4.9)}$$

$$S_{T1} = S_{P1} + S_I \quad \textbf{(4.10)}$$

Buna göre;

$$C_{T1} - S_{T1} = X_{P1} + X_I \quad \textbf{(4.11)}$$

Süzülmüş atıksu ile beslenen ikinci reaktör için aynı değerler;

$$C_{T2} = S_{P2} + S_I + X_{P2} \quad \textbf{(4.12)}$$

$$S_{T2} = S_{P2} + S_I \quad \textbf{(4.13)}$$

Buna göre;

$$C_{T2} - S_{T2} = X_{P2} \quad \textbf{(4.14)}$$

Bu deneysel prosedür şu kabule dayanır: Mikrobiyal olarak üretilen partiküler ve çözünmüş KOİ, X_P ve S_P; girişteki biyolojik olarak ayrışabilen KOİ' nin (C_{S0}) fraksiyonlarıdır.

Buna göre 1.reaktörde;

$$X_{P1} = Y_{XP} \, . \, C_{S0} \qquad \textbf{(4.15)}$$

$$S_{P1} = Y_{SP} \, . \, C_{S0} \qquad \textbf{(4.16)}$$

Diğer taraftan ikinci reaktörde geçerli olan formüller:

$$X_{P2} = Y_{SP} \, . \, S_{S0} \qquad \textbf{(4.17)}$$

$$S_{P2} = Y_{SP} \, . \, S_{S0} \qquad \textbf{(4.18)}$$

1.reaktörde giderilen toplam KOİ;

$$\Delta C_{T1} = C_{T0} - C_{T1} = C_{S0} - S_{P1} - X_{P1} \qquad \textbf{(4.19)}$$

olarak verilebilir.

(4.15) ve (4.16) eşitliklerinin kullanılmasıyla bu denklem düzenlenecek olursa:

$$\Delta C_{T1} = (1 - Y_{XP} - Y_{SP}) \, . \, C_{S0} \qquad \textbf{(4.20)}$$

Aynı şekilde 2. reaktör için:

$$\Delta C_{T2} = S_{T0} - C_{T2} = S_{S0} - S_{P2} - X_{P2} \qquad \textbf{(4.21)}$$

yazılabilir.

(4.17) ve (4.18) eşitlikleri kullanıldığında;

$$\Delta C_{T2} = (1 - Y_{XP} - Y_{SP}) \, . \, S_{S0} \qquad \textbf{(4.22)}$$

olur.

X_{P2} deneylerde doğrudan ölçülmektedir. (4.15) ve (4.17) numaralı eşitlikler birleştirilirse;

$$X_{P1} = X_{P2} \, (C_{S0} / S_{S0}) \qquad \textbf{(4.23)}$$

elde edilebilir.

Benzer şekilde (4.20) ve (4.22) eşitliklerinin birleştirilmesi C_{S0} / S_{S0} yerine doğrudan ölçülen $\Delta C_{T1} / \Delta C_{T2}$ oranının kullanılmasına imkan verir. Buna göre;

$$X_{P1} = X_{P2} \, (\Delta C_{T1} / \Delta C_{T2}) \qquad \textbf{(4.24)}$$

(4.11) denkleminden X_I çekilirse;

$$X_I = C_{T1} - S_{T1} - X_{P1} \quad \textbf{(4.25)}$$

elde edilir. (4.24) denklemi bu eşitlikte yerine konulursa;

$$X_I = C_{T1} - S_{T1} - (C_{T2} - S_{T2})\, \Delta C_{T1} / \Delta C_{T2} \quad \textbf{(4.26)}$$

elde edilir. Bu denklemdeki tüm değerler deneysel olarak ölçülebilmektedir.

(4.10) denkleminden (4.13) ifadesi çıkarılırsa;

$$S_{T1} - S_{T2} = S_{P1} - S_{P2} \quad \textbf{(4.27)}$$

elde edilir. (4.14) ve (4.16) denklemleri birbirine oranlanırsa;

$$S_{P1} / S_{P2} = C_{S0} / S_{S0} \quad \textbf{(4.28)}$$

elde edilir. C_{S0} / S_{S0} yerine $\Delta C_{T1} / \Delta C_{T2}$ kullanılabildiğinden;

$$S_{P1} / S_{P2} = \Delta C_{T1} / \Delta C_{T2} \quad \textbf{(4.29)}$$

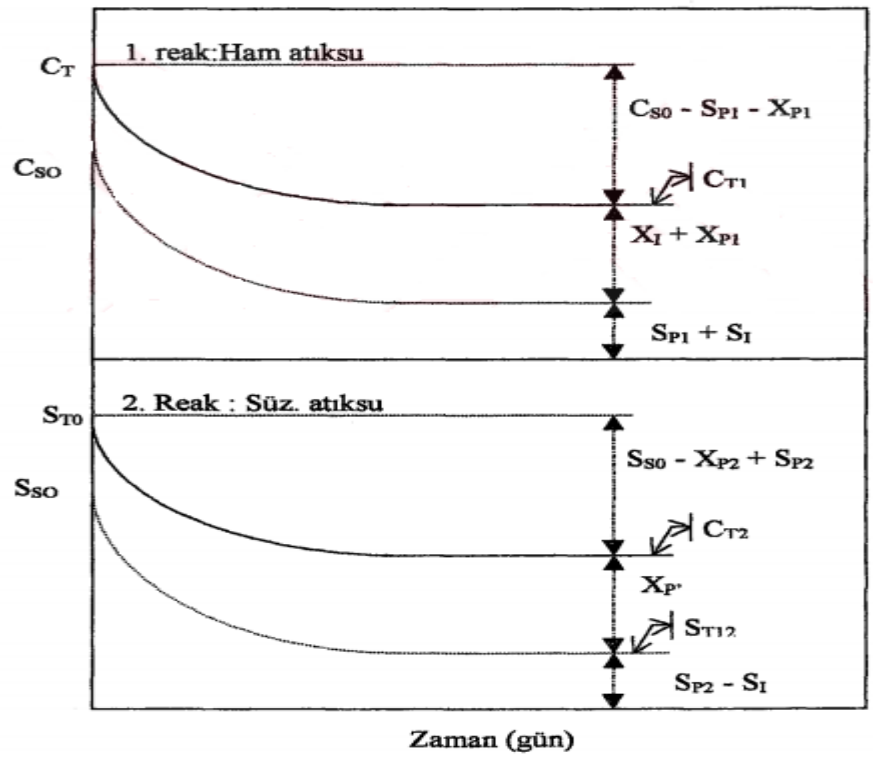
olur. Buna göre;

$$S_{P1} = (S_{T1} - S_{T2}) / [1 - (\Delta C_{T2} / \Delta C_{T1})] \quad \textbf{(4.30)}$$

yazılabilir. (4.10), (4.29) ve (4.30) eşitlikler kullanılırsa;

$$S_I = S_{T1} - \frac{S_{T1} - S_{T2}}{1 - (\Delta C_{T2} / \Delta C_{T1})} \quad \textbf{(4.31)}$$

elde edilir. (4.26) eşitliğinde verilen X_I denklemi gibi (4.31) eşitliğindeki tüm değerlerde deneysel olarak bulunabilir.



Şekil 4.5: Ham atıksu – Süzülmüş atıksu reaktörleri İnert KOİ profilleri

4.5 Biyolojik Arıtılabilirlik Esaslı Karakterizasyon

Bu bölümde, aynı başlangıç KOİ'sine ve biyokütle konsantrasyonuna sahip anaerobik inert KOİ seti kurulumu anlatılmıştır.

4.5.1 Anaerobik reaktör

Anaeobik reaktörlerde şekerleme atıksuyuyla inert KOİ çalışması yürütülmüştür. Şeker-Sakız 1-Jelibon, Sakız 2, Jelibon Hattı ve 2.Dengeleme Çıkışı olarak toplam ve çözünmüş olarak 8 ayrı reaktör ve çözünmüş KOİ'si 800 mg/L olacak şekilde glikozda olmak üzere 9 anaerobik reaktör kurulmuştur. EGSB reaktöründen alınan çamur aşı olarak kullanılmıştır. 100 mg/L UAKM konsantrasyonu sağlayacak şekilde biyokütle ilavesi yapılmıştır. Reaktörlere besi maddesi ilave edilmiştir ve Tablo 4.3'te verilmiştir. Deneyler toplam ve çözünmüş KOİ değerleri sabitlenene kadar sürdürülmüştür. Reaktörlerden 2 haftada bir olmak üzere 14 hafta boyunca numune alınmıştır ve KOİ değerlerine bakılmıştır. Ayrıca bu takip sürecinde düzenli olarak reaktörlerde gaz ölçümü yapılmıştır.



Şekil 4.6: Anaerobik reaktörler

Reaktör olarak 500 ml'lik şişeler kullanılmıştır ve şişeler 250 ml'sine kadar doldurulmuştur. Reaktörlerin ağzı, gaz ölçümü ve numune alımı kolayca yapılabilecek, dışarıdan O_2 girişi, gaz girişi ve çıkışı olmayacak şekilde lastik mantarlı kapaklarla kapatılmıştır. Reaktörler kurulduktan ve şişelerin içindeki O_2 değeride sıfırlandıktan sonra, ısısı 35 ºC'de tutulan bir odada sabit tutulmuştur.

Tablo 4.3: Anaerobik Reaktörlerde Kullanılan Besi Çözeltisinin Kompozisyonu

Kullanılan Bileşikler	**Miktarları (ml)**
SOL1	3,75
SOL2	3,75
SALT	3,125
$NaHCO_3$	12,5
Asit	0,25
Baz	0,25
Vitamin	0,25
Resazurin	0,25
Na_2Sx9H_2O	0,5

5. TESİSİN PROSES VE KİRLENME PROFİLİ İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALARIN SONUÇLARI

5.1 Su Kullanımı ve Proses Profili

Tesiste yılda ortalama 5.229.686 m^3 ton su kullanılmaktadır. Fabrikada belirli proseslerde oluşan atıksuyun günlük ve ürün başına miktarları Tablo 5.1'de verilmektedir.

Tablo 5.1: İncelenen Şekerleme Endüstrisine ait Proses Profili

Kaynak	**Atıksu Miktarı**	
	(m^3/gün)	**(m^3/ton ürün)**
Sakız 2 Hattı	67500	1687
Jelibon Hattı	24600	1447
Toplam	**92100**	**3134**

5.2 Kirlenme Profili

Tesise ait farklı akımlar bazında oluşturulan kirlenme profili Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.2: İncelenen Şekerleme Endüstrisine ait Kirlenme Profili

Kaynak	**Atıksu Oluşumu**		**KOİ**			**AKM**		
	(m^3/gün)	**(m^3/ton ürün)**	**mg/L**	**kg/gün**	**kg/ton ürün**	**mg/L**	**kg/gün**	**kg/ton ürün**
Sakız 2 Hattı	67500	1687	10294	694845	17371	623	42053	1051
Jelibon Hattı	24600	1447	6407	157612	9271	1164	28635	1685
TOPLAM	**92100**	**3134**	**16701**	**852457**	**26642**	**2688**	**230976**	**2736**

Fabrikadaki birim kirletici yükleri KOİ ve AKM bazında sırasıyla 26642; 2736 kg/ton toplam ürün olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.2).

Fabrikada günlük ortalama 112 ton ürün üretilmektedir. Bu fabrikadaki sakız üretimi 40 ton/gün, jelibon üretimi 17 ton/gün ve diğer şekerlemelerin üretimi 55 ton/gün'dür. Birim kirletici yükleri ürün bazında ifade edilmiştir.

5.3 Atıksu Karakterizasyonu

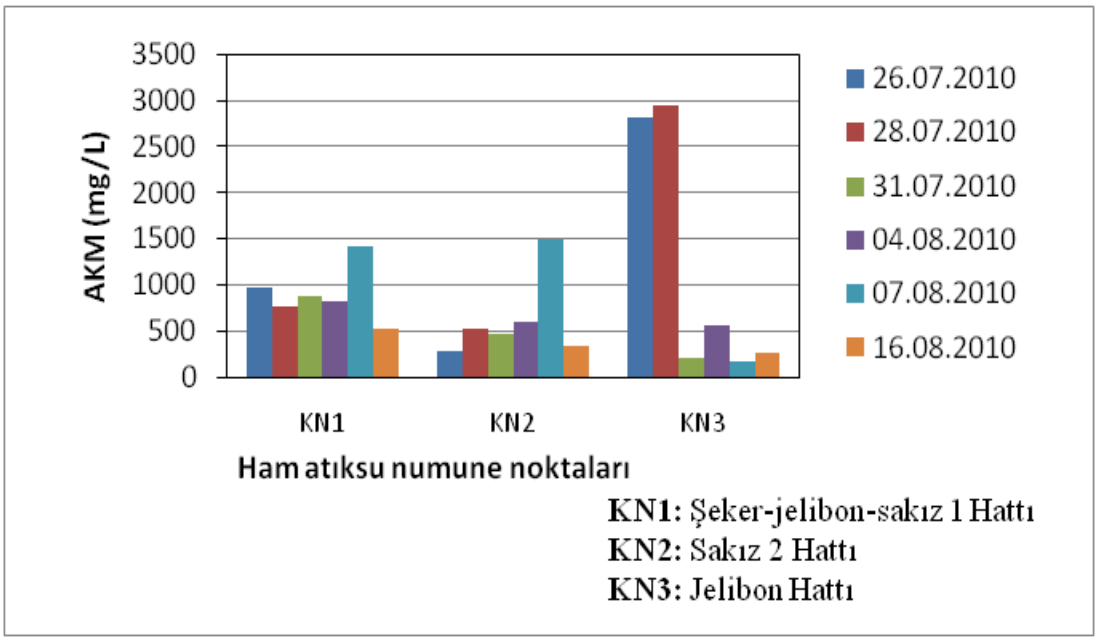
Yapılan analizler sonucu incelenen şekerleme edüstrisinin kaynak bazında atıksu karakterizasyonu ortalama ve standart sapma değerleri ile birlikte Tablo 5.3'te verilmektedir.

Tablo 5.3: İncelenen şekerleme endüstrisinde oluşan atıksuyun karakterizasyonu

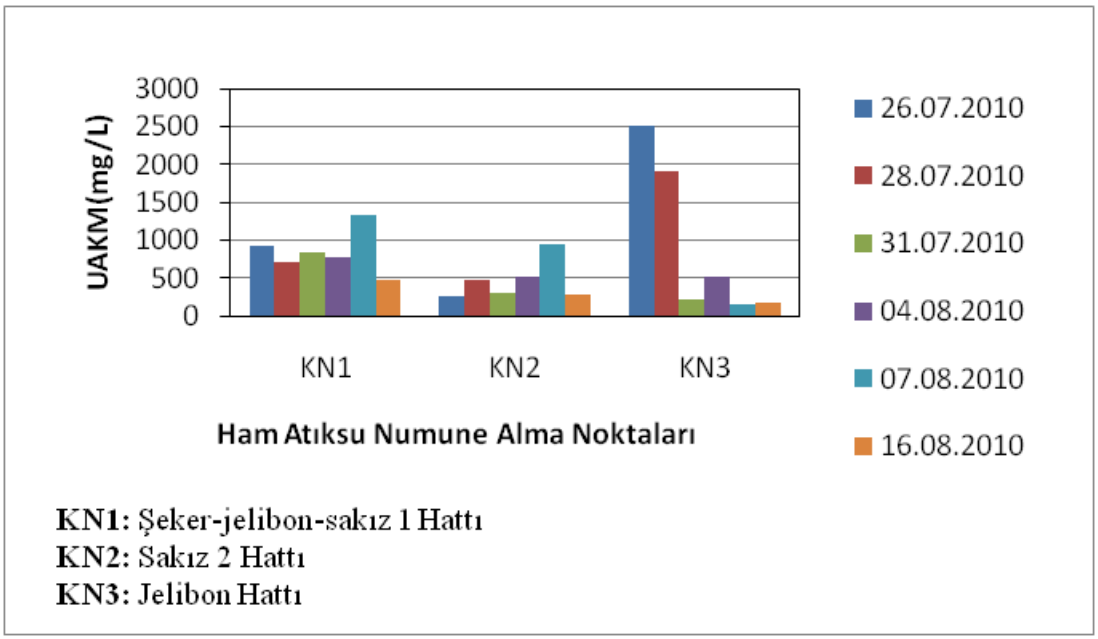
Parametre	Birim	Şeker-Sakız1-Jelibon Hattı	Sakız 2 Hattı	Jelibon Hattı	Vakumsuyu Hattı
AKM	mg/L	901±290	623±441	1164±1293	20±6,5
UAKM	mg/L	844±282	468±256	912±990	17±3,9
TÇM	mg/L	331±147	334±79	141±26	120,5±0,071
İletkenlik	µS/cm	677±283	688±162	293±53	252±1,7
pH	-	3,8±0,3	4,1±0,3	5,16±1,02	6,5±1,54
KOİ	mg/L	20025±7105	10294±10378	6407±3155	472±326
Çözünmüş KOİ	mg/L	17469±7612	8365±9902	3765±2608	377±323
Florür	mg/L	84±33	3,6±7	24±17	9,2±7,6
NO3-N	mg/L	78±26	96±80	48±27	575±528
NO2-N	mg/L	-	-	-	-
Bromür	mg/L	-	-	-	-
Sülfat	mg/L	14±1,3	35±8	29,3±29,5	22,3±11,60
Fosfat	mg/L	-	-	-	-
Klorür	mg/L	53±14	59±18	16±3	16±0,7
Amonyak	mg/L	0,22±0,07	15±14	2,8±2,2	2±2
TKN	mg/L	96±15	162±70	68±35	16±6,8
TP	mg/L	4,5±3	5±3	0,64±0,67	0,058
Potasyum	mg/L	14±4	14±5	1,6±0,70	0,63±0,35
Kalsiyum	mg/L	39±6	50±17	43±24	20±2,7
Magnezyum	mg/L	8±1,5	12±3	10,70±7,6	5,10±0,10
Bakır	mg/L	0,24±0,12	0,11±0,06	0,4±0,5	0,07±0,006
Çinko	mg/L	0,72±0,25	1,60±0,80	1,4±1,8	-
Sodyum	mg/L	93±91	58±16	22±6	17±0,11

Şeker-jelibon-sakız1, sakız2 ve jelibon hatlarından alınan numunelerde AKM, UAKM, BOİ, KOİ, ÇKOİ, Amonyak, TKN ve TP, pH, iletkenlik ve TÇM parametreleri ölçülmüştür.

AKM ve UAKM konsantrasyonunun ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de gösterilmiştir.

