

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BÜYÜK ÖLÇEKLİ SU ARITMA TESİSİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ
DEĞERLENDİRMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hülya ŞAHİN AKKURT

Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri, Mühendisliği ve Yönetimi Programı

HAZİRAN 2018

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BÜYÜK ÖLÇEKLİ SU ARITMA TESİSİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ
DEĞERLENDİRMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hülya ŞAHİN AKKURT
(501121746)**

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri, Mühendisliği ve Yönetimi Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Fatman Gülen İSKENDER

HAZİRAN 2018

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501121746 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Hülya ŞAHİN AKKURT, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “BÜYÜK ÖLÇEKLİ SU ARITMA TESİSİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Fatma Gülen İSKENDER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. İsmail TORÖZ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Neşe TÜFEKÇİ
İstanbul Üniversitesi

Teslim Tarihi : 4 Mayıs 2018
Savunma Tarihi : 6 Haziran 2018



ÖNSÖZ

Bana bu tezin yazım aşamasında en baştan en son aşamaya kadar destekleyen, yol gösteren ve teşvik eden danışmanım Prof. Dr. Fatma Gülen İSKENDER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aynı zamanda tezi yazım sırasında her soruma cevap veren ve bana yol gösteren Prof. Dr. Fatoş BABUNA'ya da teşekkürü borç bilirim.

Bilgi birikimini benden hiç eksik etmeyen Dr. Nilay ELGİNÖZ'e çok teşekkür ederim.

Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. İsmail TORÖZ'e her konuda desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Kağıthane Su Arıtma Tesisi Su Arıtma Birimi Şube Müdürü Emel YILDIRIM ve İşletme ve Dezenfeksiyon Şefi Suzan BODUR'a tezimin envanter analizi sırasında verdiği bilgilerden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin yazım aşamasında, manevi desteğini hiç eksik etmeyen aileme, eşim Mustafa AKKURT'a ve tüm arkadaşlarıma teşekkür etmeden tezim kesinlikle yarım kalmış demektir.

Mayıs 2018

Hülya ŞAHİN AKKURT
(Fen Bilimleri ve Matematik Öğretmeni)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xix
SUMMARY.....	xxi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
2.1 Su Arıtma Teknolojileri	3
2.2 Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) Yaklaşımı.....	4
2.2.1 YDD çerçevesi	5
2.2.1.1 Amaç ve kapsam tanımlama	6
2.2.1.2 Yaşam döngüsü envanter analizi.....	7
2.2.1.3 Yaşam döngüsü etki analizi.....	7
2.2.1.4 Sonuçların yorumlanması.....	9
3. MATERYAL VE METOT	11
3.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	11
3.1.1 Amaç	11
3.1.2 Kapsam.....	11
3.1.2.1 Fonksiyonel birim	11
3.1.2.2 Sistem sınırı.....	11
3.2 Kullanılan Program	16
3.3 Envanter Analizi.....	16
4. İNCELENEN SU KAYNAKLARI VE SU ARITMA TESİSİ.....	17
4.1 İncelenen Su Kaynakları	17
4.1.1 Terkos gölü.....	17
4.1.2 Alibey barajı.....	18
4.2 Kağıthane Su Arıtma Tesisi	18
4.2.1 Kaba ve ince ızgaralar	20
4.2.2 Giriş suyu pompa istasyonları	21
4.2.3 Havalandırma ünitesi.....	21
4.2.4 Ozonlama ünitesi.....	22
4.2.5 Kağıthane Çelebi Mehmet su arıtma tesisi (KÇMSAT)	22
4.2.5.1 Giriş yapısı (enerji kırma orifisleri)	22
4.2.5.2 Hızlı ve yavaş karıştırma ünitesi	22
4.2.5.3 Çöktürme ünitesi	23
4.2.5.4 Filtrasyon ünitesi	23
4.2.6 Kağıthane Yıldırım Beyazid su arıtma tesisi (KYBSAT).....	24
4.2.6.1 Dağılım havuzu ve dekantörler	24
4.2.6.2 Hızlı kum filtreleri.....	24
4.2.7 Temiz su hazneleri	24

4.2.8 Terfi merkezi (çıkış suyu pompaları)	25
4.2.9 Çamur ünitesi	25
4.2.10 Kimyasal maddeler binası	25
4.2.10.1 Dezenfeksiyon (klor ünitesi)	26
4.2.10.2 Alüminyum sülfat ünitesi	26
4.2.10.3 Aktif karbon ünitesi	26
4.2.10.4 Anyonik polielektrolit ünitesi	26
4.2.10.5 Katyonik polielektrolit ünitesi	26
4.3 KSAT Arıtılan Suyun Parametreleri	26
5. MODELLEME SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME	29
5.1 Elektrik Tüketimi	29
5.1.1 KÇMSAT elektrik tüketimi	29
5.1.2 KYBSAT ünitelerinin elektrik tüketimi	31
5.1.3 KSAT ünitelerin elektrik tüketimi	32
5.2 Su Kullanımı	34
5.3 Kullanılan Kimyasal Maddelerin Nakliyatı	35
5.4 KSAT'nin Yaşam Döngüsü Envanteri	36
5.5 Çevre Etki Değerlendirme	42
5.5.1 Çevre etki değerlendirme metodu	42
5.5.2 Çevre etki değerlendirme kategorileri	42
5.5.3 YDD kapsamında çevresel etki değerlendirme sonuçları	43
5.6 Kağıthane Su Arıtma Tesisi Çevre Etki Değerlendirmesi	45
5.6.1 Kağıthane Çelebi Mehmet su arıtma tesisi çevre etki değerlendirmesi	45
5.6.1.1 KÇMSAT küresel ısınma potansiyeli (KIP)	45
5.6.1.2 KÇMSAT asitleşme potansiyeli	47
5.6.1.3 KÇMSAT ötrofikasyon potansiyeli	50
5.6.1.4 KÇMSAT ozon tabakası tükenme potansiyeli	53
5.6.1.5 Abiyotik element tükenme potansiyeli (ATP Element)	56
5.6.1.6 KÇMSAT abiyotik Fosil Tükenme Potansiyeli	59
5.6.1.7 KÇMSAT tatlı su ekotoksitesitesi potansiyeli (TSEP)	62
5.6.1.8 KÇMSAT insan toksisitesi potansiyeli (İTP)	65
5.6.1.9 Deniz suyu ekotoksitesitesi potansiyeli (DSEP)	67
5.6.1.10 Fotokimyasal ozon oluşumu potansiyeli (FOOP)	69
5.6.1.11 Karasal ekotoksitesite potansiyeli (KEP)	72
5.6.2 Kağıthane Yıldırım Bayezid su arıtma tesisi çevre etki değerlendirmesi	75
5.6.2.1 KYBSAT küresel ısınma potansiyeli (KIP)	75
5.6.2.2 KYBSAT asitleşme potansiyeli (AP)	77
5.6.2.3 KYBSAT ötrofikasyon potansiyeli	80
5.6.2.4 KYBSAT ozon tabakası tükenme potansiyeli (OTP)	83
5.6.2.5 KYBSAT abiyotik element tükenme potansiyeli (ATP Element)	86
5.6.2.6 Abiyotik fosil tüketim potansiyeli (ATP Fosil)	89
5.6.2.7 KYBSAT tatlı su ekotoksitesitesi potansiyeli (TSEP)	92
5.6.2.8 KYBSAT insan toksitesite potansiyeli	95
5.6.2.9 KYBSAT deniz suyu ekotoksitesitesi potansiyeli (DSEP)	97
5.6.2.10 KYBSAT fotokimyasal ozon oluşum potansiyeli (FOOP)	99
5.6.2.11 KYBSAT karasal ekotoksitesite potansiyeli	102
5.6.3 KÇMSAT ve KYBSAT'nin YDD karşılaştırması	105
5.6.4 Kağıthane Su Arıtma Tesisi'nin yaşam döngüsü değerlendirmesi	107
5.6.4.1 KSAT küresel ısınma potansiyeli	107
5.6.4.2 KSAT asitleşme potansiyeli (AP)	111

5.6.4.3KSAT ötrofikasyon potansiyeli.....	117
5.6.4.4 KSAT ozon tabakası tükenme potansiyeli (OTP)	120
5.6.4.5 KSAT abiyotik element tüketim potansiyeli (ATP Element)	125
5.6.4.6 KSAT abiyotik fosil Tüketim potansiyeli (ATP Fosil).....	129
5.6.4.7 KSAT tatlı su ekotoksitesite potansiyeli (TSEP)	132
5.6.4.8 KSAT insan toksisitesi potansiyeli (İTP).....	136
5.6.4.9 KSAT deniz suyu ekotoksitesite potansiyeli (DSEP)	140
5.6.4.10 KSAT fotokimyasal ozon oluşumu potansiyeli (FOOP).....	143
5.6.4.11 KSAT karasal ekotoksitesite potansiyeli (KEP)	148
5.6.5 Farklı arıtma teknolojilerinin çevresel etkilerinin karşılaştırılması	151
5.7 KSAT için Enerji Kaynağı Örnek Olay İncelemesi	152
5.7.1 KSAT için Avrupa elektriği (AE) kullanımı	152
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	155
KAYNAKÇA.....	159
EKLER.....	163
ÖZGEÇMİŞ.....	167



KISALTMALAR

AP	: Asitleşme Potansiyeli
AE	: Avrupa Elektriği
ATP Element	: Abiyotik Element Tüketim Potansiyeli
ATP Fosil	: Abiyotik Fosil Tüketim Potansiyeli
BSAT	: Büyükçekmece Su Arıtma Tesisi
CML	: Centre for Environmental Studies
ÇM	: Çelebi Mehmet
DSEP	: Deniz Suyu Ekotoksisite Potansiyeli
FOOP	: Fotokimyasal Ozon Oluşum Potansiyeli
GaBi	: Ganzheitliche Bilanz (Kütle Dengesi)
İSKİ	: İstanbul Su ve Kanalizasyon İşletmesi
İTP	: İnsan Toksisite Potansiyeli
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
KEP	: Karasal Ekotoksisite Potansiyeli
KIP	: Küresel Isınma Potansiyeli
KSAT	: Kağıthane Su Arıtma Tesisi
KÇMSAT	: Kağıthane Çelebi Mehmet Su Arıtma Tesisi
KYBSAT	: Kağıthane Yıldırım Bayezid Su Arıtma Tesisi
OTP	: Ozon Tabakası Tükenme Potansiyeli
ÖP	: Ötrofikasyon Potansiyeli
TE	: Türkiye Elektriği
TSEP	: Tatlı Su Ekotoksisite Potansiyeli
YB	: Yıldırım Bayezid



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Etki kategorilerinin göstergeleri ve etki noktaları.....	8
Çizelge 4.1 : KSAT su kalite parametreleri (İSKİ,2016).	27
Çizelge 5.1 : KÇMSAT elektirik tüketim dağılımı.....	30
Çizelge 5.2 : KYBSAT ünitelerin elektrik dağılımı.	31
Çizelge 5.3 : KSAT tüm ünitelerin elektrik dağılımı.	33
Çizelge 5.4 : Farklı SATlar'da elektrik tüketiminin karşılaştırılması.	34
Çizelge 5.5 : Kimyasal maddelerin kaynak bilgisi ve nakli.	35
Çizelge 5.6 : KSAT'tan toplanan envanterler.....	36
Çizelge 5.7 : KÇMSAT ana ünitelerin girdi ve çıktıları.....	37
Çizelge 5.8 : KÇMSAT ara ünitelerin girdi ve çıktıları.	38
Çizelge 5.9 : KYBSAT ana ünitelerin girdi ve çıktıları.	39
Çizelge 5.10 : KYBSAT ara ünitelerin girdi ve çıktıları.....	40
Çizelge 5.11 : KSAT ana ünitelerin girdi ve çıktıları.	41
Çizelge 5.12 : KSAT ana ünitelerin girdi ve çıktıları (devamı).	42
Çizelge 5.13 : KÇMSAT çevre etki değerlendirme sonuçları.....	43
Çizelge 5.14 : KYBSAT çevre etki değerlendirme sonuçları.....	44
Çizelge 5.15 : KSAT çevre etki değerlendirme sonuçları.	44
Çizelge 5.16 : KÇMSAT ünitelerinin etki kaynağı ve etki dağılımı.	46
Çizelge 5.17 : KÇMSAT ünitelerinin AP etki kaynakları ve etki dağılımı.....	49
Çizelge 5.18 : KÇMSAT ünitelerinin ÖP etki kaynakları ve etki dağılımı.....	52
Çizelge 5.19 : KÇMSAT ünitelerinin OTP etki kaynakları ve etki dağılımı.	55
Çizelge 5.20: KÇMSAT ünitelerinin ATP Element etki kaynakları ve dağılımı.	58
Çizelge 5.21 : KÇMSAT ünitelerinin ATP Fosil etki kaynakları ve etki dağılımı...	61
Çizelge 5.22 : KÇMSAT ünitelerinin TSEP etki kaynakları ve etki dağılımı.....	64
Çizelge 5.23 : KÇMSAT ünitelerinin İTP etki kaynakları ve etki dağılımı.	66
Çizelge 5.24 : KÇMSAT ünitelerinin DSEP etki kaynakları ve etki dağılımı.	68
Çizelge 5.25: KÇMSAT ünitelerinin FOOP etki kaynakları ve etki dağılımı.....	71
Çizelge 5.26 : KÇMSAT ünitelerinin KEP etki kaynakları ve etki dağılımı.....	74
Çizelge 5.27 : KYBSAT ünitelerinin KIP etki kaynakları ve etki dağılımı.	76
Çizelge 5.28 : KYBSAT ünitelerinin AP etki kaynakları ve etki dağılımı.	79
Çizelge 5.29 : KYBSAT ünitelerinin ÖP etki kaynakları ve etki dağılımı.	82
Çizelge 5.30 : KYBSAT ünitelerinin OTP etki kaynakları ve etki dağılımı.	85
Çizelge 5.31 : KYBSAT ünitelerinin ATP Element etki kaynakları ve dağılımı.....	88
Çizelge 5.32 : KYBSAT ünitelerinin ATP Fosil etki kaynakları ve etki dağılımı. ...	91
Çizelge 5.33 : KYBSAT ünitelerinin TSEP etki kaynakları ve etki dağılımı.	94
Çizelge 5.34 : KYBSAT ünitelerinin İTP etki kaynakları ve etki dağılımı.....	96
Çizelge 5.35 : KYBSAT ünitelerinin DSEP etki kaynakları ve etki dağılımı.....	99
Çizelge 5.36 : KYBSAT ünitelerinin FOOP etki kaynakları ve etki dağılımı.	101
Çizelge 5.37 : KYBSAT ünitelerinin FOOP etki kaynakları ve etki dağılımı.	104
Çizelge 5.38 : KÇMSAT ve KYBSAT etki değerlendirme karşılaştırması.	106
Çizelge 5.39 : KSAT ünitelerinin KIP etki kaynağı ve etki değer dağılımı.....	109
Çizelge 5.40 : KSAT'ta kimyasal maddelerin etki değer dağılımı.....	111

Çizelge 5.41 : KSAT ünitelerinin AP etki kaynakları ve değerleri.	113
Çizelge 5.42 : KSAT AP değeri yüksek ünitelerinin etki kaynağı ve dağılımı.	114
Çizelge 5.43 : KSAT kimyasal madde ünitelerinin etki kaynağı ve dağılımı.	116
Çizelge 5.44 : KSAT ünitelerinin ÖP etki kaynağı ve dağılımı.	119
Çizelge 5.45 : Kimyasal madde ünitelerinin ÖP etki kaynakları ve dağılımı.....	120
Çizelge 5.46 : KSAT ünitelerinin OTP etki kaynakları ve dağılımı.....	122
Çizelge 5.47 : KSAT kimyasal madde üniteleri OTP etki dağılımı.	125
Çizelge 5.48 : KSAT ünitelerinin ATP Element etki kaynakları ve dağılımı.	127
Çizelge 5.49 : KSAT kimyasal madde ünitelerinin ATP Element dağılımı.	129
Çizelge 5.50 : KSAT ünitelerinin ATP Fosil etki kaynakları ve dağılımı.....	131
Çizelge 5.51 : Kimyasal maddelerin ATP Fosil etki dağılımı.	132
Çizelge 5.52 : KSAT ünitelerinin TSEP etki kaynakları ve dağılımı.	134
Çizelge 5.53 : Kimyasal madde üniteleri etki kaynakları ve değerleri.	136
Çizelge 5.54 : KSAT ünitelerinin İTP etki kaynakları ve etki dağılımı	138
Çizelge 5.55 : Kimyasal madde ünitelerinin İTP etki kaynakları ve dağılımı.....	139
Çizelge 5.56 : KSAT Ünitelerinin DSEP etki kaynakları ve etki dağılımı.....	141
Çizelge 5.57 : KSAT kimyasal madde ünitelerinin etki kaynağı ve etki dağılımı. .	143
Çizelge 5.58 : KSAT ünitelerinin FOOP etki kaynağı ve etki dağılımı.	145
Çizelge 5.59 : Kimyasal madde ünitelerinin FOOP etki kaynakları ve dağılımı. ...	147
Çizelge 5.60 : KSAT ünitelerinin KEP etki kaynakları ve dağılımı.....	149
Çizelge 5.61 : Kimyasal madde ünitelerinin KEP etki kaynakları ve dağılımı.	150
Çizelge 5.62 : Arıtma teknolojilerinin çevresel etkilerinin karşılaştırılması.	151
Çizelge 5.63 : SATlarınTürkiye ve Avrupa Elektrik kaynağı karşılaştırması.	153

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : YDD Aşamaları (EPA, 2006).....	4
Şekil 2.2 : Bir ürünün şematik yaşam döngüsü (Bayraktar, 2010).....	5
Şekil 2.3 : ISO 14044 standartlarına göre YDD çerçevesi.	6
Şekil 3.1 : KÇMSAT sistem sınırı.	13
Şekil 3.2 : KYBSAT sistem sınırı.	14
Şekil 3.3 : KSAT sistem sınırı.	15
Şekil 4.1 : Terkos gölü ve havzası (Akbaş, 2005).	17
Şekil 4.2 : Alibey barajı havzası (Akbaş, 2005).	18
Şekil 4.3 : Kağıthane su arıtma tesisi (KSAT).	19
Şekil 4.4 : Kağıthane Su Arıtma Tesisi'nin ana üniteleri.	20
Şekil 4.5 : Havalandırma ünitesi.....	21
Şekil 4.6 : Ozon ünitesi.....	22
Şekil 4.7 : Hızlı kum filtreleri.....	23
Şekil 4.8 : Dekantörler.....	24
Şekil 4.9 : Çamur ünitesi.	25
Şekil 5.1 : KÇMSAT ünitelerin elektrik tüketim yüzdesi dağılımı.	30
Şekil 5.2 : KYBSAT ünitelerin elektrik tüketim yüzdesi dağılımı.....	31
Şekil 5.3 : Kağıthane tüm ünitelerin elektrik tüketim yüzdesi.	32
Şekil 5.4 : KÇMSAT ünitelerinin KIP yüzdesi dağılımı.	45
Şekil 5.5 : KÇMSAT ünitelerinin KIP yüzdesi dağılımı.	46
Şekil 5.6 : KÇMSAT ünitelerinin asitleşme potansiyeli dağılımı.	47
Şekil 5.7 : KÇMSAT ünitelerinin AP yüzde dağılımı.....	48
Şekil 5.8 : Enerji kırma orifisleri AP etki kaynakları ve dağılımı.	48
Şekil 5.9 : KÇMSAT ünitelerinin ötrofikasyon potansiyeli dağılımı.....	50
Şekil 5.10 : KÇMSAT ünitelerinin ÖP yüzde dağılımı.	51
Şekil 5.11 : Enerji kırma orifisleri ÖP etki kaynaklarının dağılımı.....	51
Şekil 5.12 : KÇMSAT ünitelerinin ozon tabakası tükenme potansiyeli dağılımı.	53
Şekil 5.13 : KÇMSAT ünitelerinin OTP potansiyeli yüzde dağılımı.	53
Şekil 5.14 : Enerji kırma orifisleri OTP etki kaynakları ve dağılımı.....	54
Şekil 5.15 : Klor ünitesi OTP etki kaynakları ve dağılımı.	56
Şekil 5.16 : KÇMSAT ünitelerinin ATP Element dağılımı.....	57
Şekil 5.17 : KÇMSAT ünitelerinin ATP Element yüzde dağılımı.	57
Şekil 5.18 : Klor ünitesi ATP Element etki kaynakları ve dağılımı.	59
Şekil 5.19 : KÇMSAT ünitelerinin ATP Fosil dağılımı.....	59
Şekil 5.20 : KÇMSAT ünitelerinin ATP fosil yüzde dağılımı.	60
Şekil 5.21 : Enerji kırma orifisleri ATP fosil etki kaynakları ve dağılımı.	60
Şekil 5.22 : KÇMSAT ünitelerinin TSEP dağılımı	62
Şekil 5.23 : KÇMSAT ünitelerinin TSEP yüzde dağılımı.....	63
Şekil 5.24 : Enerji kırma orifisleri TSEP etki kaynakları ve dağılımı.....	63
Şekil 5.25 : KÇMSAT ünitelerinin İTP dağılımı.....	65
Şekil 5.26 : KÇMSAT ünitelerinin TSEP yüzde dağılımı.....	65
Şekil 5.27 : Enerji kırma orifisleri İTP etki kaynakları ve dağılımı.	67

Şekil 5.28 : KÇMSAT ünitelerinin DSEP dağılımı.	67
Şekil 5.29 : KÇMSAT ünitelerinin DSEP yüzde dağılımı.	69
Şekil 5.30 : KÇMSAT ünitelerinin FOOP dağılımı.	69
Şekil 5.31 : KÇMSAT ünitelerinin FOOP yüzde dağılımı.	70
Şekil 5.32 : Enerji kırma orifisleri FOOP etki kaynakları ve dağılımı.	72
Şekil 5.33 : KÇMSAT ünitelerinin KEP dağılımı.	72
Şekil 5.34 : KÇMSAT ünitelerinin KEP yüzde dağılımı.	73
Şekil 5.35 : Enerji kırma orifisleri KEP etki kaynakları ve dağılımı.	73
Şekil 5.36 : KYBSAT ünitelerinin KIP dağılımı.	75
Şekil 5.37 : KYBSAT ünitelerinin KIP yüzde dağılımı.	77
Şekil 5.38 : KYBSAT ünitelerinin AP dağılımı.	77
Şekil 5.39 : KYBSAT ünitelerinin AP yüzde dağılımı.	78
Şekil 5.40: Dağılım havuzunun AP etki kaynakları ve dağılımı.	78
Şekil 5.41 : KYBSAT ünitelerinin ÖP dağılımı.	80
Şekil 5.42 : KYBSAT ünitelerinin ÖP yüzde dağılımı.	81
Şekil 5.43 : Dağılım havuzunun AP etki kaynakları ve dağılımı.	81
Şekil 5.44 : KYBSAT ünitelerinin OTP dağılımı.	83
Şekil 5.45 : KYBSAT ünitelerinin OTP yüzde dağılımı.	84
Şekil 5.46 : Dağılım havuzu OTP etki kaynakları ve dağılımı.	84
Şekil 5.47 : Dağılım havuzu OTP etki kaynakları ve dağılımı.	86
Şekil 5.48 : KYBSAT ünitelerinin ATP Element dağılımı.	86
Şekil 5.49 : KYBSAT ünitelerinin ATP Element yüzde dağılımı.	87
Şekil 5.50 : Klor ünitesi ATP Element etki kaynakları ve dağılımı.	87
Şekil 5.51 : KYBSAT ünitelerinin ATP Fosil dağılımı.	89
Şekil 5.52 : KYBSAT ünitelerinin ATP Fosil yüzde dağılımı.	90
Şekil 5.53 : Dağılım havuzu ATP Fosil etki kaynakları ve dağılımı.	90
Şekil 5.54 : KYBSAT ünitelerinin TSEP dağılımı.	92
Şekil 5.55 : KYBSAT ünitelerinin TSEP yüzde dağılımı.	93
Şekil 5.56 : Dağılım havuzu TSEP etki kaynakları ve dağılımı.	93
Şekil 5.57 : KYBSAT ünitelerinin İTP dağılımı.	95
Şekil 5.58 : KYBSAT ünitelerinin İTP yüzde dağılımı.	95
Şekil 5.59 : Dağılım havuzu İTP etki kaynakları ve dağılımı.	97
Şekil 5.60 : KYBSAT ünitelerinin DSEP dağılımı.	98
Şekil 5.61 : KYBSAT ünitelerinin DSEP yüzde dağılımı.	98
Şekil 5.62 : KYBSAT ünitelerinin FOOP dağılımı.	100
Şekil 5.63 : KYBSAT ünitelerinin FOOP yüzde dağılımı.	100
Şekil 5.64 : Dağılım havuzu FOOP etki kaynakları ve dağılımı.	102
Şekil 5.65 : KYBSAT ünitelerinin KEP dağılımı.	102
Şekil 5.66 : KYBSAT ünitelerinin KEP yüzde dağılımı.	103
Şekil 5.67 : Dağılım havuzu KEP etki kaynakları ve dağılımı.	105
Şekil 5.68 : KSAT ünitelerinin KIP dağılımı.	107
Şekil 5.69 : KSAT ünitelerinin KIP yüzdesi dağılımı.	108
Şekil 5.70 : KSAT ünitelerinin asitleşme potansiyeli dağılımı.	112
Şekil 5.71 : KSAT ünitelerinin asitleşme potansiyeli yüzdesi dağılımı.	112
Şekil 5.72 : Dağılım havuzu AP etki kaynaklarının etki dağılımı.	115
Şekil 5.73 : Enerji kırma orifisleri etki kaynaklarının etki değer dağılımı.	116
Şekil 5.74 : KSAT ünitelerinin ÖP dağılımı.	117
Şekil 5.75 : KSAT ünitelerinin ÖP yüzdesi dağılımı.	118
Şekil 5.76 : KSAT ünitelerinin OTP dağılımı.	121
Şekil 5.77 : KSAT ünitelerinin OTP yüzde dağılımı.	121

Şekil 5.78 : Klor ünitesi etki kaynaklarının OTP dağılımı	123
Şekil 5.79 : Dağılım havuzunun etki kaynaklarının OTP dağılımı.	123
Şekil 5.80 : Enerji kırma orifisleri etki kaynaklarının OTP dağılımı.	124
Şekil 5.81 : KSAT ünitelerinin ATP Element etki yüzdesi dağılımı.....	126
Şekil 5.82 : KSAT ünitelerinin ATP element etki yüzdesi dağılımı	126
Şekil 5.83 : Klor ünitesinin ATP element etki değer dağılımı.	128
Şekil 5.84 : KSAT ünitelerinin ATP fosil etki dağılımı.	129
Şekil 5.85 : KSAT Ünitelerinin ATP fosil etki yüzdesi dağılımı.	130
Şekil 5.86 : KSAT ünitelerinin TSEP etki değer dağılımı.....	133
Şekil 5.87 : KSAT ünitelerinin TSEP etki yüzdesi dağılımı.	133
Şekil 5.88 : Dağılım havuzu TSEP dağılımı.....	135
Şekil 5.89 : Enerji kırma orifisleri TSEP etki dağılımı.	135
Şekil 5.90 : KSAT ünitelerinin İTP değeri dağılımı.....	137
Şekil 5.91 : KSAT ünitelerinin İTP yüzdesi dağılımı.	137
Şekil 5.92 : KSAT ünitelerinin DSEP değeri dağılımı.....	140
Şekil 5.93 : KSAT ünitelerinin DSEP değeri dağılımı.....	142
Şekil 5.94 : KSAT ünitelerinin FOOP değeri dağılımı.....	144
Şekil 5.95 : KSAT ünitelerinin FOOP değeri yüzdesi dağılımı.	144
Şekil 5.96 : Dağılım havuzu FOOP değeri dağılımı.....	146
Şekil 5.97 : Enerji kırma orifisleri FOOP etki değeri dağılımı.....	147
Şekil 5.98 : KSAT ünitelerinin KEP değeri dağılımı.	148
Şekil 5.99 : KSAT ünitelerinin FOOP etki yüzdesi dağılımı.	150
Şekil 0.1 : KÇMSAT'nin GaBi yazılımında görünümü.	163
Şekil 0.2 : KYBSAT'nin GaBi yazılımında görünümü.	164
Şekil 0.3 : Türkiye Elektrik üretim dağılımı.....	165



BÜYÜK ÖLÇEKLİ SU ARITMA TESİSİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ

ÖZET

Yaşamsal kaynağımız olan suyun korunması ve her bir bireye içilebilir şekilde sunulması çok önemlidir. Nüfus artışı ve kaynakların korunmaması ile suya olan ihtiyaç her geçen gün daha hissedilecek ve böylece su arıtma tesislerinin önemi ve sürdürülebilirliği önem kazanacaktır. İstanbul, Türkiye'nin nüfusu en kalabalık şehri olup sunun insanlara ulaştırılması ve bunu yaparken de çevresel etkilerinin en aza indirilmesi gereklidir. Bu çalışmanın amacı, İstanbul'daki büyük ölçekli bir su arıtma tesisinin yaşam döngüsü değerlendirmesi yaklaşımıyla çevresel etkilerini ortaya koymaktır.

Bu çalışmada, Kağıthane Su Arıtma Tesisi sürdürülebilirliği Yaşam Döngüsü Yaklaşımıyla değerlendirilmiştir. KSAT, ham su kaynağı olan Terkos Gölü ve Alibey Barajı'ndan aldığı suyu arıtarak İstanbul Avrupa Yakası'nın önemli su sağlayıcısı durumundadır. Kağıthane Su Arıtma Tesisi (KSAT) ortak ve ayrılmış ünitelerden oluşan farklı yıllarda yapılmış iki adet su arıtma tesisini içermektedir. Kağıthane Yıldırım Bayezid Su Arıtma Tesisi (KYBSAT) işletmedeyken artan su ihtiyacı ile Çelebi Mehmet Su Arıtma Tesisi (KÇMSAT) işletmeye alınmıştır. Bu çalışmada işlevsel birime karar verip tesisi işletme aşamasında iken tesiste bir yıl süresince envanter analizi yapılmıştır. Tesisin ana üniteleri, ızgaralar, giriş ve çıkış suyu pompaları, havalandırma ünitesi, ozon ünitesi, enerji kırma orifisleri, dağılım havuzu, hızlı ve yavaş karıştırma ünitesi, dekantörler, çöktürme havuzu, filtreler, temiz su hazneleri, çamur ünitesi, ve dezenfeksiyon ünitesidir. Tesisin ara üniteleri ise kimyasal madde üniteleri, geri yıkama suyu tankı, hava körükleri, çamur pompaları ve duru su pompalarıdır.

Sistem sınırları gölden suyun alınıp tesisteki suyun arıtımı ve şebekeye pompalanması olarak belirlenmiş olup tesiste bir yıl süre ile envanter analizi yapılmıştır. Tesiste kullanılan maddeler, maddelerin tesise nakliyatı, oluşan çamurun İSTAÇ'a nakliyatı ve bertarafı, tesisin giriş ve çıkış suyu debileri ve her bir ünitenin elektrik tüketimi gibi bilgileri toplanmıştır. Envanterler, 1 m³ arıtılan su için her bir üniteye girdi olarak standartlaştırılmış ve çıktılar için de aynı standart uygulanmıştır.