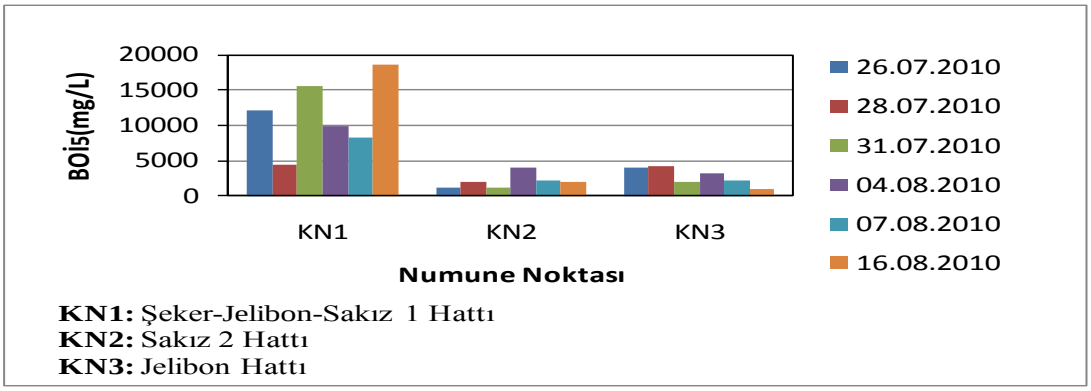


Şekil 5.1: AKM konsantrasyonunun ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması



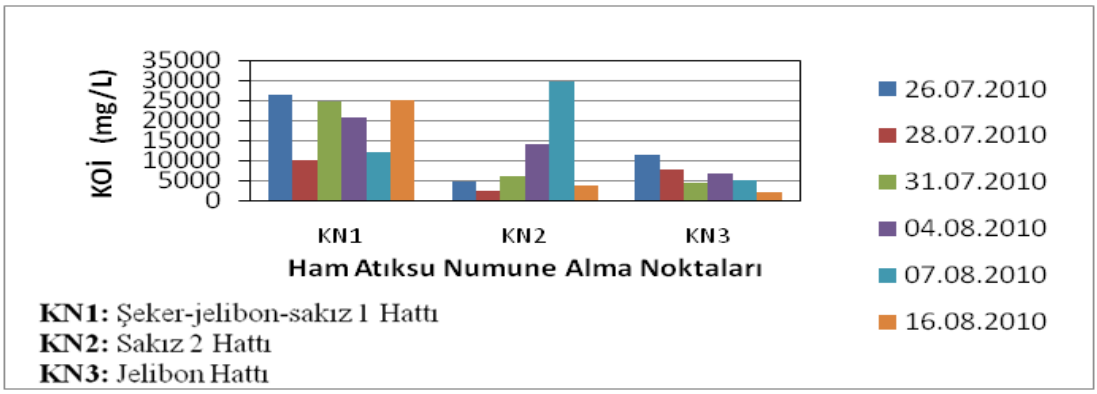
Şekil 5.2: UAKM konsantrasyonunun ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması

$BOİ_5$ konsantrasyonunun ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması Şekil 5.3'te verilmiştir.

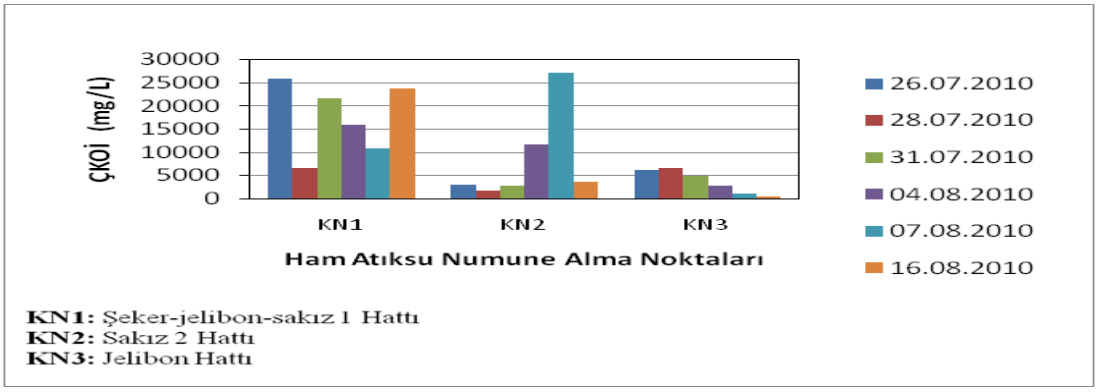


Şekil 5.3: BOI_5 konsantrasyonunun ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması

KOİ ve ÇKOİ konsantrasyonunun ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'te verilmiştir.



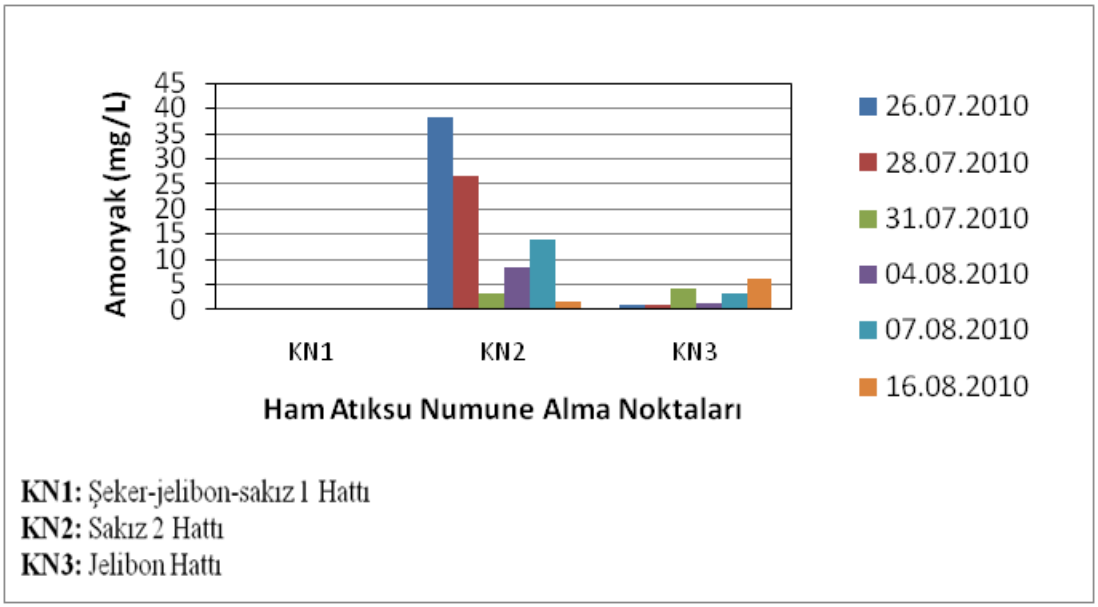
Şekil 5.4: KOİ konsantrasyonunun ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması



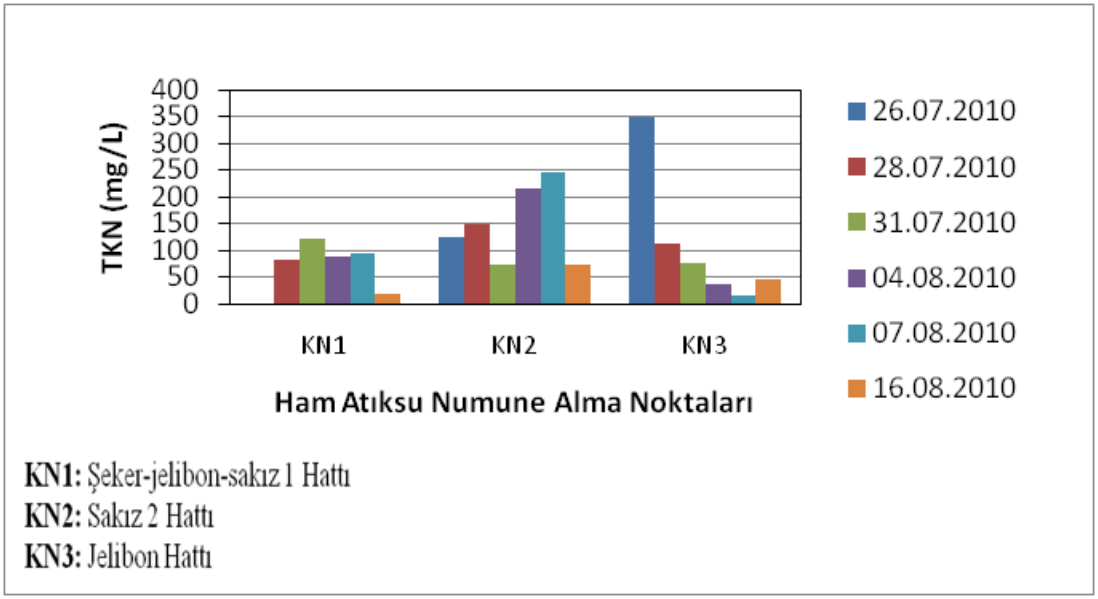
Şekil 5.5: ÇKOİ konsantrasyonunun ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması

Ölçüm yapılan noktalar KOİ parametresi açısından incelendiğinde, şeker-jelibon-sakız 1 hattı (KN1), sakız 2 hattı (KN2), jelibon hattı (KN3) akımlarının oldukça yüksek kirliliğe sahip olduğu görülmektedir.

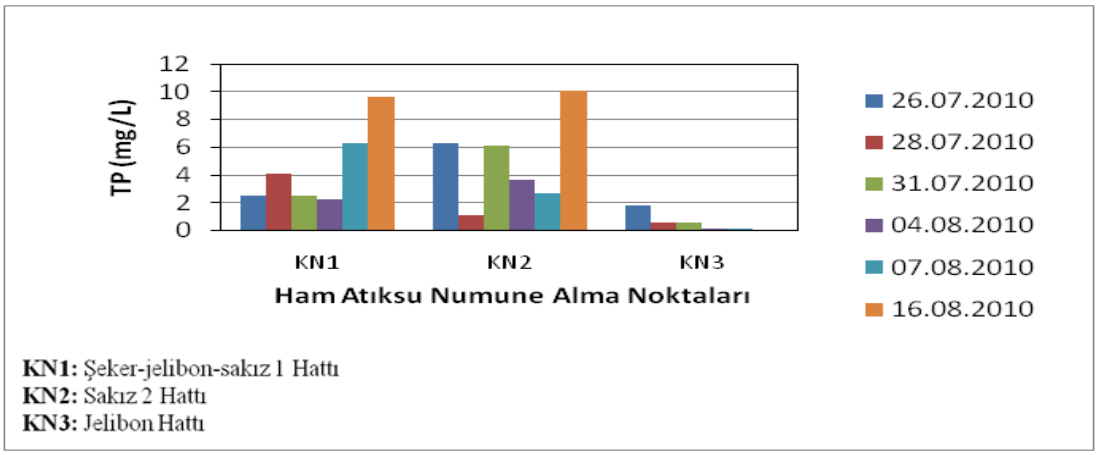
Amonyak, TKN ve TP konsantrasyonlarının ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması Şekil 5.6, Şekil 5.7 ve Şekil 5.8'de verilmiştir.



Şekil 5.6: Amonyak konsantrasyonunun ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması

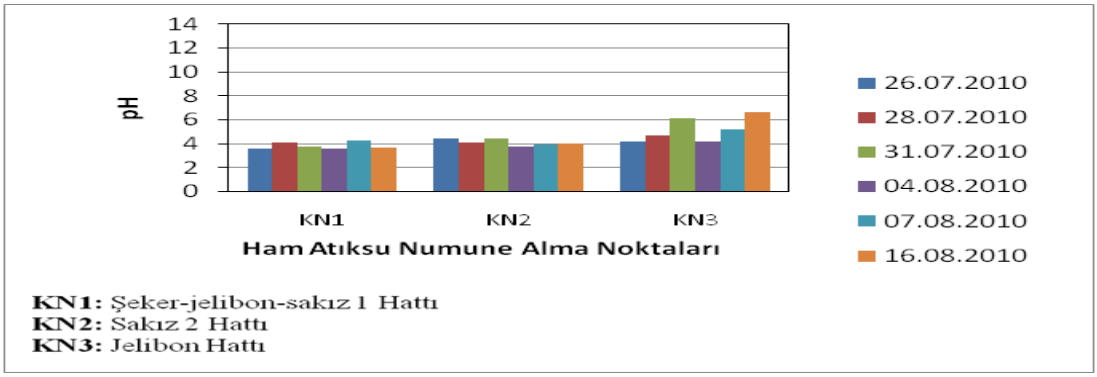


Şekil 5.7: TKN konsantrasyonunun ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması

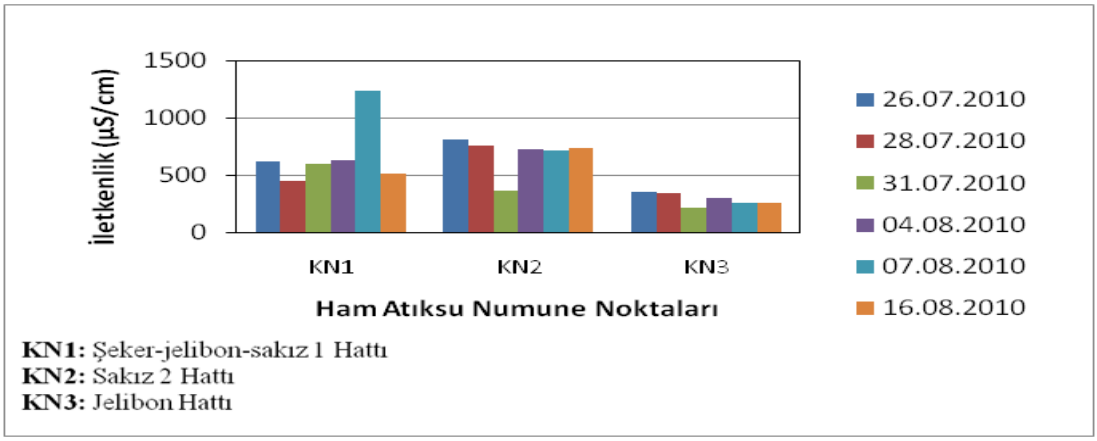


Şekil 5.8: TP konsantrasyonunun ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması

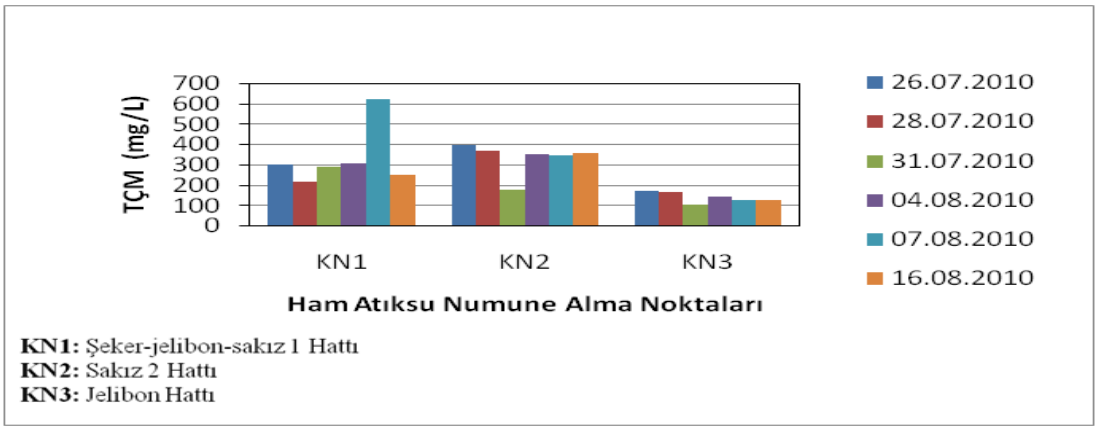
pH, iletkenlik ve TÇM konsantrasyonunun ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması Şekil 5.9, Şekil 5.10 ve Şekil 5.11'de verilmiştir.



Şekil 5.9: pH parametresinin ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması



Şekil 5.10: İletkenlik parametresinin ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması



Şekil 5.11: TÇM konsantrasyonunun ham atıksu kaynak bazında zamana bağlı karşılaştırılması

İletkenlik ve TÇM konsantrasyonlarına bakıldığında, şeker-jelibon-sakız 1 hattı (KN1) ve sakız 2 hattı (KN2) akımlarında günlük bazda değişim en yüksektir.

5.4 Biyolojik Arıtılabilirlik Esaslı Karakterizasyon

İncelenen şekerleme endüstrisine ait atıksu kullanılarak anaerobik reaktör kurulmuştur. Bu reaktörün belirli zaman aralıklarında alınan numunelerine yapılan deneylerin sonuçları Tablo 5.4 ve Tablo 5.5'te verilmiştir. Anaerobik reaktörlere ait inert KOİ sonuçları Tablo 5.6'da verilmektedir.

Tablo 5.4: Biyolojik Arıtılabilirlik Esaslı Karakterizasyon çalışmasında Hamsu Atıksu reaktörlerinden elde edilen KOİ Analiz sonuçları

Süre (gün)	Top şeker-sakız1-jelibon reaktörü	Çöz şeker-sakız1-jelibon reaktörü	Top Sakız2 reaktörü	Çöz Sakız2 reaktörü	Top Jelibon reaktörü	Çöz Jelibon reaktörü	Top 2.dengeleme reaktörü	Çöz 2.dengeleme reaktörü	Glikoz 800
	mg/L KOİ	mg/L KOİ	mg/L KOİ	mg/L KOİ	mg/L KOİ	mg/L KOİ	mg/L KOİ	mg/L KOİ	mg/L KOİ
0	964	861	874	605	1615	1292	1002	929	1064
15	397	203	241	325	503	389	518	410	435
30	120	109	142	118	201	135	180	202	73
45	118	99	144	115	180	132	141	135	72
60	115	87	144	113	187	130	140	112	64
75	113	86	136	107	179	130	140	112	64
90	110	73	131	105	173	122	140	112	64

Tablo 5.5: Biyolojik Arıtılabilirlik Esaslı Karakterizasyon çalışmasında Süzülmüş Atıksu reaktörlerinden elde edilen KOİ Analiz sonuçları

Süre (gün)	Top şeker-sakız1-jelibon reaktörü mg/L KOİ	Çöz şeker-sakız1-jelibon reaktörü mg/L KOİ	Top Sakız2 reaktörü mg/L KOİ	Çöz Sakız2 reaktörü mg/L KOİ	Top Jelibon reaktörü mg/L KOİ	Çöz Jelibon reaktörü mg/L KOİ	Top 2.dengeleme reaktörü mg/L KOİ	Çöz 2.dengeleme reaktörü mg/L KOİ	Glikoz 800 mg/L KOİ
0	941	818	873	566	1263	1236	782	770	901
15	164	343	234	454	467	356	444	397	60
30	95	102	101	75	185	111	193	214	24
45	95	76	81	75	125	95	98	80	18
60	94	74	86	73	114	89	74	81	73
75	84	71	83	72	112	88	74	65	60
90	83	71	82	72	110	88	74	65	58

Tablo 5.6: Anaerobik inert KOİ sonuçlarının değerlendirilmesi

Bileşen	Birim	Şeker-Sakız1-Jelibon Hattı	Sakız 2 Hattı	Jelibon Hattı	2.Dengeleme Çıkışı
Y_{SP}	-	0,05	0,05	0,05	0,05
S_I	mg/L	20	38	9	16
S_I/C_T	-	0,02	0,043	0,006	0,016
X_T	mg/L	37	26	51	28
X_I	mg/L	23	10	23	16
X_I/C_T	-	0,024	0,012	0,014	0,016
C_I/C_T	-	0,044	0,055	0,02	0,033

Tabloda da görüldüğü gibi anaerobik reaktörlerdeki S_I/C_T oranı çok düşüktür. Aynı şekilde X_I/C_T ve C_I/C_T oranlarıda düşüktür. Çözünmüş inert KOİ konsantrasyonu Şeker-Sakız1-Jelibon hattında 20 mg/L, Sakız2 hattında 38 mg/L, 2.dengeleme

çıkışında 16 mg/L iken jelibon hattında 9 mg/L'dir. Toplam KOİ konsantrasyonu Şeker-Sakız1-Jelibon hattında 37 mg/L, Sakız2 hattında 26 mg/L, jelibon hattında 51 mg/L ve 2.dengeleme çıkışında 28 mg/L'dir. Partiküler inert KOİ konsantrasyonu Şeker-Sakız1-Jelibon hattında 23 mg/L, Sakız2 hattında 10 mg/L, jelibon hattında 23 mg/L ve 2.dengeleme çıkışında 16 mg/L'dir.

5.5 Literatür ile Karşılaştırma

Literatürde şekerleme endüstrisi atıksularının karakterizasyonu için elde edilen değerler Tablo 5.7'de derlenerek bu çalışmanın sonuçlarıyla birlikte değerlendirme yapılmıştır.

Literatürdeki çalışmalarda şekerleme endüstrisi atıksularının ortalama KOİ değeri ~20000 mg/L ya da 1700 ile 10000 arasındadır ancak yapılan karakterizasyon çalışmasında incelenen şekerleme fabrikasında bu değer ortalama 17000 mg/L olarak ölçülmüştür.

İncelenen şekerleme fabrikasının biyolojik arıtma tesisi girişinden alınan atıksu numunesinde ölçülen KOİ, çözünmüş KOİ, $BOİ_5$, TKN, toplam fosfor, AKM ve UAKM değerleri literatürde şekerleme endüstrisi atıksuları için belirtilmiş konsantrasyonlarla birlikte Tablo 5.7'de verilmiştir. Fakat literatürde şekerleme endüstrisi için birim atıksu oluşumu ve birim kirlilik yükü hakkında sınırlı bilgi bulunmaktadır. Tablodaki değerlere bakıldığı zaman kirlilik parametrelerindeki miktarlarındaki değişiklikler göze çarpmaktadır. Her şekerleme endüstrisinin ürettiği şekerleme türü, üretim kapasitesi ve oluşan atıksu miktarları birbirinden farklı olduğundan kirlilik parametrelerindeki miktarlarında da farklılık gözlenmektedir.

Tablo 5.7: İncelenen şekerleme endüstrisine ait atıksu karakterizasyonunun literatür ile karşılaştırılması

Parametre	Birim	Bu çalışma, 2011	Toröz ve diğ.,1997	Tünay ve diğ., 1995	Yıldız, 1995	Cocci ve diğ.,1990	US EPA, 1977
KOI	mg/L	17186±2836	1700	9170-9950	6221	6400-21000	-
Çözünmüş KOI	mg/L	15416±4025	1400	3520-6650	5386	-	-
BOI_5	mg/L	8707±228	-	2970-6640	4909	300-19800	400-1300
TKN	mg/L	128±13	36	56-73	33	1,8-49	-
Toplam P	mg/L	9,9±9,8	4	2,3-3,1	8,6	3,2-30	-
PO_4-P	mg/L	41,5±5,3	-	-	-	-	-
SO_4^{2-}	mg/L	20,6±3	-	-	-	-	-
pH	-	3,6±0,03	8,7	6	4	3,3-6,4	-
AKM	mg/L	1100±22	1050	-	440	522-2050	100-400
UAKM	mg/L	1001±82	-	-	-	-	-
Birim atıksu oluşumu	m^3/ton ürün	1688	-	-	-	-	-

6. ATIKSU ARITMA TESİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

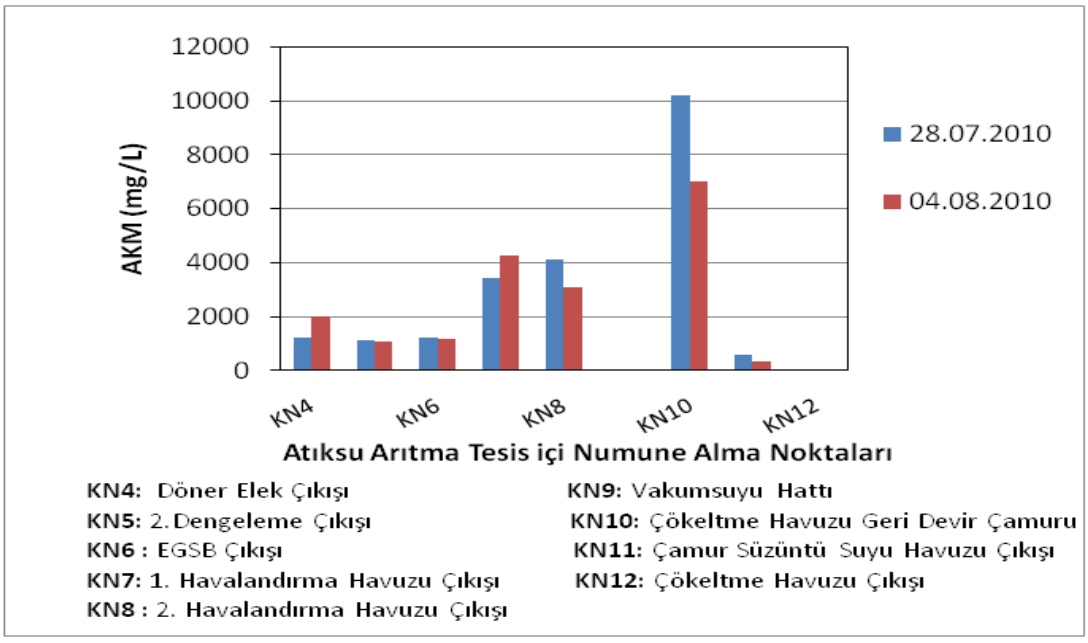
6.1 Atıksu Arıtma Tesisi Birimlerinde Yapılan Karakterizasyon Çalışmalarının Sonuçları

Şekerleme endüstrisi atıksuları, biyolojik arıtılabilirliği nispeten kolay, yüksek seviyede organik kirliliğe ve düşük pH'a sahip olup, yüksek $BOİ_5$, KOİ ve askıda katı madde konsantrasyonu ile karakterize edilmektedir.

Tesiste belirlenen numune alma noktalarından alınan örnekler İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında ve eş zamanlı olarak tesiste analiz edilerek, proses atıksuları için bir karakterizasyon çalışması yapılmıştır.

6.1.1 Askıda katı madde (AKM) ve uçucu askıda katı madde (UAKM)

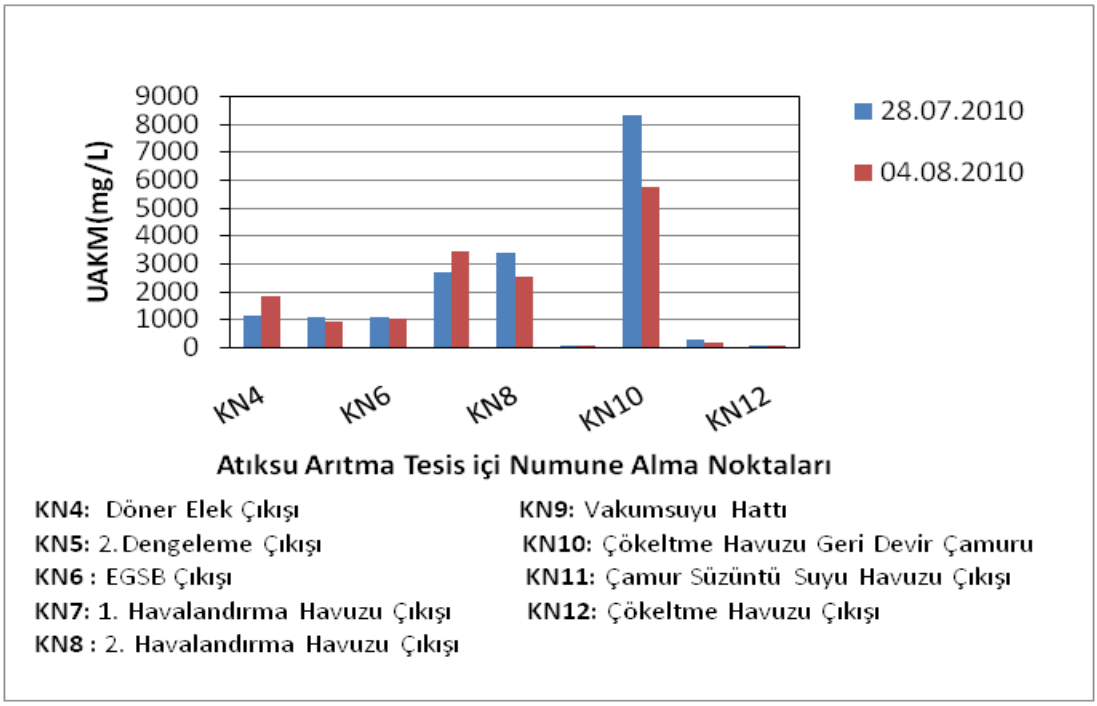
Tesise ait ortalama AKM konsantrasyonu ve numune alınan günler kapsamında AKM konsantrasyonunda gözlenen değişimler Şekil 6.1'de verilmektedir.



Şekil 6.1: AKM konsantrasyonunun arıtma tesisi ünitelerinde zamana bağlı karşılaştırılması

AKM konsantrasyonu açısından en yüksek değerler çökeltme havuzu geri devir çamurunda (KN10) 10210 mg/L olarak görülmektedir. Arıtma tesisi çıkışında ise (KN12) AKM konsantrasyonu ortalama 11 mg/L bulunmuştur ve bu değer Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ndeki deşarj limitlerini karşılamaktadır.

Tesise ait UAKM konsantrasyonu ve numune alınan günler kapsamında değişimler Şekil 6.2'de gösterilmiştir.

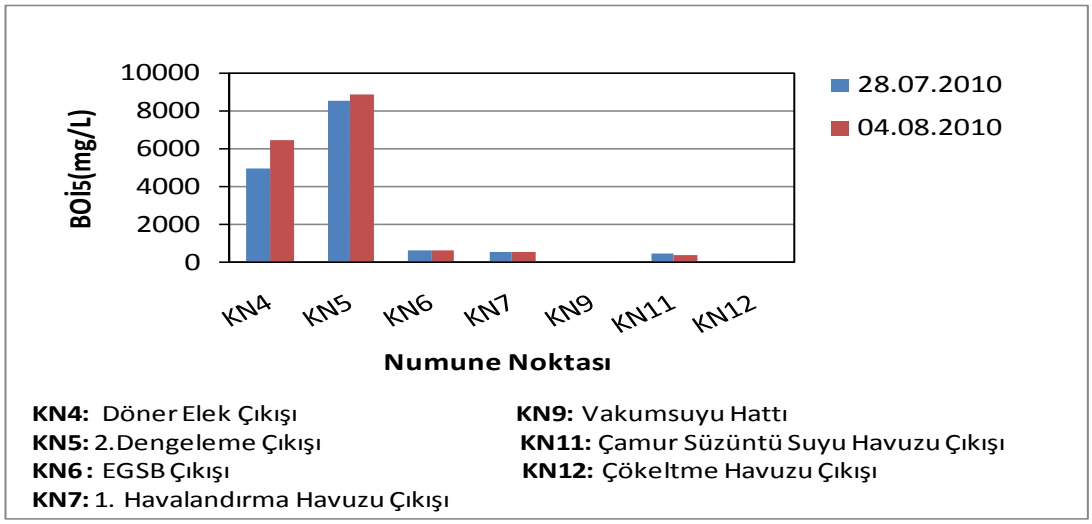


Şekil 6.2: UAKM konsantrasyonunun arıtma tesisi ünitelerinde zamana bağlı karşılaştırılması

UAKM parametresi bazında en yüksek değerler AKM parametresine benzer şekilde çökeltme havuzu geri devir çamurunda (KN10) 8335 mg/L olarak görülmektedir. Arıtma tesisi çıkışında ise (KN12) AKM konsantrasyonu ortalama 8,75 mg/L bulunmuştur.

6.1.2 Biyokimyasal oksijen ihtiyacı ($BOİ_5$)

Tesise ait $BOİ_5$ konsantrasyonu ve numune alınan günler kapsamında değişimler Şekil 6.3'te gösterilmiştir.

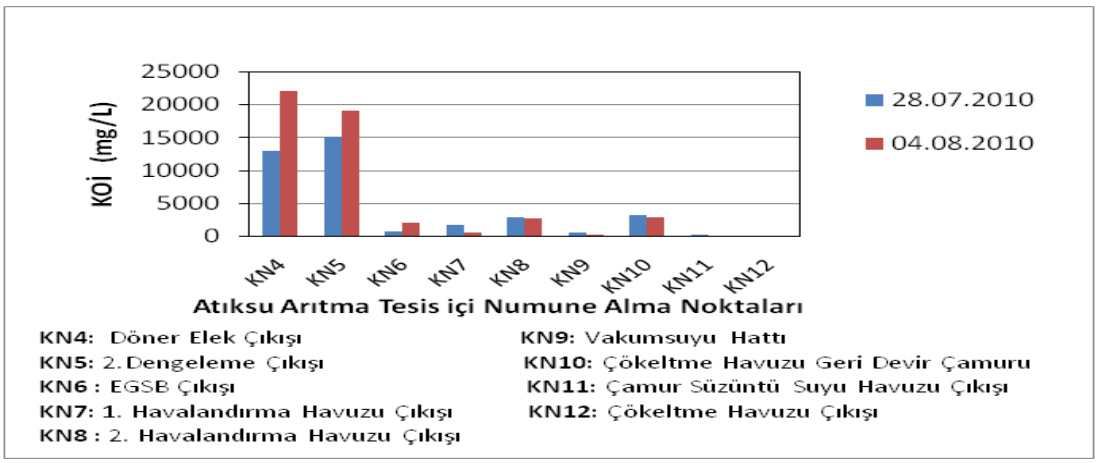


Şekil 6.3: BOI_5 konsantrasyonunun arıtma tesisi ünitelerinde zamana bağlı karşılaştırılması

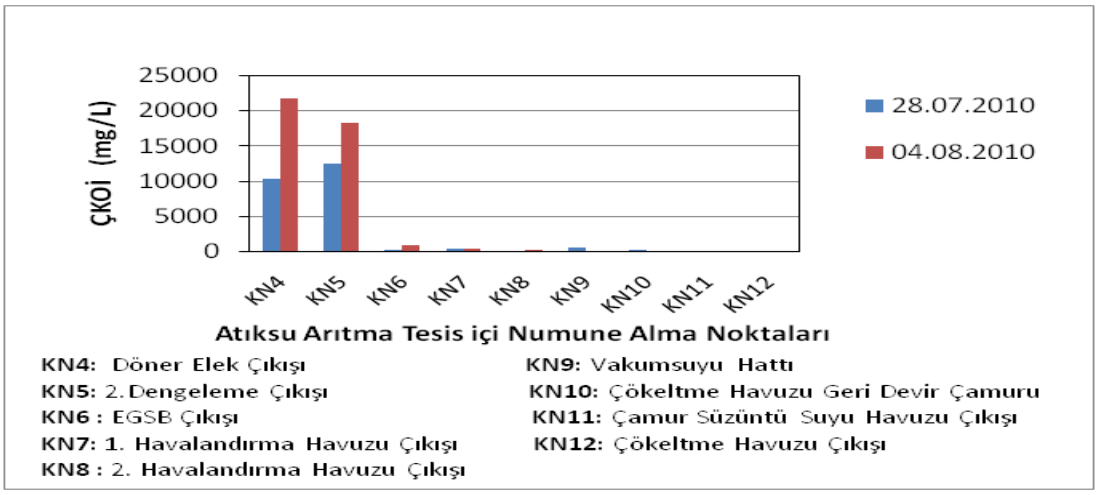
$BOİ_5$ parametresi ham atıksuyunda ve anaerobik arıtma tesisi ünitelerinde ölçülmüştür. Tesis girişinde (2.dengeleme çıkışı) $BOİ_5$ konsantrasyonu ortalama 8706 mg/L olarak ölçülmüştür. Tesis girişinde (KN5) $BOİ_5$/KOİ oranı yaklaşık 0,6 olup, atıksu biyolojik parçalanabilirlik özelliğine sahiptir. Tesis çıkışında (KN12) ise $BOİ_5$ konsantrasyonu ortalama 3,62 mg/L'ye düşmektedir.

6.1.3 Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve çözünmüş kimyasal oksijen ihtiyacı (ÇKOİ)

Tesise ait KOİ ve çözünmüş KOİ analizleri ve numune alınan günler kapsamında değişimler Şekil 6.4 ve Şekil 6.5'te gösterilmiştir.



Şekil 6.4: KOİ konsantrasyonunun arıtma tesisi ünitelerinde zamana bağlı karşılaştırılması

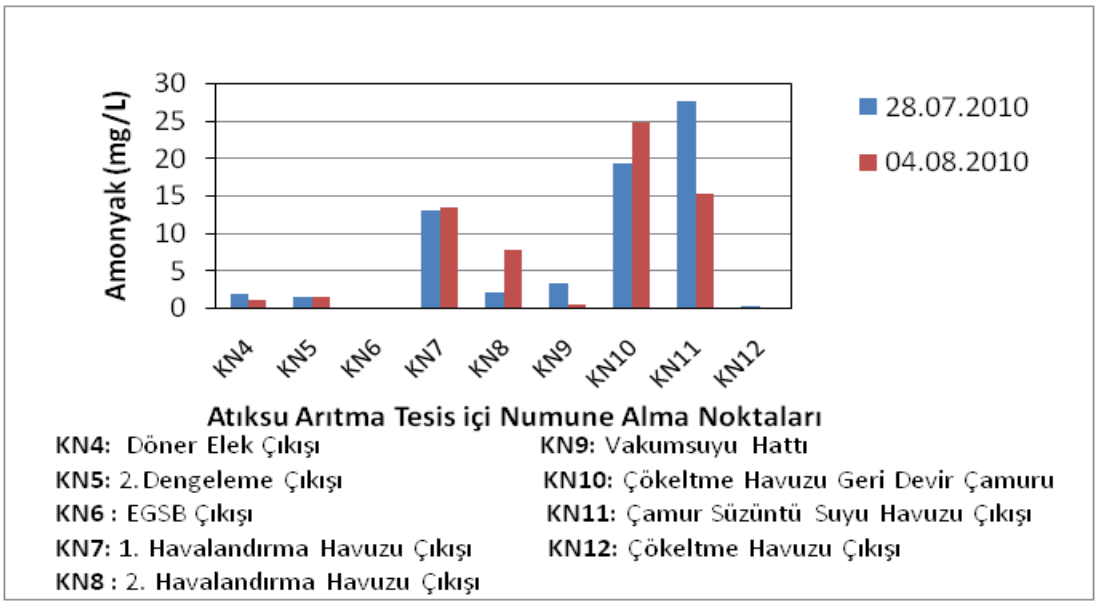


Şekil 6.5: ÇKOİ konsantrasyonunun arıtma tesisi ünitelerinde zamana bağlı karşılaştırılması

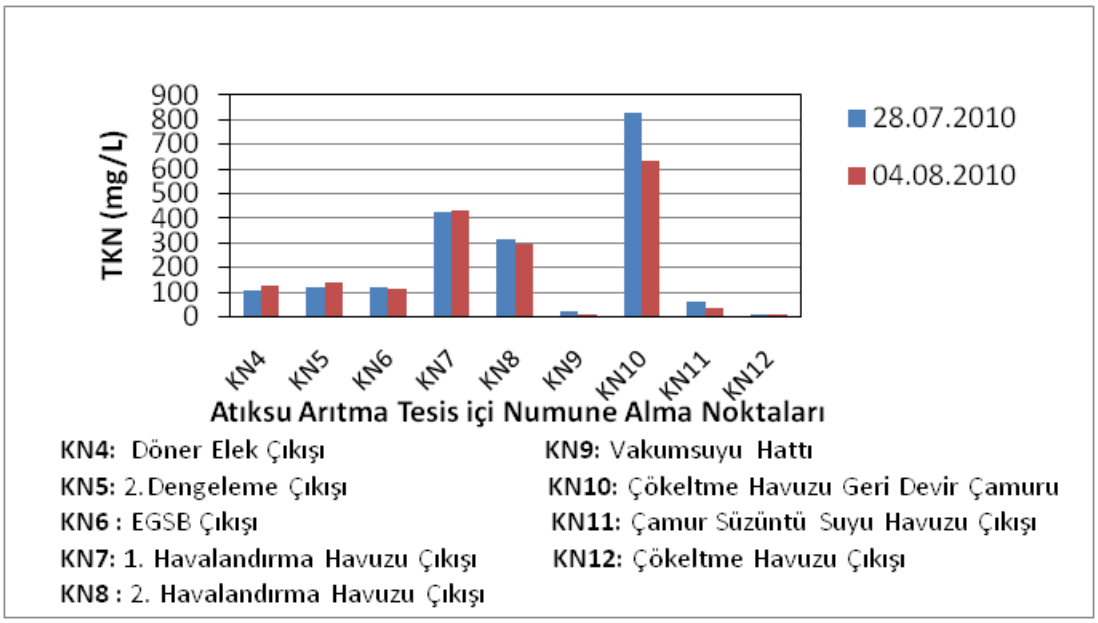
Ölçüm yapılan noktalar KOİ parametresi açısından incelendiğinde, döner elek çıkışı (KN4) ve 2. dengeleme çıkışı (KN5) akımlarının oldukça yüksek kirliliğe sahip olduğu görülmektedir. Tesis çıkışında ise KOİ konsantrasyonu 37 mg/L olarak ölçülmüştür ve bu değer deşarj limitlerini sağlamaktadır.