Yaşam döngüsü değerlendirmesi yapmak için GaBi 7.3 yazılımı kullanılmış ve sistem sınırları içinde tesisin akım şeması çizilerek her bir ünitenin girdi ve çıktıları yazılıma girilip bilgiler normalize edilmiş ve dengelenmiştir. Çevresel etkileri değerlendirebilmek için Leiden Üniversitesi'nin Çevre Çalışmaları Merkezi'nin geliştirdiği CML 2001 metodu kullanılmıştır ve elde edilen sonuçlar, bu metod vasıtasıyla yorumlanmıştır.

GaBi 7.3 yazılımı sayesinde değerlendiren çevre etki kategorileri sırasıyla Küresel Isınma Potansiyeli (KIP), Asitleşme Potansiyeli (AP), Ötrofikasyon Potansiyeli (ÖP), Ozon Tabakası Tükenme Potansiyeli (OTP), Abiyotik Element Tükenme Potansiyeli (ATP Element), Abiyotik Fosil Tükenme Potansiyeli (ATP Fosil), Tatlı Su

Ekotoksisite Potansiyeli (TSEP), İnsan Toksisitesi Potansiyeli (İTP), Deniz Suyu Ekotoksisitesi Potansiyeli (DSEP), Fotokimyasal Ozon Oluşum Potansiyeli (FOOP), Karasal Ekotoksisite Potansiyeli (KEP)'dir.

İncelenen su arıtma tesisinin çevresel etkileri literatür değerlerine uygundur. KIP, ÖP, ATP Fosil, İTP, DSEP ve KEP'ye en yüksek katkı, çıkış suyu pompaları ve giriş suyu pompalarından gelmektedir. AP, TSEP ve FOOP'ye ana katkılar ise çıkış suyu pompaları, enerji kırma orifisleri, dağılım havuzu ve giriş suyu pompalarından kaynaklanmaktadır. Dağılım havuzu, enerji kırma orifisleri ve klorlama aşamaları OTP'ye ana katkıyı oluşturmaktadır. ATP Element giriş suyu pompaları, çıkış suyu pompaları ve klorlama kaynaklıdır.

Bu çalışmada, KÇMSAT, KYBSAT ve KSAT'nin üç ayrı çevre etki değerlendirmesi yapılmıştır ve bu üç tesisin çevre etki değerlendirme sonuçları karşılaştırılmıştır. KÇMSAT ve KYBSAT çevre etki değerlendirme sonuçları, farklı etki kategorilerinde, benzer ve farklı sonuçlar vermiştir. Sonuçların benzer olması tesislerin ortak ünitelerinin yüksek çevre etki değerine sahip olmasından; sonuçların farklı olması ise tesislerde ayrılmış ünitelerin 1 m³ arıtılan su için elektrik ve kimyasal madde tüketiminin farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Elde edilen çevresel etki sonuçları, İstanbul'un önemli su arıtma tesislerinden biriden elde edilen sonuçlar ve literatür sonuçları ile karşılaştırılmış ve benzerlik ve farklılıkların sebepleri yorumlanmıştır.

Sonuçlar, elektrik kullanımının çevresel etkilerin başlıca kaynağı olduğunu göstermektedir. Kağıthane Su Arıtma Tesisi, elektrik etki kaynağı olarak Türkiye enerji üretimi ortalaması ve Avrupa enerji üretimi ortalaması kullanıldığında oluşabilecek çevre etki değerleri sonuçları karşılaştırılmıştır. KIP'a Türkiye enerji üretimi ortalaması daha yüksek katkı yaparken diğer tüm etki kategorilerinde Avrupa enerji üretimi ortalaması yüksek katkı yapmıştır.

LIFE CYCLE ASSESMENT FOR A LARGE SCALE WATER TREATMENT PLANT

SUMMARY

Water is the main living source and it is very important to protect and serve drinkable water to each person. Overpopulation and unprotected water sources result in lack of drinkable water. Therefore, sustainability of water treatment plants should be taken in the consideration. Istanbul is the most crowded industrial city in Turkey. Because of that, the main objective of this work is to evaluate the environmental impact of a large scale water treatment plant in İstanbul.

In this study, environmental impact of Kağıthane Water Treatment Plant (KWTP) is evaluated by life cycle assesment approach. KWTP is one of the biggest water treatment plant in the western side of Istanbul and the plant take raw water from Terkos Lake and Alibey dam. KSAT include two water treatment plants which are constructed in different years. While Kağıthane Yıldırım Bayezid Water Treatment Plant (KYBWTP) is operated, the Kağıthane Çelebi Mehmet Water Treatment Plant (KÇMWTP) is constructed because of increasing water demand. After determination of system function and functional unit of water treatment system, data inventory analysis of plant was done for one year. The material usage, electricity consumption and transportation was normalized per 1 m³ of potable water. The system boundary of the plant includes main and sub treatment processes. The main processes in the plant are the screen, input/output pumps, aeration, ozonation, slow/rapid mixing, clarification, filtration, disinfection, reservoir and sludge transportation. The sub processes are chemical units, backwash water, blower, sludge pump unit and clarified water pump unit.

GaBi 7.3 software is applied as tool of life cycle assessment approach. The processes and flows are made up in GaBi 7.3 software depending on the system boundary of water treatment plant. LCA approach is the main guide while collecting required inputs and outputs of each process. GaBi 7.3 software is normalized all data entry and balances it. Environmental impact categories which are available in this software have acquired by the available methods. In this study, the Centre for Environmental Studies (CML 2001) method has been selected to evaluate the environmental effects and the results are interpreted according to the goal of study.

The impacts categories are evaluated by GaBi software in terms of Global Warming Potential (GWP), Acidification Potential (AP), Eutrophication Potential (EP), Ozone Layer Depletion Potential (ODP), Abiotic Depletion Potential (ADP elements), Abiotic Depletion Potential (ADP fossil), Freshwater Aquatic Ecotoxicity Potential (FAEP), Human Toxicity Potential (HTP), Marine Aquatic Ecotoxicity Potential (MAEP), Photochemical Ozone Creation Potential (POCP), Terrestrial Ecotoxicity Potential (TETP).

The environmental impacts of the investigated water treatment plant accordant to the literature values. The highest shares to GWP, EP, ADP Fossil, HTP, MAEP and TETP come from output pumps and input pumps. The main contribution to AP, FAEP and POCP is because of output pumps, input pumps, orifices and distribution unit. Moreover, distribution unite, orifices and disinfection are the significant share in OTP. The main contributor of ADP Element is the input pumps, output pumps and disinfection.

In this study, three environmental impact assessments which are KÇMWTP, KYBWTP and KWTP has been applied and those have been compared. The results have smarties and differences based on environmental impact categories. The similarities are due to more environmental impacts of the common treatment units which are output pumps, input pumps and ozonation. The differences are due to more environmental impacts of the uncommon treatment technologies which are the coagulation-flocculation and sedimentation.

The environmental impacts have compared with the one of the main water treatment plant in Istanbul and literature results. The reason of similarities and differences has been interpreted.

The results show that electricity consumption is the main reason of environmental impact. Kağıthane Water Treatment Plant has consumed the Turkey electricity source and impact assessment has been performed by that. Moreover, the environmental impacts have compared with a case study which is based on the consumption of European electricity source. All environmental impacts are more in case of European electricity source consumption except KIP.

1. GİRİŞ

Su dünyanın en önemli yaşamsal kaynaklarının başında gelir. En basit yapılı organizmadan gelişmiş yapıya kadar su tüm yaşamsal faaliyetler için gereklidir. Bu kapsamda onu korumak ve insanlara kullanılabilir şekilde sunmak çok önemlidir.

Günümüzde dünya nüfusunun %20'si yeterli suna sahip değilken 2050 yılında 9.4 milyar insan nüfusunun olması beklenmekte ve su sıkıntısı çekenlerin oranının %40'a yükselmesi öngörülmektedir (Akbaş, 2005). Bu öngörü ile suyun korunması ve insana sağlıklı bir şekilde sunulması önemlidir.

Sürdürülebilir çevre için su kaynaklarının yönetiminin önemli olduğu kadar kullanılan arıtma teknolojilerinin de çevre sürdürülebilirliğine katkı sağlaması önemlidir. Su arıtma yöntemlerinin çevre etki değerlendirmesi yapıp en çevre dostu yöntemlerin belirlenmesi suyun sürdürülebilirliği ve insana içilebilir su sunulması için gereklidir. Bu nedenle bu çalışmada Türkiye'deki büyük kapsamlı bir su arıtma tesisinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) yaklaşımıyla çevresel etki değerlendirmesi yapılacaktır.

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın temel amacı Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) yaklaşımıyla Türkiye'deki büyük kapsamlı bir su arıtma tesisinin çevre etki değerlendirmesinin yapılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda çevre etkileri YDD kapsamında kategorize edilecek ve her bir etki kategorisinin değerlendirilmesi yapılacaktır. En önemlisi de bu etki değerlerinin arıtmanın hangi aşamasında ortaya çıktığını belirlemek ve bu etki değerlerinin başka arıtma tesislerindeki yöntemlerle karşılaştırılması yapmak arıtma yönteminin verimliliğini değerlendirilmesidir. Bunun yanında oluşan etkilerin düşürülmesi için alternatif yöntemler sunmak bu çalışmanın amaçları arasındadır.

Bu çalışmada su arıtma tesisinin işletme aşamasındaki çevresel etki değerlendirmesi yapılmıştır. Bu kapsamda su elde edilirken operasyon aşamasındaki girdi ve çıktı bilgileri toplanmıştır. Bu bilgilerle 1 m³ su elde etmek için sisteme girdi ve çıktılar hesaplanmış ve 1 m³ arıtılan suyun çevresel etkisi değerlendirilmiştir. Yaşam döngüsü değerlendirmesinin temel çerçevesi olan ISO 14040 ve ISO 14044 standartlarına

uygunluğu dikkate alınarak incelenmiştir. Bunu yanında çevre etkileri CML 2001 metodu ile kategorize edilmiş ve değerdendirmesi bu metod kullanılarak yapılmıştır.

CML 2001 metodu bir yaşam döngüsü değerdendirme metodudur ve çevre etki değerdelerini 11 etki kategorisine ayırmıştır. Bu etki kategorilleri küresel ısınma, asitleşme, ötrofikasyon, ozon tabakası tüketimi, abiyotik element tüketimi, abiyotik fosil tüketimi, tatlısı sucullarının ekotoksisitesi, insan toksisitesi, deniz sucullarının ekotoksisitesi, fotokimyasal ozon oluşumu, karasal ekotoksisite potansiyeli olarak gruplandırılmıştır.



2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Su arıtma tesisi çevre etki değerlendirmesi, su ihtiyacı karşılanırken ortaya çıkabilecek çevresel etkileri ortaya koyup oluşabilecek etkilere alternatif yöntemler sunmak için yapılmaktadır. Arıtmanın yapılacağı suyun bulunduğu bölgenin jeolojik yapısı, iklim koşulları ve suyun karakterine göre farklı arıtma yöntemleri uygulanmaktadır. Uygulanan arıtma yöntemine göre çevresel etki değerlendirme sonuçlarında benzerlik ve farklılıklar gözlenmektedir.

2.1 Su Arıtma Teknolojileri

Suların arıtılmasında amaç 17.02.2005 tarihli ve 25730 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik”te belirtilen standartların sağlanmasıdır. Bu yönetmelik değerlerinin sağlanması amacıyla arıtma farklı arıtma prosesleri seçilebilir. Arıtma proseslerinin seçimine etki eden faktörler; ham suyun özellikleri, tesis yeri seçimi ve arıtma tesisisi yapılacak bölgenin sosyo ekonomik yapısı olarak sıralanabilir (Özcan, 2012).

Su, kokusuz, berrak, hastalık yapan mikroorganizma içermeme, sağlığa zararlı kimyasal madde buldurmama ve agrasif olmama gibi özelliklere sahip olmalıdır. Sunun istenen düzeye ulaşması için su sıcaklığının düşürülmesi/yükseltilmesi, renk bulanıklık, koku giderilmesi, mikroorganizma giderilmesi, demir ve mangan giderilmesi, amonyum giderilmesi, oksijen konsantrasyonunun yükseltilmesi, suya CO₂ verilmesi/giderilmesi, hidrojen sülfür/metan giderilmesi, asitlerden temizleme, su yumuşatma, suyun korozif özelliğinin kaldırılması, tuzluluğun giderilmesi, zararlı kimyasalların giderilmesi, nitrat giderilmesi ve klorlu halojenlerin giderilmesi gibi işlemler uygulanmaktadır (Çakmakçı, 2014).

Başlıca üç arıtma yöntemi bulunmaktadır;

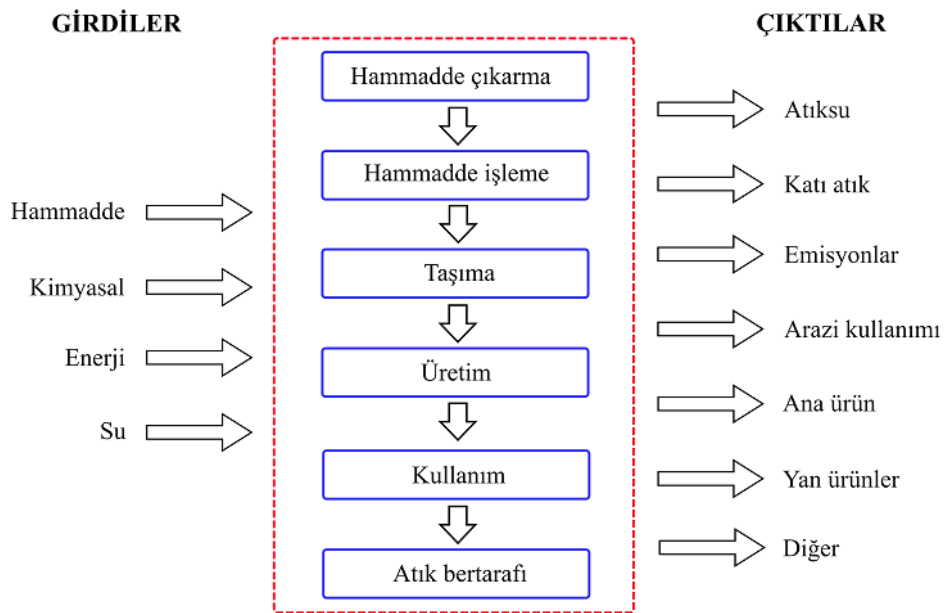
Fiziksel arıtma: Sudaki kirliliğin partikül büyüklüğüne, özgül ağırlığına ve vizkozite gibi fiziksel özelliklerine bağlı olduğu ve partikül büyüklüğü 10⁻² mm den büyük askıda ve yüzen katı maddeler için ızgara, çöktürme, filtrasyon ve gaz transferi uygulamaları yapılarak arıtılmasıdır.

Kimyasal arıtma: Arıtılacak suyun kimyasal özelliğinden faydalanarak koagülasyon, flokülasyon, çöktürme, hızlı filtre ve iyon değişimi yöntemleri ile sudaki partikül büyüklüğü 10^{-6} mm'den küçük askıda ve yüzen maddelerin giderilmesi sağlanmaktadır.

Biyolojik Arıtma: Çözülebilir ve kolloid organik kirleticileri gidermek amacıyla biyolojik filtrasyon gibi biyokimyasal yöntemlerin uygulanmasıdır. Partikül büyüklüğü 10^{-8} mm den küçük organik maddeler için kullanılmaktadır.

2.2 Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) Yaklaşımı

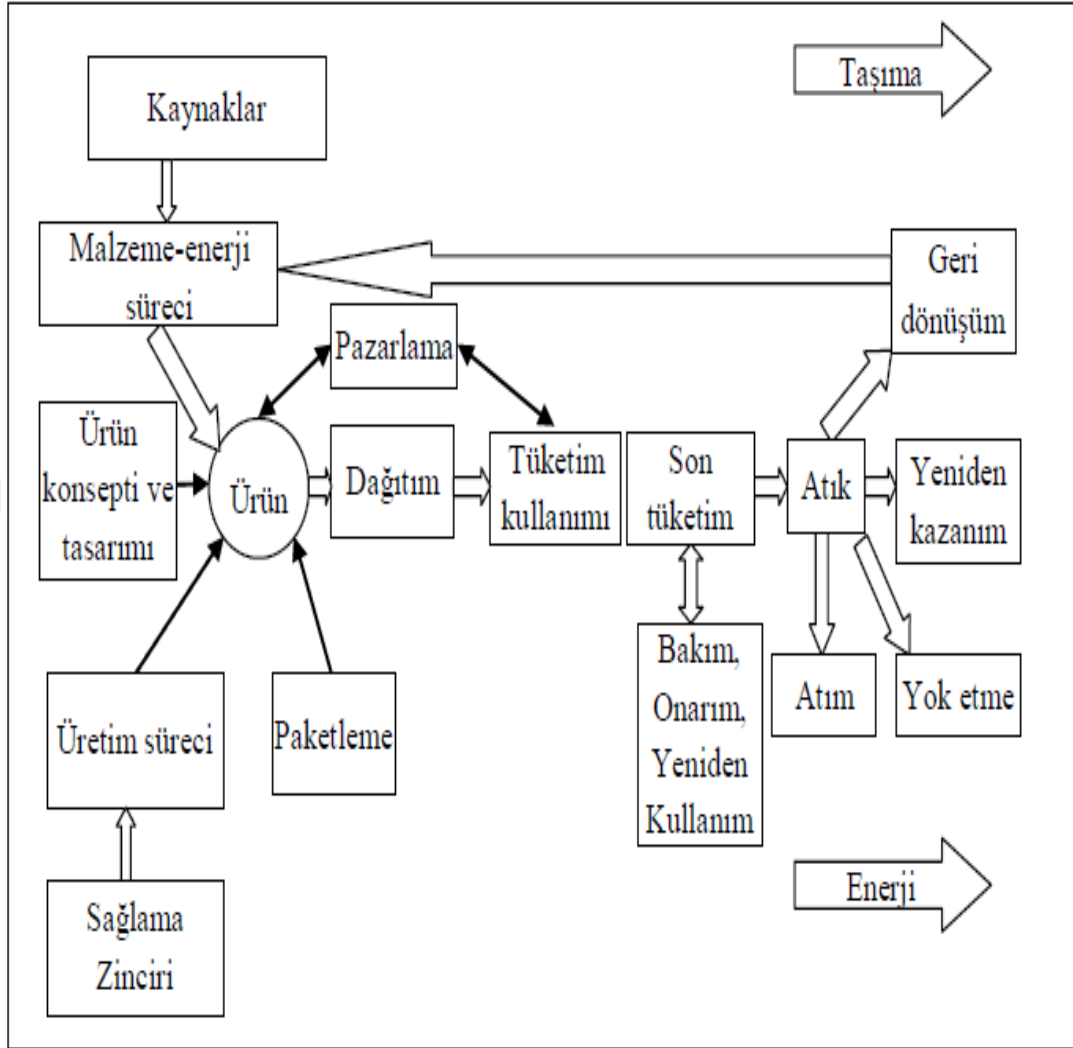
Yaşam döngüsü değerlendirme (YDD), ISO 14040 standartlarına göre endüstriyel sistemlerin “beşikten mezara” çevresel değerlendirmesini yapan bir metoddur (Barjoveanu, ve diğ.). YDD, beşikten mezara yaklaşımıyla bir ürünün üretimi sırasında kullanılan hammadde, imalat, dağıtım, kullanım, geri dönüşüm veya atık aşamalarında yani yaşam döngüsündeki tüm aşamalarda girdi ve çıktıların çevresel etkilerinin sistematik olarak değerlendirilmesini sağlayan bir araçtır. Şekil 2.1’de YDD aşamaları verilmiştir.



Şekil 2.1 : YDD Aşamaları (EPA, 2006).

Yaşam döngüsü değerlendirme (YDD), bir ürünün hammadde eldesinden üretimine, kullanımına, ömrünü tüketmesine varsa geri dönüşümüne veya bertaraf edilmesine

kadar, yaşam döngüsünde çevresel durumunu ve olası çevresel etkilerini irdeler. Şekil 2.2’de malzemelerin yaşam döngüsü süreçlerinin birbiriyle ilişkisi görülmektedir

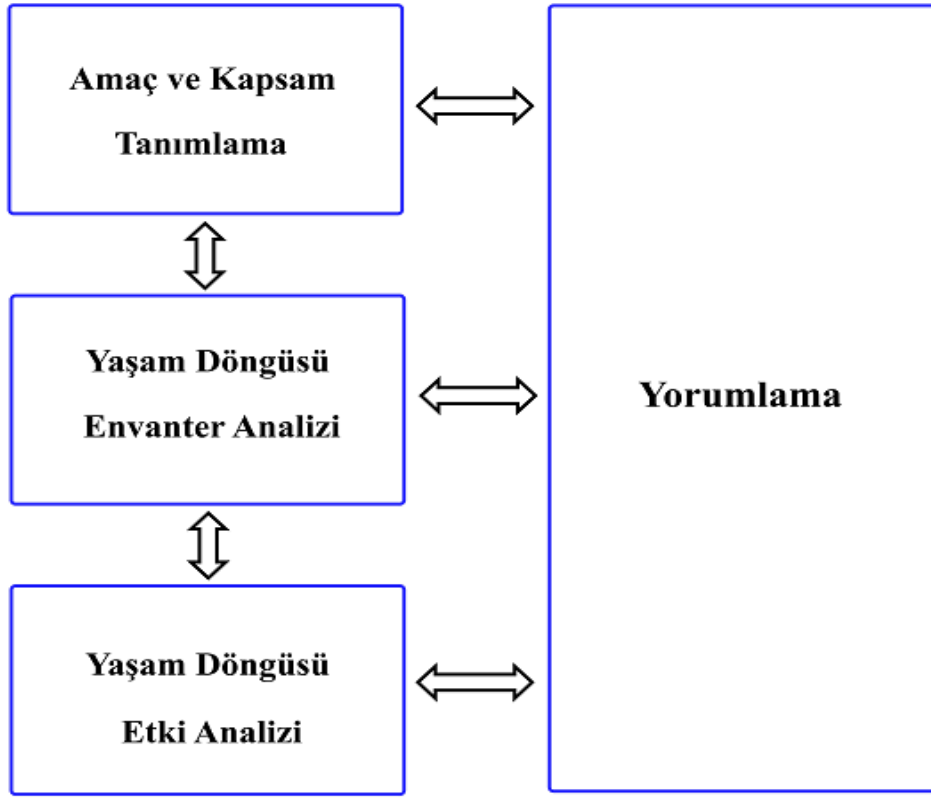


Şekil 2.2 : Bir ürünün şematik yaşam döngüsü (Bayraktar, 2010)

2.2.1 YDD çerçevesi

Mevcut durumda uygulanmakta olan standart dört aşamalı YDD yöntemi, Çevresel Toksikoloji ve Kimya Örgütü (SETAC) tarafından 1991 yılında tanımlanarak temel prensipleri ve çerçevesi ilk etapta ISO 14040:1997, ISO 14041:1999, ISO 14042:2000 ve ISO 14043:2000 ile standartlaştırılmış ve daha sonra ISO 14040:2006 ve ISO 14044:2006 ile güncellenerek değiştirilmiştir (SETAC, 1991).

Mevcut uygulamadaki standartlara göre YDD çerçevesi dört ana başlık altında toplanabilir. YDD çerçevesi Şekil 2.3’de görüldüğü gibi amaç ve kapsam belirleme, envanter analizi, etki analizi ve yorumlamadır.



Şekil 2.3 : ISO 14044 standartlarına göre YDD çerçevesi.

2.2.1.1 Amaç ve kapsam tanımlama

Bu aşamada; gerçekleştirilmesi planlanan YDD çalışmasının amacı, hedef kitlesi, temel değişkenleri, veri ihtiyacı, kısıtlamalar ve kullanılan varsayımlar tanımlanır. Çalışma kapsamını ve sonuçlarını tanımlayan en önemli iki öge a) sistem sınırları ve b) işlevsel birimdir. Sistem sınırları belirlenirken, analizde ürünün yaşam döngüsüne ait hangi aşamaların ve birim proseslerin yer alacağı, hangilerinin kapsam dışı bırakılacağı ve bunların gerekçeleri belirlenir. Bunların yanısıra, çalışmanın yer alacağı coğrafi bölge ve bölgedeki atık yönetimi, ulaşım gibi altyapı ile ilgili bilgiler ve çalışmanın zamansal sınırları tanımlanır (Tillman vd., 1993). İşlevsel birim ise incelenen sistemin birim fonksiyonunu ifade etmektedir ve açık, detaylı ve ürün veya sistemin temel işlevini yansıtacak şekilde ifade edilmelidir. Örneğin, biyoetanol ile benzin yakıtlarını kıyaslamak için gerçekleştirilecek YDA çalışmasının işlevsel birimi “orta ölçekli bir aracın 1 km mesafe kat etmesi” olarak tanımlanabilir. Çalışmadaki tüm envanter girdi-çıktıları ve analiz sonuçları bu işlevsel birim üzerinden ifade edilmektedir (Wiloso vd., 2012).

2.2.1.2 Yaşam döngüsü envanter analizi

Bu aşamada, incelenen sistemin sınırları dâhilinde enerji, su, hammadde girdileri ve açığa çıkan katı atık, atık su ve hava emisyonları belirlenir. Bu sırada, ürünün yaşam döngüsünde yer alan tüm birim proseslerine dair envanter bilgileri veri toplama formları aracılığıyla derlenir, hesaplanır, eksiklikler literatür taraması ve sektörel raporlar kullanılarak tamamlanır. Toplanan tüm veriler işlevsel birime göre yeniden düzenlenir ve böylece çevresel etkilerinin hesaplanması için hazır hale getirilmiş olur. Bu aşamanın her adımında veri kalitesinin ve doğruluğunun gözden geçirilmesi büyük önem taşımaktadır.

2.2.1.3 Yaşam döngüsü etki analizi

Bu aşamada, bir önceki aşamada toplanan ve derlenen envanter verileri kullanarak çevresel etki potansiyelleri hesaplanır. Etki analizi aşamasının zorunlu (sınıflandırma ve karakterizasyon) ve gönüllü (normalizasyon ve ağırlıklandırma) alt aşamaları ISO 14040:2006’da tanımlanmıştır.

Yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılacak ürüne veya hizmete göre normalizasyon yapılır. Ayakkabı üreten bir fabrika için bir ayakkabı üretimi başına girdi ve çıktılar normalize edilir. Değerlendime bir su arıtma tesisi için yapılacaksa 1 m³ arıtılan su başına girdi ve çıktılar normalize edilir.

Sınıflandırma aşamasında, ayrı ayrı olan envanter öğeleri, ilgili çevresel etki kategorilerine göre atanır. Örneğin, CO₂ emisyonları “Küresel ısınma” kategorisine konur. YDD çalışmalarında en sık kullanılan çevresel etki kategorileri, sırasıyla, asidifikasyon, ötrofikasyon, küresel ısınma, fotokimyasal ozon oluşumu, ozon tabakasının incilmesi, ekotoksisite, kanserojenik etki ve kaynak tüketimidir.

Karakterizasyon aşamasında, aynı çevresel soruna katkıda bulunan envanter öğeleri ilgili katsayılarla çarpılarak ortak birim üzerinden ifade edilir ve her çevresel etki kategorisi için kümelenmiş toplam etki hesaplanır. Örneğin, küresel ısınmaya yol açan CO₂, CH₄, N₂O emisyonlarının, ortak olarak kg CO₂ eşdeğeri üzerinden ifade edilerek küresel ısınma potansiyelinin hesaplanmasıdır.

ISO 14040’a göre çevresel etki kategorileri ve kateorinin etki noktaları ele alınarak incelenebilir. Kategori göstergeleri etki sınıflarının sonuçlarını; kategorilerin etki noktaları ise dikkat edilmesi ve önlem alınması gereken alanları ifade etmektedir.

Çizelge 2.1’de farklı kaynaklardan derlenen olası etki sınıfları ile bu etki kategorilerinin olası göstergelerini ve etki noktalarını ifade edilmektedir (Gültekin ve Çelebi, 2016).

Çizelge 2.1 : Etki kategorilerinin göstergeleri ve etki noktaları.

Etki Kategorisi	Kategori Göstergesi	Etki Noktaları
Küresel Isınma	Küresel ısınma, çölleşme, çeşitli hastalıklar	İnsan sağlığı, mercan kayaları, doğal bitki örtüsü, ormanlar, tarım ürünleri, sucul ve karasal canlılar
Stratosferdeki Ozon Tükenimi	Ozon tabakasının delinmesi, çeşitli hastalıklar	İnsan sağlığı, doğal bitki örtüsü, ormanlar, tarım ürünleri, insan cildi, sucul ve karasal canlılar
Asitleşme	Asit yağmurları, çeşitli hastalıklar	İnsan sağlığı, doğal bitki örtüsü, ormanlar, tarım ürünleri, sucul ve karasal canlılar, yapılar
Besin Birikimi	Sulardaki oksijenin azalması	İnsan sağlığı, sucul canlılar
İnsan Zehirlenmesi	Zihinsel bozukluk, kanser, sarılık, siroz, astım, alerji, böbrek yetmezliği, kemik deformasyonu, kemik erimesi	İnsan sağlığı
Ekolojik Zehirlenme	Bitki ve hayvan türlerinin tükenimi	İnsan sağlığı, mercan kayaları, doğal bitki örtüsü, ormanlar, tarım ürünleri, sucul ve karasal canlılar
Kaynak Tükenimi	Kuraklık, çölleşme, bitki ve hayvan türlerinin tükenimi	İnsan sağlığı, mercan kayaları, doğal bitki örtüsü, ormanlar, tarım ürünleri, sucul ve karasal canlılar
Fotokimyasal Oksit Oluşumu	Sis, çeşitli hastalıklar, bitki türlerinin tükenimi	İnsan sağlığı, doğal bitki örtüsü, ormanlar, tarım ürünleri
Kirlilik (Hava, Su, Toprak)	Bitki ve hayvan türlerinin tükenimi, çölleşme, çeşitli hastalıklar	İnsan sağlığı, doğal bitki örtüsü, ormanlar, tarım ürünleri, sucul ve karasal canlılar
Biyoçeşitliliğin Zarar Görmesi	Bitki ve hayvan türlerinin tükenimi	İnsan sağlığı, doğal bitki örtüsü

Normalizasyon aşamasında, farklı çevresel etki potansiyelleri, kabul görmüş normalizasyon yöntemleri kullanılarak ortak referans sistemine göre birimsiz hale getirilerek birbiri ile kıyaslanır.

Ağırlıklandırma aşamasında, normalizasyon sonuçları yine kabul görmüş ve her çevresel etki kategorisi için azaltım hedeflerine dayanan ağırlıklandırma yöntemlerinden biri kullanılarak katsayılarla çarpılır. Ağırlıklandırma, hangi çevresel etki potansiyelinin daha önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

2.2.1.4 Sonuçların yorumlanması

Bu aşamanın amacı, çalışmanın amaç ve kapsamı doğrultusunda hem envanter hem de çevresel etki analizi aşamalarının sonuçlarını yorumlayarak, incelenen sistem veya ürünle ilgili önemli çıkarımları ortaya koymak ve tavsiyeler sunmaktır (ISO, 2006a). Şekil 2.2’de YDD’nin diğer aşamaları arasında da çift yönlü okları görebiliyoruz; çalışmanın bir aşamasında elde edilen sonuçlara göre diğer aşamalarda gerekli değişiklikler yapılmaktadır. Örneğin, envanter analizinde toplanan veri miktarı ve kalitesi incelendikten sonra, çalışmanın kapsamı tekrar gözden geçirilerek, uygun görüldüğü takdirde daraltılabilir veya genişletilebilir.



3. MATERYAL VE METOT

3.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

3.1.1 Amaç

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’deki önemli su arıtma tesislerinden biri olan Kağıthane Su Arıtma Tesisi’nin çevresel etkilerini belirlemek ve çevresel etkilerinin azaltılması için yapılabilecek alternatifleri ortaya koymaktır. Bu amaçla Kağıthane Su Arıtma Tesisi’ni oluşturan her bir ünitenin girdi ve çıktıları Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) yaklaşımıyla incelenmiştir. Yaşam döngüsü değerlendirme alınan veriler GaBi 7.3 yazılımı ile analiz edilmektedir. Böylelikle, Kağıthane Su Arıtma Tesisi’nin çevresel etkileri ortaya konmuştur. Bu çalışmanın hedef kitlesi çevre mühendisleri, İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ), YDD ile ilgili çalışmalar yapan bilim insanları ve öğrencileridir.

3.1.2 Kapsam

3.1.2.1 Fonksiyonel birim

YDD çalışmalarında bir ürünün üretiminin çevresel etki değerlendirme yapılır. Bu çalışmada ise ürün sudur. Bu çalışmada, 1 m³ hacminde arıtılmış su için çevre etki değerlendirme yapılmıştır. Kullanılan kimyasallar, tüketilen elektrik ve üretilen çamur 1 m³ arıtılan su başına normalize edilmiştir.

3.1.2.2 Sistem sınırı

Kağıthane Su Arıtma Tesisi, YDD yaklaşımıyla kurulum, işletme ve kaldırma olmak üzere üç aşamada incelenmektedir. Arıtma tesisinin kurulum ve kaldırma aşamaları sistem sınırı içine dahil edilmemiş yalnızca ham su arıtımı yani işletme aşaması sistem sınırlarına dahil edilmiştir.

KSAT, kaba-ince ızgara, giriş suyu pompaları, havalandırma ünitesi, ozonlama ünitesi, Çelebi Mehmet Han Arıtma Tesisi, Yıldırım Bayezid Arıtma Tesisi, temiz su hazneleri ve çamur ünitesi olmak üzere ana ünitelerden oluşmaktadır.

Ozonlama sonrasında arıtılacak su Yıldırım Bayezid ve Çelebi Mehmet olmak üzere iki ayrı tesise gönderilir. Çelebi Mehmet Han Arıtma Tesisi; enerji kırma orifisleri,

hızlı-yavaş karıştırıcılar, çöktürme havuzu, Hızlı Kum filtreleri ile devredeyken Yıldırım Bayezid Han Su Arıtma Tesisi dağılım havuzu, degramont dekantörler, hızlı kum filtreleri, temiz su hazneleri olmak üzere ünitelerden oluşmaktadır. İki ayrı tesiste arıtılan su iki tesis için ortak temiz su haznelerine alınarak şebekeye pompalanmak üzere toplanır.

Giriş suyu pompaları, havalandırma ünitesi, ozon temas tankı temiz su hazneleri, çıkış suyu pompaları ve çamur ünitesi iki ayrı tesisin ortak ana üniteleridir.

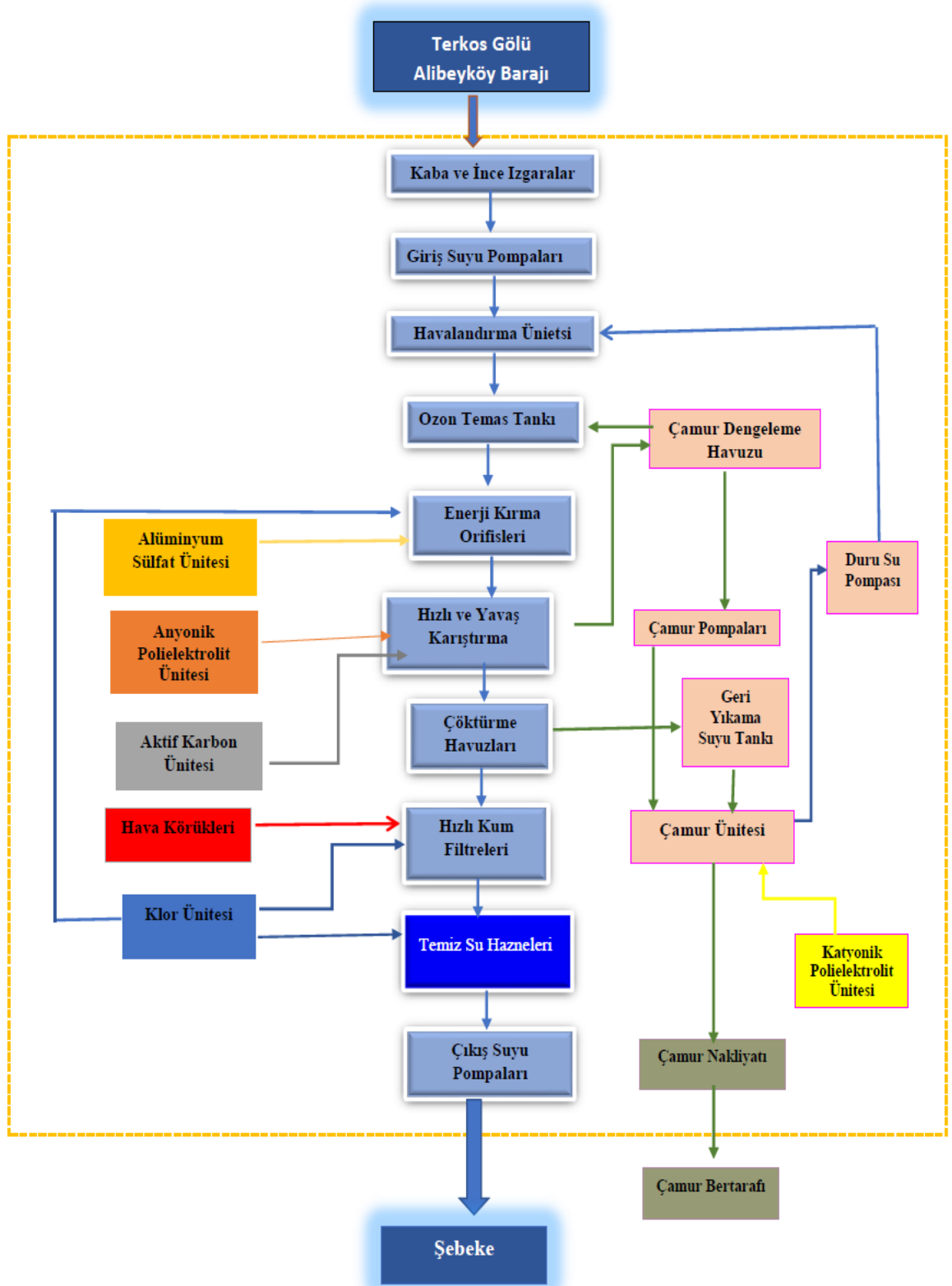
Alüminyum Sülfat Ünitesi, Klor Ünitesi, Aktif Karbon Ünitesi, Anyonik ve Katyonik Polielektrolit Ünitesi, hava körükleri, geri yıkama suyu ünitesi, duru su pompaları ve çamur pompaları her iki tesisin ortak ara üniteleridir. Ünitelerde kullanılan kimyasal maddelerin ve çamurun nakli de sistem sınırları içindedir.

Terkos gölü ve Alibey barajı olarak iki ayrı koldan gelen ham suyun tesise gelmeden önce ızgara ve pompalanmasından şebekeye kadar sistem sınırları içindeyken şebekeye verildikten sonraki aşamalar sisteme dahil edilmemiştir. Ayrıca, incelenen su arıtma tesisinde oluşan çamurun bertarafı için su arıtma tesisinden nakli, sistem sınırları içindeyken tesiste oluşan çamurun bertarafı sistem sınırları dışındadır. Kimyasal maddelerin tesise nakli ve tesiste solüsyonlarının hazırlanıp tesisin ana ünitelerine pompalanması da sistem sınırları içindedir.

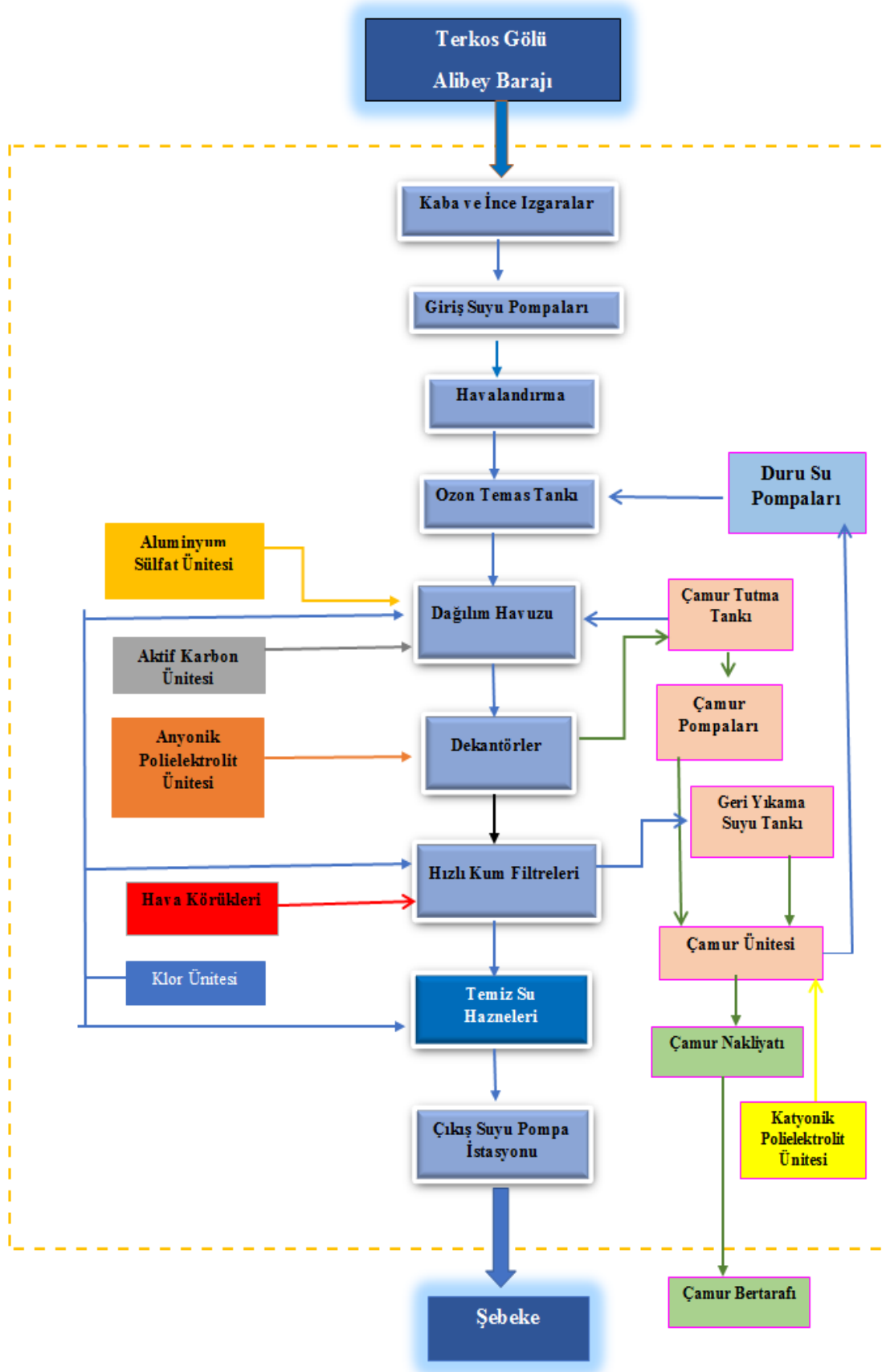
Bu çalışmada envanter çalışması, Türkiye'deki konvansiyonel bir su arıtma tesisinin işletme aşaması analiz edilerek yapılmıştır. Arıtma tesisi İstanbul'un Avrupa Yakasındaki Kağıthane ilçesindedir. Bilgiler sonbahar-kış döneminde toplanmıştır. Alınan bilgiler tesisteki tüm arıtma üniteleri bazında hesaplanarak yapılmıştır.

Bu çalışmada, yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılırken Kağıthane Su Arıtma Tesisi'nin Şekil 3.1, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'de görüldüğü gibi üç ayrı tesis olarak akım şeması çizilip sistem sınırları belirlenmiştir. 1 m³ arıtılan su başına normalize edilmiş girdi ve çıktılar, akım şemasına göre GaBi yazılımına girilerek çevresel etki değerleri elde edilmiştir.

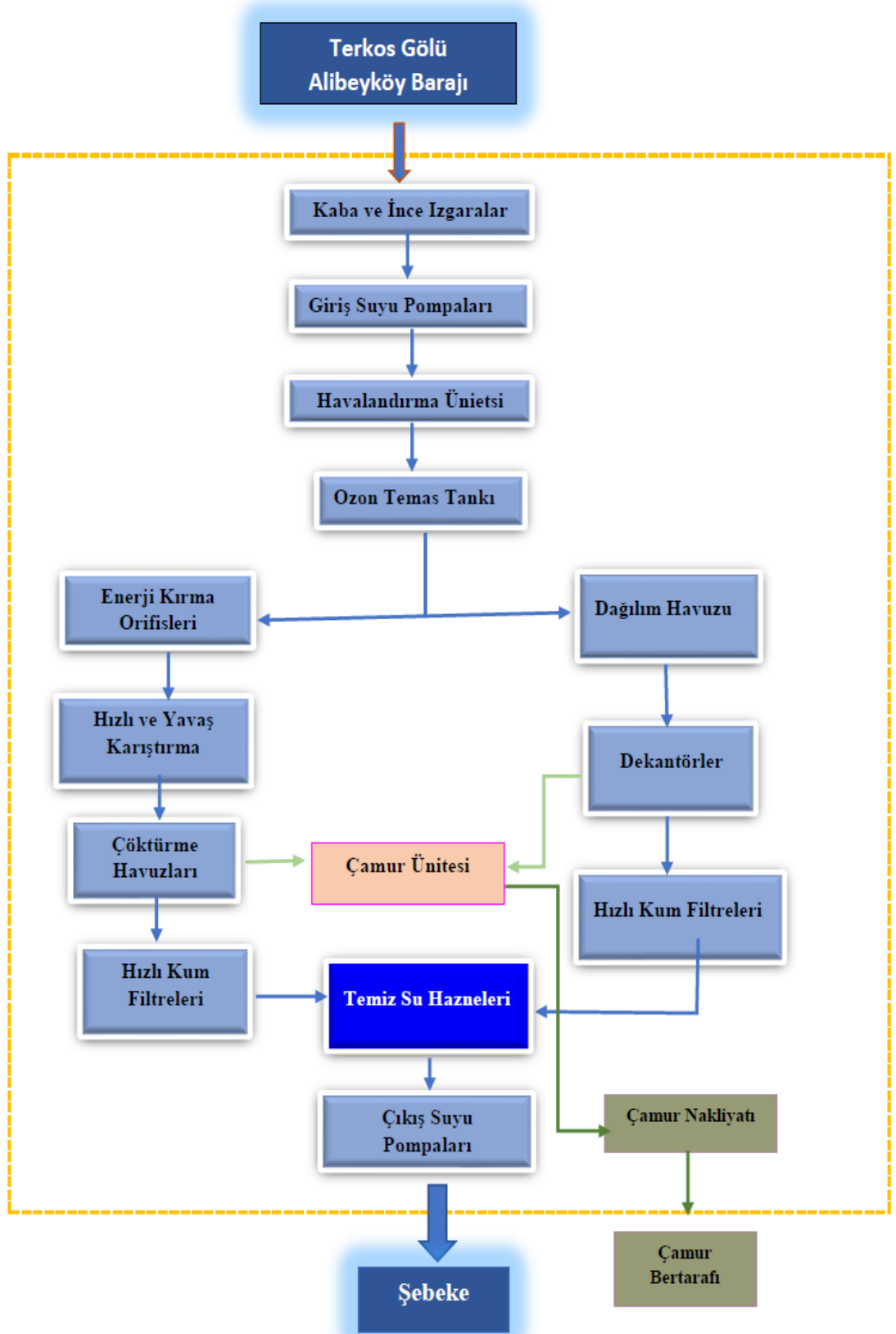
Şekil 3.3'de KSAT'nin ana ünitelerinin sistem sınırı verilmiş olup kimyasal madde üniteleri, hava körükleri, çamur pompaları, duru su pompaları ve geri yıkama suyu tankları da sistem sınırlarına dahildir.



Şekil 3.1 : KÇMSAT sistem sınırı.



Şekil 3.2 : KYBSAT sistem sınırı.



Şekil 3.3 : KSAT sistem sınırı.

3.2 Kullanılan Program

.Bu çalışmada yaşam döngüsü değerlendirmesi yapabilmek için GaBi 7.3 yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım Alman Thinkstep Şirketinin yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD) yapılabilmesi için yayınladığı yazılımın en son versiyonudur. GaBi Almancada kütle dengesi anlamına gelen “Ganzheitliche Bilanz” kelimelerin kısaltmasıdır. GaBi yazılımı ile yaşam döngüsü değerlendirmesi yaklaşımıyla sistem sınırları içinde çevre etki değerlendirmesi yapılabilmektedir. Çevre etki değerlendirme yanında ekonomik ve sosyal yönden de yaşam döngüsü değerlendirmesi bu program sayesinde yapılabilmektedir. Bu çalışmada elde edilen çevre etki değerleri GaBi yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır.

3.3 Envanter Analizi

Bilgiler, su arıtma tesisinden işletme aşaması için herbir ünitenin yıllık, aylık ve günlük girdi ve çıktıları olarak alınmış ve 1 m³ arıtılan su başına normalize edilerek GaBi programına girilmiştir. GaBi Programı ile hesaplanan bilgilerin analiz ve değerlendirmesi yapılmıştır. Su arıtma tesisinin her bir ünitesine girdi ve çıktıları girilmiştir. Girdiler ve çıktılar ünitelerden üniteye değişmekte olup girdiler elektrik, kimyasal maddeler, yakıt, nakliyat, ozon, hava ve su; çıktılar ise su, yan ürünler, çamur ve emisyonlardır.

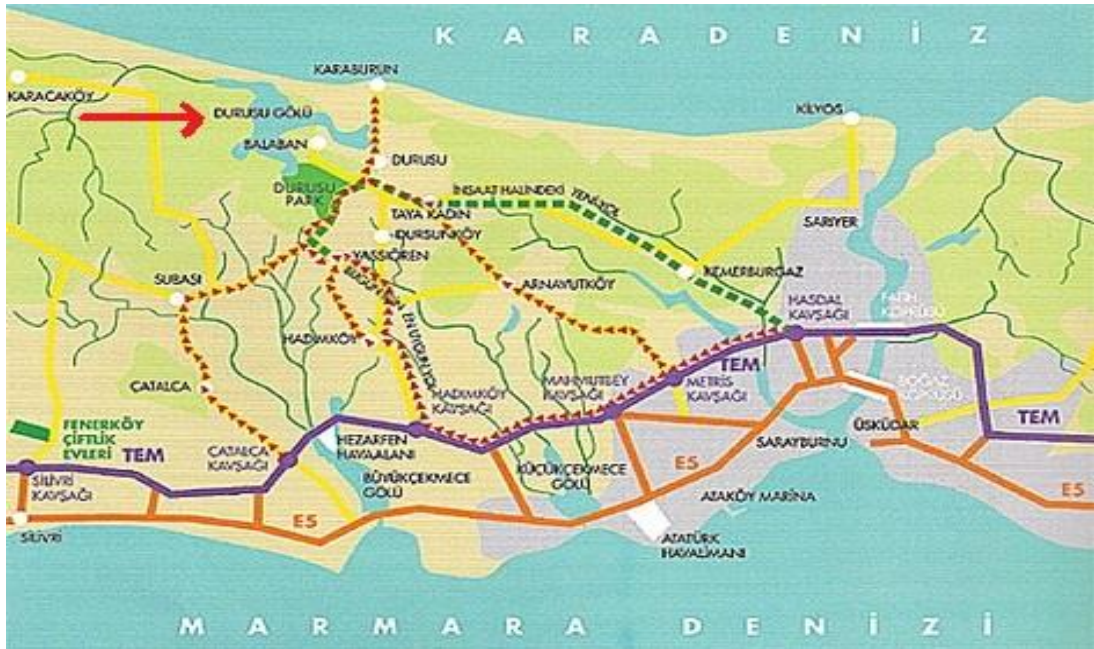
4. İNCELENEN SU KAYNAKLARI VE SU ARITMA TESİSİ

4.1 İncelenen Su Kaynakları

Kağıthane SAT'nin iki adet ham su kaynağı bulunmaktadır. Biri Terkos Gölü ve diğeri Alibey barajıdır. Temel su kaynağı Terkos Gölü yeni adıyla Durusu Gölüdür. Alibey Barajı Terkos gölünden alınan suyun biriktirilip tekrar tesise basıldığı su biriktirme haznesidir.

4.1.1 Terkos gölü

Terkos gölü İstanbul'un yaklaşık 40 km kuzeybatısında, 39 km² su alanı olup en derin yeri 11 metredir. Terkos Havzası; yaklaşık 736 km² alanı olan ve İstanbul'un tatlı su rezervinin yaklaşık %20'sine sahiptir. Yapılan analiz sonucuna göre toplam 21 adet parametrenin 17 adedi 1. sınıf, 2 adedi 2. sınıf, 2 adedi ise 3. sınıf çıkmıştır. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğine göre mevcut su kalitesinin 1. sınıf olduğu belirlenmiştir (İSKİ, 2016). Şekil 4.1'de Terkos Gölü ve Havzası görülmektedir.



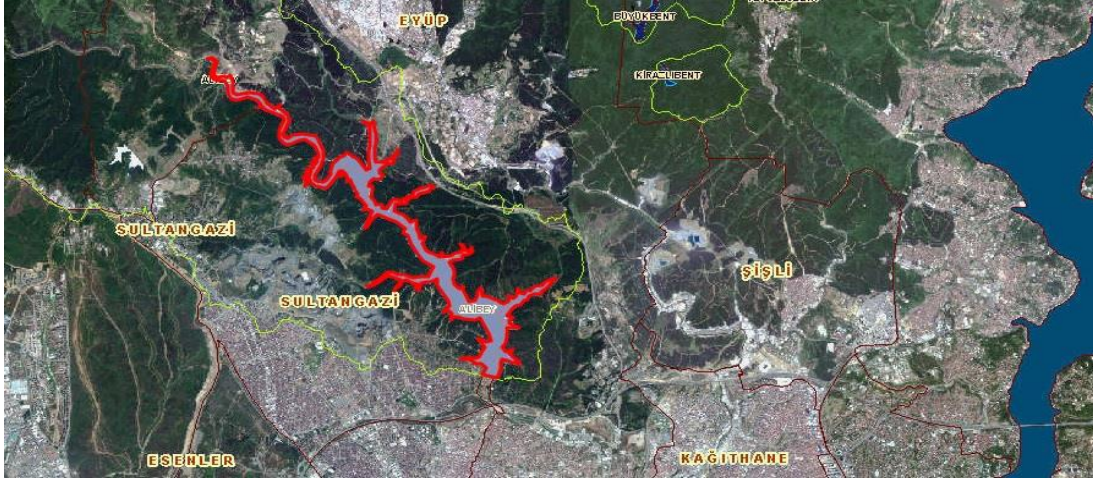
Şekil 4.1 : Terkos Gölü ve Havzası (Akbaş, 2005).

Terkos Gölünün yıllık su verimi 142,000,000 m³ olup İstanbul'a hizmet vermeye 1883 yılında başlamıştır (Akbaş,2005).

4.1.2 Alibey barajı

İstanbul il sınırları içinde çok sayıda dereden biri Alibeyköy Deresi 50 km uzunluğundadır. Kağıthane ilçesinde bu dere üzerinde Alibeyköy Barajı vardır ve yıllık verimi 36.000.000 m³ olan Alibey Barajı İstanbul'un su ihtiyacını karşılamak için 1972 yılında yapımı tamamlanmış ve faaliyete geçmiştir. İstanbul'un su ihtiyacınının %3.4'ünü karşılamaktadır (Akbaş, 2005).

Şekil 4.2'de görüldüğü gibi baraj yerleşim yerleri arasında kalmıştır ve bu durum su kaynağının kalitesini etkilemektedir.



Şekil 4.2 : Alibey Barajı havzası (Akbaş, 2005).

4.2 Kağıthane Su Arıtma Tesisi

İstanbullulara içme su ile sağlayan en önemli su arıtma tesislerinden biri Kağıthane Su Arıtma Tesisi'dir. Tesis iki ayrı koldan arıtma yapmakta olup kollarından biri Çelebi Mehmet Arıtma Tesisi ve diğeri ise Yıldırım Bayezid Arıtma Tesisi'dir.

İstanbul Kağıthane ilçesinin sınırında kurulu tesisine ham su Terkos gölü ve Alibey Barajlarından gelmektedir. Çelebi Mehme Tesisi 378.000 m³ ve Yıldırım Bayezid 1996 yılında artırılan kapasitesi ile 350.000 m³ olmak üzere tesis günde 728.000 m³ su arıtma kapasitesine sahiptir. Kağıthane Su Arıtma Tesisi; Kağıthane, Şişli, Mecidiyeköy, Beyoğlu, Beşiktaş, Sarıyer, Ayazağa, Maslak, Feriköy, Kasımpaşa,

Eyüp, Fatih, Gaziosmanpaşa, Bayrampaşa, Esenler Bölgelerinin bazı kısımlarına sağlıklı su sağlamaktadır (İSKİ, 2016).

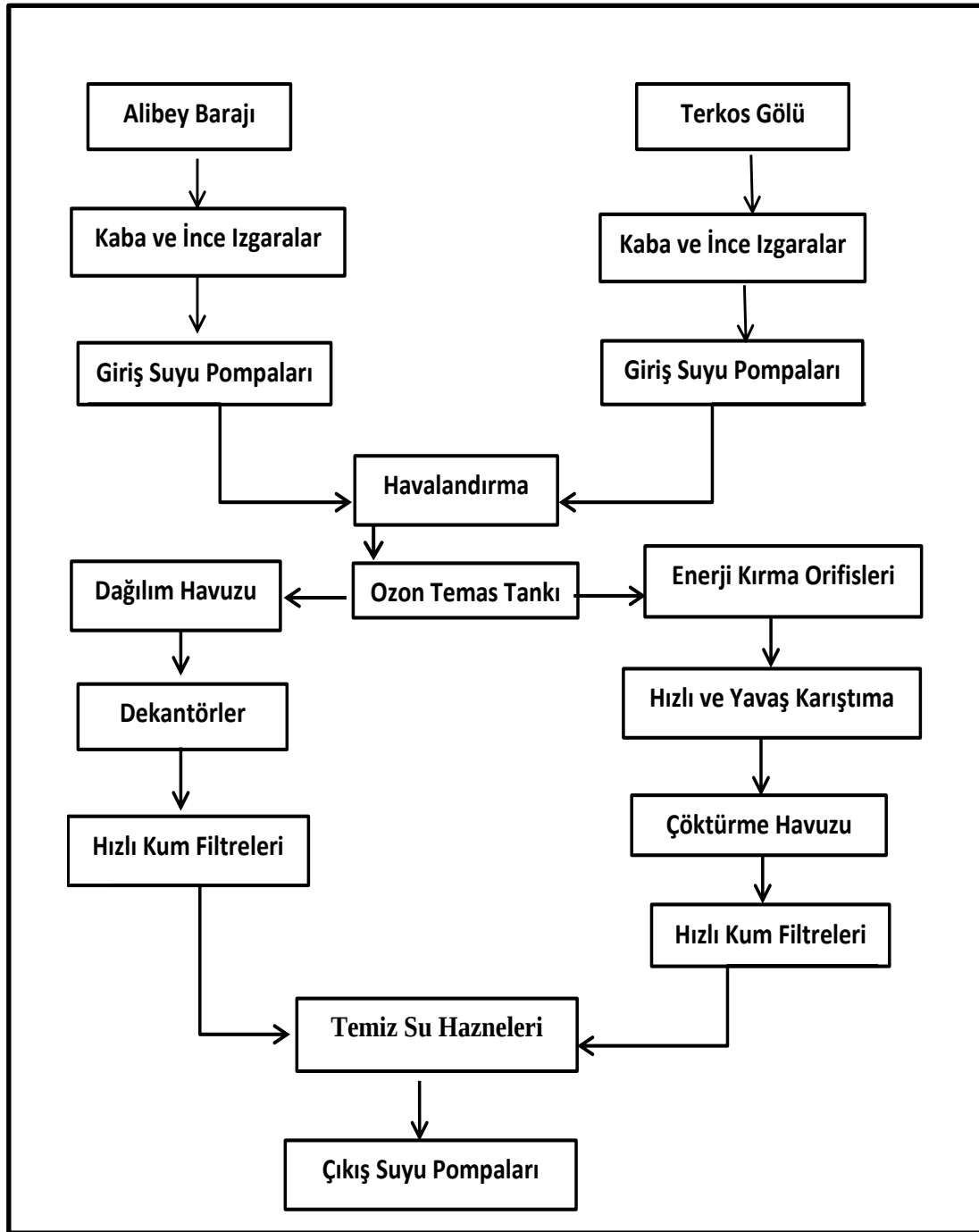
Kağıthane Su Arıtma Tesisi dokuz adet ana bölümden oluşmaktadır;

- Kaba ve ince ızgaralar
- Giriş suyu pompa istasyonu
- Havalandırma ünitesi
- Ön ozonlama üniteleri
- Çelebi Mehmet Han Su Arıtma Tesisi
- Yıldırım Bayezid Han Su Arıtma Tesisi
- Temiz Su Hazneleri
- Terfi merkezi (çıkış suyu pompaları)
- Çamur Ünitesi
- Kimyasal Maddeler Binası

Ozonlama ünitesinden sonra tesise gelen su iki ayrı kola ayrılıp Çelebi Mehmet (ÇM) ve Yıldırım Beyazid (YB) Su Arıtma Tesislerinde arıtma işlemlerinden geçirilip temiz su haznelerinde tekrar bir araya getirilmektedir. Kağıthane Çelebi Mehmet Su Arıtma Tesisi (KÇMSAT) ve Kağıthane Yıldırım Beyazid Su Arıtma Tesisi (KYBSAT) kendisine ait iç ünitelerden oluşmaktadır. KSAT, ana ünitelerin akım şeması, Şekil 4.4 'de verilmiştir.



Şekil 4.3 : Kağıthane su arıtma tesisi (KSAT).



Şekil 4.4 : Kağıthane Su Arıtma Tesisi'nin ana üniteleri.

4.2.1 Kaba ve ince ızgaralar

Terkos Gölü ve Alibey Barajı kaba ince ızgaralar hamsuyun sisteme giriş yaptığı ünitelerdir. Ham sudaki istenmeyen maddeleri sistem dışında tutmak amacıyla kullanılırlar. Kaba ızgaralar metal bar ızgaralar olup ince ızgaralar ise santrifüj pompalarla çalışmaktadır.

4.2.2 Giriş suyu pompa istasyonları

Kağıthane Su Arıtma Tesisleri Terkos Gölü'nden ve Alibey Barajı'ndan ham su almaktadır. Terkos Gölü'nden KSAT arasında suyun ulaşmasını sağlayan 5650 m³/saat debi ile 150 m'ye su basma kapasitesine sahip 7 adet pompa bulunmaktadır.

Pompadan sonra Ham suyun iletimini sağlayan üç iletim hattı sayesinde eski hat, 1000 mm'lik boru hattı ve Alibeyköy aktarma hattı ham suyun iletimi sağlanmaktadır (Akbaş, 2005).