6.1.4 Amonyak (NH_3-N) ve toplam kjeldahl azotu (TKN)

Tesise ait amonyak ve TKN analizleri ve numune alınan günler kapsamında değişimler sırasıyla Şekil 6.6 ve Şekil 6.7'de gösterilmiştir.



Şekil 6.6: Amonyak konsantrasyonunun arıtma tesisi ünitelerinde zamana bağlı karşılaştırılması

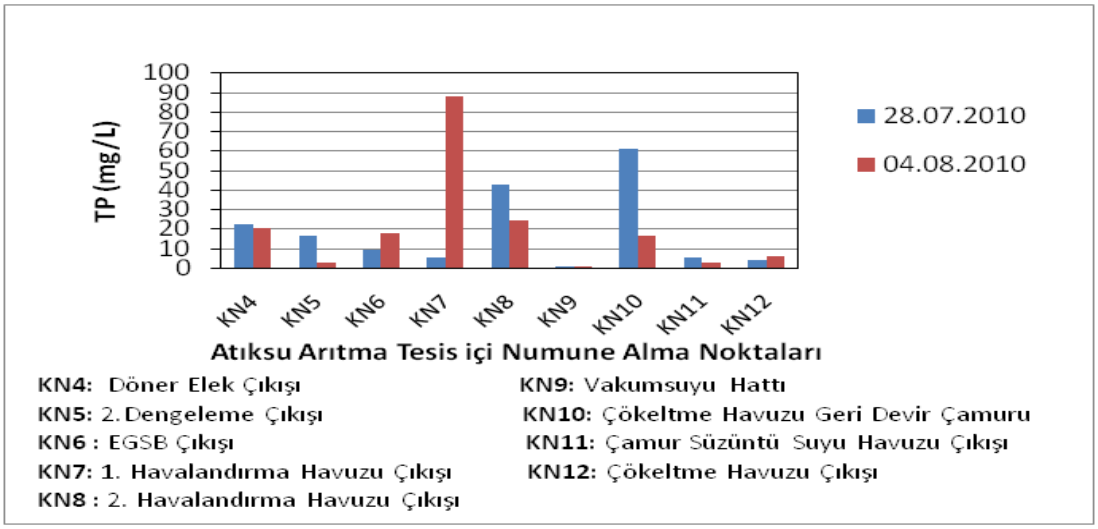


Şekil 6.7: TKN konsantrasyonunun arıtma tesisi ünitelerinde zamana bağlı karşılaştırılması

Çökeltme havuzu geri devir çamuru (KN10), 1. Havalandırma (KN7) ve 2.havalandırma havuzu çıkışı (KN8) akımlarında TKN konsantrasyonu yüksek olup, arıtma tesisi çıkışında oldukça azalarak ortalama 11 mg/L'ye düşmektedir.

6.1.5 Toplam fosfor (TP)

Tesise ait TP analizi ve numune alınan günler kapsamında değişimler Şekil 6.8'de gösterilmiştir.

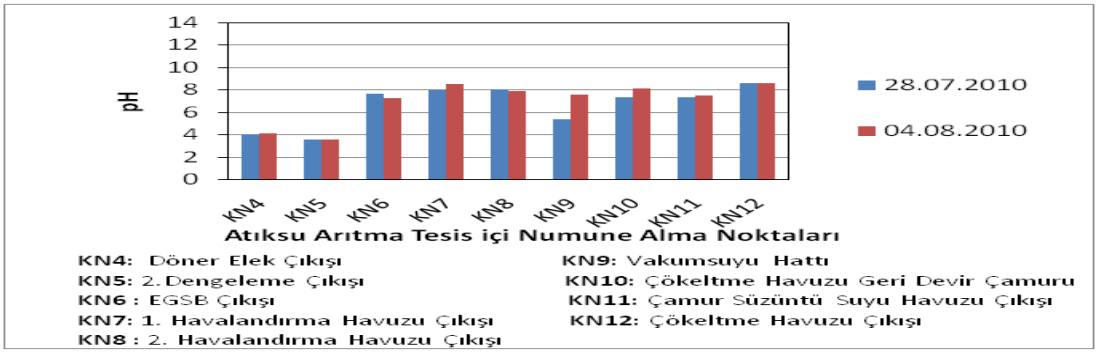


Şekil 6.8: TP konsantrasyonunun arıtma tesisi ünitelerinde zamana bağlı karşılaştırılması

Toplam fosfor parametresi incelendiğinde en yüksek konsantrasyonlar çökeltme havuzu geri devir çamuru (KN10), 1. Havalandırma (KN7) ve 2. Havalandırma havuzu çıkışı (KN8) akımlarında ölçülmüştür. Tesis çıkışında ise toplam fosfor konsantrasyonu 5 mg/l'dir.

6.1.6 pH, iletkenlik ve toplam çözünmüş madde (TÇM)

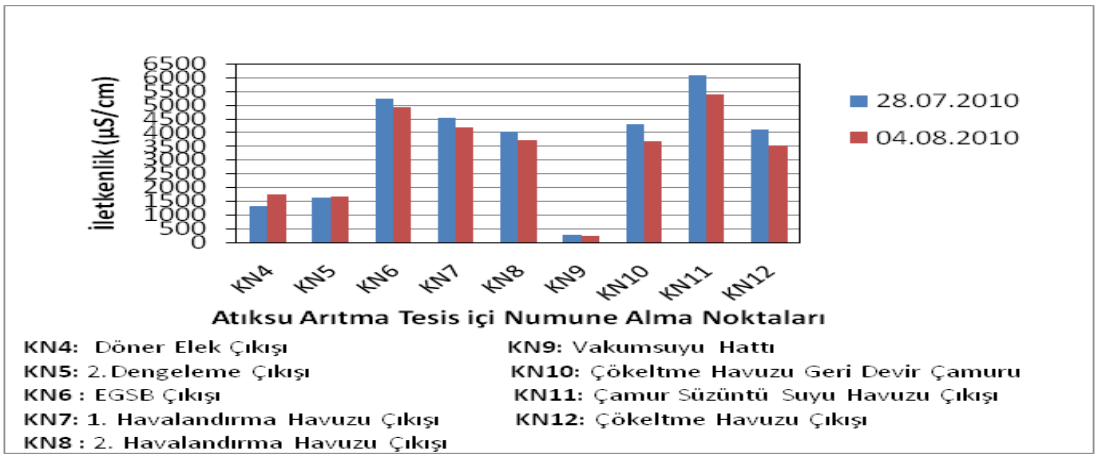
Tesise ait pH ölçümü ve numune alınan günler kapsamında değişimler Şekil 6.9'da gösterilmiştir.



Şekil 6.9: pH parametresinin arıtma tesisi ünitelerinde zamana bağlı karşılaştırılması

Döner elek çıkışı (KN4) ve 2. dengeleme çıkışı (KN5) oldukça asidik özellik gösterirken, tesis çıkışı yani çökeltme havuzu çıkışı (KN12) bazik özelliktedir. Tesis çıkışında pH ortalama 8,58 değerinde olup, bu değer SKKY deşarj limitlerinde belirtilen değer 6-9 aralığında bulunmaktadır.

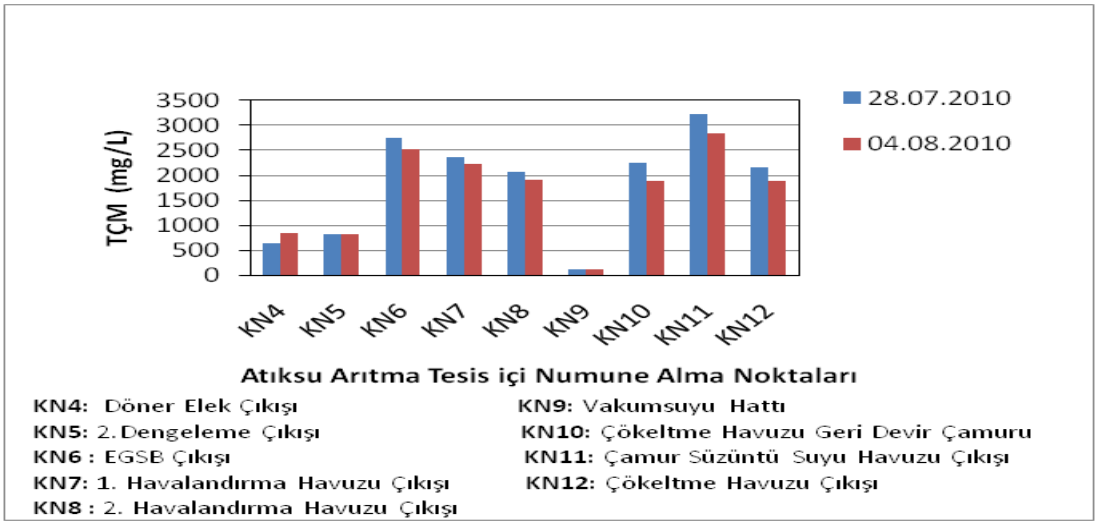
Tesise ait iletkenlik ölçümü ve numune alınan günler kapsamında değişimler Şekil 6.10'da gösterilmiştir.



Şekil 6.10: İletkenlik parametresinin arıtma tesisi ünitelerinde zamana bağlı karşılaştırılması

İletkenlik parametresi incelendiğinde, çamur süzüntü suyu havuzu çıkışı (KN11) ve EGSB çıkışı (KN6) noktalarında yüksek değerler ölçülmüştür. Arıtma tesisi çıkışında iletkenlik değeri ortalama 3830 µS/cm ölçülmüştür. Bu parametre, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'ne göre değerlendirildiğinde, arıtılmış suyun sulama suyu olarak kullanılabilmesi için tavsiye edilen 3000 µS/cm'den fazla olduğundan, iletkenlik parametresi açısından arıtılmış suyun sulama suyu amaçlı kullanımı uygun değildir.

Tesise ait TÇM konsantrasyonu ve numune alınan günler kapsamında değişimler Şekil 6.11'de gösterilmiştir.



Şekil 6.11: TÇM konsantrasyonunun arıtma tesisi ünitelerinde zamana bağlı karşılaştırılması

TÇM parametresi bazında en yüksek konsantrasyonlar çamur süzüntü suyu havuzu çıkışı (KN11) ve EGSB çıkışı (KN6) noktalarında yüksek değerler ölçülmüştür.

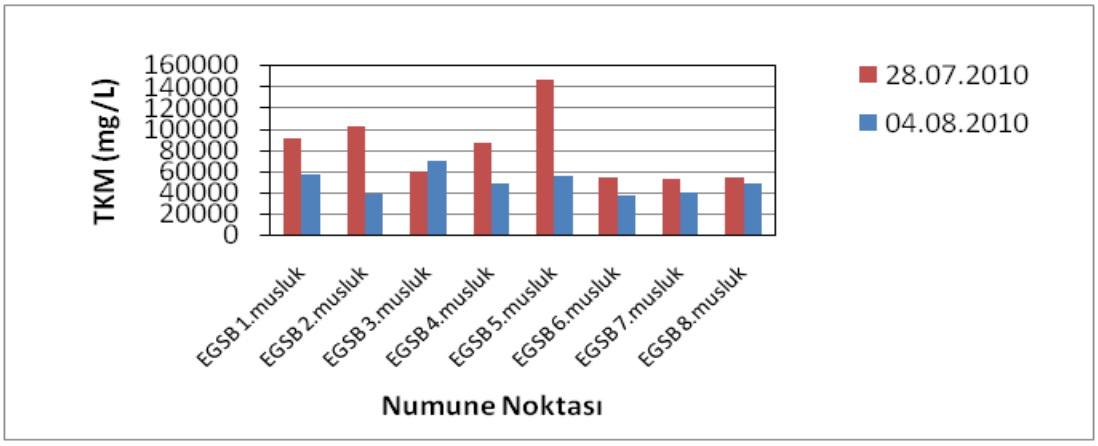
Yapılan analizler sonucu incelenen şekerleme edüstrisinin atıksu karakterizasyonu ortalama ve standart sapma değerleri ile birlikte Tablo 6.1'de verilmektedir.

Tablo 6.1: İncelenen Şekerleme Endüstrisine ait Karakterizasyon Sonuçları

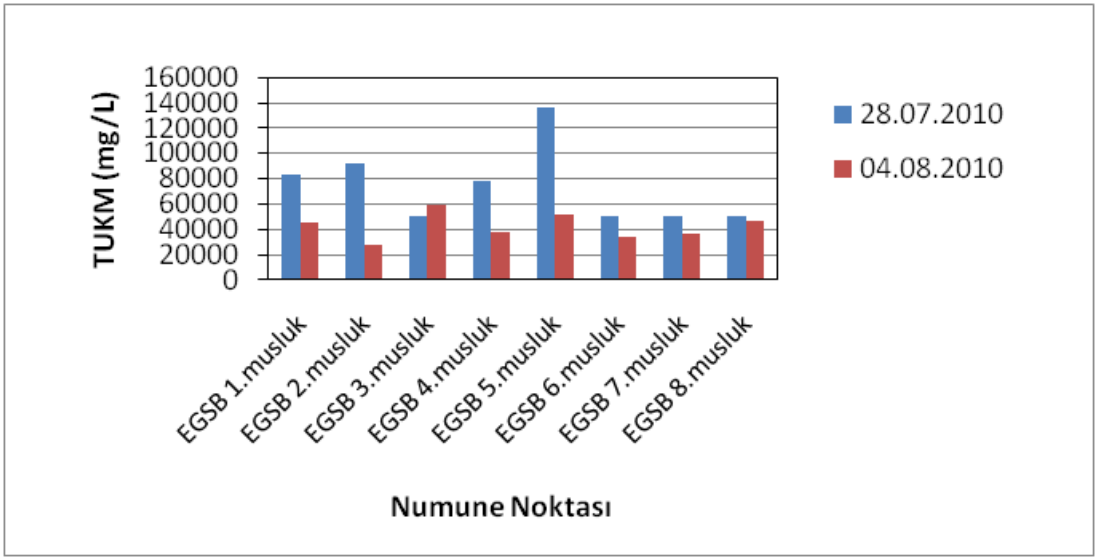
Parametre	Birim	KN1	KN2	KN3	KN4	KN5	KN6	KN7	KN8	KN9	KN10	KN11	KN12
AKM	mg/L	901±290	623±441	1164±1293	1601±726	1100±22	1193±173	3859±501	3618±634	20±6,5	8608±1910	455±167	11±8
UAKM	mg/L	844±282	468±256	912±990	1485±661	1001±82	1068±146	3064±439	2963±524	17±3,9	7033±1553	238±98	9±4
TÇM	mg/L	331±147	334±79	141±26	753±150	821±0,7	2640±156	2295±106	1989±101	120,5±0,071	2059±256	3025±276	2023±94
BOI_5	mg/L	11487±5153	2067±1021	2686±1261	5697±1103	8707±228	660±6,35	561±45	-	433±58	-	21,57±2,7	3,62±2
İletkenlik	µS/cm	677±283	688±162	293±53	1532±310	1647±5,6	5100±212	4370±226	3870±212	252±1,7	3990±438	5730±495	3830±396
pH	-	3,8±0,3	4,1±0,3	5,16±1,02	4±0,06	3,6±0,03	7,5±0,25	8,2±0,4	8±0,1	6,5±1,54	7,8±0,5	7,5±0,12	8,6±0,01
KOİ	mg/L	20025±7105	10294±10378	6407±3155	17575±6390	17186±2836	1480±858	1216±753	2919±105	472±326	3096±226	192±156	37±0,22
Çözünmüş KOİ	mg/L	17469±7612	8365±9902	3765±2608	16061±8066	15416±4025	674±426	461±39	205±206	377±323	162±171	96±45	19±16
Florür	mg/L	84±33	3,6±7	24±17	90±16,3	180±99,6	34±0,12	12,8±5,8	-	9,2±7,6	-	0,45±0,2	0,4±0,11
NO_3-N	mg/L	78±26	96±80	48±27	414±367,4	309,3±145	511,2±145,8	3376±1,8	-	575±528	-	1282±900	1310±131,8
NO_2-N	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bromür	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sülfat	mg/L	14±1,3	35±8	29,3±29,5	20,7±5	20,6±3	9,3±2	182±138	-	22,3±11,60	-	60±17,3	30±0,4
Fosfat	mg/L	-	-	-	47,5±7,5	41,5±5,3	37±4,8	17,5±2	-	-	-	-	11±3
Klorür	mg/L	53±14	59±18	16±3	57,6±6,7	49,7±3,14	45,3±3,9	218±40,2	-	16±0,7	-	1480±141	174±23,4
Amonyak	mg/L	0,22±0,07	15±14	2,8±2,2	1,57±0,47	1,49	0,14±0,1	13,3±0,3	5±4	2±2	22±3,9	21,5±8,8	0,23±0,05
TKN	mg/L	96±15	162±70	68±35	118±14	128±13	115±3,6	428±7,5	305±12	16±6,8	732±137	49±19	11
TP	mg/L	4,5±3	5±3	0,64±0,67	21±1,4	9,9±9,8	13,8±6	47±58	33,7±13	0,058	39±32	3,8±1,8	5±1
Potasyum	mg/L	14±4	14±5	1,6±0,70	16±5	18±7,5	18,4±4,4	38,3±0,9	-	0,63±0,35	-	25,8±1,6	11,9±1,6
Kalsiyum	mg/L	39±6	50±17	43±24	41,3±3	37,9±3	38,3±4,6	97±15	-	20±2,7	-	80,5±1,9	19,3±2
Magnezyum	mg/L	8±1,5	12±3	10,70±7,6	8±1	9,6±3	8,1±0,8	17,9±1,3	-	5,10±0,10	-	12,6±0,1	6±0,15
Bakır	mg/L	0,24±0,12	0,11±0,06	0,4±0,5	0,27±0,17	0,6±0,4	0,3±0,04	0,92±0,23	-	0,07±0,006	-	0,03±0,01	0,01±0,002
Çinko	mg/L	0,72±0,25	1,60±0,80	1,4±1,8	4,2±7	1±0,25	4±5,7	80±25	-	-	-	76,3±18	-
Sodyum	mg/L	93±91	58±16	22±6	393±107	526±132	1563±110	1391±45	-	17±0,11	-	1120±49	935±60

6.1.7 Toplam katı madde (TKM) ve toplam uçucu katı madde (TUKM)

Tesise ait TKM ve TUKM konsantrasyonları ve numune alınan günler kapsamında değişimler Şekil 6.12 ve Şekil 6.13'te gösterilmiştir.



Şekil 6.12: TKM konsantrasyonunun EGSB reaktörü boyunca zamana bağlı karşılaştırılması



Şekil 6.13: TUKM konsantrasyonunun EGSB reaktörü boyunca zamana bağlı karşılaştırılması

Ölçüm yapılan akımlarda TKM ve TUKM parametreleri incelendiğinde en yüksek konsantrasyonla EGSB 1. Musluk, EGSB 2. Musluk, EGSB 3. Musluk, EGSB 4. Musluk ve EGSB 5. Musluk'ta görülmektedir. En düşük konsantrasyonlar ise EGSB 6. Musluk, EGSB 7. Musluk ve EGSB 8. Musluk görülmektedir.

Yapılan analizler sonucu incelenen şekerleme edüstrisinin atıksu arıtma tesisindeki EGSB reaktöründeki musluklardan alınan numunelerin TKM ve TUKM

konsantrasyonlarının ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 6.2'de verilmektedir.