Alibey barajında biriktirilen su tekrar buradaki pompalarla basılarak KSAT'a arıtılmak üzere iletilmektedir. 5400 m³/saat debi ile 89 m su basma kapasitesine sahip 6 adet pompa ile ham su KSAT'a ulaşmaktadır.

4.2.3 Havalandırma ünitesi

Terkos Gölü ve Alibey Barajından alınan ham suyun ortak bir kollektör aracılığı ile Kağıthane SAT'a ilk giriş yaptığı ünite havalandırma ünitesidir. Havalandırma havuzu 3 üniteden oluşmaktadır.

Havalandırma havuzunda tat, koku ve hidrojen sülfür gibi parametreler atmosfere verilerek giderilmektedir. Bunun yanında demir, mangan ve organik madde gibi parametreler havalandırılarak okside olmakta, ham suyun çözünmüş oksijen konsantrasyonu arttırılmakta ve arıtma tesisinin ozonlama ünitesine gönderilmektedir.



Şekil 4.5 : Havalandırma ünitesi.

4.2.4 Ozonlama ünitesi

Kağıthane SAT içinde kalan ikinci ünite ozonlama ünitesidir. Herbiri 12.5 kg /saat ozon üretim kapasitesine sahip 4 adet ozon jeneratörü bulunmaktadır.

Ozon üretimi atmosferden alınan havanın hava kompresörü, basınçlı hava tankı, hava kurutucular ve ozon jeneratörü gibi kademelerden geçirilmesiyle gerçekleşir. Üretilen ozon, ozon temas tankına tankın altındaki difüzörler aracılığıyla verilir.

Bu ünite hamsu içerisinde bulunan mikroorganizmalar giderilmekte, tat ve koku giderimi yapılmaktadır. Havalandırma ünitesinde oksitlenmeyen demir, mangan ve organik bileşikler oksitlenmektedir.

Ozon temas tankından sonra ozonlanmış su, Çelebi Mehmet (ÇM) ve Yıldırım Bayezid (YB) Arıtma tesisine iki ayrı koldan cazibe ile iletilir.



Şekil 4.6 : Ozon ünitesi.

4.2.5 Kağıthane Çelebi Mehmet su arıtma tesisi (KÇMSAT)

4.2.5.1 Giriş yapısı (enerji kırma orifisleri)

2200 mm'lik isale hattı ile cazibeyle giriş yapısına alınan suya ozon ünitesi çalışmadığı durumlarda ön klorlama yapılır ve su enerji kırma orifislerinden geçirilir. Giriş yapısı (Enerji kırma orifisleri) sayesinde suyun çalkantısız bir şekilde debi ölçümü yapıp Alüminyum Sülfat eklenip hızlı ve yavaş karıştırma ünitesine iletilir.

4.2.5.2 Hızlı ve yavaş karıştırma ünitesi

Hızlı karıştırma ünitesi 2 ünitelerden oluşup her bir ünite 147 m³ hacimden oluşmaktadır. Pozitif yüklü Alüminyum Sülfat bu üniteye negatif yüklü kolloidal maddeler ile

homojen bir şekilde borulardaki akış sayesinde karışıp yavaş karıştırma ünitesine iletilir.

Hızlı karıştırma ünitesinden gelen borulardaki akış sayesinde nötralize edilen kolloidal maddeler yavaş karıştırma ünitesinde yavaş karıştırılarak yumaklaşması sağlanır. 16 adet 471 m³ hacminde yavaş karıştırıcı odalarının herbirinde 2 adet çelik kafes tipinde yavaş karıştırıcı bulunmaktadır.

4.2.5.3 Çöktürme ünitesi

Yavaş karıştırma ünitesinde yumaklanmış koloidal maddelerin yoğunluk farkıyla sudan ayrıldığı ünedir. Bu ünite üç katlı ve üç adet birbirine bağlı çöktürme havuzu bulunmaktadır. Havuzların taban eğimi %6 dır ve tabanda biriken çamur sıyrıcılar sayesinde havuzdan uzaklaştırılmaktadır.

4.2.5.4 Filtrasyon ünitesi

Çöktürmeden sonra su klorlanır ve böylece mangan oksidasyonu sağlanıp klor yan ürünleri oluşumu engellenir.

KÇMSAT'ta 20 adet 1 m yükseklikte ve 0.8-1.25 mm çapında hızlı kum filtresi bulunmaktadır. Kumu askıda tutan ise çakıl ve çimento karışımı olan poroz betondur. Her filtrenin ortalama hızı 6 m/saattir. Tıkanan filtreler 20-24 saate bir yıkanır ve filtrelerin yıkama işlemi filtrelerden daha yüksek kotta bulunan hazneye doldurulan suyun filtrelerin tabanına cazibe ile verilmesi ile gerçekleşir. Böylece filtrelerin yıkama işlemi pompaların veriminden etkilenmez. Filtre yıkama işlemi 2 asil ve 1 yedek pompa ile gerçekleşirken 3 adet hava körükleri kullanılmaktadır. Şekil 4.7'de filtreler görülmektedir.



Şekil 4.7 : Hızlı kum filtreleri.

4.2.6 Kağıthane Yıldırım Beyazid su arıtma tesisi (KYBSAT)

4.2.6.1 Dağılım havuzu ve dekantörler

Ozonlama Ünitesinden gelen sular klorlandıktan sonra bu üniteye alüminyum sülfat eklenir. Üniteden dekantörlere iletilirken ise anyonik polielektrolit ilavesi yapılır.

Dağılım havuzuna klor her zaman değil ozonlama ünitesi çalışmadığı durumlarda eklenir.

Tesiste 7 adet dekantör bulunmaktadır. Dekantörlerde yumaklaştırma ve çöktürme işlemi gerçekleştirilirken durulan su hızlı kum filtrelerine iletilir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 : Dekantörler

4.2.6.2 Hızlı kum filtreleri

KYBSAT’de, 25 adet daha önceden olan sifonlu ve 12 adet sonradan eklenmiş azalan debili olmak üzere 37 adet hızlı kum filtresi bulunmaktadır. Sifonlu filtreler 4.5 m/saat hızla süzme işlemi yaparken azalan debili 6 m/ saattir. İki çeşit filtre de nozul tabakalıdır ve 1 m yüksekliğinde ve 0.8-1.25 mm çapında kumları bulunur.

4.2.7 Temiz su hazneleri

Temiz su hazneleri KSAT için ortak üniteye ve KÇMSAT ve KYBSAT’tan gelen arıtılmış su bu üniteye bir araya getirilir. Filtrelerden gelen sular klorlandıktan sonra üç farklı bölüme oluşan temiz su haznelerine gelmiş olur. Temiz su hazneleri 7000 m³, 15000 m³ ve 30000 m³ lük üç ayrı hazneden oluşmaktadır. Aynı zamanda

KYBSAT'ın hızlı kum filtrelerinden sonra 3000 m³'lük ayrı bir temiz su haznesi bulunmaktadır.

4.2.8 Terfi merkezi (çıkış suyu pompaları)

Toplam 55000 m³ olan temiz su haznelerindeki su yarısı cazibe ve diğer yarısı pompalar ile şebekeye verilmektedir. İki adet terfi merkezi bulunmaktadır. İlki altı adet 2759 m³/saat debili pompalardan oluşurken diğeri ise daha sonradan yapılmış dokuz adet pompadan oluşmaktadır.

4.2.9 Çamur ünitesi

KÇMSAT ve KYBSAT'ta oluşan çamur, çamur yoğunlaştırma havuzuna alınır. 14 m çapında ve 440 m³ hacminde 6 adet dairesel yoğunlaştırma havuzu sayesinde çamur susuzlaştırılır. Burada durulan sular ise tesisin ozon temas tankına tekrar ozonlanmak üzere geri döndürülür. Yoğunlaştırma havuzundaki çamur ise susulaştırmaya devam etmek için santrifüj ünitesine iletilir. Tesiste 35 m³/saat kapasiteli 3 adet santrifüj ünitesi bulunmaktadır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 : Çamur ünitesi.

4.2.10 Kimyasal maddeler binası

Kağıthane Su arıtma Tesisi'nde kimyasal maddeler bu üniteye depolanmaktadır. Su arıtımı için solüsyon veya gaz hale getirilip hazırlanması ve ana üniteye dozlanması da bu üniteye gerçekleşmektedir. Su arıtımı sırasında alüminyum sülfat, klor, aktif karbon, anyonik polielektrolit ve katyonik polielektrolit kullanılmaktadır.

4.2.10.1 Dezenfeksiyon (klor ünitesi)

Dezenfeksiyon için klor gazı kullanılmaktadır. Klor ünitesi klor tankları salonu, evaporatör ünitesi ve klor cihazları odasından oluşmaktadır.

Klor tankları salonu $8.5 \times 18 \text{ m}^2$ boyutunda, 1 ton kapasiteli olup 24 adet klor tankından oluşmaktadır. Klor tanklarından alınan sıvı klor evaporatörlerde ısıtılarak buharlaştırılır. Gaz halindeki klor KÇMSAT ve KYBSAT'ın ham su giriş yapısı, filtre öncesi ve tesis çıkışına dozlanır.

4.2.10.2 Alüminyum sülfat ünitesi

Tesiste 3 adet alüminyum sülfat hazırlama tankı bulunmakta olup burada hazırlanan alüminyum sülfat KÇMSAT'ın enerji kırma orifislerine ve KYBSAT'ın dağılım havuzuna dozaj pompaları vasıtasıyla dozlanır.

4.2.10.3 Aktif karbon ünitesi

Katı halde bulunan aktif karbon su ile karıştırılıp solüsyon haline getirilerek KÇMSAT'ın hızlı karıştırma ünitesine ve KYBSAT'ın dağılım havuzuna dozaj pompaları vasıtasıyla dozlanır.

4.2.10.4 Anyonik polielektrolit ünitesi

Katı haldeki polielektrolit karıştırma tankında su ile karıştırılarak solüsyon haline getirilir ve dozaj pompaları vasıtasıyla KÇMSAT'ın yavaş karıştırma ünitesine ve KYBSAT'ın dağılım havuzunun çıkışına dozlanır.

4.2.10.5 Katyonik polielektrolit ünitesi

Katı haldeki polielektrolit karıştırma tankında su ile karıştırılarak solüsyon haline getirilir ve KSAT'ın çamur ünitesine dozaj pompaları vasıtasıyla dozlanır.

4.3 KSAT Arıtılan Suyun Parametreleri

Kağıthane Su Arıtma Tesisi'nde arıtılan su, Türkiye'deki su kalite standartlarına uymak şartıyla şebekeye pompalanır. Standartlara uygun şekilde şebekeye pompalanan su, İstanbul Avrupa Yakası için önemli su kaynaklarından. Çizelge 4.1'de KSAT'nin su kalite ana parametreleri ve ortalama parametre değerleri verilmiştir. Bu değerlerin standartlara uygunluğu, Kağıthane Su Arıtma Tesisi içindeki laboratuvarlarda ölçülmektedir.

Çizelge 4.1 : KSAT su kalite parametreleri (İSKİ,2016).

Parametre	Birim	Ortalama Su Kalite Parametreleri
Bulanıklık	NTU	0.2
pH	-	7
Renk	mg Pt-Co /L	2.5
Sertlik	mg CaCO ₃ / L	145
Serbest klor	mg Cl ₂ / L	1.3
Koliform Bakteri	EMS/L	0
Klorür	mg/L	142
Toplam Çözünmüş Madde	mg/L	328
Bromat	µg/L	≤4
Florür	mg/L	0.05
Civa	mg/L	0
Sülfat	mg/L	52



5. MODELLEME SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

Bu bölümde, elektrik tüketimi ve çevre etki parametreleri KÇMSAT, KYBSAT ve KSAT'ta olmak üzere üç başlık altında incelenmiştir.

5.1 Elektrik Tüketimi

Kağıthane Su Arıtma Tesis (KSAT), elektrik tüketim dağılımı için 3 adet çalışma yapılmıştır. İlk çalışma Kağıthane Çelebi Mehmet Su Arıtma Tesis (KÇASAT) üniteleri için, ikincisi Kağıthane Yıldırım Bayezid Su Arıtma Tesis (KYBSAT) üniteleri için diğeri ise Kağıthane tüm üniteleri için yapılan elektrik tüketim çalışmalarıdır. Elektrik tüketimi 2017 yılı için aylık ve yıllık tüketilen ünitelerin elektrik tüketiminin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Elektrik tüketimi çalışmasına sadece elektrik tüketimi yapan üniteler eklenmiştir. Bu üniteler dışındaki ünitelerde elektrik tüketilmemektedir.

Elektrik tüketim miktarının yaşam döngüsü değerlendirmeleri etki kategorileri üzerinde büyük bir katkıya sahiptir. Bu sebeple çevre etki değerleri üzerinde değerlendirme yaparken üzerinde durulması gereken bir girdi olarak kabul edilmelidir.

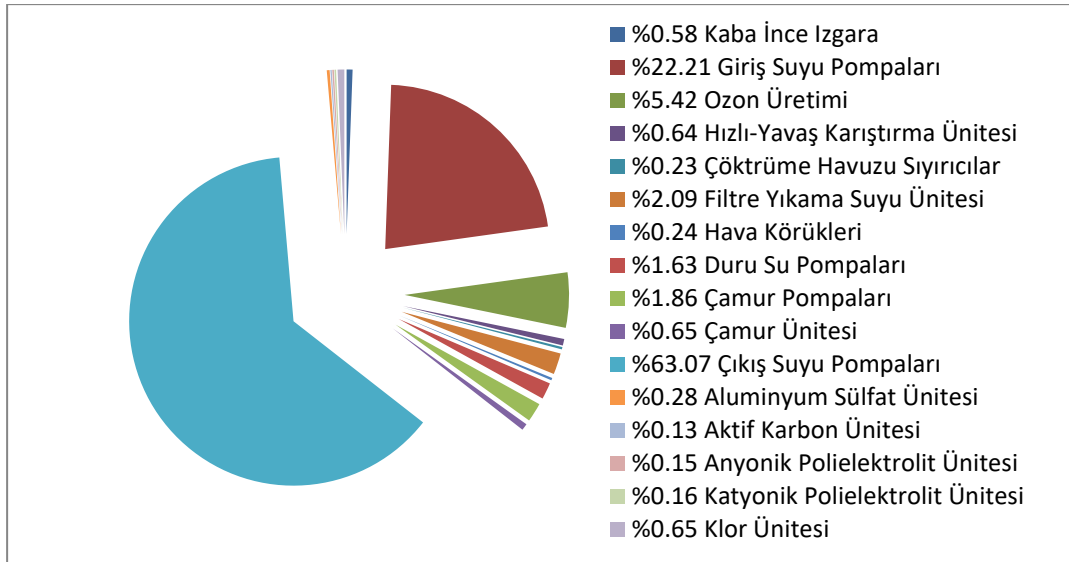
5.1.1 KÇMSAT elektrik tüketimi

Şekil 5.1'de görüldüğü gibi elektrik tüketimi en fazla giriş suyu pompaları, çıkış suyu pompaları ve ozon üretiminde görülmektedir. Giriş ve çıkış suyu pompaları en fazla güce sahip ve aynı zamanda en fazla yükseklikli su gönderen pompalardır.

Aynı zamanda giriş suyu pompaları KSAT alanı içinde değil Terkos Gölü ve Alibey Barajı'ndadır.

Kağıthane ÇMSAT 'ın elektrik tüketimi yaklaşık olarak 0.76 kWh/ m^3 dır. Elektrik tüketimin yaklaşık % 85'i i giriş ve çıkış suyu pompalarından kaynaklanmaktadır. 0.17 kWh/ m^3 giriş suyu pompası ve 0.48 kWh/m^3 çıkış suyu ile toplam elektrik tüketiminin yaklaşık 0.65 kWh/m^3 'lük kısmı giriş ve çıkış suyundan kaynaklanmaktadır.

Şekil 5.1 ve Çizelge 5.1'de KÇMSAT elektrik tüketen üniteleri ve ünitelerin elektrik tüketim dağılımları verilmiştir.

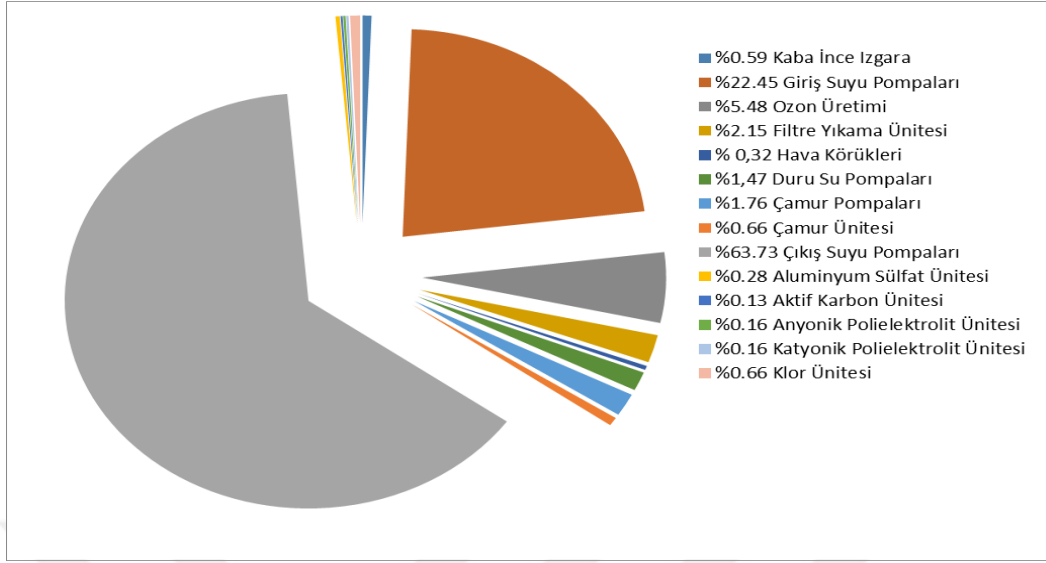


Şekil 5.1 : KÇMSAT ünitelerin elektrik tüketim yüzdesi dağılımı.

Çizelge 5.1 : KÇMSAT elektirk tüketim dağılımı.

Proses	Elektrik Tüketimi (kWh/ m ³)	Elektrik Tüketim Yüzdesi (%)
Kaba İnce Izgara	4.4×10^{-3}	0.58
Giriş Suyu Pompaları	1.68×10^{-1}	22.21
Ozon Üretimi	4.1×10^{-2}	5.42
Hızlı-Yavaş Karıştırma Ünitesi	4.86×10^{-3}	0.64
Çökürme Havuzu Sıyırıcılar	1.73×10^{-3}	0.23
Filtre Yıkama Suyu Ünitesi	1.58×10^{-2}	2.09
Hava Körükleri	1.8×10^{-3}	0.24
Duru Su Pompaları	1.23×10^{-2}	1.63
Çamur Pompaları	1.41×10^{-2}	1.86
Çamur Ünitesi	4.92×10^{-3}	0.65
Çıkış Suyu Pompaları	4.77×10^{-1}	63.07
Alüminyum Sülfat Ünitesi	2.1×10^{-3}	0.28
Aktif Karbon Ünitesi	1.0×10^{-3}	0.13
Anyonik Polielektrolit Ünitesi	1.17×10^{-3}	0.15
Katyonik Polielektrolit Ünitesi	1.2×10^{-3}	0.16
Klor Ünitesi	4.95×10^{-3}	0.65
Toplam	7.56×10^{-1}	100

5.1.2 KYBSAT ünitelerinin elektrik tüketimi



Şekil 5.2 : KYBSAT ünitelerin elektrik tüketim yüzdesi dağılımı.

Çizelge 5.2 : KYBSAT ünitelerin elektrik dağılımı.

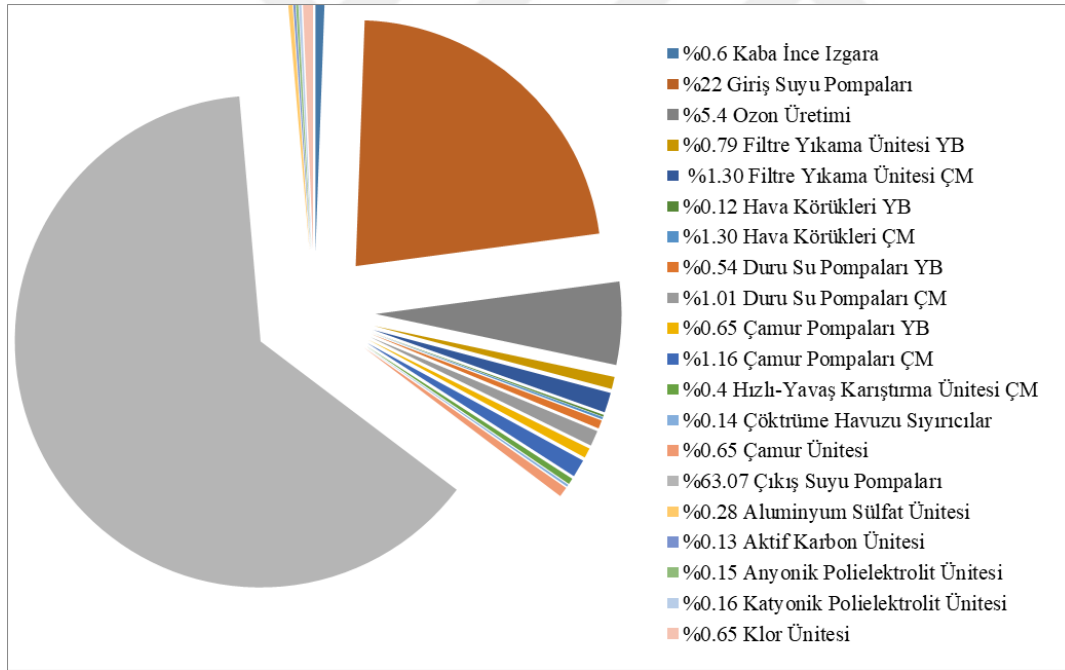
Proses	Elektrik Tüketimi (kWh/ m ³)	Elektrik Tüketim Yüzdesi %
Kaba ve İnce Izgaralar	4.4×10^{-3}	0.59
Giriş Suyu Pompaları	1.68×10^{-1}	22.45
Ozon Üretimi	4.1×10^{-2}	5.48
Filtre Yıkama Ünitesi	1.61×10^{-2}	2.15
Hava Körükleri	2.4×10^{-3}	0.32
Duru Su Pompaları	1.1×10^{-2}	1.47
Çamur Pompaları	1.32×10^{-2}	1.76
Çamur Ünitesi	4.92×10^{-3}	0.66
Çıkış Suyu Pompaları	4.77×10^{-1}	63.73
Alüminyum Sülfat Ünitesi	2.1×10^{-3}	0.28
Aktif Karbon Ünitesi	1.0×10^{-3}	0.13
Anyonik Polielektrolit Ünitesi	1.17×10^{-3}	0.16
Katyonik Polielektrolit Ünitesi	1.2×10^{-3}	0.16
Klor Ünitesi	4.95×10^{-3}	0.66
Toplam	7.48×10^{-1}	100

KYBSAT'nin elektrik tüketimi gerçekleştiren ünitelerinin en fazla etki yüzdesine sahip olanı Şeki 5.2'de görüldüğü gibi giriş suyu pompaları, çıkış suyu pompaları ve ozon üretiminden kaynaklanmaktadır.

Kağıthane YBSAT elektrik tüketimi yaklaşık olarak 0.75 kWh/ m^3 tür. Bu sonuç KÇMSAT ile benzeridir. Aynı çıkmasının sebebi iki tesisin ortak ünitelerinden kaynaklanmaktadır. Giriş suyu ve çıkış suyu pompaları ortaktır ve %86'lık elektrik tüketimi giriş ve çıkış suyu pompalarından kaynaklanmaktadır.

5.1.3 KSAT ünitelerin elektrik tüketimi

Kağıthane Su Arıtma Tesisi (KSAT) üniteleri elektrik tüketimi olarak incelendiğinde Şekil 5.3'te görüldüğü gibi tüm ünitelerin toplamına oranla %85 elektrik tüketim yüzdesine sahiptir. Ozon üretimi için harcanan elektrik ise %5 civarındadır. Bu değerler KÇMSAT ve KYBSAT ünitelerinin elektrik tüketimi ile yaklaşık sonuçlar vermiştir.



Şekil 5.3 : Kağıthane tüm ünitelerin elektrik tüketim yüzdesi.

KSAT üniteleri toplam elektrik tüketimi toplamı Çizelge 5.3'te görüldüğü gibi 0.76 kWh/ m^3 tür. Giriş suyu pompaları ve çıkış suyu pompaları sırasıyla 0.17 kWh/ m^3 ve 0.48 kWh/ m^3 değerlere sahip olup 0.65 kWh/ m^3 değere sahiptir. Bu değerler KÇMSAT ve YBSAT ile aynı değerler olup aynı olmasının sebebi ortak üniteler olmasıdır.

Giriş suyu pompaları ve çıkış suyu pompalarında gücü yüksek pompalardır ve tesisteki diğer pompalara göre yüksek seviyeler su basılmaktadır.

Çizelge 5.3 : KSAT tüm ünitelerin elektrik dağılımı.

Proses	Elektrik Tüketimi (kWh/ m³)	Elektrik Tüketim Yüzdesi %
Kaba ve İnce Izgaralar	4.4×10^{-3}	0.58
Giriş Suyu Pompaları	1.68×10^{-1}	22.11
Ozon Üretimi	4.1×10^{-2}	5.39
Filtre Yıkama Ünitesi YB	6.04×10^{-3}	0.79
Filtre Yıkama Ünitesi ÇM	9.88×10^{-3}	1.30
Hava Körukleri YB	9.00E-04	0.12
Hava Körukleri ÇM	1.13×10^{-3}	0.15
Duru Su Pompaları YB	4.13×10^{-3}	0.54
Duru Su Pompaları ÇM	7.69×10^{-3}	1.01
Çamur Pompaları YB	4.95×10^{-3}	0.65
Çamur Pompaları YB	8.81×10^{-3}	1.16
Hızlı ve Yavaş Karıştırma	3.04×10^{-3}	0.40
Çöktürme Havuzu Sıyırıcılar	1.08×10^{-3}	0.14
Çamur Ünitesi	4.92×10^{-3}	0.65
Çıkış Suyu Pompaları	4.77×10^{-1}	62.76
Alüminyum Sülfat Ünitesi	2.1×10^{-3}	0.28
Aktif Karbon Ünitesi	1.0×10^{-3}	0.13
Anyonik Polielektrolit Ünitesi	1.17×10^{-3}	0.15
Katyonik Polielektrolit Ünitesi	1.2×10^{-3}	0.16
Klor Ünitesi	4.95×10^{-3}	0.65
Toplam	7.6×10^{-1}	100

Büyükçekmece Su Arıtma Tesisi (BSAT)'ta ise giriş suyu ve çıkış suyu pompaları sırasıyla %22.4 ve %62.5 elektrik tüketim yüzdesiyle toplamda yaklaşık %85'i elektrik tüketim yüzdesine sahiptir. Bu sonuçlar KSAT ile benzer sonuçlar vermiştir.

Giriş ve çıkış suyu pompalarında elektrik kullanımı yüzdeleri toplamı genellikle tüm ünitelere oranla %93-95 arasında bir değere kadar ulaşmaktadır. Sadece çıkış suyu pompalarının % 65 elektrik tüketim yüzdesi olabilmektedir. %40 ve %59 gibi çıkış suyu pompaları elektrik tüketim değeri de bulunmaktadır (Racoviceanu ve diğ, 2007). KSAT'de de çıkış suyu pompalarının elektrik tüketim yüzdesi %63 olup giriş suyu ve çıkış suyu toplamda % 85 elektrik tüketim oranına sahiptir.

Su arıtma tesislerinde elektrik tüketimi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Sunun kaynağın kalitesi ve arıtma tesisine uzaklığı ve kot farkı, tesiste kullanılan

arıtma yöntemleri ve istenilen su kalite parametreleri arıtma tesislerini çeşitlendirmekte ve bu sebeple elektrik tüketim miktarını değiştirmektedir.

Çizelge 5.4'te farklı arıtma yöntemleri kullanımında elektrik tüketimi miktarlarındaki karşılaştırma verilmektedir. Elektrik tüketimindeki değişim sadece arıtma yöntemine bağlı olmayıp aynı zamanda bölgenin topografik yapısına da bağlıdır. Konvansiyonel bir su arıtma tesisinin elektrik tüketimi topografik yapıdaki farklılıklara göre 0.05 kWh/m³ ile 1.0 kWh/m³ arasında değer alabilir (Vince ve diğ., 2008). Konvansiyonel bir su arıtma tesisi olan KSAT'ın elektrik tüketimi de bu değer aralığındadır.

Çizelge 5.4 : Farklı SATlar'da elektrik tüketiminin karşılaştırılması.

SAT Arıtma Yöntemi	Elektrik Tüketimi (kWh/ m³)	Kaynak
Konvansiyonel	0.76	KSAT
Konvansiyonel	0.57	Zyara, 2017(BSAT)
Konvansiyonel	1.67-2.07	Zine ve diğ, 2013
Konvansiyonel	0.40	Biswas ve diğ.,2016
Konvansiyonel	0.58	Friedrich ve diğ, 2002
Membran	0.72	Friedrich ve diğ, 2002
Ters Osmoz	4.9	Vince ve diğ.,2008
Ultrafiltrasyon	0.8	Vince ve diğ.,2008
Ters Osmoz	3.4	Goga, 2016
Konvansiyonel	0.55-0.6	Racoviceanu ve diğ, 2007

5.2 Su Kullanımı

Kağıthane Su Arıtma Tesisi (KSAT)'nin her bir ünitesine giren ve ünitesinden çıkan su miktarı mevsime ve kağınağın su kalitesine göre değişebilmektedir. KSAT'ın Terkos Gölü ve Alibey Barajı olmak üzere iki adet ham su kaynağı bulunmaktadır. Alibey Barajı'ndan alınan ham suyun oranı Terkos gölüne oranla %10 u geçmemektedir. Bu oran aydan aya değişiklik göstermekte olup KSAT'ın temel ham

su kaynağı Terkos Gölü olarak kabul edilebilir. Su tüketim değeri 2017 yılının güz dönemi baz alınarak hazırlanmış olup alınan bilgiler tüm yıllar karşılaştırılarak hesap yapılmıştır.

Arıtım sırasında su bir üniteden diğerine geçerken buharlaşma ve sızıntılardan kayba uğramaktadır. Fakat bu kayıplar YDD kapsamında etki değerlendirmelerinde hesaba katılmamıştır. Bunun yanında kimyasal madde hazırlanması, kullanımı ve taşınması sırasında kullanılan su miktarı bilgi eksikliği sebebiyle ihmal edilmiştir. YDD yaklaşımıyla sisteme giren su miktarı ile sistemden çıkan su miktarı eşit olarak alınmıştır.

5.3 Kullanılan Kimyasal Maddelerin Nakliyatı

Kimyasal maddeler tesise nakli sırasında çevresel etkilere yol açmaktadır. Böylece arıtma tesisinde kullanılan kimyasal maddelerin tesise geliş şekli ve mesafesi çevre etki etki değerlendirme için önemli olup kimyasal madde ünitesine girdi olarak YDD sistem sınırları içine dahil edilmektedir. Çizelge 5.5'te KSAT'ta kullanılan kimyasalların çevre etki değerine sebep olan tesise nakliyatının envanter bilgisi verilmiştir.

Çizelge 5.5 : Kimyasal maddelerin kaynak bilgisi ve nakli.

Kimyasallar	Sağlayıcı Firma	Üretici veya İthalatçı	Üretim Yeri	Yaklaşık Uzaklık (km)	Nakliyat Şekli
Klor	Koruma Tarım	Üretici	İzmit (Kocaeli)	100	Kamyon
Alüminyum Sülfat	Hicri Ercirli	Üretici	Bandırma	250	Kamyon
Anyonik ve Katyonik Polielektrolit	Abacı Kimya	İthalatçı	ABD	8090+45	Gemi+ Kamyon
			İspanya	2746+45	Gemi+ Kamyon
			Çin	7072+45	Gemi+ Kamyon
			İtalya	1464	Kamyon
Aktif Karbon	İdeal Arıtma	İthalatçı	ABD	9677+45	Gemi+ Kamyon
			Hollanda	2759	Kamyon

5.4 KSAT'nin Yaşam Döngüsü Envanteri

Bu çalışmada bilgi toplama Kağıthane Su Arıtma Tesisi çalışanları ile birlikte yapılmıştır. Bilgiler, KSAT işletim aşamasındayken aylık ve yıllık olarak 2017 yılının sonbaharında alınmıştır.

Veriler, tesisin ünitelerinde kullanılan kimyasal madde çeşitleri, miktarları ve tesise nakli, enerji miktarı, tesise gelen suyun debisi, oluşan çamur miktarı, nakli ve ünitelerin çalışma saatleri şeklinde toplanmış ve birimleri Çizelge 5.6'te görüldüğü Kağıthane Su Arıtma Tesisi'nden alınan envanterler 1 m³ arıtılan su için hesaplanarak normalize edilmiştir. Bu değerler kullanılarak, etki kategorilerinde 1 m³ arıtılan su başına etki değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 5.6 : KSAT'tan toplanan envanterler.

Kategori	Açıklama
Su Birimi	Her bir arıtma ünitesi için (m ³)
Kimyasal Maddeler	Kimyasal madde konsantrasyonu (kg/ m ³)
Enerji	Birim su hami başına elektrik tüketimi (kWh/ m ³)
Çamur	Birim su hacmi başına düşen çamur kütlesi (kg/ m ³)
Nakliyat	Birim su hacmi başına kütle ve mesafe (kgkm/ m ³)
Çalışma Saati	24 saat boyunca sürekli çalışan üniteler ve farklı saat aralıklarında çalışan ünitelerden oluşmaktadır.

Veriler normalize edildikten sonra KÇMSAT, KYBSAT ve KSAT akım şemasına göre tüm ünitelerde ayrı ayrı kullanılan miktarları girdi olarak yazılmış ve yine ünitelerden çıkan maddeler ve arıtılan su miktarları çıktı olarak düzenlenmiştir.

Kağıthane Su Arıtma Tesisi ünitelerinin 1 m³ arıtılan su başına kullanılan maddeler ve enerji miktarları tesisin ana üniteleri ve ara üniteleri olarak iki ayrı çizelgede gösterilmiştir. (Çizelge 5.7, Çizelge 5.8, Çizelge 5.9 ve Çizelge 5.10, Çizelge 5.11, Çizelge 5.12)

Çizelge 5.7 : KÇMSAT ana ünitelerin girdi ve çıktıları.

Ünite	Girdi	Çıktı	Değer	Birim
Kaba ve İnce Izgara	Göl Suyu	-	1	m ³
	Elektrik	-	4.4×10 ⁻³	kWh/m ³
		Göl Suyu	1	m ³
Giriş Suyu Pompaları	Göl Suyu	-	1	m ³
	Elektrik	-	1.68×10 ⁻¹	kWh/m ³
		Göl Suyu	1	m ³
		-	1	m ³
Havalandırma	Göl Suyu	Aritılan Su	1	m ³
Ozon Temas Tankı	Aritılan Su	-	1	m ³
	Ozon	-	2.0×10 ⁻³	kg/m ³
	Çamur Ünitesiden gelen su	-	0.045	m ³
		Aritılan Su	1.045	m ³
Enerji Kırma Orifisleri	Aritılan Su	-	1.045	m ³
	Klor	-	0.6×10 ⁻³	kg/m ³
	Alüminyum Sülfat	-	0.066	kg/m ³
	Geri Yıkama Suyu	-	0.015	m ³
	-	Aritılan Su	1.06	m ³
Hızlı ve Yavaş Karıştırma	Aritılan Su	-	1.06	m ³
	A. Polielektrolit	-	1.9×10 ⁻⁴	kg/m ³
	Aktif Karbon	-	0.001	kg/m ³
	Elektrik	-	0.00486	kWh/m ³
	-	Aritılan Su	1.06	m ³
Çöktürme Havuzları	Aritılan Su	-	1.06	m ³
	Elektrik	-	1.7×10 ⁻³	kWh/m ³
		Çamur	0.063	kg/m ³
		Çamurdaki Su	0.015	m ³
		Aritılan Su	1.045	m ³
Hızlı Kum Filtreleri	Aritılan Su	-	1.045	m ³
	Klor	-	1.6×10 ⁻³	kg/m ³
	Yıkama Suyu	-	0.045	m ³
	Sıkıştırılmış Hava	-	0.18	Nm ³
		Geri yıkama suyu	0.045	m ³
		Aritılan Su	1	m ³
Temiz Su Depoları	Aritılan Su	-	1	m ³
	Klor	-	1.3×10 ⁻³	kg/m ³
		Aritılmış Su	1	m ³
Çıkış Suyu Pompaları	Aritılmış Su	-	1	m ³
	Elektrik	-	4.8×10 ⁻¹	kWh/m ³
		Aritılmış Su	1	m ³

Çizelge 5.8 : KÇMSAT ara ünitelerin girdi ve çıktıları.

Ünite	Girdi	Çıktı	Değer	Birim
Ozon Üretimi	Hava	-	0.081	Nm ³
	Elektrik	-	0.041	kWh/m ³
	-	Ozon	2.0×10 ⁻³	kg/m ³
Alüminyum Sulfat	Alüminyum Sulfat	-	0.066	m ³
	Elektrik	-	0.0021	kWh/m ³
	Transfer	-	1.21	kgkm/m ³
	-	Alüminyum Sulfat	0.066	m ³
Aktif Karbon	Aktif Karbon	-	0.001	kg/m ³
	Elektrik	-	0.001	kWh/m ³
	Nakliyat	-	10.2	kgkm/m ³
	-	Aktif Karbon	0.001	kg/m ³
Anyonik Polielektrolit	A. Polielektrolit	-	1.9×10 ⁻⁴	kg/m ³
	Elektrik	-	1.77×10 ⁻³	kWh/m ³
	Nakliyat	-	1.33	kgkm/m ³
	-	A. Polielektrolit	1.9×10 ⁻⁴	kg/m ³
Katyonik Polielektrolit	K. Polielektrolit	-	3.0×10 ⁻³	kg/m ³
	Elektrik	-	3.0×10 ⁻³	kWh/m ³
	Nakliyat	-	2.1	kgkm/m ³
	-	K. Polielektrolit	0.3×10 ⁻³	kg/m ³
Klor	Toplam Klor	-	3.5×10 ⁻³	kg/m ³
	Elektrik	-	4.95×10 ⁻³	kWh/m ³
	Nakliyat	-	0.41	kgkm/m ³
	-	Ön klor	0.6×10 ⁻³	kg/m ³
	-	Filtre Öncesi Klor	1.6×10 ⁻³	kg/m ³
	-	Son Klor	1.3×10 ⁻³	kg/m ³
Hava Körükleri	Hava	-	0.18	Nm ³
	Elektrik	-	1.8×10 ⁻³	kWh/m ³
	-	Sıkıştırılmış Hava	0.18	Nm ³
Filtre Yıkama	Yıkama Suyu	-	4.5×10 ⁻²	m ³
	Elektrik	-	1.58×10 ⁻²	kWh/m ³
	-	Geri Yıkama Suyu	4.5×10 ⁻²	m ³
Dengeleme Havuzu	Çamur	-	0.063	kg/m ³
	-	Geri Dönen Su	0.015	m ³
	-	Çamur	0.063	kg/m ³
Geri Yıkama Suyu Tankı	Geri Yıkama Suyu	-	0.045	kg/m ³
	-	Geri Yıkama Suyu	0.045	kg/m ³
Çamur Ünitesi	Geri Yıkama Suyu	-	0.045	m ³
	Geri Yıkama Çamur	-	0.087	kg/m ³
	Çöktürmeden Çamur	-	0.063	kg/m ³
	K. Polielektrolit	-	3.0×10 ⁻⁴	kg/m ³
	Elektrik	-	4.92×10 ⁻³	kg/m ³
	-	Geri Dönen Su	0.045	m ³
Çamur Transferi	-	Toplam Çamur	0.015	kg/m ³
	Çamur	-	0.15	kg/m ³
	Dizel	-	2.43×10 ⁻⁴	kg/m ³
	-	Çamur	0.15	kg/m ³
Çamur Uzaklaştırma	Çamur	-	0.15	kg/m ³

Çizelge 5.9 : KYBSAT ana ünitelerin girdi ve çıktıları.

Ünite	Girdi	Çıktı	Değer	Birim
Kaba ve İnce Izgara	Göl Suyu	-	1	m ³
	Elektrik	-	4.4×10 ⁻³	kWh/m ³
	-	Göl Suyu	1	m ³
Giriş Suyu Pompaları	Göl Suyu	-	1	m ³
	Elektrik	-	0.168	kWh/m ³
	-	Göl Suyu	1	m ³
Havalandırma	Göl Suyu	-	1	m ³
	-	Aritılan Su	1	m ³
Ozon Temas Tankı	Aritılan Su	-	1	m ³
	Ozon	-	2.03×10 ⁻³	kg/m ³
	Çamur ünitesinden Su	-	6.0×10 ⁻²	m ³
	-	Aritılan Su	1.060	m ³
Dağılım Havuzu	Aritılan Su	-	1.060	m ³
	Klor	-	0.6×10 ⁻³	kg/m ³
	Alüminyum Sülfat	-	0.066	kg/m ³
	Aktif Karbon	-	1.0×10 ⁻³	kg/m ³
	Çamur Tutmadan Su	-	0.010	m ³
	-	Aritılan Su	1.070	m ³
Dekantörler	Aritılan Su	-	1.070	m ³
	A. Polielektrolit	-	1.9×10 ⁻⁴	kg/m ³
	-	Çamur	0.072	kg/m ³
	-	Çamurlu Su	0.010	m ³
	-	Aritılan Su	1.060	m ³
Hızlı Kum Filtreleri	Aritılan Su	-	1.060	m ³
	Klor	-	1.6×10 ⁻³	kg/m ³
	Geri Yıkama Suyu	-	0.045	m ³
	Sıkıştırılmış Hava	-	0.21	Nm ³
	-	Geri Y.Suyu	0.060	m ³
	-	Aritılan Su	1	m ³
Temiz Su Hazneleri	Aritılan Su	-	1	m ³
	Klor	-	1.7×10 ⁻³	kg/m ³
	-	Temiz Su	1	m ³
Çıkış Suyu Pompaları	Temiz Su	-	1	m ³
	Elektrik	-	0.477	kWh/m ³
	-	Temiz Su	1	m ³

Çizelge 5.10 : KYBSAT ara ünitelerin girdi ve çıktıları

Yöntem	Girdi	Çıktı	Değer	Birim
Ozon Üretimi	Hava	-	8.1×10^{-2}	Nm ³
	Elektrik	-	4.1×10^{-2}	kWh/m ³
	-	Ozon	2.03×10^{-3}	kg/m ³
Alüminyum Sülfat	Alüminyum Sülfat	-	6.6×10^{-2}	m ³
	Elektrik	-	2.1×10^{-3}	kWh/m ³
	Nakliyat	-	1.21	kgkm/m ³
	-	A. Sülfat	6.6×10^{-2}	m ³
Aktif Karbon	Aktif Karbon	-	0.001	kg/m ³
	Elektrik	-	0.001	kWh/m ³
	Nakliyat	-	10.2	kgkm/m ³
	-	Aktif Karbon	0.001	kg/m ³
Anyonik Polielektrolit	A. Polielektrolit	-	1.9×10^{-4}	kg/m ³
	Elektrik	-	0.00177	kWh/m ³
	Nakliyat	-	1.33	kgkm/m ³
	-	A. Polielektrolit	1.9×10^{-4}	kg/m ³
Katyonik Polielektrolit	K. Polielektrolit	-	3×10^{-3}	kg/m ³
	Elektrik	-	1.2×10^{-3}	kWh/m ³
	Nakliyat	-	2.1	kgkm/m ³
	-	K. Polielektrolit	3.0×10^{-4}	kg/m ³
Klor	Toplam Klor	-	3.5×10^{-3}	kg/m ³
	Elektrik	-	4.95×10^{-3}	kWh/m ³
	Nakliyat	-	0.41	kgkm/m ³
	-	Ön klor	0.6×10^{-3}	kg/m ³
	-	Filtreye Klor	1.6×10^{-3}	kg/m ³
	-	Son Klor	1.3×10^{-3}	kg/m ³
	-	-	-	-
Hava Körükleri	Hava	-	0.21	Nm ³
	Elektrik	-	0.0024	kWh/m ³
	-	Hava	0.21	Nm ³
Filtre Yıkama	Geri Yıkama Suyu	-	0.045	m ³
	Elektrik	-	0.0161	kWh/m ³
	-	Geri Y. Suyu	0.045	m ³
Dengeleme Havuzu	Çamur	-	0.063	kg/m ³
	-	Geri Dönen Su	0.015	m ³
	-	Çamur	0.063	kg/m ³
Geri Yıkama Suyu Tankı	Geri Yıkama Suyu	-	0.045	m ³
	-	Geri Y. Suyu	0.045	m ³
	Geri Yıkama Suyu	-	0.045	m ³
Çamur ünitesi	Geri Y. Gelen	-	-	-
	Çamur	-	0.087	kg/m ³
	Çöktürmeden gelen	-	-	-
	Çamur	-	0.063	kg/m ³
	K. Polielektrolit	-	3.0×10^{-4}	kg/m ³
	Elektrik	-	4.92×10^{-3}	kWh/m ³
	-	Geri Dönen Su	0.045	m ³
Çamur Transferi	-	Toplam Çamur	0.15	kg/m ³
	Çamur	-	0.15	kg/m ³
	Dizel	-	2.43×10^{-4}	kg/m ³
Çamur Uzaklaştırma	-	Çamur	0.15	kg/m ³
	Çamur	-	0.15	kg/m ³

Çizelge 5.11 : KSAT ana ünitelerin girdi ve çıktıları.

Ünite	Girdi	Çıktı	Değer	Birim
Kaba ve İnce Izgara	Göl Suyu	-	1	m ³
	Elektrik	-	4.4×10 ⁻³	kWh/m ³
		Göl Suyu	1	m ³
Giriş Suyu Pompaları	Göl Suyu	-	1	m ³
	Elektrik	-	1.68×10 ⁻¹	kWh/m ³
		Göl Suyu	1	m ³
Havalandırma	Göl Suyu	-	1	m ³
		Aritılan Su	1	m ³
Ozon Temas Tankı	Aritılan Su	-	1	m ³
	Ozon	-	2.03×10 ⁻³	kg/m ³
	Çamurdan gelen Su	-	0.045	m ³
		Aritılan Su	1.045	m ³
Enerji Kırma Orifisleri-ÇM	Aritılan Su	-	0.653	m ³
	Klor	-	3.75×10 ⁻⁴	kg/m ³
	Alüminyum Sülfat	-	4.13×10 ⁻²	kg/m ³
	Geri Yıkama Suyu	-	9.3×10 ⁻³	m ³
	Tankından gelen Su	-	0.663	m ³
		Aritılmış Su	0.663	m ³
Dağılım Havuzu-YB	Aritılan Su	-	0.398	m ³
	Klor	-	0.6×10 ⁻³	kg/m ³
	Alüminyum Sülfat	-	0.066	kg/m ³
	Aktif Karbon	-	1.0×10 ⁻³	kg/m ³
	Çamur Tutmadan Su	-	0.010	m ³
		Aritılan Su	0.40	m ³
		Aritılmış Su	0.66	m ³
Hızlı ve Yavaş Karıştırma-ÇM	A. Polielektrolit	-	1.19×10 ⁻⁴	kg/m ³
	Aktif Karbon	-	3.8×10 ⁻⁴	kg/m ³
	Elektrik	-	3.01×10 ⁻³	kWh/m ³
		Aritılan Su	0.66	m ³
		Aritılmış Su	0.663	m ³
Çöktürme Havuzları-ÇM	Aritılan Su	-	0.663	m ³
	Elektrik	-	1.08×10 ⁻³	kWh/m ³
		Çamur	0.04	kg/m ³
		Çamurlu Su	9.38×10 ⁻³	m ³
		Aritılan Su	0.653	m ³
		Aritılmış Su	0.40	m ³
Dekantörler- YB	A. Polielektrolit	-	7.1×10 ⁻⁵	kg/m ³
	-	Çamur	0.027	kg/m ³
	-	Çamurlu Su	3.75×10 ⁻³	m ³
	-	Aritılan Su	0.398	m ³
	-	Aritılmış Su	0.398	m ³

Çizelge 5.12 : KSAT ana ünitelerin girdi ve çıktıları (devamı).

Ünite	Girdi	Çıktı	Değer	Birim
Hızlı Kum	Aritılan Su	-	0.653	m ³
Filtreleri-ÇM	Klor	-	1.0×10 ⁻³	kg/m ³
	Yıkama Suyu	-	0.03	m ³
	Sıkıştırılmış Hava	-	0.11	Nm ³
		Geri yıkama suyu	0.03	m ³
		Aritılan Su	0.625	m ³
Hızlı Kum	Aritılan Su	-	0.398	m ³
Filtreleri-YB	Klor	-	1.0×10 ⁻³	kg/m ³
	Yıkama Suyu	-	0.03	m ³
	Sıkıştırılmış Hava	-	0.08	Nm ³
	-	Geri Y. Suyu	0.023	m ³
	-	Aritılan Su	0.375	m ³
Temiz Su	Aritılan Su	-	1	m ³
Depoları	Klor	-	1.3×10 ⁻³	kg/m ³
		Temiz Su	1	m ³
Çıkış Suyu	Temiz Su	-	1	m ³
Pompaları	Elektrik	-	4.77×10 ⁻¹	kWh/m ³
		Temiz Su	1	m ³

5.5 Çevre Etki Değerlendirme

5.5.1 Çevre etki değerlendirme metodu

Hollanda'daki Leiden Üniversitesi tarafından geliştirilmiş “Centre of Environmental Science” ın anlamına gelen kelimelerin kısaltması olan CML 2001 bu çalışmada etki değerlendirmeye metodu olarak kullanılmıştır. CML 2001 metodu sınıflandırma, kategorize etme ve normalize etmeyi içerir. Çevresel etki kategorilerini çevresel emisyonlara göre belirler ve bu kapsamda ele alınan emisyonlar karbondioksit, fosfat, azotlu oksitler(NO_x), sülfürlü oksitler (SO_x), metan, metan olmayan uçucu organik bileşikler, pestisitler ve ağır metallerdir (EPA, 2014).

5.5.2 Çevre etki değerlendirme kategorileri

Çevre etki kategorilerine göre 11 adet etki kategorisi CML 2001 metodu kapsamında ele alınmıştır. Bu kategoriler etki değerlendirmede sayısal veriler olarak ortaya koyulmuştur. Bu çalışmada Küresel Isınma Potansiyeli (KIP), Asitleşme Potansiyeli (AP), Ötrafikasyon Potansiyeli (ÖP), Ozon Tabakası Tükenme Potansiyeli (OTP), Abiyotik Element Tükenme Potansiyeli (ATP Element), Abiyotik Fosil Tükenme Potansiyeli (ADP Fosil), Tatlı Su Ekotoksitesitesi Potansiyeli (TSEP), İnsan Toksisitesi

Potansiyeli (İTP) , Deniz Suyu Ekotoksitesi Potansiyeli (DSEP), Fotokimyasal Ozon Oluşturma Potansiyeli (FOOP), Karasal Ekotoksitesite Potansiyeli (KEP) çevre etki değerlendirme potansiyelleri olarak ele alınmıştır.

5.5.3 YDD kapsamında çevresel etki değerlendirme sonuçları

YDD kapsamında Kağıthane Su Arıtma Tesisi incelenmiş GaBi programı kullanılarak önce tesis KÇMSAT ve KYBSAT olarak iki ayrı etki değerleri elde edilmiş daha sonra etki değerleri ortak ve ortak olmayan üniteleri tek tek hesaplanarak Kağıthane Su Arıtma Tesisi (KSAT) toplam etki değerleri bulunmuş ve tüm bu etki değerler CML 2001 metodu kullanılarak 1 m³ arıtılan su için 11 etki kategorisinde karşılaştırılmıştır.

Çizelge 5.13’da KÇMSAT, Çizelge 5.14’de KYBSAT ve Çizelge 5.15’de KSAT etki değerleri 11 etki kategorisi olarak görülmektedir.

Çizelge 5.13 : KÇMSAT çevre etki değerlendirme sonuçları.

Çevresel Etki Kategorisi	Birim	Etki Değeri
Küresel Isınma Potansiyeli	kg CO ₂ - Eşd.	3.96E-1
Asitleşme Potansiyeli	kg SO ₂ –Eşd.	8.2E-4
Ötrofikasyon Potansiyeli	kg PO ₄ -Eşd	6.79E-5
Ozon Tabakası Seyrelme Potansiyeli	kg R11-Eşd.	3.46E-13
Abiyotik Element Tüketim Potansiyeli	kg Sb-Eşd.	1.49E-7
Abiyotik Tüketim Fosil Potansiyeli	MJ-Eşd.	5.03
Tatlısu Ekotoksitesitesi Potansiyeli	kg DCB-Eşd.	4.33E-4
İnsan Toksisite Potansiyeli	kg DCB-Eşd.	1.1E-2
Deniz Suyu Ekotoksitesite Potansiyeli	kg DCB-Eşd.	24.6E0
Fotokimyasal Ozon Oluşum Potansiyeli	kg Etan-Eşd.	4.33E-5
Karasal Ekotoksitesite Potansiyeli	kg DCB-Eşd.	1.76E-4

Çizelge 5.14 : KYBSAT çevre etki değerlendirme sonuçları.

Çevresel Etki Kategorisi	Birim	Etki Değeri
Küresel Isınma Potansiyeli	kg CO ₂ - Eşd.	3.87E-1
Asitleşme Potansiyeli	kg SO ₂ –Eşd.	8.1E-4
Ötrofikasyon Potansiyeli	kg PO ₄ -Eşd	6.67E-5
Ozon Tabakası Seyrelme Potansiyeli	kg R11-Eşd.	3.57E-13
Abiyotik Tüketim Element Potansiyeli	kg Sb-Eşd.	1.53E-7
Abiyotik Fosil Tüketim Potansiyeli	MJ-Eşd.	4.92
Tatlı Su Ekotoksisite Potansiyeli	kg DCB-Eşd.	4.3E-4
İnsan Toksisite Potansiyeli	kg DCB-Eşd.	1.1E-2
Deniz Suyu Ekotoksisite Potansiyeli	kg DCB-Eşd.	24.1
Fotokimyasal Ozon Oluşum Potansiyeli	kg Etan-Eşd.	4.34E-5
Karasal Ekotoksisite Potansiyeli	kg DCB-Eşd.	1.72E-4

Çizelge 5.15 : KSAT çevre etki değerlendirme sonuçları.

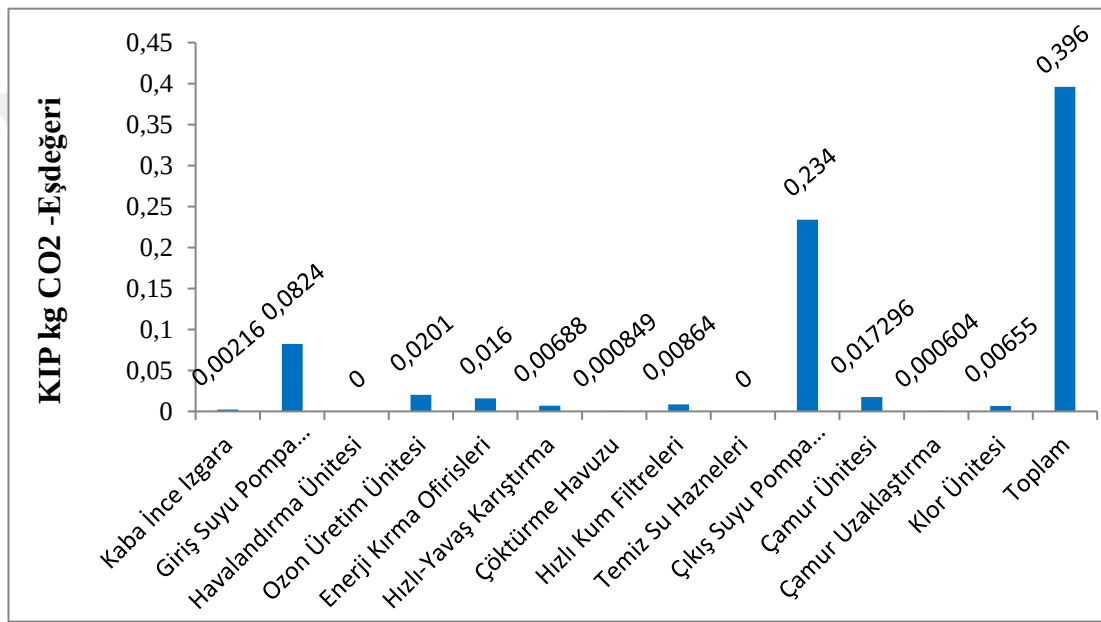
Çevresel Etki Kategorisi	Birim	Etki Değeri
Küresel Isınma Potansiyeli	kg CO ₂ - Eşd.	3.92E-1
Asitleşme Potansiyeli	kg SO ₂ –Eşd.	8.16E-4
Ötrofikasyon Potansiyeli	kg PO ₄ -Eşd	6.78E-5
Ozon Tabakası Seyrelme Potansiyeli	kg R11-Eşd.	3.51E-13
Abiyotik Element Tüketim Potansiyeli	kg Sb-Eşd.	1.51E-7
Abiyotik Fosil Tüketim Potansiyeli	MJ-Eşd.	5.00
Tatlı Su Ekotoksisite Potansiyeli	kg DCB-Eşd.	4.32E-4
İnsan Toksisite Potansiyeli	kg DCB-Eşd.	1.1E-2
Deniz Suyu Ekotoksisite Potansiyeli	kg DCB-Eşd.	24.43
Fotokimyasal Ozon Oluşum Potansiyeli	kg Etan-Eşd.	4.37E-5
Karasal Ekotoksisite Potansiyeli	kg DCB-Eşd.	1.74E-4

5.6 Kağıthane Su Arıtma Tesisi Çevre Etki Değerlendirmesi

5.6.1 Kağıthane Çelebi Mehmet su arıtma tesisi çevre etki değerlendirme

5.6.1.1 KÇMSAT küresel ısınma potansiyeli (KIP)

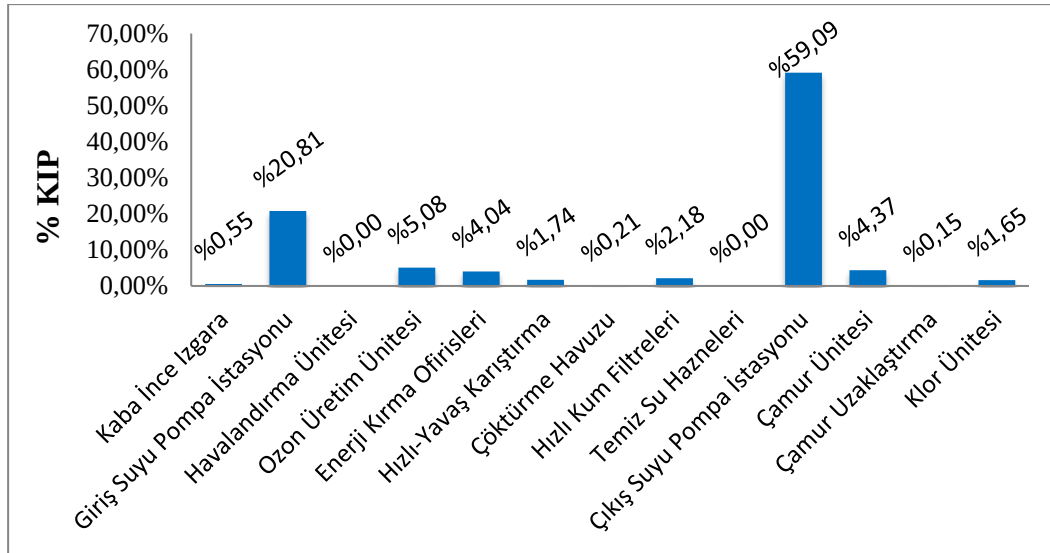
Şekil 5.4'te, KÇMSAT'ın her bir ünitesinin ve toplamının kg CO₂-eşdeğerini 100 yıllık Küresel Isınma Potansiyeli (KIP) etki değeri olarak göstermektedir. Şekilde toplam KIP değerinin 0.396 kg CO₂-eşdeğeri olarak görülmektedir. Küresel ısınma potansiyeli en fazla olan ünitelerin giriş suyu pompa istasyonu ile çıkış suyu pompa istasyonudur.



Şekil 5.4 : KÇMSAT ünitelerinin KIP yüzdesi dağılımı.

Şekil 5.5'de ÇMSAT'ın küresel ısınma potansiyelinin ünite bazında yüzdeleri verilmiştir. Giriş suyu pompalarının ve çıkış suyu pompalarının yaklaşık sırasıyla %21 ve %59 ile toplamda %80 etki yüzdesi sahiptir. Giriş suyu ve çıkış suyu pompalarının tek girdisi elektrik olduğundan KIP için elektrik tüketiminin önemli olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Çizelge 5.11'te KÇMSAT herbir ünitenin küresel ısınma potansiyeli etki değerleri, yüzdeleri ve etki kaynakları verilmiştir. Havalandırma ünitesi ve temiz su haznelerinin değerlerinin olmadığı görülmüştür. Bu iki üniteye girdi sadece arıtılan su olup elektrik tüketilmemesi ve kimyasal madde kullanılmaması sebep olarak gösterilebilir. Klor ünitesi diğer kimyasal ünitelerden ayrı ele alınmış ve klorun KIP etkisi ana ünitelerde değil ayrı olarak klor ünitesinde görülebilmektedir.



Şekil 5.5 : KÇMSAT ünitelerinin KIP yüzdesi dağılımı.

Çizelge 5.16 : KÇMSAT ünitelerinin etki kaynağı ve etki dağılımı.