Tablo 6.2: TKM ve TUKM konsantrasyonlarının ortalama ve standart sapma değerleri

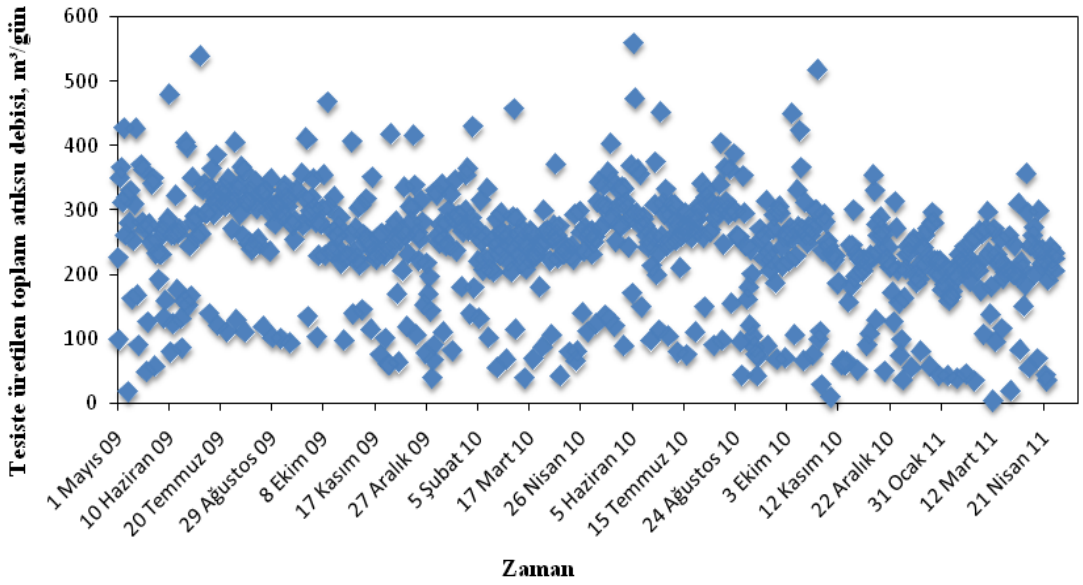
Parametre	Birim	EGSB 1.Musluk	EGSB 2.Musluk	EGSB 3.Musluk	EGSB 4.Musluk	EGSB 5.Musluk	EGSB 6.Musluk	EGSB 7.Musluk	EGSB 8.Musluk
TKM	mg/L	74675± 20540	70423± 37665	65204± 9453	67795± 22561	101768± 53255	45689± 10361	46628± 8600	52158± 3188
TUKM	mg/L	64618± 22656	59850± 37998	54710± 8488	58045± 22781	94233± 49063	42514± 9899	43613± 8278	48792± 2811

6.2 Atıksu Arıtma Tesisinin Mevcut Tesis Kapasitesinin İrdelenmesi

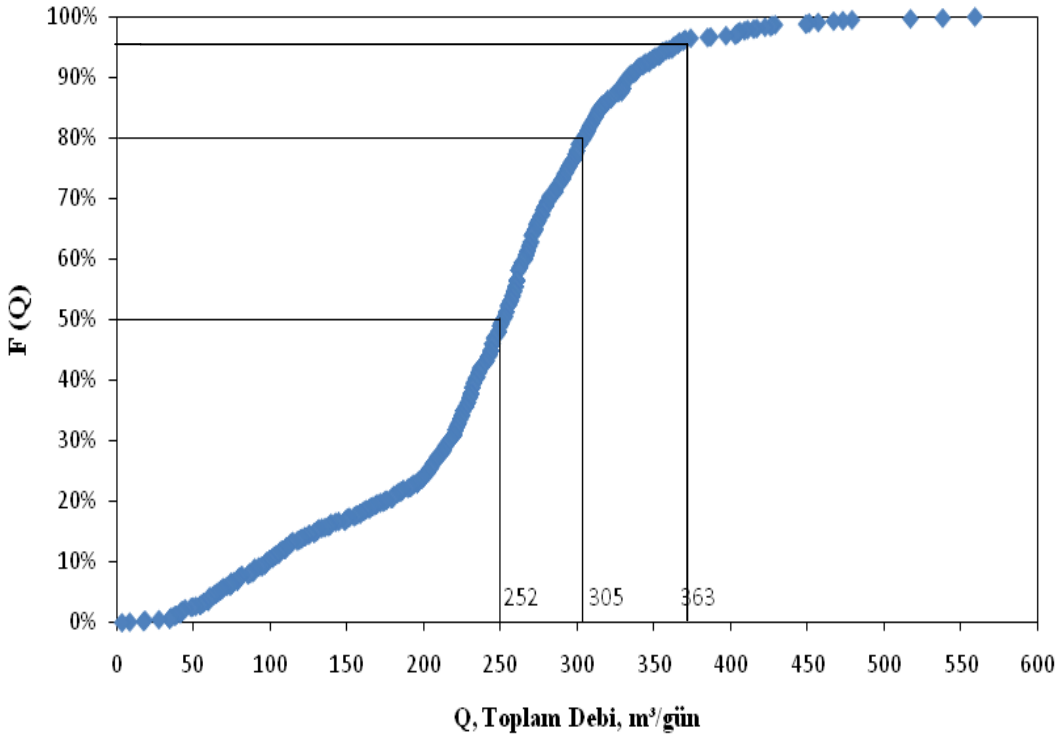
İncelenen şekerleme endüstrisine ait Atıksu Arıtma Tesisi (AAT)'nin tüm işletme verilerinin istatistiki analizi, ayrıca AAT'ne gelen ham atıksuyun izleme ve karakterizasyonu çalışmaları ise mevcut veri tabanından azami ölçüde faydalanmak üzere Mayıs 2009 – Nisan 2011 dönemi için yapılmıştır.

6.2.1 Tesiste arıtılan atıksu miktarları

Tesiste Mayıs 2009 ile Nisan 2011 döneminde oluşan toplam atıksuyun günlük debi grafiği Şekil 6.14'te verilmiştir. Aynı dönemdeki günlük debilerin eklenik frekans dağılımı grafiği de Şekil 6.15'te verilmiştir.



Şekil 6.14: Mayıs 2009 – Nisan 2011 arasında tesiste üretilen günlük toplam atıksu miktarının değişimi



Şekil 6.15: Mayıs 2009 – Nisan 2011 arasında AAT'ne gelen debinin eklenik frekans dağılımı

Şekil 6.15'dan hareketle,

Medyan değer ; Q_{50} = 252 m^3/gün

% 95'lik değer; Q_{95} = 363 m^3/gün (debinin %95 ihtimalle küçük kaldığı değer) ve Q_{80} = 305 m^3/gün olarak belirlenmiştir.

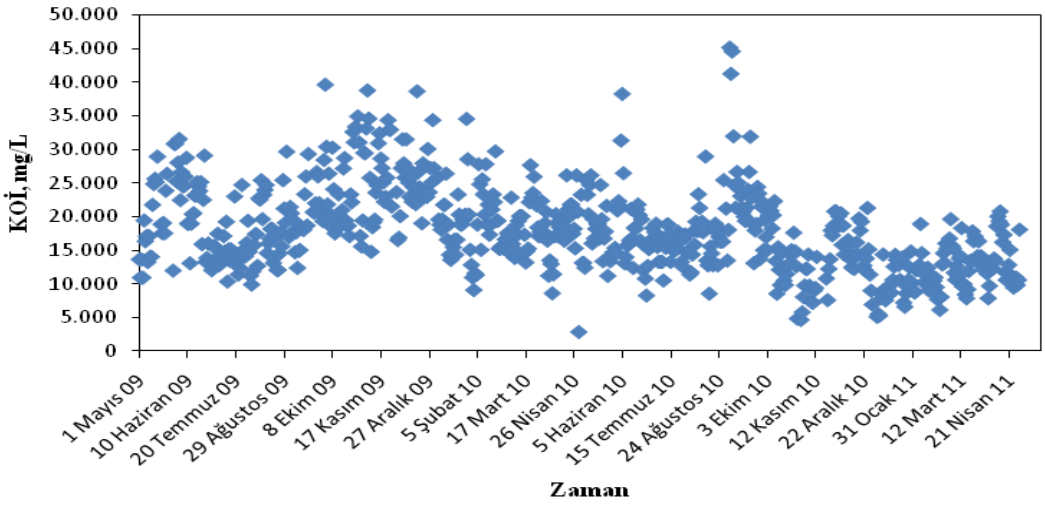
Yaklaşık 2 yıllık veriye dayalı olarak yapılan analizde tesiste toplam 171088 m^3 atıksuyun oluştuğu belirlenmiştir. Üretilen atıksuyun tümü anaerobik reaktöre alınmıştır. Mayıs 2009 – Nisan 2011 dönemi tesiste oluşan günlük atıksu debilerin toplu değerlendirmesi Tablo 6.3'te özetlenmiştir.

Tablo 6.3: AAT'ne gelen ham atıksuyun debi dağılımının istatistiki analiz sonuçları

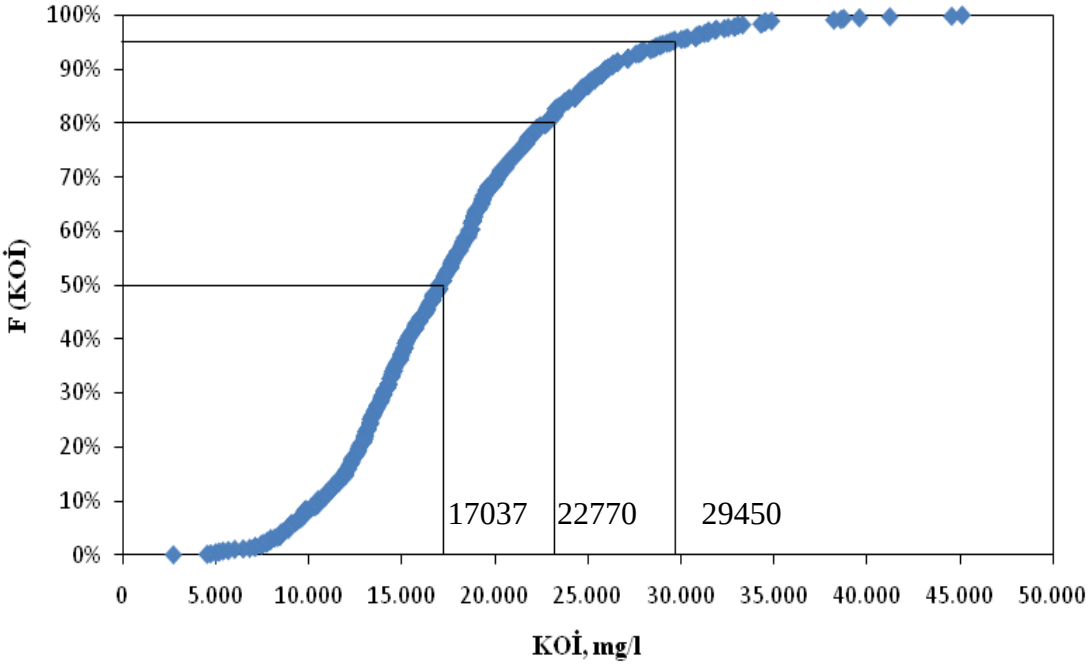
Debi Dağılımı, m^3/gün	Ortalama	Maks	Min	Medyan	Mod	%95 Per.	%80 Per.	Std. Sapma
Toplam Debi	238	559	4	251	261	363	305	89
Anaerobik reaktörealınan	238	559	4	251	261	363	305	89
I.Havalandırmaya alınan	70	201	13	67	26	549	36	33
Deşarj Hattına giden	23	191	1	11	11	103	35	35

6.2.2 Atıksu özellikleri

İncelenen şekerleme endüstrisinin Atıksu laboratuvarında ölçülen ve AAT'ne gelen atıksuların özellikleri, arıtılan atıksu miktarlarında olduğu gibi Mayıs 2009 – Nisan 2011 dönemine ait veriler istatistikî analize tabi tutularak tablo ve grafikler halinde özetlenmiştir. Söz konusu dönemde içerisinde tesise gelen atıksuyun KOİ değişim grafiği ve eklenik frekans dağılımı sırasıyla Şekil 6.16 ve Şekil 6.17'de verilmiştir.

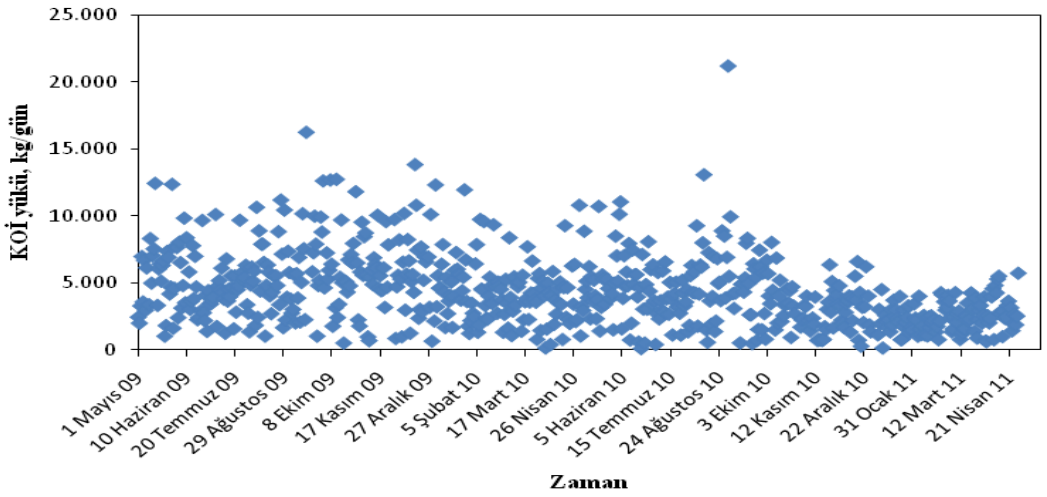


Şekil 6.16: Mayıs 2009 – Nisan 2011 arasında tesiste üretilen KOİ değerinin değişimi

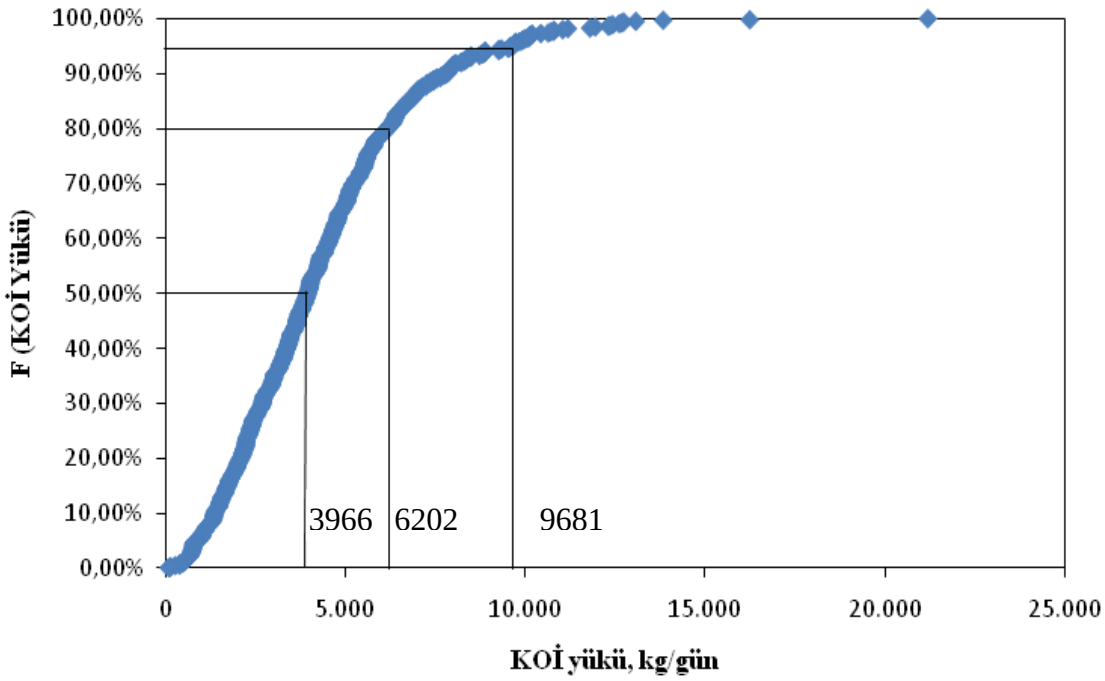


Şekil 6.17: Mayıs 2009 – Nisan 2011 arasında AAT'ne gelen KOİ'nin eklenik frekans dağılımı

Mayıs 2009 – Nisan 2011 dönemi içerisinde tesise gelen atıksuyun KOİ yükü değişim grafiği ve eklenik frekans dağılımı da sırasıyla Şekil 6.18 ve Şekil 6.19'da verilmiştir.

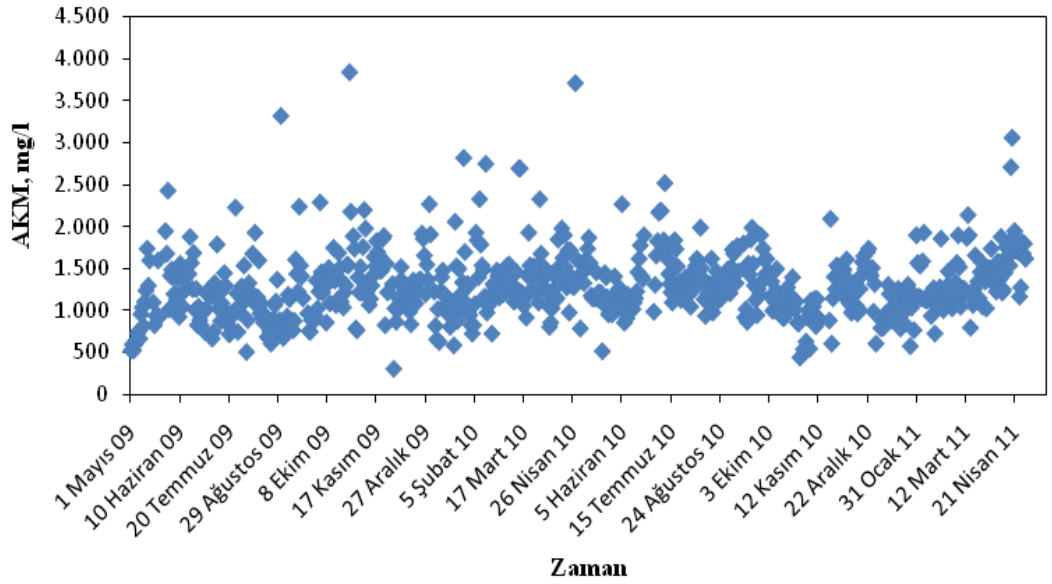


Şekil 6.18: Mayıs 2009 – Nisan 2011 arasında tesiste üretilen KOİ yükü değerinin değişimi

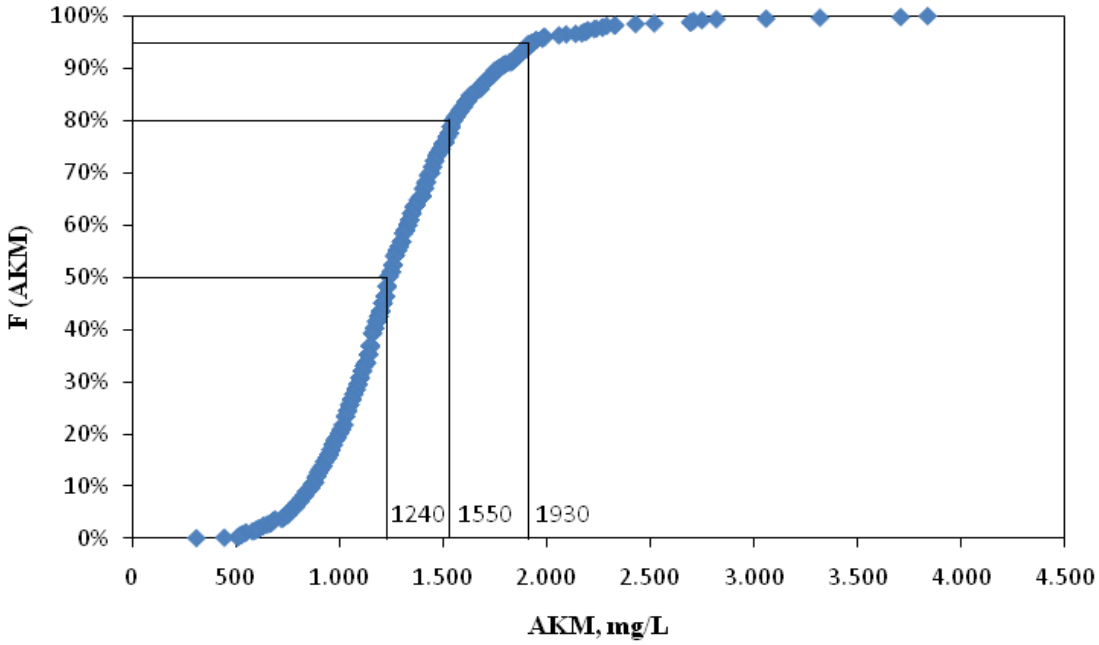


Şekil 6.19: Mayıs 2009 – Nisan 2011 arasında AAT'ne gelen KOİ yükünün eklenik frekans dağılımı

Mayıs 2009 – Nisan 2011 dönemi içerisinde tesise gelen atıksuyun AKM değerlerinin değişim grafiği ve eklenik frekans dağılımı da sırasıyla Şekil 6.20 ve Şekil 6.21'de verilmiştir.