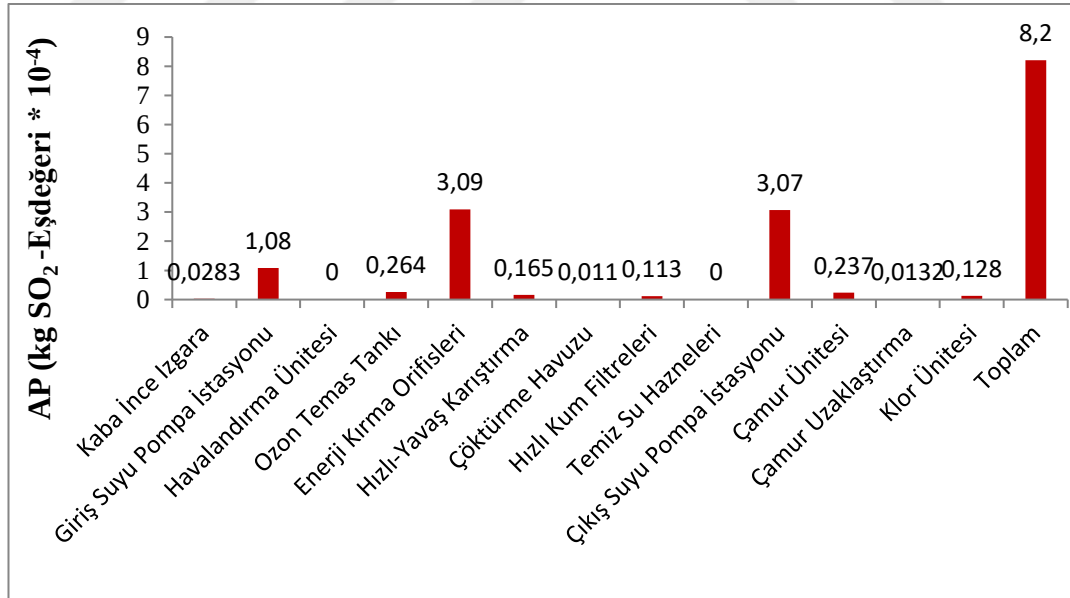
Arıtma Prosesi	kg CO ₂ -Eşdeğeri	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (Kg CO ₂ -Eşdeğeri)	Etki Yüzdesi %
Kaba İnce Izgaralar	2.16E-03	Elektrik	2.16E-03	0.55
Giriş Suyu Pompaları	8.24E-02	Elektrik	8.24E-02	0.81
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Üretim Ünitesi	2.01E-02	Elektrik	2.01E-02	5.08
Enerji Kırma Ofisleri	1.60E-02	Alüminyum Sülfat	1.60E-02	4.04
Hızlı-Yavaş Karıştırma	6.88E-03	Elektrik Aktif Karbon Anyonik Polielektrolit	2.38E-03 3.08E-03 1.42E-03	1.74
Çöktürme Havuzu	8.49E-04	Elektrik	8.49E-04	0.21
Hızlı Kum Filtreleri	8.64E-03	Elektrik	8.64E-03	2.18
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompa İstasyonu	2.34E-01	Elektrik	2.34E-01	59.09
Çamur Ünitesi	1.73E-02	Elektrik Katyonik Polielektrolit	1.54E-02 1.92E-03	4,37
Çamur Uzaklaştırma	6.00E-04	Çamur Bertarafı Dizel	5.46E-04 5.84E-05	0,15
Klor Ünitesi	6.55E-03	Elektrik Nakliyat Klor Üretimi	2.87E-03 3.27E-05 3.65E-03	1.65
Toplam	3.96E-01	-	-	100

Buna ek olarak, tek girdisi elektrik olan ozon ünitesi, KIP'nin %5'ini oluşturmakta olup elektrik tüketiminin KIP için önemini göstermektedir.

Havalandırma ünitesi ve temiz su haznelerinin girdileri arıtılan su ve klor olup klorun etkileri klor ünitesinde görülmektedir. Böylece KIP'sinin olmadığı Çizelge 5.11'de görülmektedir.

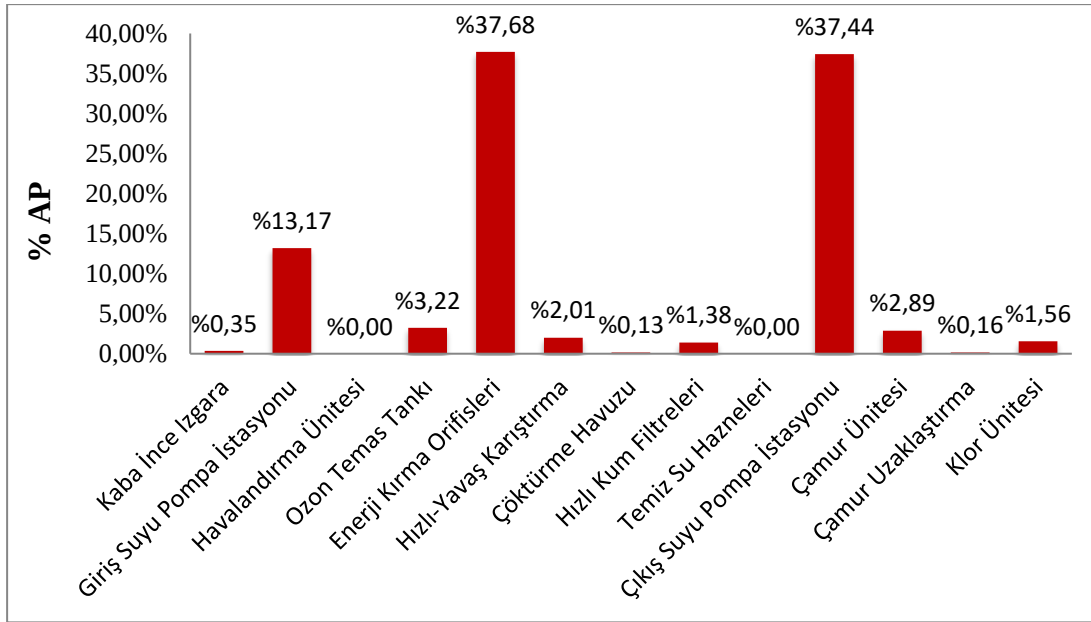
5.6.1.2 KÇMSAT asitleşme potansiyeli

Şekil 5.6'da KÇMSAT'ın asitleşme potansiyeli verilmiştir. Asitleşme potansiyeli 8.2×10^{-4} kg SO₂- Eşdeğeri değerine sahip olup en fazla etki değerine sahip ünite yaklaşık 3.1×10^{-4} kg SO₂- Eşdeğeri değerle enerji kırma orifisleridir. Enerji kırma orifisleri ünitesinin temel amacı ozon temas tanlından gelen suyu yavaşlatmaktır. Fakat bu ünitenin son aşamasında üniteye alüminyum sülfat eklenmektedir ve hızlı ve yavaş karıştırma ünitesine alüminyum sülfat iletilmektedir. Enerji kırma orifislerinin tek etki kaynağı alüminyum sülfat olup tüm etki değeri alüminyum sülfattan kaynaklanmaktadır. Giriş suyu pompa istasyonu ve çıkış suyu pompa istasyonu sırasıyla 1.08×10^{-4} kg SO₂- Eşdeğeri ve 3.07×10^{-4} kg SO₂- Eşdeğeri değerle en büyük değere diğer ünitelerdir. Bu iki ünitenin ise etki değeri elektriktir.



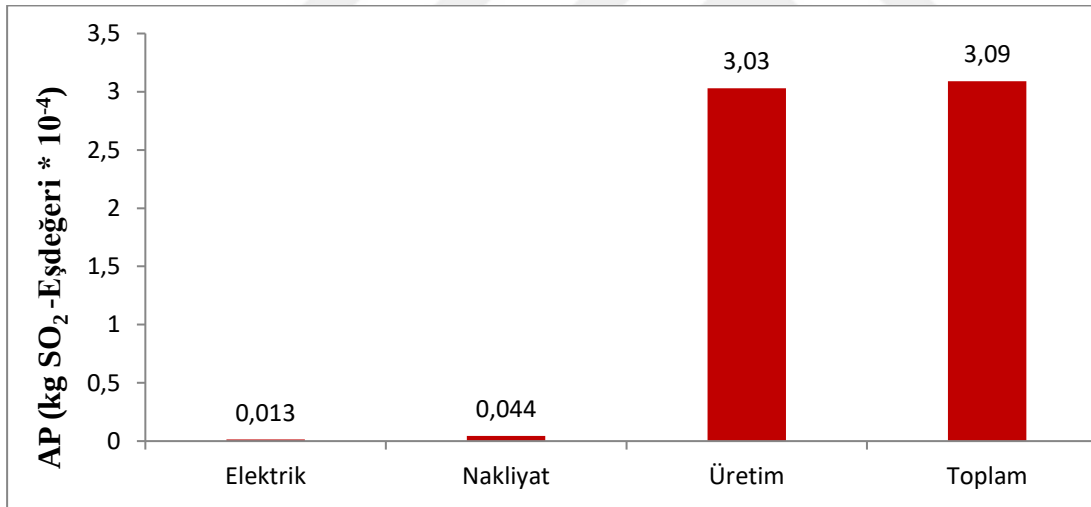
Şekil 5.6 : KÇMSAT ünitelerinin asitleşme potansiyeli dağılımı.

Şekil 5.7'de görüldüğü gibi AP değerinin %85'ini giriş suyu pompa istasyonu (%13.2), enerji kırma orifisleri (%37.7) ve çıkış suyu pompa istasyonu (%37.4) oluşturmaktadır.



Şekil 5.7 : KÇMSAT ünitelerinin AP yüzde dağılımı.

Çizelge 5.17’de KÇMSAT tüm ana ünitelerinin etki kaynakları, etki değerleri ve etki değer yüzdeleri görülmektedir.



Şekil 5.8 : Enerji kırma orifisleri AP etki kaynakları ve dağılımı.

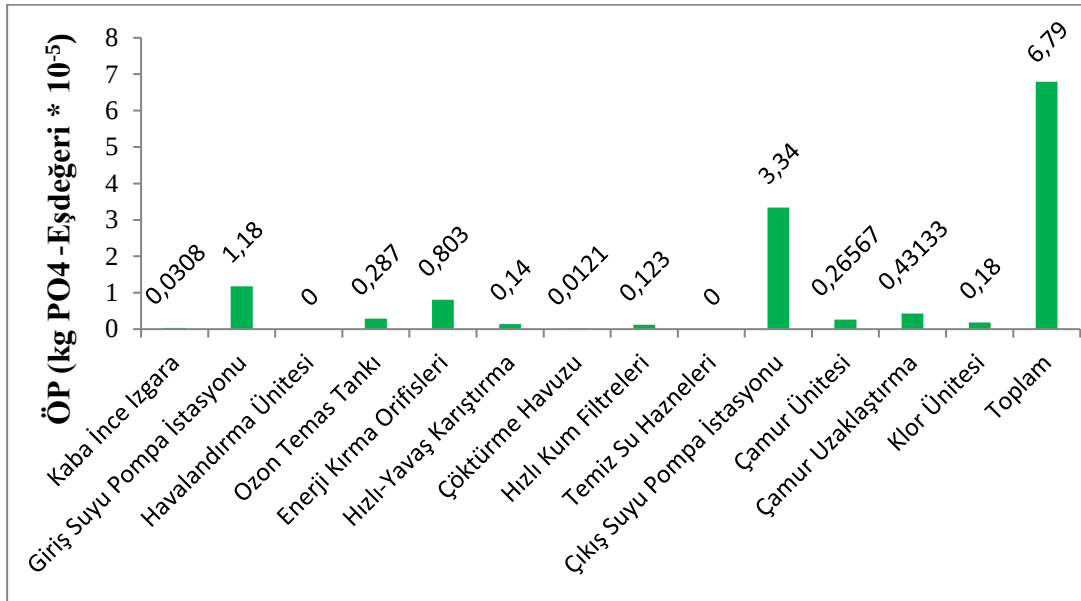
Şekil 5.8’de en fazla etki değerine sahip alüminyum sülfat ünitesinin etki değeri verilmiştir. Etki değeri sadece kimyasal madde olan alüminyum sülfattan kaynaklanmamakta aynı zamanda ana üniteye iletilmesi için hazırlanması sırasında kullanılan elektrik ve KSAT’a gelene kadar nakli de alüminyum sülfat ünitesine etki değeri ile sonuçlanmaktadır. Alüminyum sülfat ünitesinin yaklaşık %38 bir etki değerine sahipken bu etkinin yaklaşık %98’i alüminyum sülfatın üretiminden, %1.42’si naklinden ve %0.42’si üniteye elektrik tüketiminden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 5.17 : KÇMSAT ünitelerinin AP etki kaynakları ve etki dağılımı.

Aritma Prosesi	kg SO₂-Eşdeğeri	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg SO₂-Eşd.)	Etki Yüzdesi %
Kaba İnce Izgara	2.83E-6	Elektrik	2.83E-6	0.35
Giriş Suyu Pompaları	1.08E-4	Elektrik	1.08E-4	13.17
Havalandırma Ünitesi	0	-	-	0
Ozon Üretim Ünitesi	2.64E-5	Elektrik	2.64E-5	3.22
Enerji Kırma Orifisleri	3.09E-4	Alüminyum Sülfat	3.09E-4	37.68
Hızlı-Yavaş Karıştırma	1.65E-5	Elektrik Aktif Karbon Anyonik Polielektrolit	3.12E-6 1.08E-5 2.50E-6	2.01
Çöktürme Havuzu	1.10E-6	Elektrik	1.10E-6	0.13
Hızlı Kum Filtreleri	1.13E-4	Elektrik	1.13E-4	1.38
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	3.07E-4	Elektrik	3.07E-4	37.44
Çamur Ünitesi	2.37E-01	Elektrik Katyonik Polielektrolit	2.01E-5 3.52E-6	2.89
Çamur Uzaklaştırma	1.32E-02	Çamur Bertarafı Dizel	9.57E-7 3.63E-7	0.16
Klor Ünitesi	1.28E-5	Elektrik Transfer Klor Üretimi	3.76E-6 1.36E-7 8.9E-6	1.56
Toplam	8.2E-4	-	-	100

5.6.1.3 KÇMSAT ötrofikasyon potansiyeli

Ötrofikasyon potansiyeli, PO_4 emisyonu kaynaklı olup 6.8×10^{-5} kg PO_4 -Eşdeğeri etki değerine sahiptir. En fazla etki değerine sahip ünite 3.34×10^{-5} kg PO_4 -Eşdeğeri ile çıkış suyu pompa istasyonu olup etki kaynağı elektriktir. Bunun yanında giriş suyu pompa istasyonu ve enerji kırma orifisleri ise sırası ile 1.18×10^{-5} kg PO_4 -eşdeğeri ve 8.0×10^{-6} kg PO_4 -Eşdeğeri ile en yüksek ikinci ve üçüncü değerlere sahiptir (Şekil 5.9).



Şekil 5.9 : KÇMSAT ünitelerinin ötrofikasyon potansiyeli dağılımı.

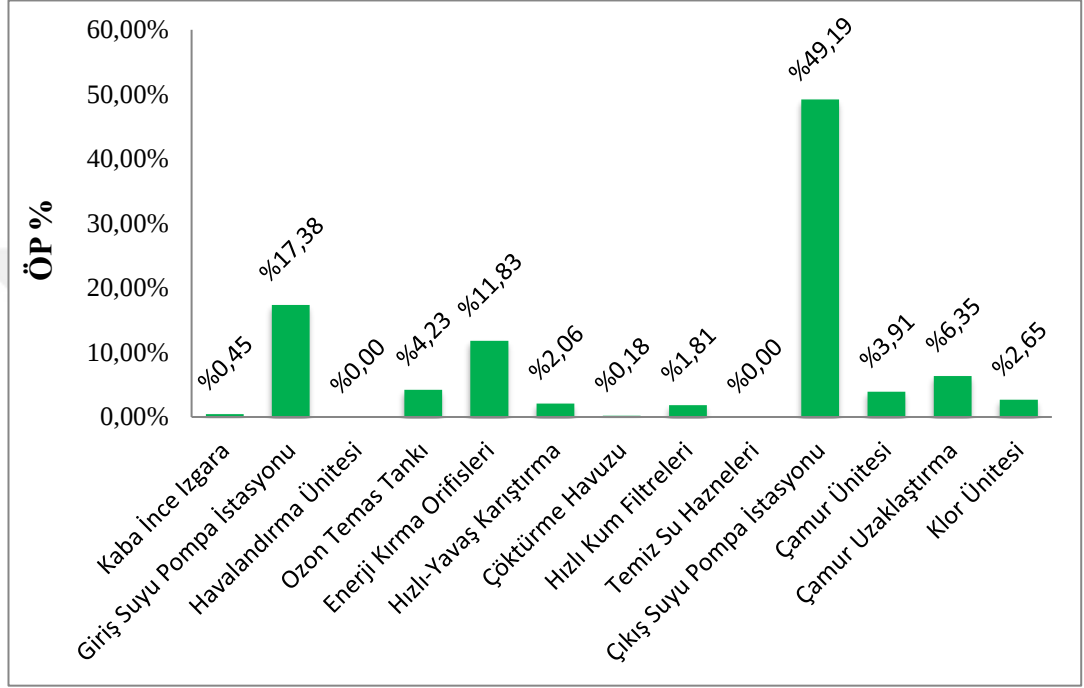
Şekil 5.10’da görüldüğü gibi toplam ötrofikasyon potansiyeli etki değerinin çıkış suyu pompa istasyonu neredeyse etki değerinin yarısına sebep olmaktadır. Çıkış suyu gibi etki kaynağı elektrik olan giriş suyu pompalarının da %17.38 değerle ikinci sırada yer almaktadır. Etki kaynağı alüminyum sülfat olan enerji kırma orifisleri yaklaşık %18 değerle üçüncü sırada yer almaktadır. Bu üç ünite, tüm ünitelerin %85’i oranında ötrofikasyon potansiyeline sahiptir.

Giriş suyu ve çıkış suyu pompalarının verimlerine artırılarak elektrik tüketimi azaltılabilir.

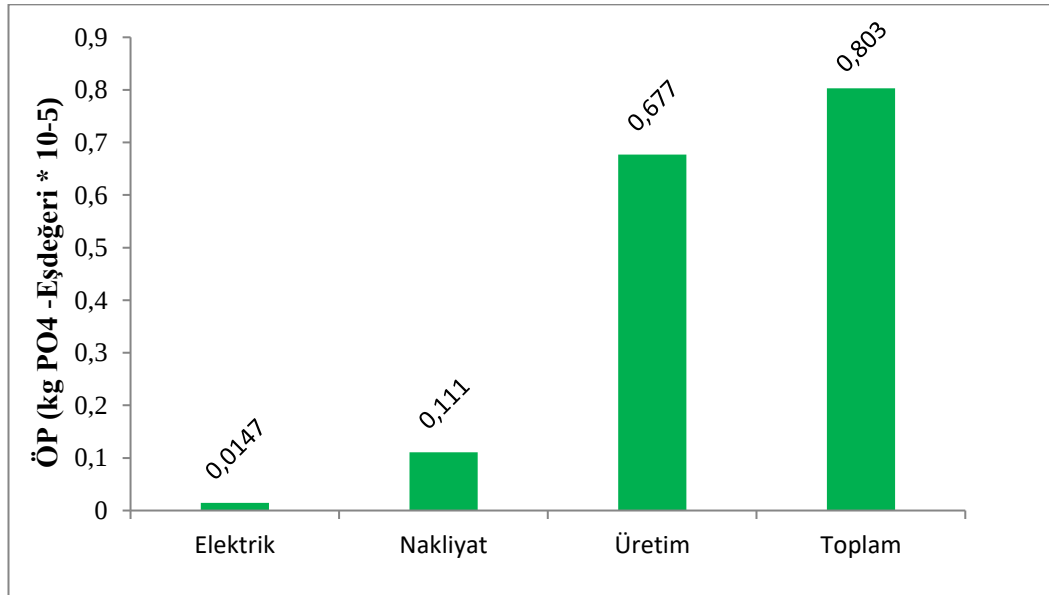
Şekil 5.11’de enerji kırma orifislerinin etki kaynaklarının ötrofikasyon potansiyeli dağılımı görülmektedir. KÇMSAT ötrofikasyon potansiyelinin yaklaşık %12’si enerji kırma orifislerinden kaynaklanmaktadır. Bu değer %84.4’ü alüminyum sülfatın üretiminden, %13.8’si nakliyatından ve %1.8’i üniteye tüketilen elektrikten kaynaklanmaktadır.

Bu dağılıma göre, ÖP'ye en çok katkısı olan aşamanın alüminyum sülfatın üretimi olduğu görülmektedir. Böylece, ÖP değerini düşürebilmek için üretim aşamasına dikkat edilmelidir.

Alüminyum Sülfat ithal edilmekte olup nakli sırasında kullanılan dizelin de azaltılması için de çalışmalar yapılabilir. Türkiye'de Alüminyum Sülfat' ın üretimi nakli sırasında kullanılan dizeli azaltacaktır.



Şekil 5.10 : KÇMSAT ünitelerinin ÖP yüzde dağılımı.



Şekil 5.11 : Enerji kırma orifisleri ÖP etki kaynaklarının dağılımı.

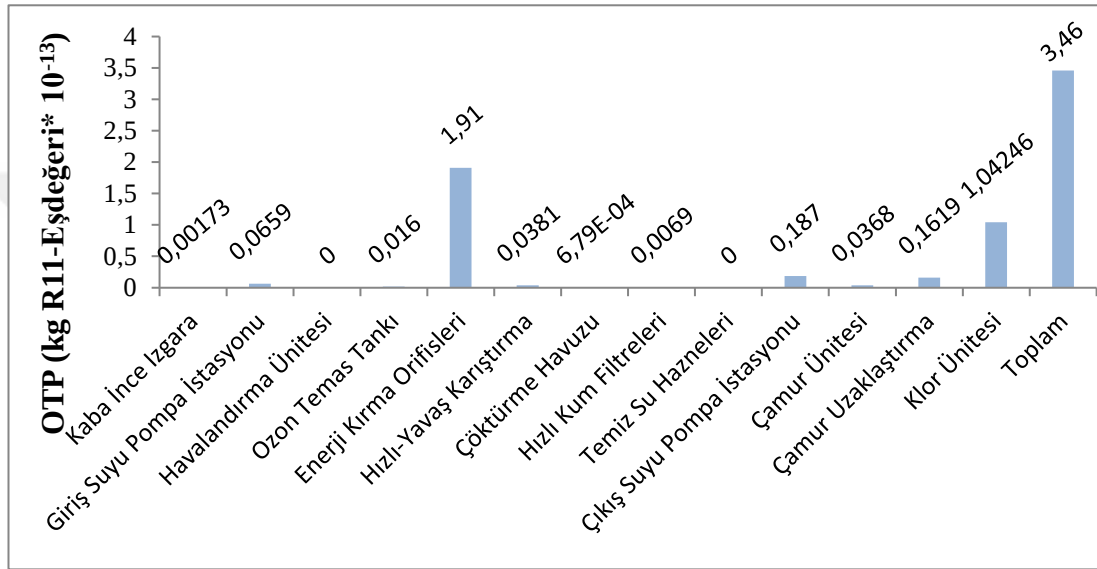
Çizelge 5.18 : KÇMSAT ünitelerinin ÖP etki kaynakları ve etki dağılımı.

Arıtma Prosesi	ÖP (kg PO4 -Eşdeğeri * 10⁻⁵)	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg PO4 -Eşdeğeri * 10⁻⁵)	Etki Yüzdesi %
Kaba İnce Izgara	3.08E-02	Elektrik	3.08E-02	0.45
Giriş Suyu Pompaları	1.18	Elektrik	1.18	17.38
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Üretim Ünitesi	2.87E-01	Elektrik	2.87E-01	4.23
Enerji Kırma Ofisleri	8.03E-01	Alüminyum Sülfat	8.03E-01	11.83
Hızlı-Yavaş Karıştırma	1.40E-01	Elektrik	3.40E-02	2.06
		Aktif Karbon	7.27E-02	
		Anyonik Polielektrolit	3.29E-02	
Çöktürme Havuzu	1.21E-02	Elektrik	1.21E-02	0.18
Hızlı Kum Filtreleri	1.23E-01	Elektrik	1.23E-01	1.81
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	3.34	Elektrik	3.34	49.19
Çamur Ünitesi	2.66E-01	Elektrik	2.19E-01	3.91
		Katyonik Polielektrolit	4.73E-02	
Çamur Uzaklaştırma	4.31E-01	Çamur Bertarafı Dizel	4.25E-01	6.35
			6.33E-03	
Klor Ünitesi	1.80E-01	Elektrik	4.10E-02	2.65
		Nakliyat	3.39E-03	
		Klor Üretimi	1.36E-01	
Toplam	6.79	-	-	100

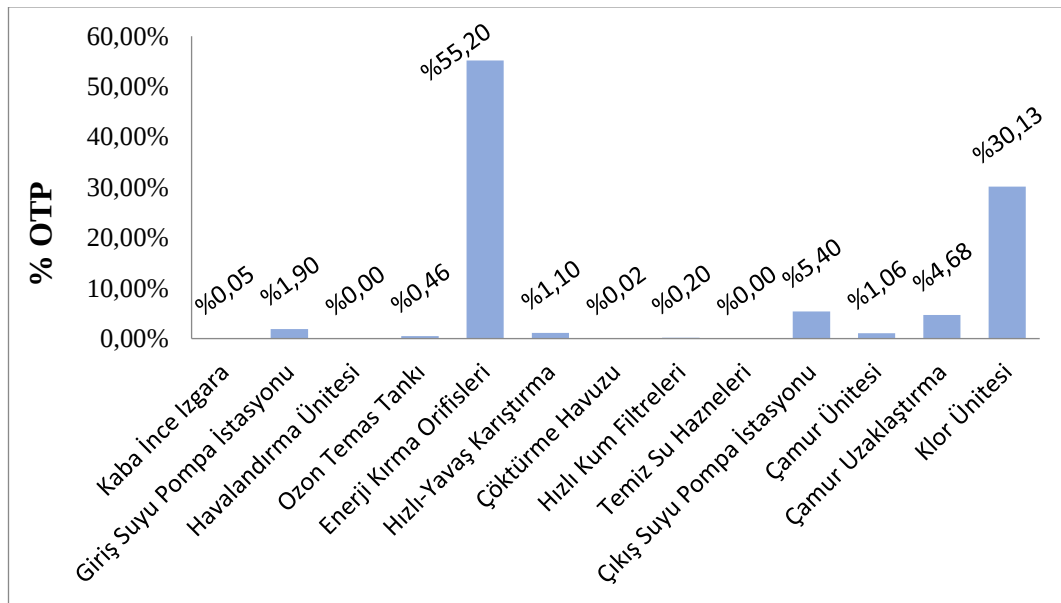
5.6.1.4 KÇMSAT ozon tabakası tükenme potansiyeli

Tüm ünitelerin toplam etki değerinin 3.46×10^{-13} kg R11-Eşdeğeri etki değerine sahip olduğu görülmüştür. Etki kaynağı alüminyum sülfat olan enerji kırma orifisleri 1.91×10^{-13} kg R11-Eşdeğeri etki değeri ile klor ünitesi ise 1.04×10^{-13} kg R11-Eşdeğeri ile diğer ünitelere göre yüksek etki değerine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 5.12)

Şekil 5.13’de OTP değerinin enerji kırma orifisleri %55’ini, klor ünitesi % 30’unu ve çıkış suyu pompaları %5’ini çıkış suyu pompaları oluşturmaktadır.



Şekil 5.12 : KÇMSAT ünitelerinin ozon tabakası tükenme potansiyeli dağılımı.



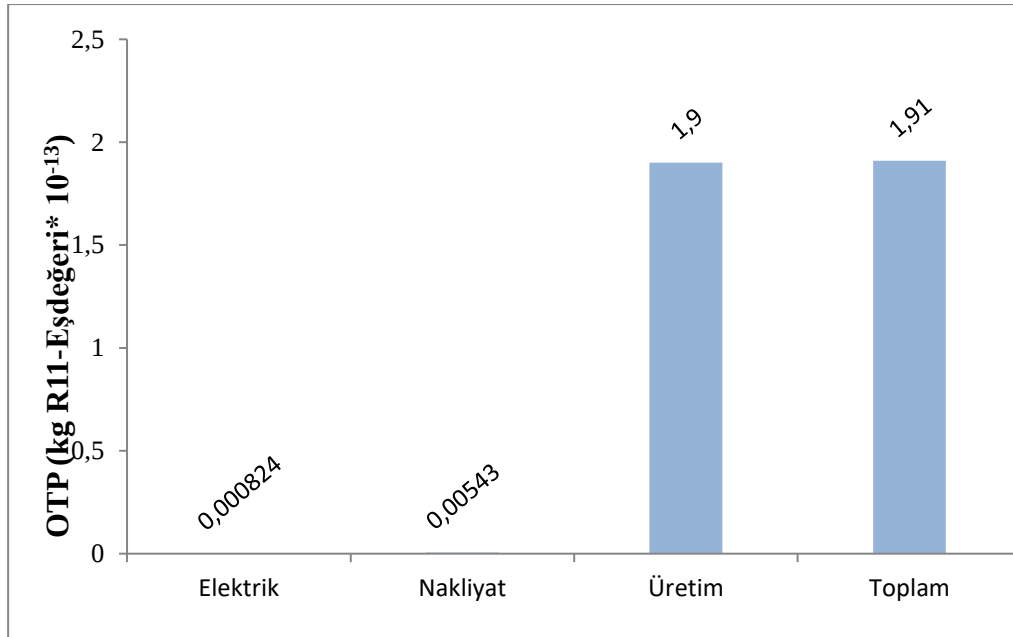
Şekil 5.13 : KÇMSAT ünitelerinin OTP potansiyeli yüzde dağılımı.

Çizelge 5.19’de diğer ünitelere oranla yüksek etki değerine sahip enerji kırma orifislerin etki kaynağının alüminyum sülfat aldığı görülmektedir. % 30 değere sahip klor ünitesinin ise etki kaynağının ünite de kullanılan elektrik, tesise nakli ve klorun üretimi olduğu görülmektedir.

Klorun, enerji kırma orifislerine, filtrele ve temiz su haznelere dağılırken ve bu ünitelerdeki etkisi klor ünitesinde gösterilmiştir. Çıkış suyu pompa istasyonun etki kaynağı elektrik olup OTP değeri bakımından üçüncü sırada gelmektedir.

Şekil 5.14’te enerji kırma orifislerinin etki kaynağı olan alüminyum sülfatın, alüminyum sülfat ünitesinde ve orifislere iletilirken pompaların tükettiği elektriğin ve tesise naklinin etki değerinin, alüminyum sülfatın üretiminin etki değerine göre düşük kaldığı görülmektedir. KÇMSAT OTP değerinin %55.2’i enerji kırma orifislerinden kaynaklanmaktadır. Bu değerin yaklaşık %99.5’i alüminyum sülfatın üretiminden, %0.28’i nakliyatından ve %0.04 alüminyum sülfat ünitesinde kullanılan elektrikten kaynaklanmaktadır.