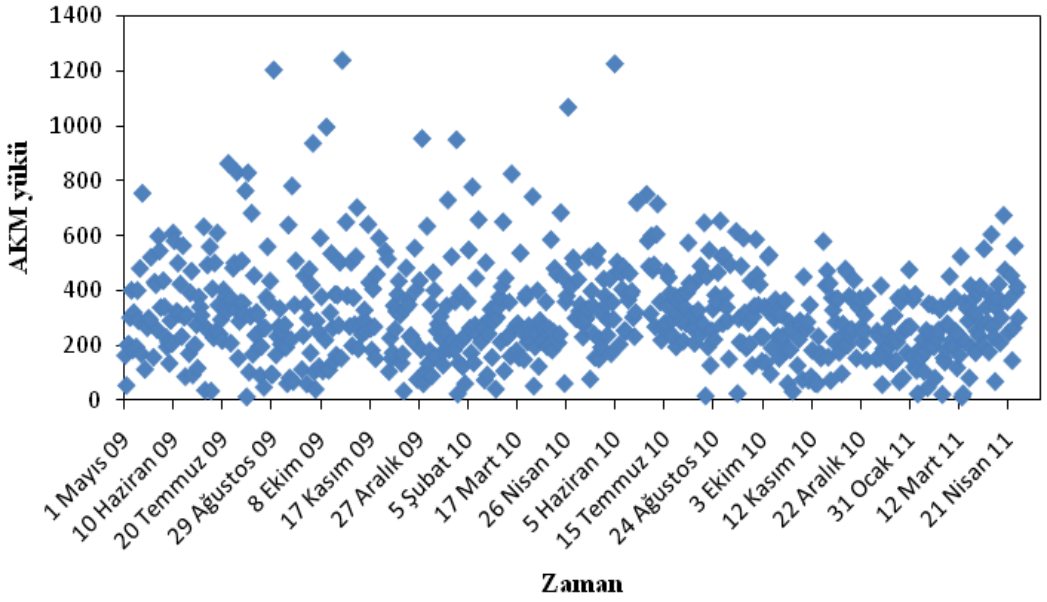


Şekil 6.20: Mayıs 2009 – Nisan 2011 arasında AAT' ne gelen atıksuyun AKM değerinin değişimi

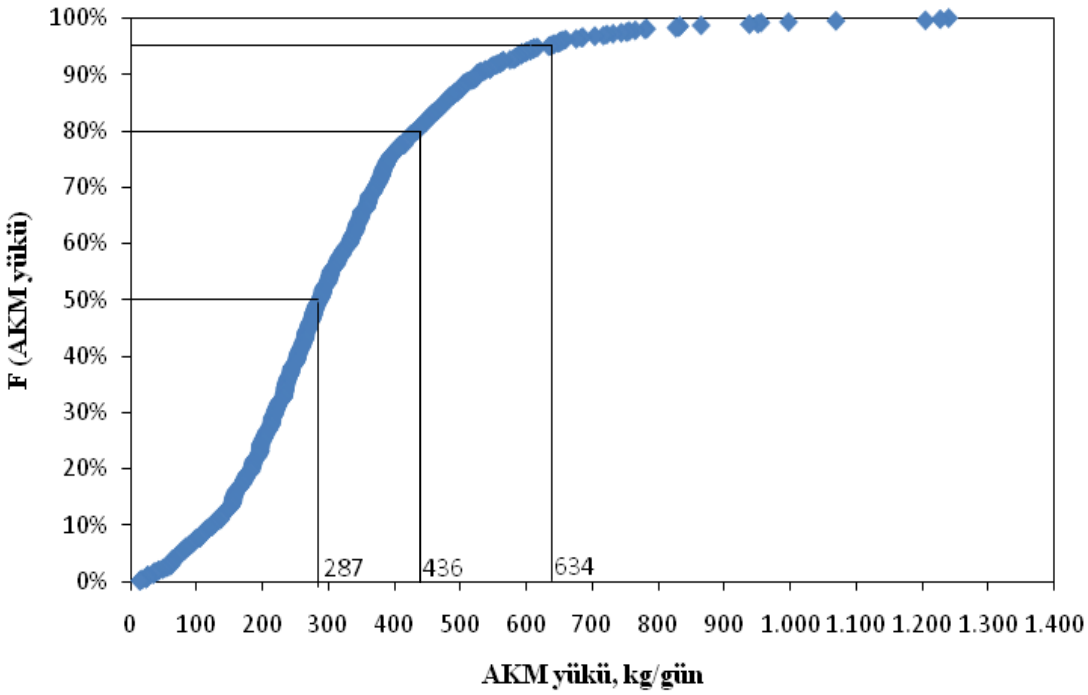


Şekil 6.21: Mayıs 2009 – Nisan 2011 arasında AAT' ne gelen atıksuyun AKM'ye göre eklenik frekans dağılımı

Mayıs 2009 – Nisan 2011 dönemi içerisinde tesise gelen atıksuyun AKM yükü değerinin değişim grafiği ve eklenik frekans dağılımı da sırasıyla Şekil 6.22 ve Şekil 6.23'te verilmiştir.



Şekil 6.22: Mayıs 2009 – Nisan 2011 arasında AAT' ne gelen atıksuyun AKM yükü değerinin değişimi



Şekil 6.23: Mayıs 2009 – Nisan 2011 arasında AAT' ne gelen atıksuyun AKM yüküne göre eklenik frekans dağılımı

Mayıs 2009 – Nisan 2011 arasında AAT'ne gelen atıksuyun KOİ ve AKM değerlerinin istatistik analiz sonuçları Tablo 6.4'te özetlenmiştir.

Tablo 6.4: AAT'ne gelen ham atıksuyun istatistik analiz sonuçları

Parametre	Ortalama	Maks	Min	Medyan	Mod	%95 Per.	%80 Per.	Std. Sapma
KOİ, mg/L	17787	45120	2755	17037	18750	29450	22770	6315
KOİ, yükü, kg/gün	4336	21215	102	3965	-	9681	6202	2223
AKM, mg/L	1294	3840	310	1230	1150	1930	1550	405
AKM yükü, kg/gün	315	1241	14	287	196	634	436	176

6.2.3 Anaerobik arıtma kademesi

Anaerobik arıtma kademesinde aşağıdaki birimler yer almaktadır.

. I. Dengeleme Tankı : V = 150 m^3, D= 9,8x6,5x2,4 m

. II. Dengeleme Tankı : V = 400 m^3, D= 7,9 m, H_{su}= 8,1 m

. Şartlandırma tankı : V = 73 m^3, D= 3,8 m, H_{su}= 11,5 m

. Anaerobik Reaktör : Vt= 1350 m^3, D= 10,5 m, H_f = 15,7 m

Vf= 1200 m^3,

. Kimyasal Madde Besleme:

- Kostik Tankı : V= 10 m^3
- H_3PO_4 Tankı : V= 1,6 m^3
- $FeCl_3$ Tankı : V= 3 m^3

. Ayrıca gerekli diğer elektro-mekanik ekipmanlar.

Genleşmiş granüler havasız çamur yatağı prosesi (Expanded granular sludge bed process - EGSB) akışkan yatak reaktörleri ile yukarı akışlı anaerobik çamur yatağı prosesinin avantajlarını birleştiren yeni bir reaktör tipidir. Çalışma prensibi Yukarı akışlı anaerobik çamur yatağı prosesinde olduğu gibi granül biyokütleye dayanır, fakat akışkan yatağın aksine tutuklanma için taşıyıcı kullanılmamaktadır. Reaktör içine yerleştirilen seperatör ile gaz, sıvı ve biyokütle birbirinden ayrılmaktadır **(**Speece, 1993; Lettinga ve diğ., 1997). Yüksek verimli UASB olarak da adlandırılabilir. Yükseklikleri 12-17 m arasında inşa edilmektedir. 15-25 kg KOİ/m^3-

gün aralığında yükleme yapılabilmektedir. Sıvı- katı-gaz ayrımının iyi ayarlanmış olmasından dolayı UASB reaktörlere göre yüksek çamur konsantrasyonuna sahiptirler, ancak reaktör içindeki karışımı sağlamak için kullanılan pompalar enerji ihtiyacını arttırmaktadırlar. Atıksu ve biyokütle arasındaki temas arttığından yüksek arıtım verimi elde etmek mümkündür (Anaerobtechnik, 2005).

Genleşmiş granüler havasız çamur yatağı (EGSB) olarak bilinen mevcut Anaerobik Reaktördeki ortalama KOI giderimi % 88 olarak gerçekleşmiştir. Bu reaktördeki medyan hacimsel organik yük, L_v, değerleri değişimi aşağıdaki gibidir:

$$L_v = \frac{So}{\vartheta}, kgKOI/m^3.gün$$

S_o = 17787 mg/l

Q_i = 238 m^3/gün

$\vartheta = V/Q_i = 1200/238 = 5 gün$ (mevcut durum)

$\vartheta = V/Q_i = 1200/305 = 3{,}9 gün$ (mevcut durum, Q_{80})

L_v = 17,787/5 = 3,5 kg KOİ/m^3.gün (mevcut durum)

= 4,5 kg/KOİ/m^3.gün (mevcut durum Q_{80} ve KOI_{80}= 22770)

Genleşmiş granüler çamur yataklı (EGSB) reaktörde de hacimsel yükün 10~15 kg KOİ/m^3.gün gibi yüksek değerlerinde bile yüksek verimlerde (%80-%90) KOİ giderimi mümkündür. Yüksek verimde kararlı ve sürdürülebilir bir işletme için anaerobik reaktöre emniyetle yapılabilecek azami hacimsel yükleme 10 kg/KOİ/m^3.gün alınabilir.

Anaerobik reaktörde 1514±947 m^3/gün biyogaz üretilmektedir. Giderilen KOİ'ye bağlı teorik gaz üretim potansiyeli:

Anaerobik reaktörde giderilen ortalama KOİ yükü: 4336-367 = 3969 kg KOİ/gün

Bir günde üretilmesi beklenen CH_4 miktarı (35°C) = 0,395 m^3/ kg KOİ x 3969 kg KOİ/gün

= 1568 m^3 CH_4 /gün

Tesiste üretilen biyogaz kazanda giriş atıksuyunun ve EGSB'nin geri devir suyunun ısıtılmasında kullanılabilir. Ancak kışın üretilen biyogaz kazanın ihtiyacı olan anlık

gaz ihtiyacının karşılanmasında yetersiz kaldığı için biyogaz kullanılamamaktadır. Yazın da reaktörün ısınması ve giriş atıksuyu sıcaklığının artması nedeniyle anaerobik reaktörün ısıtılmasına gerek kalmamaktadır.

Anaerobik reaktörde teorik olarak sağlanması gereken alkalinite miktarı yaklaşık olarak: %42 CO_2, ve pH 7.2'de 4300 mg $CaCO_3$/L olmalıdır (Öztürk, 2007). Daha emniyetli bir kriter TUA/Alkalinite oranının tercihen <0,1 olmasıdır. Mevcut EGSB'de TUA/Alkalinite oranı ortalama 410/4027 = 0.11 olup kritik seviye olan 0,1 değerindedir.

6.2.4 Aerobik arıtma kademesi

Havalandırmalı aktif çamur prosesi olarak projelendirilen iki kademeli aerobik arıtma kademesi aşağıdaki birimlerden oluşmaktadır:

I.Havalandırma	: V_t=2500m^3 ,	D=20 m	H= 8,7 m
II. Havalandırma	: V_1=500m^3,	D=15,2m,	H=3,1m
Son Çöktürme Havuzu (1 adet)	: V = 310 m^3	D =10,5m,	H_f=3,6m

Ayrıca gerekli elektro-mekanik ekipmanlar.

Aktif çamur sistemi aerobik biyolojik aktif ürünlerin (mikroorganizma) atıksu ile havalandırılarak karıştırıldığı ve oluşan flokların çökeltildiği sürekli bir sistemdir. Bu sistemde üretilen biyolojik çamur, aşı çamuru olarak geri dönüştürülerek sürekli gelen atıksu ile karıştırılır. Aktif çamur sisteminde mikroorganizmalar atıksudaki organik maddeleri çözümleyip oksidasyon-sentez işlemi ile organik maddeleri CO_2, HbO, NO_3 ve SO_4 gibi son ürünlere dönüştürmektedir.

Sistemde istenilen verim bekletme süresinin ve aktif flokların konsantrasyonunun kontrol altında tutulması ile sağlanır. Sistemde havalandırma, basınçlı havalandırma (difüzör) veya yüzeysel karıştırıcılar ile sağlanmaktadır. Konvansiyonel aktif çamur sisteminde akım modeli piston akış şeklindedir.

Kademeli havalandırmada amaç mikroorganizmaların ihtiyacı kadar oksijeni sağlamaktır. Bu sistemin konvansiyonel aktif çamur sisteminden farkı, tank girişinde mikroorganizmaların oksijen ihtiyaçlarının fazla olmasından dolayı oksijenin verilmesi (basınçlı hava difüzörlerinin daha sık yerleştirilmesi) ve tankın çıkışına doğru oksijen miktarının kademeli olarak azaltılmasıdır.

Aerobik arıtma kademesindeki medyan KOI giderme verimi %95 olarak gerçekleşmektedir. Aerobik arıtma kademesinin 2 yıllık işletme dönemindeki (Mayıs 2009 - Nisan 2011 tarihleri arası) işletme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Girişte KOİ yükü = 1229±162 kg KOİ/gün (6226 – şok yük)

Q_r = 30 m^3/saat x 24 saat= 720 m^3/gün olur.

Q_{top} = 544 m^3/gün

r =Q_r/Q = 720/544 = 1,3 (geridevir oranı)

X_1 = 4716 mg AKM/L (I. Havalandırma Havuzu AKM değeri)

X_2 = 4086 mg AKM/L (II. Havalandırma Havuzu AKM değeri)

Çözünmüş Oksijen < 1,5 mg/L

Hidrolik bekleme süresi, $\theta_h = \frac{3000}{544} = 5{,}5 gün$

$BOİ_5$/KOİ = 0,7 ve UAKM/AKM = 0,85 alınırsa

Çamur yükü

$$\frac{F}{M} = L_x = \frac{S_o \times Q}{X \times V} = \frac{1229x0{,}7}{4.401x3000} = 0{,}065 kgBOİ_5 / kgAKM.gün$$

Çamur yükü (şok yükte)

$$\frac{F}{M} = L_x = \frac{S_o \times Q}{X \times V} = \frac{6226x0{,}7}{4.401x3000} = 0{,}33 kgBOİ_5 / kgAKM.gün$$

(4606 değeri iki havalandırma havuzundaki AKM konsantrasyonlarının ağırlıklı ortalamasıdır.

[(2500x4716) + (500x4086)]/3000 = 4611 mg/L, % 85'i uçucu kabul edilirse UAKM;

4611x0,85 = 3920 mg/L bulunur)

F/M oranı konvansiyonel aktif çamur için 0,6 kg $BOİ_5$/kg UAKM.gün değerine kadar çıkabilir. Havalandırma havuzlarına şu an için yapılan yüklemenin bu değerin oldukça altında kaldığı ve gerektiğinde artırılabileceği gözlenmiştir. Tesiste üretilen ortalama 3745 kg/gün miktarındaki çamur kekinin katı madde içeriği % 23 alınırsa, günlük üretilen çamur miktarı;

$$P_X = 3745 kgTKM / gün \times 0,23 = 861 kgAKM / gün$$

$$P_X = 861 kgUAKM / gün$$

bulunur.

6.2.5 Çamur arıtma birimleri

Tesisten açığa çıkan fazla biyolojik çamur yoğunlaştırma öncesi demir III klorür ile şartlandırılır ve graviteli tip yoğunlaştırma havuzunda yoğunlaştırılır. Yoğunlaştırma havuzunun dibinden çekilen yoğunlaşan çamur polielektrolit ile destekleyici ilave şartlandırma sonrası hemen filtre prese basılır ve filtre preste suyu alınıp ortalama % 23 toplam katı maddeli (TKM) kek haline getirilir.

Çamur Arıtma Sisteminde yer alan birimlerin başlıca özellikleri aşağıda özetlenmiştir:

1. Polielektrolit Hazırlama ve Besleme Sistemi
2. Çamur Deposu ve Transfer Havuzu : V= 10 m^3 (DAF Tankı dip çamurlarının Yoğunlaştırma havuzuna transfer edilmek için depolandığı havuz)
3. Çamur Yoğunlaştırma Havuzu : V= 150 m^3
4. Filtre Pres kapasiteli : Q=1.3 m^3/döngü (çevrim)

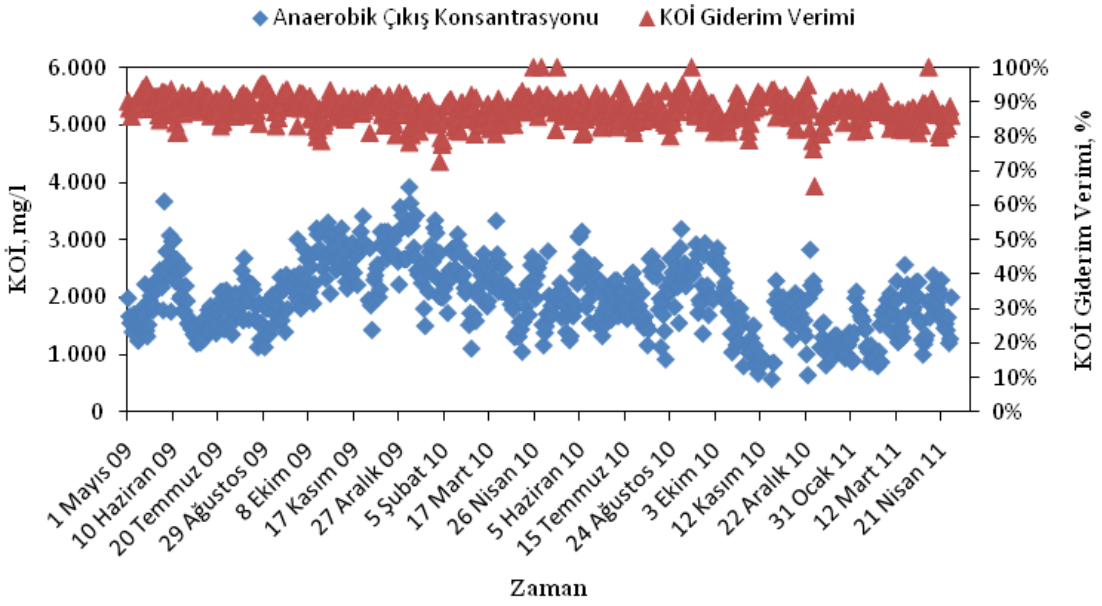
6.3 Atıksu Arıtma Tesisinin Performans Değerlendirilmesi

İncelenen şekerleme endüstrisine ait AAT'nin Mayıs 2009 - Nisan 2011 dönemi işletme verilerinin istatistiki değerlendirme sonuçları daha önce Tablo 6.5'de topluca verilmiştir. Her bir kademenin performansı ile ilgili değerlendirme aşağıda özetlenmiştir.