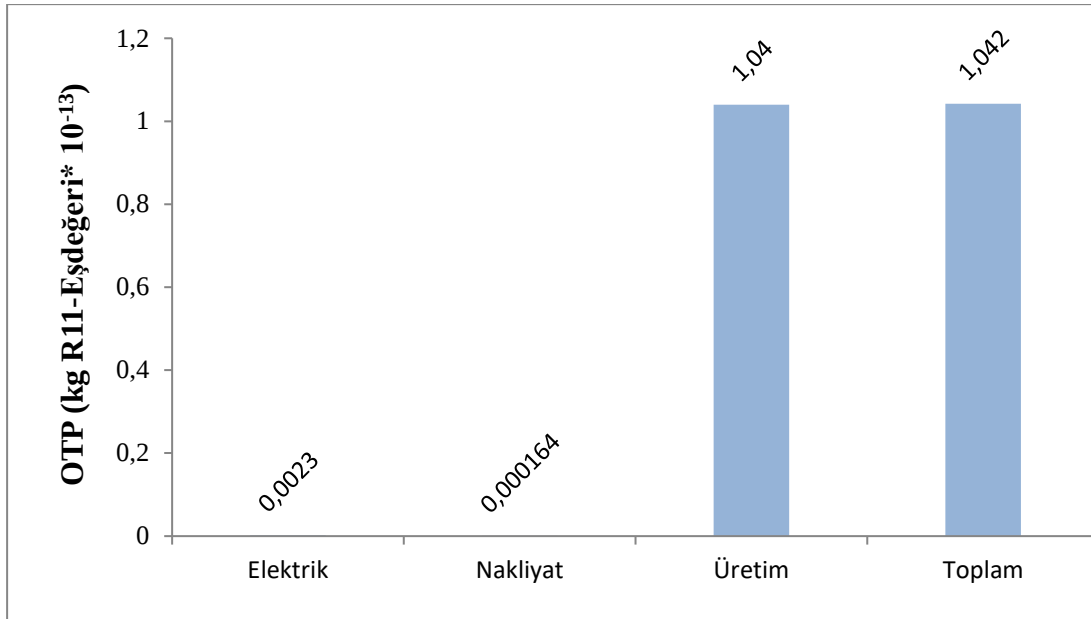
Şekil 5.15’e ve Çizelge 5.19’a göre KÇMSAT ozon tabakası tükenme potansiyeli değerinin %30.13’ü klor ünitesinden kaynaklanmaktadır. Klor ünitesinin %99.76’sı klorun üretiminden, %0.22’si klor ünitesinde kullanılan elektrikten ve %0.02’si klorun nakliyatından kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.14: Enerji kırma orifisleri OTP etki kaynakları ve dağılımı.

Çizelge 5.19 : KÇMSAT ünitelerinin OTP etki kaynakları ve etki dağılımı.

Arıtma Prosesi	kg R11 – Eşd.* 10⁻¹³	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg R11 -Eşd* 10⁻¹³)	Etki Yüzdesi %
Kaba İnce Izgaralar	1.73E-03	Elektrik	1.73E-03	0.05
Giriş Suyu Pompaları	6.59E-02	Elektrik	6.59E-02	1.90
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Üretim Ünitesi	1.60E-02	Elektrik	1.60E-02	0.46
Enerji Kırma Orifisleri	1.91	Alüminyum Sülfat	1.91	55.20
Hızlı-Yavaş Karıştırma	3.81E-02	Elektrik Aktif Karbon A. Polielektrolit	1.91E-03 2.05E-02 1.57E-02	1.10
Çöktürme Havuzu	6.79E-04	Elektrik	6.79E-04	0.02
Hızlı Kum Filtreleri	6.90E-03	Elektrik	6.90E-03	0.20
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	1.87E-01	Elektrik	1.87E-01	5.40
Çamur Ünitesi	3.68E-02	Elektrik K. Polielektrolit	1.23E-02 2.45E-02	1.07
Çamur Uzaklaştırma	1.62E-01	Çamur Bertarafı Dizel	1.60E-01 1.90E-03	4.68
Klor Ünitesi	1.042	Elektrik Nakliyat Klor Üretimi	2.30E-03 1.64E-04 1.04	30.06
Toplam	3.46	-	-	100



Şekil 5.15: Klor ünitesi OTP etki kaynakları ve dağılımı.

Klor, Ozon Tabakası Tükenme Potansiyeli için önemli bir kimyasal madde olup kullanımının azaltılması için alternatif dezenfeksiyon yöntemleri kullanılabilir. Kağıthane Su Arıtma Tesisi'nde dezenfeksiyon için ozon da kullanılmakta olup ozon kullanım veriminin arttırılması OTP değerini düşürebilir.

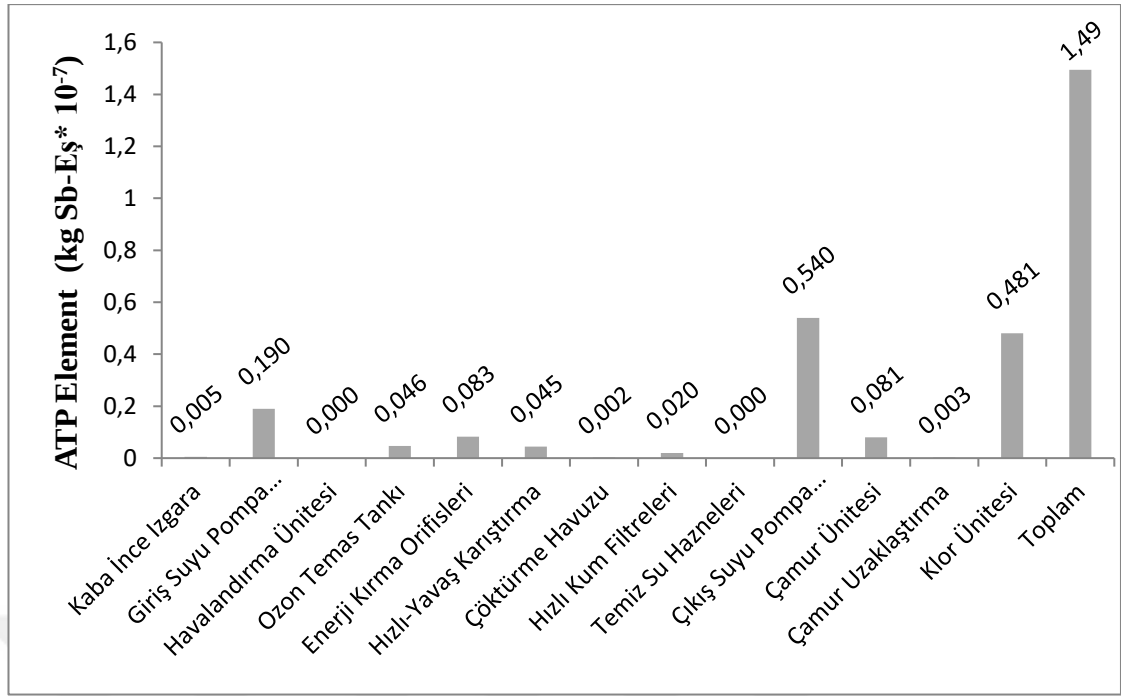
5.6.1.5 Abiyotik element tükenme potansiyeli (ATP Element)

Şekil 5.16'da KÇMSAT'ın ATP Element değeri 1.49×10^{-7} kg Sb-Eşdeğeri olarak elde edilmiştir. Etki kaynağı elektrik olan giriş suyu pompaları, çıkış suyu pompalarının etki değerleri sırasıyla 0.19×10^{-7} kg Sb-Eşdeğeri, 0.46×10^{-7} kg Sb-Eşdeğeri 0.54×10^{-7} kg Sb-Eşdeğeri ile yüksek etki değerine sahiptir. Bunun yanısıra klorun nakliyatı, ünite de kullanılan elektrik ve klor üretimi gibi etki kaynağına sahip klor ünitesinin ATP Element değeri 0.48×10^{-7} kg Sb-Eşdeğeri'dir.

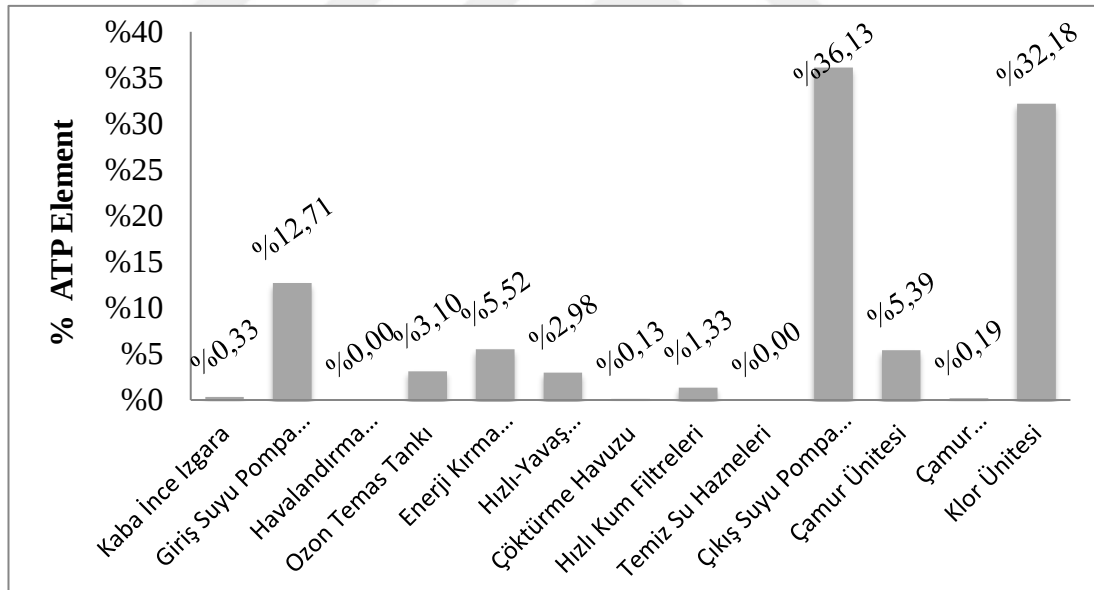
KÇMSAT ünitelerinin ATP Element değerleri yüzde dağılımı Şekil 5.17'de verilmiş olup bu değer %12.7'si giriş suyu pompalarından, %36.13'ü çıkış suyu pompalarından ve %32.18'i klor ünitesinden kaynaklanmaktadır.

Giriş suyu pompaları ve çıkış suyu pompalarının tek girdisi elektrik olup elektrik tüketiminin pompa verimleri iyileştirilerek azaltılması ile doğrudan ATP Element değeri azalacaktır.

Klor ise ikinci sırada ATP Element üzerinde katkıya sahip olup klor kullanımının azaltılması bu etki değerinin azaltılmasını sağlayacaktır.



Şekil 5.16 : KÇMSAT ünitelerinin ATP Element dağılımı.



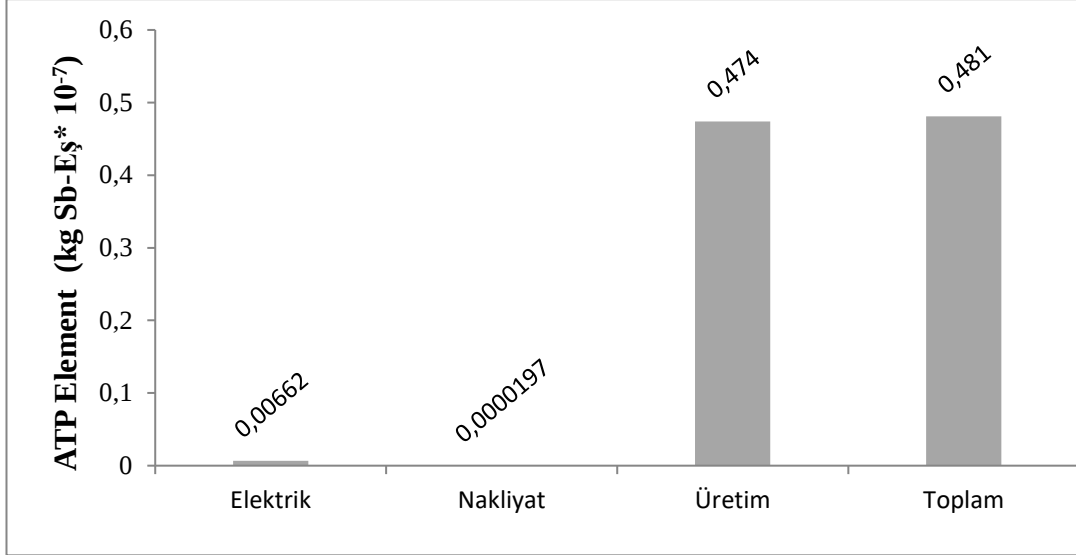
Şekil 5.17 : KÇMSAT ünitelerinin ATP Element yüzde dağılımı.

Çizelge 5.20’te KÇMSAT ünitelerinden etki değeri diğer ünitelere göre yüksek olan giriş suyu pompaları, çıkış suyu pompaları ve klor ünitesinin etki kaynakları görülmektedir. Giriş suyu ve çıkış suyu pompalarının ATP Element etki kaynağı pompalarda kullanılan elektriktir. Klorun etki kaynağı ise klor üretimi, klor ünitesinde kullanılan elektrik ve klorun nakliyatıdır.

Çizelge 5.20: KÇMSAT ünitelerinin ATP Element etki kaynakları ve dağılımı.

Arıtma Prosesi	kg Sb – Eşd. *10⁻⁷	Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg Sb – Eşd. *10⁻⁷)	Etki Yüzdesi %
Kaba İnce Izgaralar	4.97E-03	Elektrik	4.97E-03	0.33
Giriş Suyu Pompaları	1.90E-01	Elektrik	1.90E-01	12.71
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Üretim Ünitesi	4.64E-02	Elektrik	4.64E-02	3.10
Orifisler	8.25E-02	Alüminyum Sülfat	8.25E-02	5.52
Hızlı-Yavaş Karıştırma	4.45E-02	Elektrik Aktif Karbon Anyonik Polielektrolit	5.49E-03 9.86E-03 2.91E-02	2.98
Çöktürme Havuzu	1.96E-03	Elektrik	1.96E-03	0.13
Filtreler	1.99E-02	Elektrik	1.99E-02	1.33
Temiz Su Hazneleri	0	-	-	0
Çıkış Suyu Pompaları	5.40E-01	Elektrik	5.40E-01	36.13
Çamur Ünitesi	8.06E-02	Elektrik K. Polielektrolit	3.54E-02 4.52E-02	5.39
Çamur Uzaklaştırma	2.80E-03	Çamur Bertarafı Dizel	2.34E-03 4.55E-04	0.19
Klor Ünitesi	4.81E-01	Elektrik Nakliyat Klor Üretimi	6.62E-03 1.97E-05 4.74E-01	32.18
Toplam	1.49	-	1.49	100

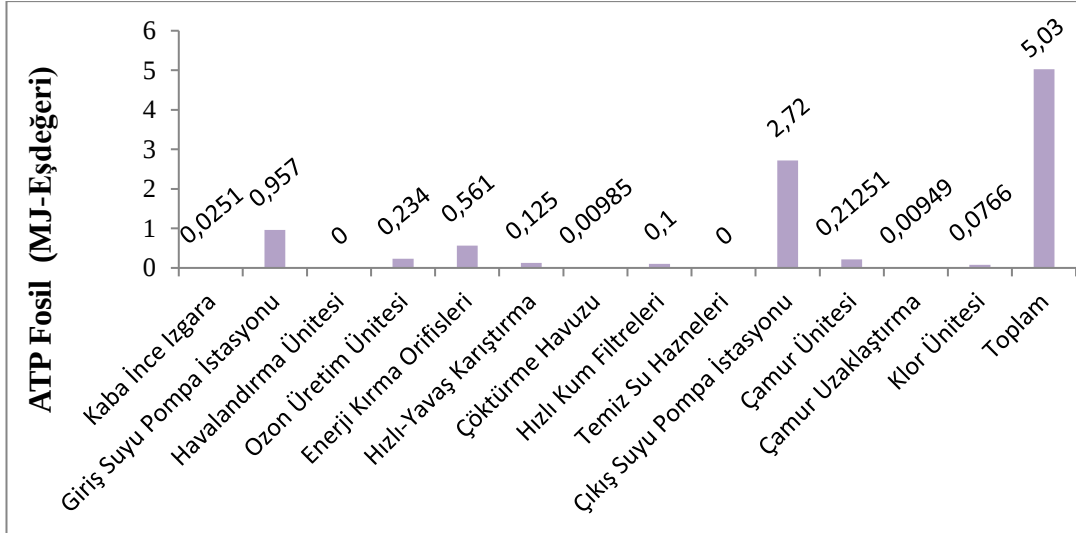
Klor ünitesi, ATP Element etki değerinin %32.3 olup diğer ünitelere göre yüksek etki değerine sahiptir. Şekil 18’de görüldüğü gibi bu değer %98.54’ünü klorun üretimi, %1.38’ini klor ünitesinde kullanılan elektrik ve ihmal edilebilecek kadar küçük bir değer de klorun naklinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.18: Klor ünitesi ATP Element etki kaynakları ve dağılımı.

5.6.1.6 KÇMSAT abiyotik Fosil Tükenme Potansiyeli

Abiyotik tüketim potansiyelinin bir diğeri ise ATP Fosil olup birimi ise MJ-eşdeğeri cinsindendir. KÇMSAT ATP Fosil değeri, 5.03 MJ-eşdeğeri olarak elde edilmiştir. Bu ünitelerden etki değeri bakımından dikkat çeken üç üniteye sahiptir. ATP Fosil değeri giriş suyu pompaları, enerji kırma orifisleri ve çıkış suyu pompa pompalarının sırasıyla 0.96 MJ-eşdeğeri, 0.56 MJ-eşdeğeri ve 2.72 MJ-eşdeğeri ile en fazla etki değerine sahip ünitelerdir (Şekil 5.19).

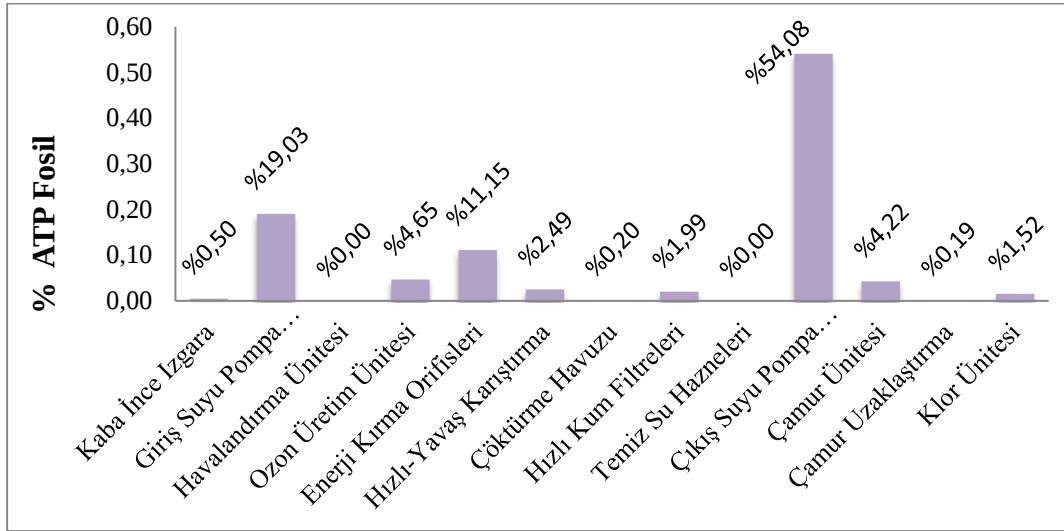


Şekil 5.19 : KÇMSAT ünitelerinin ATP Fosil dağılımı.

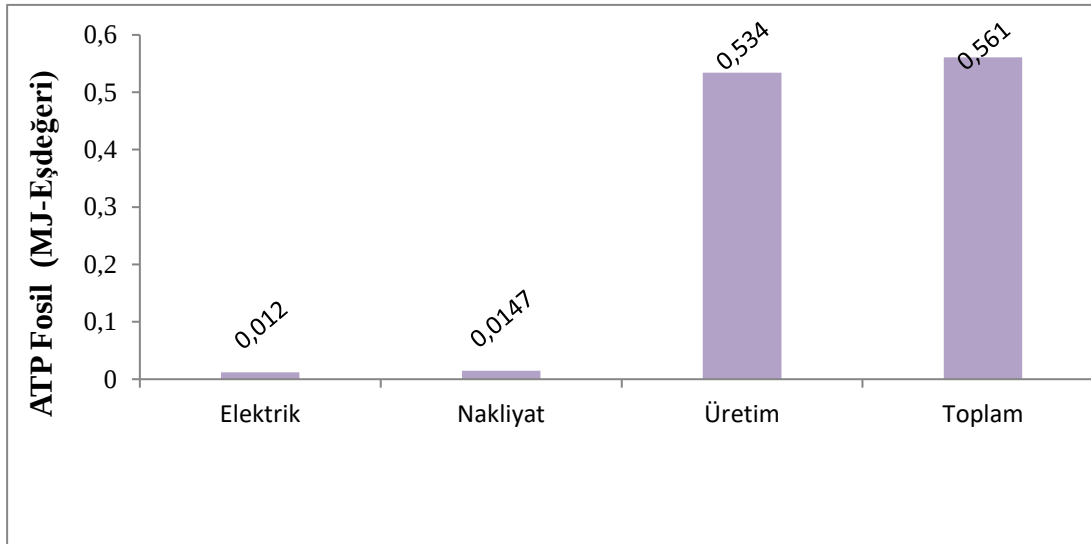
Şekil 5.20’de görüldüğü gibi KÇMSAT giriş suyu pompa istasyonu, enerji kırma orifisleri ve çıkış suyu pompa istasyonu yaklaşık toplam %85 değeri ile en fazla ATP Fosil değerine sahip ünitelerdir. ATP Fosil değerinin yaklaşık %19’u giriş suyu

pompalarından, %54'ü çıkış suyu pompalarından ve %11.2'si enerji kırma orifislerinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 5.21'da ATP Fosil etki değeri, etki yüzdesi ve etki kaynağı görülmektedir. Diğer ünitelere oranla yüksek etki değerine sahip giriş suyu ve çıkış suyu pomplarının etki kaynağı elektrik olup enerji kırma orifislerinin etki kaynağı ise alüminyum sülfattır.



Şekil 5.20 : KÇMSAT ünitelerinin ATP fosil yüzde dağılımı.



Şekil 5.21 : Enerji kırma orifisleri ATP fosil etki kaynakları ve dağılımı.

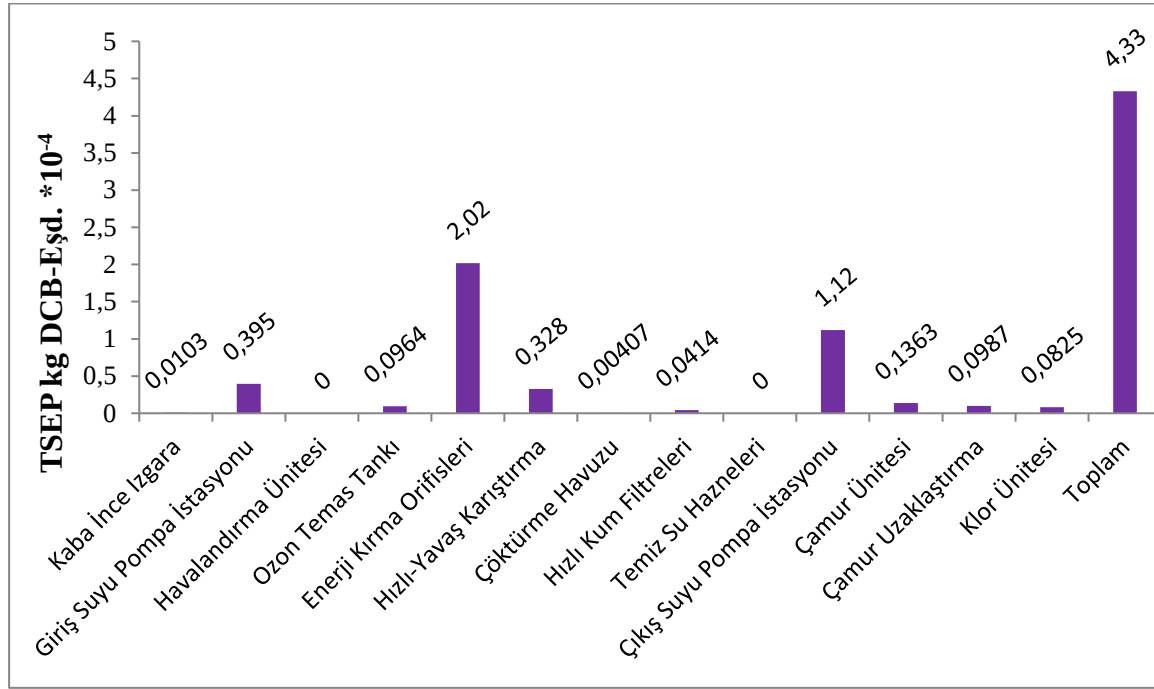
Şekil 5.21'de etki kaynağı alüminyum sülfat olan enerji kırma orifislerinin % 11.2 olan ATP Fosil değerinin % 95.2'si alüminyum sülfatın üretiminden, %2.1'i alüminyum sülfat ünitesinde kullanılan elektrikten ve %2.6'sı klorun tesise naklinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 5.21 : KÇMSAT ünitelerinin ATP Fosil etki kaynakları ve etki dağılımı.

Arıtma Prosesi	MJ - Eşdeğeri	Etki Kaynağı	Etki Değeri (MJ - Eşdeğeri)	Etki Yüzdesi %
Kaba İnce Izgara	0.0251	Elektrik	0.0251	0.50
Giriş Suyu Pompaları	0.957	Elektrik	0.957	19.03
Havalandırma Ünitesi	0	-	-	0
Ozon Üretim Ünitesi	0.234	Elektrik	0.234	4.65
Enerji Kırma Ofirisleri	0.561	Alüminyum Sülfat	0.561	11.15
Hızlı-Yavaş Karıştırma	0.125	Elektrik Aktif Karbon A. Polielektrolit	0.0277 0.0728 0.024	2.49
Çöktürme Havuzu	0.00985	Elektrik	0.00985	0.20
Hızlı Kum Filtreleri	0.1	Elektrik	0.1	1.99
Temiz Su Hazneleri	0	-	-	0
Çıkış Suyu Pompaları	2.72	Elektrik	2.72	54.08
Çamur Ünitesi	0.2125	Elektrik K. Polielektrolit	0.178 0.0342	4,22
Çamur Uzaklaştırma	0.0095	Çamur Bertarafı Dizel	0.00166 0.00783	0.19
Klor Ünitesi	0.0766	Elektrik Nakliyat Klor Üretimi	0.0333 0.000446 0.0428	1.52
Toplam	5.03	-	-	100

5.6.1.7 KÇMSAT tatlı su ekotoksitesitesi potansiyeli (TSEP)

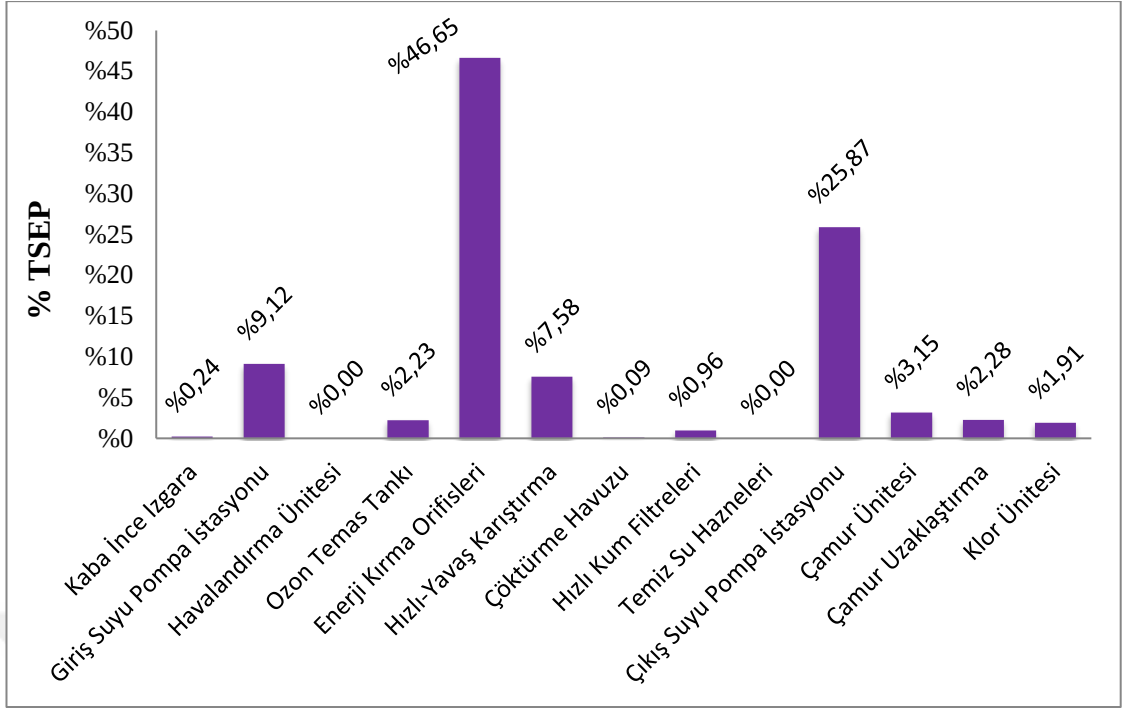
KÇMSAT Tatlı Su Ekotoksitesitesi Potansiyeli 4.33×10^{-4} kg DCB-Eşdeğeridir. KÇMSAT'ta giriş suyu pompa istasyonu, enerji kırma orifisleri, hızlı ve yavaş karıştırma ve çıkış suyu pompa istasyonu sırasıyla 0.40×10^{-4} kg DCB-Eşd, 2.02×10^{-4} kg DCB-Eşd, 0.33×10^{-4} kg DCB-Eşd ve 1.12×10^{-4} kg DCB-Eşd ile en yüksek TSEP değerine sahip ünitelerdir (Şekil 5.22).



Şekil 5.22 : KÇMSAT ünitelerinin TSEP dağılımı

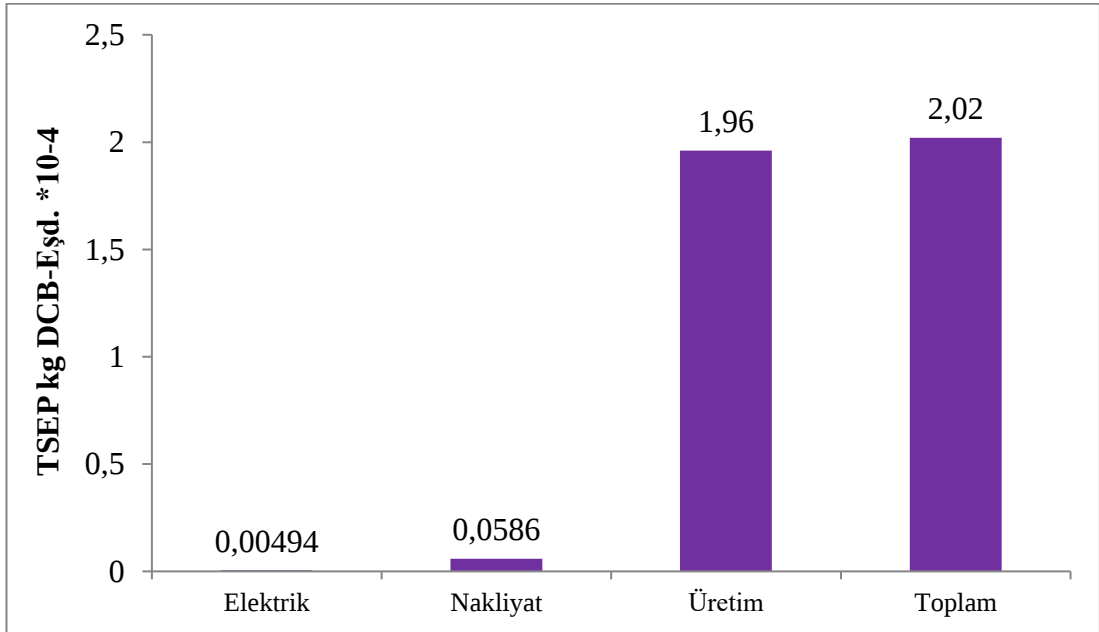
Şekil 5.23'de KÇMSAT'ın ana ünitelerinin etki yüzdeleri görülmektedir. Ünite bazında giriş suyu pompa istasyonu, enerji kırma orifisleri, hızlı ve yavaş karıştırma ve çıkış suyu pompa istasyonunun toplam %89 etki değerine sahip olduğu görülmektedir. Enerji kırma orifisleri %46 oranında etki değeri ile en fazla etkiye sahip ünite dir. TSEP değerinin %25.87'si ise giriş suyu pompa istasyonundan kaynaklanmaktadır. Çıkış suyu pompa istasyonun tek etki kaynağı elektrikten enerji kırma orifislerinin etki kaynağı ünite de kullanılan alüminyum sülfatın üretimi, nakliyatı ve ünite de kullanılan elektriktir.