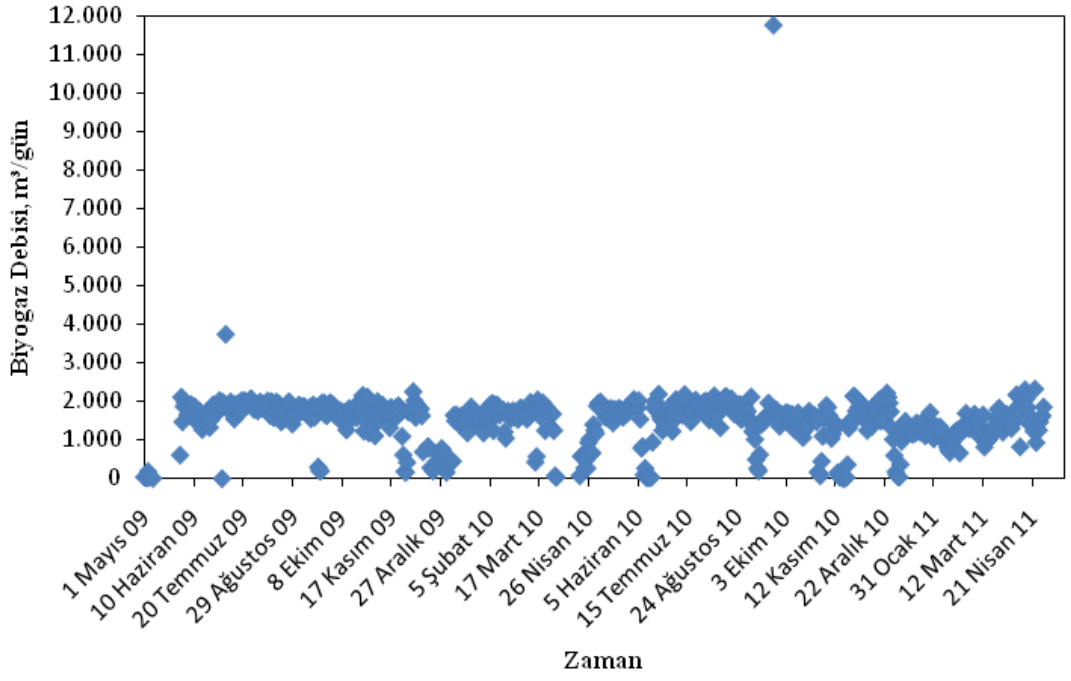
6.3.1 Anaerobik arıtma kademesi

Granüler çamurlu ve yukarı akışlı genleşmiş havasız çamur yatağı (EGSB) olarak bilinen Anaerobik Reaktördeki KOİ giderim verimi ve çıkış KOİ konsantrasyonu değişimi Şekil 6.24'te verilmiştir. Anaerobik reaktördeki giderim veriminin ortalama % 88 ve çıkış KOİ konsantrasyonunun 3000 mg/L'nin altında olduğu tespit

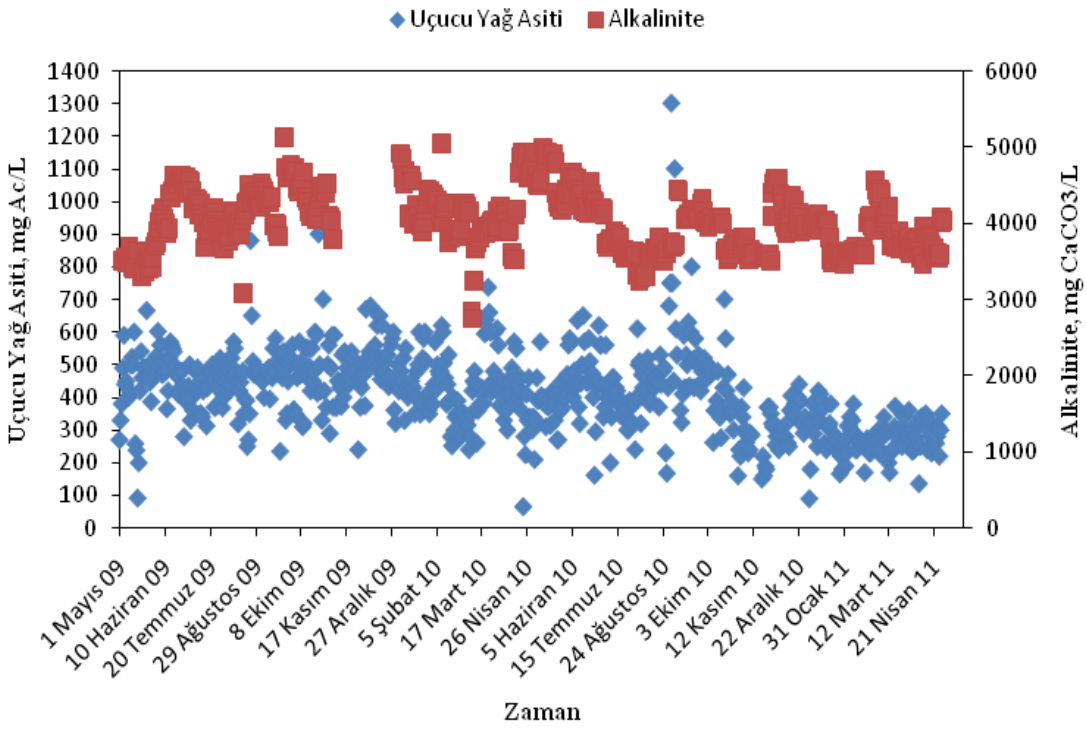
edilmiştir. Anaerobik Reaktörde oluşan biyogaz debisinin zamana bağlı olarak değişimi ise Şekil 6.25'te gösterilmiştir. Reaktör çıkışında ölçülen Uçucu Yağ Asiti ve Alkalinite değişimleri de Şekil 6.26'da verilmiştir.



Şekil 6.24: Anaerobik Reaktördeki KOİ giderim verimi ve çıkış KOİ konsantrasyonunun zamana göre değişimi



Şekil 6.25: Anaerobik Reaktörde oluşan biyogaz debisinin zamana göre değişimi



Şekil 6.26: Anaerobik Reaktörde Uçucu Yağ Asitinin ve Alkalinitenin zamana göre değişimi

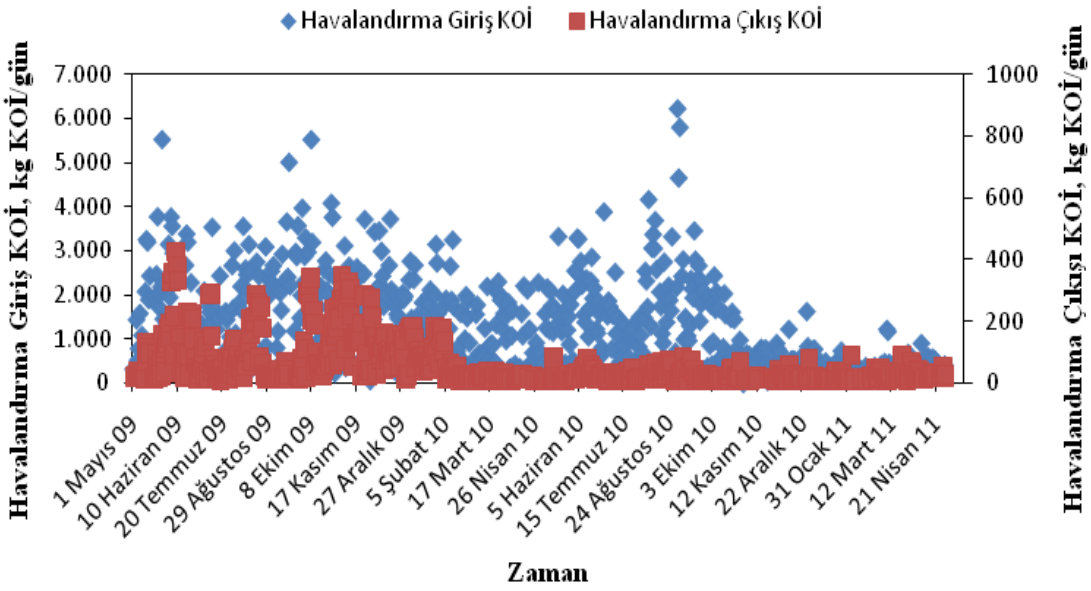
Çökeltme havuzundan dengeleme havuzuna olan yaklaşık %10 oranındaki geri devir alkalinite ihtiyacının bir kısmını karşılayarak yükselmesine neden olmaktadır. Alkalinite değerinin 5000-6000 mg $CaCO_3$/L seviyelerinde tutmak için geri devir oranının artırılması tavsiye edilmektedir. Anaerobik reaktördeki ortalama TUA/Alkalinite oranı 0,11 civarında seyretmektedir. Bu oranın 0,1 civarında olması sistemin şok yükleri tamponlama kapasitesi yüksek olacağının bir göstergesidir.

Tablo 6.5: AAT Mayıs 2009 – Nisan 2011 Dönemi Performans Değerlendirmesi

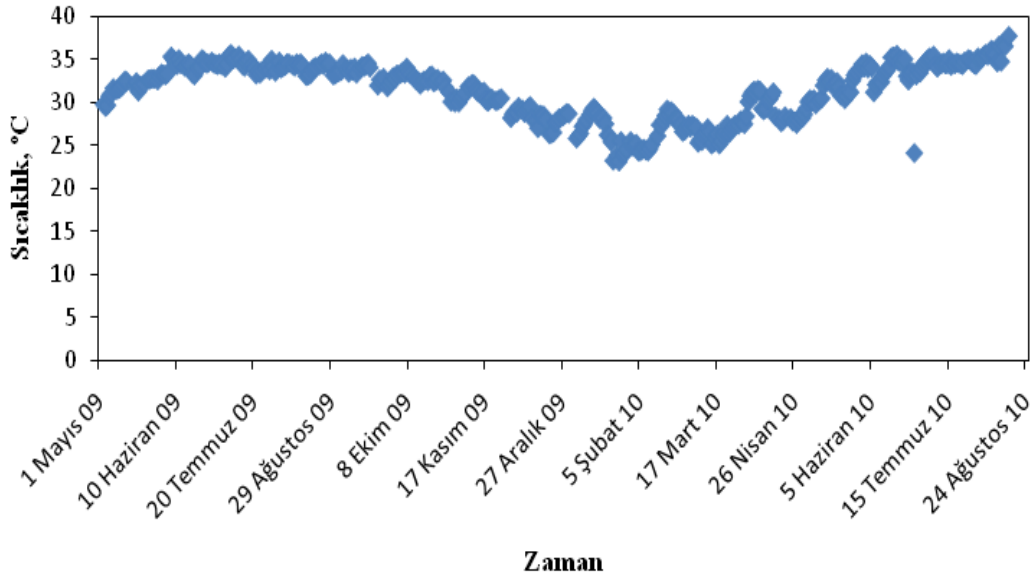
Arıtma Birimi	Parametre	Ortalama	Maks	Min	Medyan	Mod	%95 Per.	%80 Per.	Std. Sapma
Ham Atıksu (II.Dengeleme)	KOİ, mg/L	17787	45120	2755	17037	18750	29450	22770	6315
	AKM, mg/L	1294	3840	310	1230	1150	1930	1550	405
	KOİ yükü, kg/gün	4336	21215	102	3965	-	9681	6202	2223
	AKM yükü, kg/gün	315	1241	14	287	196	634	436	176
Anaerobik Reaktör Çıkışı	Sıcaklık, °C	34	37	31	35	35	36	-	0.9
	pH	7.1	7.8	6.9	7.1	7.1	7.2	7.1	0.06
	KOİ, mg/L	2007	3923	572	1992	2669	3058	2531	591
	TUA, mg KOİ/L	410	1300	66	410	480	602	500	125
	KOİ/TUA, %	0.2	0.62	0.06	0.2	0.2	0.34	0.26	0.07
	Alkalinite	4027	5133	2382	4007	3552	4687	4355	387
	TUA/Alkalinite	0.11	0.22	0.05	0.11	0.12	0.15	0.13	0.02
	KOİ Giderim Verimi, %	95	100	12	97	100	100	99	7.5
	Biyogaz	1514	11767	7	1643	1685	2039	1864	647
	AKM, mg/L	1309	2650	243	1300	1140	1960	1640	380
	Anaerobik Çıkış yükü, kg KOİ/gün	367	881	19	361	178	575	473	127
Havalandırma Havuzları (Aerobik) Girişi	Toplam KOİ, mg/L	13102	50533	812	14678	2044	31141	22745	10822
	Toplam KOİ yükü, kg/gün	1230	6226	48	910	720	3156	2070	1005
	II.Deng. hattı Debi, m^3/gün	70	201	13	67	26	549	36	33
	II.Deng. hattı KOİ, mg/L	18728	47780	3990	17843	24310	29925	23760	6113
	II.Deng hattı yükü, kg KOİ/gün	1325	5866	132	1194	830	2829	1914	832
	Vakum suyu Debi, m^3/gün	169	494	4	144	5	388	290	120
	Vakum suyu KOİ, mg/L	849	10075	33	391	435	3410	1232	1251
	Vakum suyu yükü, kg KOİ/gün	163	2319	2	58	47	644	222	292
	Sıcaklık	31	38	23	33	35	35	35	3
	KOİ Giderim Verimi, %	95	100	12	97	100	100	99	8
	Toplam Debi, m^3/gün	382	177	1128	18	364	139	680	551
Aerobik Çıkış (Son Çökeltme Çıkışı)	AKM, mg/L	88	400	2	56	30	270	144	82
	KOİ, mg/L	125	854	6	68	43	429	205	134
	KOİ yükü, kg/gün	52	426	1	22	17	210	81	70
	AKM yükü, kg/gün	36	246	1	19	10	127	54	43
	Alkalinite, mg $CaCO_3$/L	1720	2252	1126	1774	1797	2014	1907	240
	pH	8.2	9	6.2	8.2	8.1	8.5	8.4	0.2
	II. Deng.'ye geri devir, m^3/gün	166	324	73	166	175	241	211	53
	II. Deng.'ye geri devir oranı, %	11.2	64	1	6.1	6.2	43	17	14
AAT Toplam KOİ Giderim Verimi, %		99	100	90	100	100	99.9	99.7	1.5

6.3.2 Aerobik arıtma kademesi

Biyolojik aktif çamur sistemi olarak kurulan iki kademeli aerobik arıtma sisteminde KOİ yükü giriş ve çıkış değişimleri Şekil 6.27'de verilmiştir. Havalandırma havuzlarında gözlenen sıcaklık değişimi de Şekil 6.28'de gösterilmiştir.



Şekil 6.27: Aerobik Reaktördeki giriş ve çıkış KOİ yükünün zamana göre değişimi



Şekil 6.28: I. Havalandırma havuzunda gözlenen sıcaklık değerleri

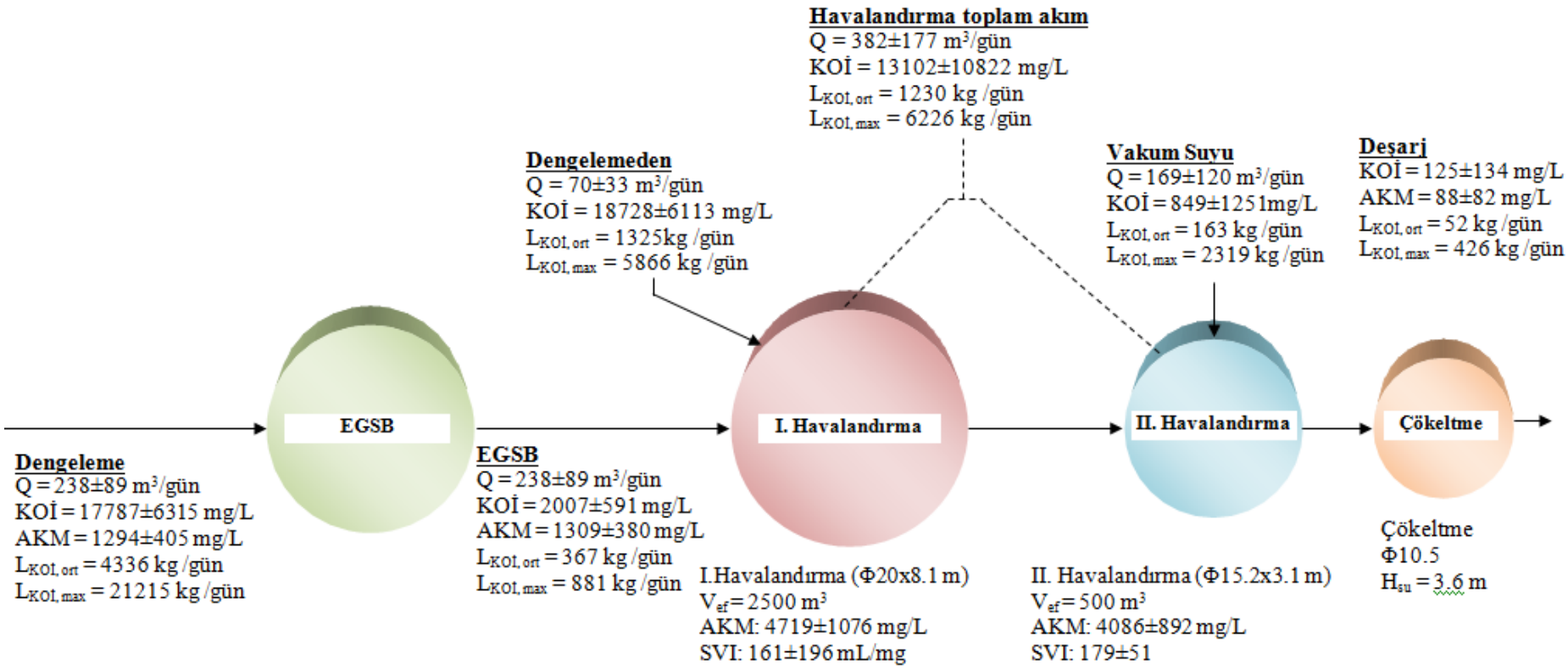
6.3.3 Çamur depolama ve susuzlaştırma birimleri

Tesiste oluşan fazla biyolojik çamurlar çamur deposuna alınarak oradan filtrepresle mekanik susuzlaştırma sistemi yardımıyla ortalama % 23 katı maddeli kekler haline getirilmektedir (Tablo 6.6). Mayıs 2009 - Nisan 2011 dönemi ortalama 3745 kg/gün, (maksimum 15300 kg/gün) kek çıkmaktadır. Kekte katı madde oranının yükseltilmesi için polimerle şartlandırma işlemi optimize edilmiş olup dekantör

kullanımına 02.09.2008 tarihinde başlanmıştır. Dekantör kullanımı ile birlikte üretilen çamur keki miktarı da artmıştır.

Tablo 6.6: Çamur susuzlaştırma biriminden çıkan çamur kekinin istatistik analiz sonuçları

Parametre	Ortalama	Maks	Min	Medyan	Mod	%95 Per.	%80 Per.	Std. Sapma
Üretilen kek miktarı, kg/gün	3745	15300	900	3600	1800	8100	6300	2205
Katı madde yüzdesi, %	23	38	8	23	17	31	28	5



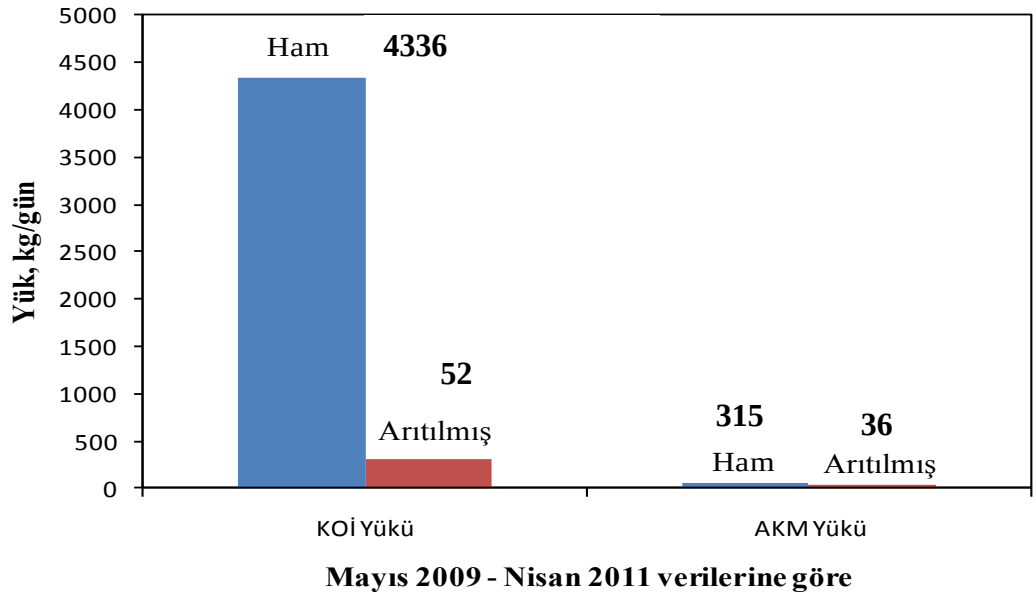
Şekil 6.29: Nisan 2009-Mayıs 2011 tarihlerinde Arıtma Tesisinin kütle dengesi

6.3.4 Arıtma tesisi işletimi

İncelenen şekerleme endüstrisi AAT'nde mevcut izleme kontrol ve bakım çalışmaları son derece sistematik ve özenli bir şekilde yürütülmektedir. Gün içerisinde analiz edilen parametreler ve örnekleme sayıları yeterli olup elde edilen verilere göre sisteme anında müdahale edilebilmektedir. AAT'nde elde edilen yüksek arıtma verimleri tesisin adeta laboratuvar ölçekli bir pilot tesis gibi itina ile işletilmesinin bir sonucudur. Mevcut işletme/izleme düzen ve disiplininin üretim prosesi ile yakın işbirliği halinde sürdürülmesi, sistem performansının en üst düzeyde tutulması bakımından önem taşımaktadır.

Deşarj parametreleri incelendiğinde KOİ'nin %50 ve %80 ihtimalle küçük kaldığı değerlerin sırasıyla 69 ve 205 mg/L olduğu belirlenmiştir. AKM'nin de %50 ve %80 ihtimalle küçük kaldığı değerleri itibariyle sırasıyla 58 ve 144 mg/L olduğu gözlenmiştir. Deşarj KOİ değerlerinin %49'u <100 mg/L seviyelerine kadar düşmektedir.

Tesisten Mayıs 2009- Nisan 2011 dönemi ortalamaları ile İSKİ'ye deşarj edilen kirlilik yükü KOİ ve AKM parametrelerinin durumu Şekil 6.30'da verilmiştir. Grafikten de görüldüğü üzere mevcut AAT özellikle KOİ giderimi bakımından yüksek bir performans sağlamaktadır.



Şekil 6.30: Tesisten Mayıs 2009- Nisan 2011 dönemi ortalamaları ile çıkıştan şehir kanalına deşarj edilen kirlilik yükleri

7. SONUÇLAR

İncelenen şekerleme endüstrisinde yumuşak şekerleme, dolgulu-dolgusuz sert şekerleme, çikolata, şekerli-şekersiz sakız, draje ve jelibon ürünleri imal edilmektedir. Bu ürünlerin üretimi esnasında pişirme kazanı, karıştırma kazanı, şekillendirme, soğutma tüneli gibi ambalajlanana kadar olan bu işlemler sonucu proseslerde atıksu oluşmaktadır. Bu endüstride şekerleme ürünlerinin üretimi sonucu oluşan atıksular şeker-jelibon-sakız 1 hattı, sakız 2 hattı ve jelibon hattı olmak üzere 3 ayrı hattan endüstriye ait atıksu arıtma tesisine gelmektedir.

Yapılan çalışmada, bu endüstriye ait proses ve kirlenme profili incelenmiştir. Tesiste yılda ortalama 5.299.686 m^3 su kullanılmaktadır. İncelenen şekerleme endüstrisine ait proses profili oluşturulduğunda belirli proseslerde oluşan atıksuyun günlük ve ürün başına miktarları sırası ile 92100 m^3/gün ve 3134 m^3/ton üründür. Atıksu oluşum miktarları incelendiğinde, fabrikadaki en önemli atıksu kaynağının şeker-sakız 1-jelibon hattı olduğu görülmektedir. Bu hatta oluşan atıksuyun büyük bir bölümü üretimden, diğer bir bölümü ise idari-sosyal binadan, yemekhaneden ve tuvalet ve lavobolardan gelmektedir. Oluşan kirlenme profilinde ise fabrikadaki birim kirletici yükleri KOİ ve AKM bazında sırasıyla 26642; 2736 kg/ton ürün olarak hesaplanmıştır. Fabrikada günlük ortalama 112 ton ürün üretilmektedir.

Bu çalışmada, incelenen şekerleme endüstrisine ait atıksu arıtma tesisi kapasitesi irdelenmiştir. Ele aldığımız şekerleme endüstrisi atıksularının şeker, sakız, jelibon hatlarından ve atıksu arıtma tesisindeki birimlerinden alınan numunelerin her birine AKM, UAKM, pH, iletkenlik, KOİ, Çözünmüş KOİ, BOİ, Azot Tayini, Fosfor Tayini, Amonyak, anyon ölçümü, sudaki kalsiyum, magnezyum, sodyum, bakır, çinko, potasyum ölçümü, EGSB reaktöründeki musluklardan alınan numunelerin TKM ve TUKM gibi bu şekerleme endüstrisine ait atıksuların arıtılabilirliklerini belirleyen parametre esaslı deneysel çalışmalar ile atıksu karakterizasyonu yapılmıştır. Şeker ve benzeri ürünlerin SKKY'ne göre belirlenen önemli kirlilik parametreleri AKM ve KOİ'dir. İncelenen şekerleme endüstrisine ait atıksu arıtma

tesisi çıkışında AKM konsantrasyonu ortalama olarak < 15 mg/L, KOİ konsantrasyonu ise < 40 mg/L olarak bulunmuştur ve bu değerler Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ndeki deşarj limitlerini karşılamaktadır. Ayrıca tesisin Mayıs 2009-Nisan 2011 dönemleri arasındaki mevcut tesis kapasitesi irdelenerek arıtma tesisinin performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Tesisten Mayıs 2009- Nisan 2011 dönemi ortalamaları ile İSKİ'ye deşarj edilen kirlilik yükü KOİ ve AKM parametrelerinin durumu mevcut AAT özellikle KOİ giderimi bakımından yüksek bir performans sağlamaktadır. Genleşmiş granüler çamur yataklı (EGSB) reaktörde hacimsel organik yük 4,5 kg KOİ/m^3.gün'dür ve 10~15 kg KOİ/m^3.gün gibi yüksek değerlerinde bile yüksek verimlerde (%80-%90) KOİ giderimi mümkündür. Yüksek verimde kararlı ve sürdürülebilir bir işletme için anaerobik reaktöre emniyetle yapılabilecek azami hacimsel yükleme 10 kg/KOİ/m^3.gün alınabilir. AAT giderim verimi oldukça yüksek olduğundan kapasitesi arttırılabilir. Aerobik reaktörde F/M oranı şok yükte bile 0,33 kg $BOİ_5$/kg AKM.gün'dür. F/M oranı konvansiyonel aktif çamur için 0,6 kg $BOİ_5$/kg UAKM.gün değerine kadar çıkabilir. Havalandırma havuzlarına şu an için yapılan yüklemenin bu değerin oldukça altında kaldığı ve gerektiğinde artırılabileceği gözlenmiştir.

Bu çalışmada, incelenen şekerleme endüstrisinin atıksu arıtma tesisinin arıtma veriminin oldukça yüksek olması ve SKKY'ne göre deşarj limitlerinin altında değerler elde edilmesi tesisin işletiminde bir sorun olmadığını göstermektedir. Ayrıca aerobik reaktördeki çamur yaşının ve anaerobik reaktörde hacimsel organik yükün oldukça düşük olması, tesisin daha fazla yükü kaldırabilecek kapasiteye sahip olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

Alvarez, M.J. (2003). Biomethanization of The Organic Fraction Of Municipal Solid Wastes, pp. 1-43, Iwa Publishing, Londan.

APHA-AWWA-WPCF. (1992). Standard methods for the examination of water and wastewater, 18th Ed., Washington DC., American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation, 10-137p.

ARTAN N. Ve ORHON D. (1989). The Effect of Reactor Hydrolics on the Performance of Activated Sludge Systems II the Formulation of Microbial Products, Wat. Res. 23, 12, p. 1511-1518.

Barnes, D., Fitzgerald, P.A. (1987). "Anaerobic wastewater treatment processes", Environmental Biotechnology, p. 63-65.

Bastone, D. J., Keller, J., Angelidaki, I., Kalyuzhnyi, S. V., Pavlostathis, S. G., Rozzi, A., Sanders, W.T.M., Siegrist, H. And Vavilin, V. A. (IWA Task Group for Mathematical Modeling of Anaerobic Digestion Processes) (2002). Anaerobic Digestion Model No.1 (ADM1), *IWA Scientific and Technical* Report No. 13, IWA Publishing, London.

Beal, L. J., Raman, D. R. (2000). Sequential Two-stage Anaerobic Treatment of Confectionery Wastewater, Agricultural & Biosystems Engineering Department, The University of Tennessee, P.O. Box 1071, Knoxville, TN 37901-1071, USA.

Cakir, F. Y., Strenstrom, M. K. (2003). "Anaerobic Treatment of Low Strength Wastewater," Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering, vol. 38, No: 10, pp. 2069–2076, Taylor & Francis.

Cocci, A.A., Landine, R.C., Leodolter, M. and Beuttel, S. (1990). Case history: Anaerobic/aerobic pretreatment of a confectionery waste; Proc. 44th Ind. Waste Cong. Purdue Univ. West Lafayette, Ind., USA.

Çevre ve Orman Bakanlığı 2004 "Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği". Alındığı tarih: 03.01.2012, adres: http://www.cevreorman.gov.tr/yasa/yonetmelik.asp

Dan, N.P. (2001). Biological Treatment of High Salinity Wastewater Using Yeast and Bacterical Systems, Asian Institute of Technology School of Environment, Resources and Development Bangkok, Thailand, December.

Demir A., Kanat G., Debik E. (2000). Atıksu Arıtımında Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Metodlar, YTÜ Yayınları.

Demirer, G.N., Duran, M., Gökçay, C. (2001). "Anaerobik biyoteknoloji teorik altyapı ve uygulamalar eğitim seminer notları", TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, Ankara, sf. 3-5, 23, 47.

Eckenfelder, W.W., Jr. (1980). Theory and Practice of Biological Wastewater Treatment, in K.Curi and W.W. Eckenfelder, " Principles of Biological Treatment", p.49 Jr., eds. Sifthaff & Noordhoff International Publishers BV., Germantown, MD.

W.Wesley Eckenfelder, Jr. (1989). Industrial Water Pollution Control, ,McGraw-Hill International Editions.

Ekame G. A., Dold P.L. ve Marais G. V. R. (1986). Procedures for Determining COD Fractions and the Maximum Specific Growth Rate of Hetetrophs in Activated Sludge Systems, Wat. Sci. Tech., Vol. 18(6), p. 91-114.

Environmental Protection Agency (1999). Characterisation of Industrial Wastewaters.

Eremetar G. Germirli Babuna F. ve İnce O. (1999). Fate of Inert COD Fractions in Two-Stage Bioplogical Treatment of a Strong Wastewater, J. Environ. Sci. Health, Vol. A34(6), p. 1329-1340.

Erşahin M. E., Tezer B. H., Öztürk İ., Bilge C. (2006). Mısır İşleme Endüstrisinde Kirlilik Profili ve Atık Azaltımı, *İTÜ Dergisi/Su Kirlenmesi Kontrolü* Cilt. 16, Sayı:1-3, sf: 25-33. İTÜ İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Programı, Ayazağa/İSTANBUL.

Fang, H.H.P. (1991). "Treatment of wastewater from a whey processing plant using activated sludge and anaerobic procces", *Journal of Dairy Science*, Vol. 74: p. 2015-2019.

Frankin, RJ. (2001). Full scale experiences with anaerobic treatment of industrial wastewater, *Water Science Technology*, Vol. 44 (8), p. 1-6.

Germirli F. (1990). The Incremental and Comparison Methods fort he Assessment of Initial Soluble Inert COD, Ph. D. Thesis, Istanbul Technical University.

Germirli F., Orhon D. ve Artan N. (1991). Assesssment of the Initial Inert Soluble COD in Industrial Wastewaters., Water Sci. Technol., Vol. 23(4-6). p.1077-1086.

Grady, C.P.L., Daigger, G.T., Lim, H.C. (1999). "Biological Wastewater Treatment", Marcel Dekker, Inc., New York, p. 619, 626, 630.

Gönüldinç S. (2006). *"Birincil Çamurun Anaerobik Çürütülmesinde Farklı Kinetik Modellerin Karşılaştırılması"*, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul.

Hafez, A., Khedr, M., Gadallah, H. (2006). Wastewater treatment and water reuse of food processing industries. Part II: Techno-economic study of amembrane separation technique.

Henze M., Grady C. P. L. Jr., Gujer W., Marais G. V. R. Ve Matsuo T. (1987). Activated Sludge Model No. 1, IAWPRC *Scientific and Technical Report* No.1.

Hulshoff Pol, L.W., Lettinga, G. (1986). "New technologies for anaerobic wastewater treatment", *Water Sci. Technol*., cilt.18: sf. 41-53.

Integrated Pollution Prevention and Control (2006). Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries,August.

Işık, F. (1999). "*Peyniraltı sularının yukarı akışlı anaerobik çamur örtü reaktörü ile arıtılabilirliği*", Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, sf. 16-17.

İleri. R. (2000). Çevre Biyoteknolojisi, Değişim yayınları, Adapazarı, sf. 268-351.

Karahan Ö. (1997). *"Atıksularda Partiküler İnert KOİ Tayini"*, İTÜ İnşaat Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi.

Kennedy K.J., Van Den Berg L. (1982). Anaerobic Digestion of Piggery Waste Using Stationary Fixed Film Reactor, Agricultural Wastes, Vol. 4. Pp 151-158.

Kluit A. (2008). Biyolojik Arıtmanıza İkinci Bir Şans Verin, Çulha E., (çev.) Su ve Çevre, Sayı: 20.

Lettinga, G., Field, J., Lier, J., Zeeman, G. and Hulshoff Pol, L.W. (1997). Advanced anaerobic wastewater treatment in the near future, *Water Science Technology*, Vol. 35 (10), p. 5-12.

Metcalf ve Eddy (2003). Wastewater Engineering Treatment and Reuse, Tata McGraw-Hill, New Delhi.

McCarty, P. L., A. (1982). One Hundred Years of Anaerobic Treatment, 2nd International Sympozium on Anaerobic Digestion, Amsterdam, p. 3-22.

Orhon D., Artan N. Ve Cimşit Y. (1989). The Concept of Soluble Residual Product Formation in the Modelling of Activated Sludge, *Water Sci. Technol.*, p. 21, 339-350.

Özdemir, G. ve Eltem, R. (2001). Su ve atık suların mikrobiyolojik incelenmesi ve arıtım uygulamaları, *Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi* No:167, 214s.

Öztürk, E. (2007). *"Peyniraltı suyunun anaerobik arıtma çamuru reaktöründe arıtımında en uygun koşulların belirlenmesi"*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 5.

Öztürk, İ. (2007). Anaerobik Arıtma ve Uygulamaları, *Su Vakfı Yayınları*, İstanbul.

Öztürk, İ., Altınbaş, M. (2008). Kent Gıda Fabrikası Atıksu Arıtma Tesisinde Proses İyileştirmesi Projesi Nihai Rapor, İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Özyürek E. (2008). *"Çiftlik Atıksularının Arıtılabilirliği ve Karakterizasyonu"*, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul.

Pala, A., Sponza, D. (1994). "Bir süt endüstrisi atıksularının karakterizasyonu ve arıtma sisteminin incelenmesi", İTÜ 4. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu 94, İstanbul, sf. 55-65.

Palacıoğlu S. (2003). İstanbul Ticaret Odası, Şekerleme Sektör Profili.

Rosenwınkel K.H., Bıschofberger W., Dıchtl N., Seyfrıed C.F., Böhnke B. (2005). Anaerobtechnik. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, Almanya..798.

Seghezzo, L., Zeeman, G., Lier, J. B., Hamelers, H. V. M., Lettinga, G. (1998). The Anaerobic Treatment of Sewage in UASB and EGSB Reactors.

Schmidt, J.E., Ahring, B.K. (1996). " Granular sludge formation in UASB reactors", Biotech. Bioeng., Vol.49: p. 229-246.

Speece, R.E. (1996). Anaerobic Biyotechnology For Industrial Wastewaters, Archae Press, USA.

Toröz, İ., Meriç, S., Çiner, F., Tayran, B. (1997). A Treability Study On Confectionery Industry Wastewater.

Trouque, S. L., Forster, C.F. (1999). Dual anaerobic co-digestion of sewage sludge and confectionery waste, School of Civil Engineering, University of Birmingham, Edgbaston, Birmingham B15 2TT, UK.

Tünay, O., Kabdaşlı, I., Orhon, D. (1995). Treatment of Confectionery Industry Wastewater.

Url-1 Şeker ve Şekerli Gıdalar, Sert Şeker Üretiminde Pişirmedeki Sıcaklık Kontrolü, <*http://www.forumfood.net* >, alındığı tarih: 2011.

US EPA (1977). Federal Guidelines State and Local Pretreatment Programs; Vol III. Appendix 8. EPA 430/9-76-017C.

Yıldız, G. (1995). *"Şekerleme Endüstrisi Atıksularının Biyolojik Arıtılabilirliğinin Belirlenmesi"*, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul.

Yoochatchaval, W., Ohashi, A., Harada, H., Yamaguchi, T., Syutsubo, K. (2008). Characteristics of Granular Sludge in an EGSB Reactor for Treating low Strength Wastewater, Japan

Yu, H.Q., Tay, J.H., Fang, H.H.P. (1999). "Effects of added powdered and granular activated carbons on start-up performance of UASB reactors", Environ Technol., Vol. 20: p. 1095-1101.

ÖZGEÇMİŞ

Nursel Karagül 22.06.1985 tarihinde İstanbul' da doğdu. Lise öğrenimini İbrahim Turhan Lisesi (yabancı dil ağırlıklı) 2003 yılında tamamladı. 2004 yılında girdiği Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünden 2008 yılında mezun oldu. 2008 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı'nda yüksek lisansa başladı. Halen yüksek lisansı devam etmektedir.