Etki kaynağı alüminyum sülfat olan enerji kırma orifislerinin % 46.65 olan etki değerinin yaklaşık %97'si alüminyum sülfatın üretiminden, %2.9'u tesise naklinden ve %0.24 alüminyum sülfat ünitesinde kullanılan elektrikten kaynaklanmaktadır (Şekil 5.24).



Şekil 5.23 : KÇMSAT ünitelerinin TSEP yüzde dağılımı.

Tatlı Su Ekotoksitesitesi Potansiyeli için enerji kırma orifislerinde kullanılan alüminyum sülfat kullanımı miktarına dikkat edilmesi çok önemlidir. Kullanımının azaltılması ve alternatif yöntemlerin bulunması gerekmektedir. Alüminyum sülfatın fabrikada üretim aşaması TSEP için dikkat edilmesi gereken en önemli aşamadır. Alüminyum sülfatın tesiste dozlanması için kullanılan elektrik ise ihmal edilebilir seviyededir (Şekil 5.24).



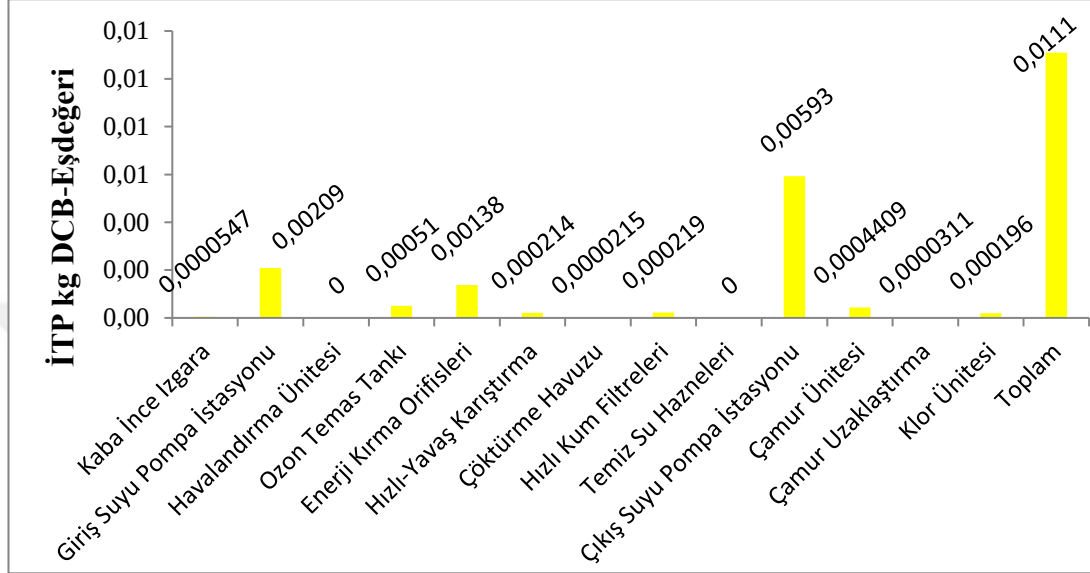
Şekil 5.24 : Enerji kırma orifisleri TSEP etki kaynakları ve dağılımı.

Çizelge 5.22 : KÇMSAT ünitelerinin TSEP etki kaynakları ve etki dağılımı.

Aritma Prosesi	kg DCB-Eşd. ×10⁻⁴	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg DCB- Eşd×10⁻⁴)	Etki Yüzdesi %
Kaba İnce Izgaralar	1.03E-02	Elektrik	1.03E-02	0.24
Giriş Suyu Pompaları	3.95E-01	Elektrik	3.95E-01	9.12
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Üretim Ünitesi	9.64E-02	Elektrik	9.64E-02	2.23
Enerji Kırma Ofisleri	2.02	Alüminyum Sülfat	2.02	46.65
Hızlı-Yavaş Karıştırma	3.28E-01	Elektrik Aktif Karbon A. Polielektrolit	1.14E-02 2.75E-01 4.09E-02	7.58
Çöktürme Havuzu	4.07E-03	Elektrik	4.07E-03	0.09
Hızlı Kum Filtreleri	4.14E-02	Elektrik	4.14E-02	0.96
Temiz Su Hazneleri	0.00	-	0.00	0.00
Çıkış Suyu Pompaları	1.12	Elektrik	1.12	25.87
Çamur Ünitesi	1.36E-01	Elektrik Katyonik Polielektrolit	7.36E-02 6.31E-02	3.15
Çamur Uzaklaştırma	9.87E-02	Çamur Bertarafı Dizel	6.77E-02 3.10E-02	2.28
Klor Ünitesi	8.25E-02	Elektrik Nakliyat Klor Üretimi	1.38E-02 1.77E-03 6.69E-02	1.91
Toplam	4.33	-	-	100

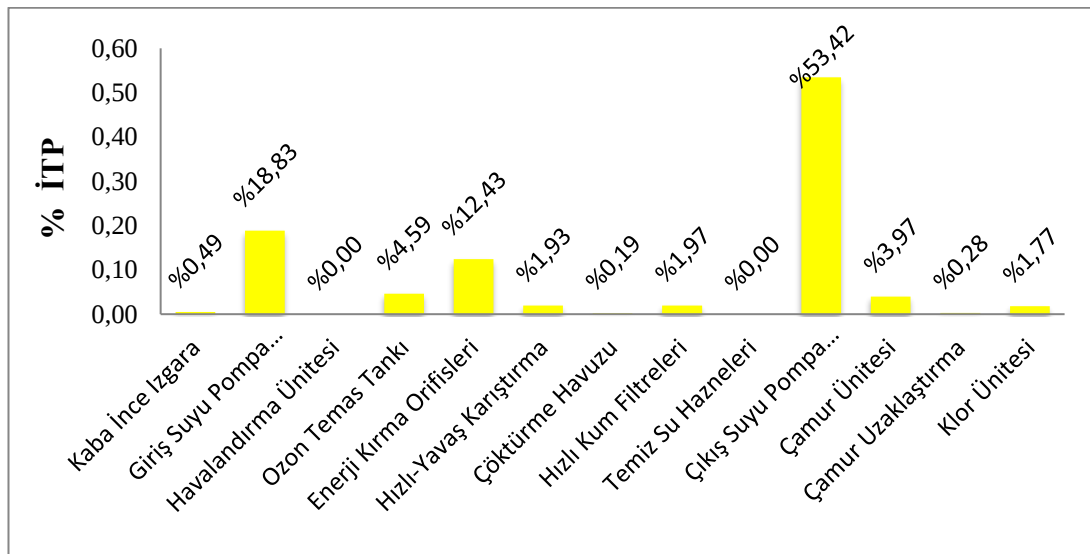
5.6.1.8 KÇMSAT insan toksisitesi potansiyeli (İTP)

KÇMSAT'nin İTP'si 1.1×10^{-2} kg DCB-Eşdeğeri olarak bulunmuştur. En fazla İTP'ye sahip üniteler giriş suyu pomapaları, enerji kırma orifisleri ve çıkış suyu pompaları olup etki deperleri sırasıyla 2.1×10^{-3} kg DCB-Eşdeğeri, 1.38×10^{-2} kg DCB-Eşdeğeri ve 5.93×10^{-2} kg DCB-Eşdeğeri olarak elde edilmiştir (Şekil 5.25).



Şekil 5.25 : KÇMSAT ünitelerinin İTP dağılımı.

İTP için giriş suyu pompalarının %18.8, enerji kırma orifislerinin %12.4 ve çıkış suyu pompa istasyonunun ise %53.4 etkiye sahiptir ve sadece bu üç ünite tüm ünitelere oranla İTP değerinin yaklaşık %85'ini oluşturmaktadır (Şekil 5.26).

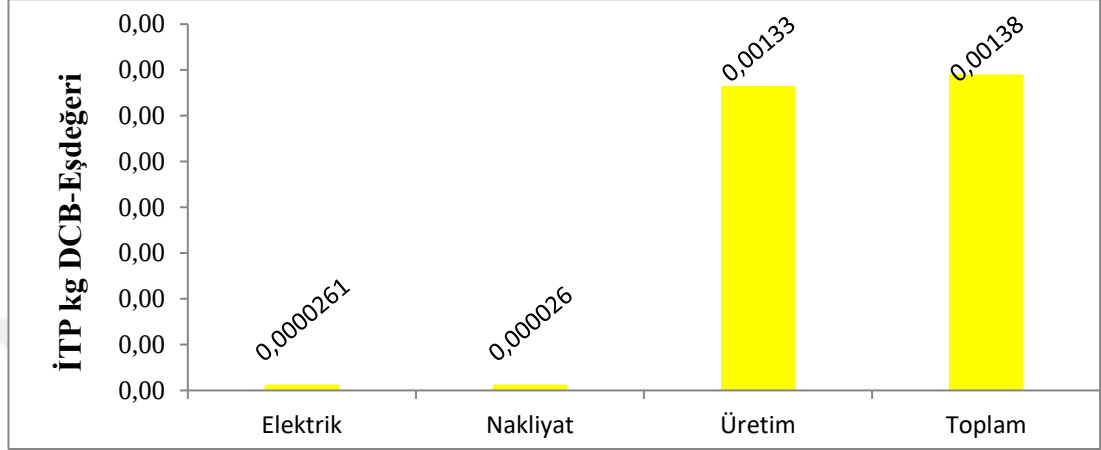


Şekil 5.26 : KÇMSAT ünitelerinin TSEP yüzde dağılımı.

Çizelge 5.23 : KÇMSAT ünitelerinin İTP etki kaynakları ve etki dağılımı.

Aritma Prosesi	kg DCB-Eşdeğeri	Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg DCB-Eşdeğeri)	Etki Yüzdesi %
Kaba İnce Izgara	5.47E-05	Elektrik	5.47E-05	0.49
Giriş Suyu Pompaları	2.09E-03	Elektrik	2.09E-03	18.83
Havalandırma Ünitesi	0	-	-	0
Ozon Üretim Ünitesi	5.10E-04	Elektrik	5.10E-04	4.59
Enerji Kırma Ofirisleri	1.38E-03	Alüminyum Sülfat	1.38E-03	12.43
Hızlı-Yavaş Karıştırma	2.14E-04	Elektrik Aktif Karbon Anyonik Polielektrolit	6.04E-05 1.16E-04 3.75E-05	1.93
Çöktürme Havuzu	2.15E-05	Elektrik	2.15E-05	0.19
Hızlı Kum Filtreleri	2.19E-04	Elektrik	2.19E-04	1.97
Temiz Su Hazneleri	0	-	-	0
Çıkış Suyu Pompaları	5.93E-03	Elektrik	5.93E-03	53.42
Çamur Ünitesi	4.41E-04	Elektrik Katyonik Polielektrolit	3.89E-04 5.11E-05	3.97
Çamur Uzaklaştırma	3.11E-05	Çamur Bertarafı Dizel	2.00E-05 1.11E-05	0.28
Klor Ünitesi	1.96E-04	Elektrik Nakliyat Klor Üretimi	7.28E-05 7.98E-07 1.22E-04	1.77
Toplam	1.11E-02	-	-	100

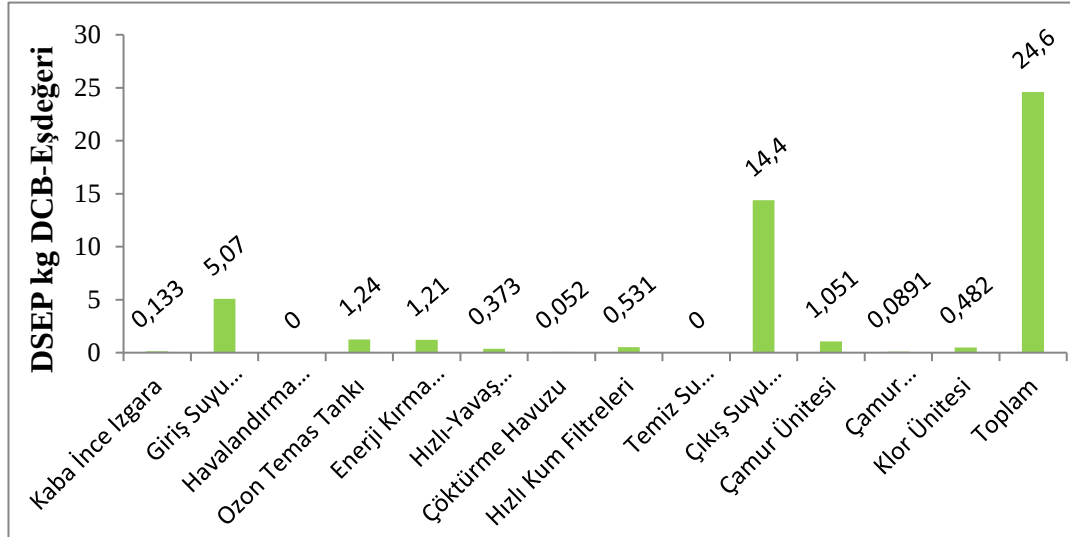
İTP değerinin %12.4'ü enerji kırma orifislerinden kaynaklanmakta olup ünitenin etki değeri Şekil 5.27 verilmiştir. Etki kaynağı alüminyum sülfat olan enerji kırma orifislerinin İTP değerinin %96.38 alüminyum sülfatın üretiminden, yaklaşık % 1.9'u kimyasalın tesise naklinden ve %1.9'u alüminyum sülfat ünitesinde kullanılan elektrikten kaynaklanmaktadır (Şekil 5.27).



Şekil 5.27 : Enerji kırma orifisleri İTP etki kaynakları ve dağılımı.

5.6.1.9 Deniz suyu ekotoksitesi potansiyeli (DSEP)

KÇMSAT'ın deniz suyu ekotoksitesi potansiyelini kg DCB-Eşdeğeri biriminden görülmektedir (Şekil 5.28).



Şekil 5.28 : KÇMSAT ünitelerinin DSEP dağılımı.

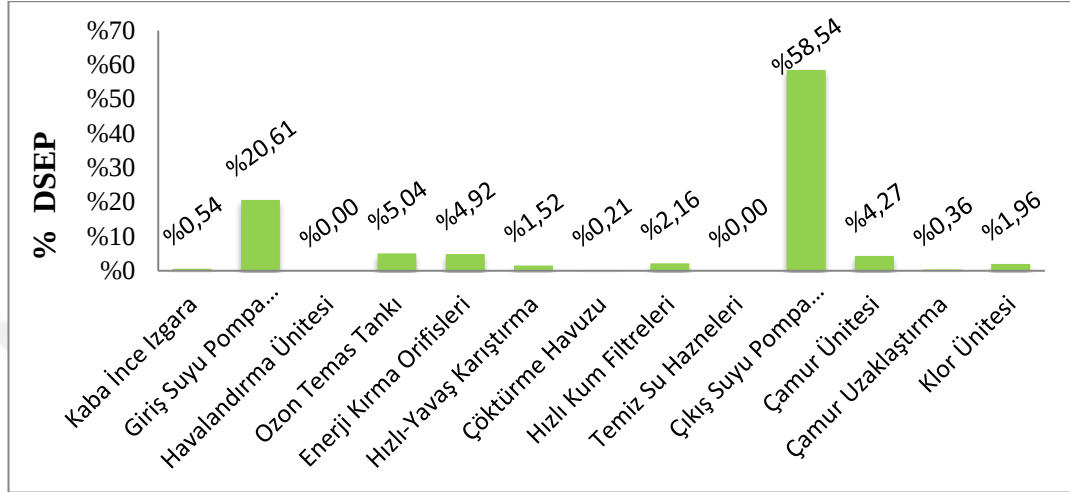
Toplamda 24.6 kg DCB-Eşd. olan etki değerinde giriş suyu ve çıkış suyu pompaları etki değerinin diğer ünitelere oranla yüksek olduğu Şekil 5.28'de görülmektedir. DSEP değeri giriş suyu pompalarının 5.07 kg DCB-Eşdeğeri ve çıkış suyu pompalarının 14.4 kg DCB-Eşdeğeri'dir.

Çizelge 5.24’de yüksek etki değerine sahip giriş suyu pompaları ve çıkış suyu pompalarının etki kaynağının sadece elektrik olduğu ve elektrik tüketiminin DSEP üzerinde büyük değere sahip olduğu sonucu çıkarılabilir. Etki kaynağı elektrik olan ozon ünitesinin etkisi ozon temas tankında görülmekte olup DSEP değerinin %5’ini oluşturmaktadır. Bunun yanında havalandırma ve temiz su haznelerinde kullanılan kimyasal madde ve elektrik gibi herhangi bir girdi olmadığı için DSEP değeri yoktur.

Çizelge 5.24 : KÇMSAT ünitelerinin DSEP etki kaynakları ve etki dağılımı.

Aritma Prosesi	kg DCB-Eşdeğeri	Prosesin Etki Kaynağı	(kg DCB-Eşd.)	Etki Yüzdesi %
Kaba İnce Izgara	0.133	Elektrik	0.133	0.54
Giriş Suyu Pompaları	5.07	Elektrik	5.07	20.61
Havalandırma	0	-	0	0
Ozon Üretim Ünitesi	1.24	Elektrik	1.24	5.04
Enerji Kırma Orifisleri	1.21	Alüminyum Sülfat	1.21	4.92
Hızlı-Yavaş Karıştırma	0.373	Elektrik	0.147	1.52
		Aktif Karbon	0.149	
		Anyonik Polielektrolit	0.0769	
Çöktürme Havuzu	0.0522	Elektrik	0.0522	0.21
Hızlı Kum Filtreleri	0.531	Elektrik	0.531	2.16
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	14.4	Elektrik	14.4	58.54
Çamur Ünitesi	1.05	Elektrik	9.46E-01	4.27
		K. Polielektrolit	1.02E-01	
Çamur Uzaklaştırma	8.91E-02	Çamur Bertarafı	8.16E-02	0.36
		Dizel	7.49E-03	
Klor Ünitesi	0.482	Elektrik	1.77E-01	1.96
		Nakliyat	4.27E-04	
		Klor Üretimi	3.05E-01	
Toplam	24.6	-	-	100

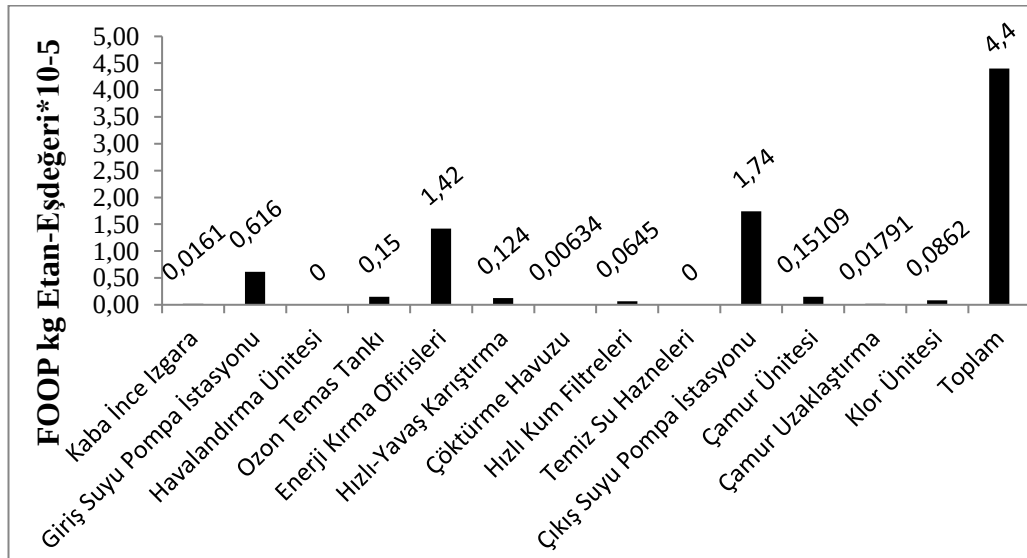
DSEP değeri %20.6'sı giriş suyu pompalarından ve % 58.5'i çıkış suyu pompalarından kaynaklanmakta olup bu iki pompa istasyonu % 79 civarında DSEP etki yüzdesine sahip olduğu Şekil 5.29'da görülmektedir. Bu iki ünitenin de tek etki kaynağı elektriktir. Böylece elektriğin DSEP için önemli bir etki kaynağı olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 5.29).



Şekil 5.29 : KÇMSAT ünitelerinin DSEP yüzde dağılımı.

5.6.1.10 Fotokimyasal ozon oluşumu potansiyeli (FOOP)

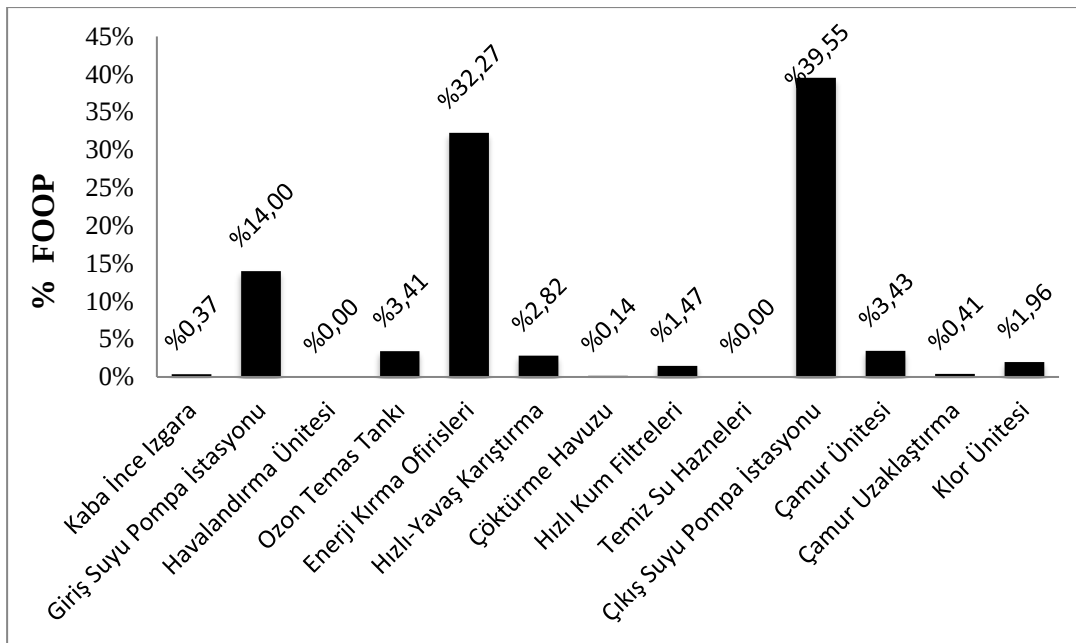
KÇMSAT'ın Fotokimyasal Ozon Oluşumu Potansiyeli üzerinde etki değeri dağılımı kg Etan-Eşdeğeri biriminden görülmektedir (Şekil 5.30). KÇMSAT'ta 1 m³ su arıtmak için FOOP değeri 4.4×10^{-5} kg Etan-Eşdeğeri olarak bulunmuştur.



Şekil 5.30 : KÇMSAT ünitelerinin FOOP dağılımı.

KÇMSAT'ta bulunan üniteler incelendiğinde diğerlerine oranla en yüksek etki değerine sahip üniteler giriş suyu pompa istasyonu, enerji kırma orifisleri ve çıkış suyu pompa istasyonudur. Fotokimyasal Ozon Oluşum Potansiyeli, giriş suyu pompalarının 6.2×10^{-6} kg Etan-Eşdeğeri, 1.42×10^{-5} kg Etan-Eşdeğeri ve çıkış suyu pompalarının 1.74×10^{-5} kg Etan-Eşdeğeri'dir.

FOOP değerinin %14'ü giriş suyu pompalarından, %32.3'ü enerji kırma orifislerinden ve %39.6'sı çıkış suyu pompalarının kaynaklanmakta olup bu üç ünite toplamda %86 etki yüzdesine sahiptir. Etki değeri yüksek olan üç üniteden pompaların etki kaynağı elektrikten enerji kırma orifislerinin etki kaynağı alüminyum sülfattır.



Şekil 5.31 : KÇMSAT ünitelerinin FOOP yüzde dağılımı.

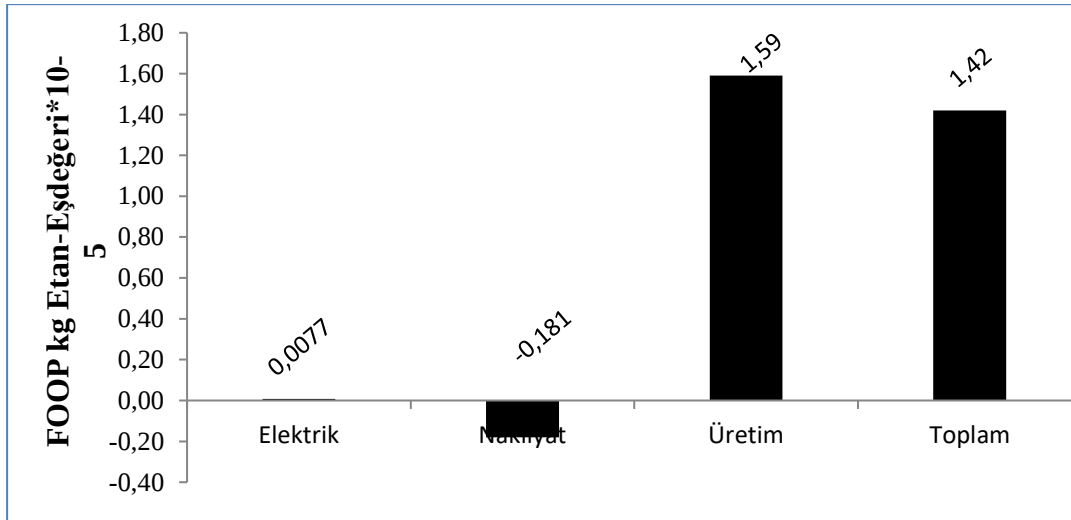
Etki değeri yüksek olan enerji kırma orifislerinin etki kaynakları alüminyum sülfatın üretimi, alüminyum sülfat ünitesinde kullanılan elektrik ve alüminyum sülfatın tesise nakliyatıdır (Şekil 5.32).

Alüminyum sülfatın üretiminin Fotokimyasal Ozon Oluşum Potansiyeli 1.59×10^{-5} kg Etan-Eşdeğeri iken alüminyum sülfat ünitesinin Fotokimyasal Ozon Oluşum Potansiyeli 1.42×10^{-5} kg Etan-Eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Bunun sebebi nakliyatla görülen negatif değerdeki fotokimyasal ozon oluşum potansiyelidir.

Çizelge 5.25'te KÇMSAT ünitelerinin FOOP etki kaynakları ve etki dağılımı görülmektedir. Çizelgeye göre, etki değeri yüksek giriş suyu ve çıkış suyu pompalarının tek etki kaynağının elektrik olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.25: KÇMSAT ünitelerinin FOOP etki kaynakları ve etki dağılımı.

Aritma Prosesi	kg Etan- Eşdeğeri $\times 10^{-5}$	Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg Etan- Eşd.$\times 10^{-5}$)	Etki Yüzdesi %
Kaba İnce Izgaralar	1.61E-02	Elektrik	1.61E-02	0.37
Giriş Suyu Pompaları	6.16E-01	Elektrik	6.16E-01	14.00
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Üretim Ünitesi	1.50E-01	Elektrik	1.50E-01	3.41
Enerji Kırma Orifisleri	1.42	Alüminyum Sülfat	1.42	32.27
Hızlı-Yavaş Karıştırma	1.24E-01	Elektrik Aktif Karbon Anyonik Polielektrolit	1.78E-02 8.19E-02 2.43E-02	2.82
Çöktürme Havuzu	6.34E-03	Elektrik	6.34E-03	0.14
Hızlı Kum Filtreleri	6.45E-02	Elektrik	6.45E-02	1.47
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	1.74	Elektrik	1.74	39.55
Çamur Ünitesi	1.51E-01	Elektrik Katyonik Polielektrolit	1.15E-01 3.59E-02	3.43
Çamur Uzaklaştırma	1.79E-02	Çamur Bertarafı Dizel	1.26E-02 5.31E-03	0.41
Klor Ünitesi	8.62E-02	Elektrik Nakliyat Klor Üretimi	2.15E-02 -5.54E-03 7.03E-02	1.96
Toplam	4.40	-	-	100

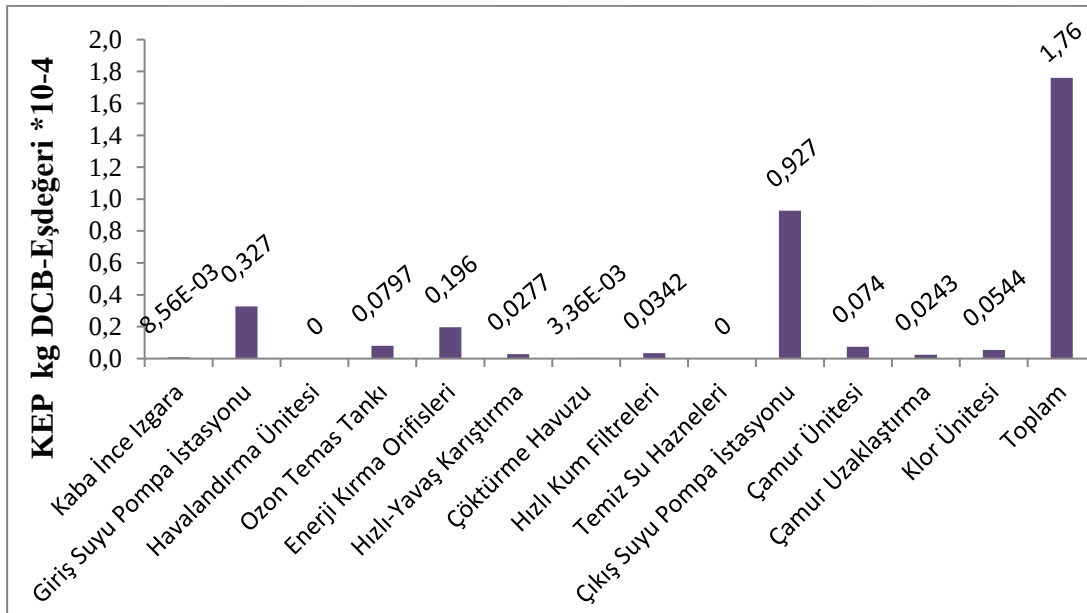


Şekil 5.32 : Enerji kırma orifisleri FOOP etki kaynakları ve dağılımı.

5.6.1.11 Karasal ekotoksisite potansiyeli (KEP)

KÇMSAT ünitelerinin karasal ekotoksisite potansiyeli etki değeri kg DCB-Eşdeğeri biriminden görülmektedir (Şekil 5.33).

Toplamda 1.76×10^{-4} kg DCB-Eşdeğeri olan değerinin 3.27×10^{-5} kg DCB-Eşdeğeri giriş suyu pompalarından, 1.96×10^{-5} kg DCB-Eşdeğeri enerji kırma orifislerinden 9.27×10^{-5} kg DCB-Eşdeğeri çıkış suyu pompalarından kaynaklanmaktadır.



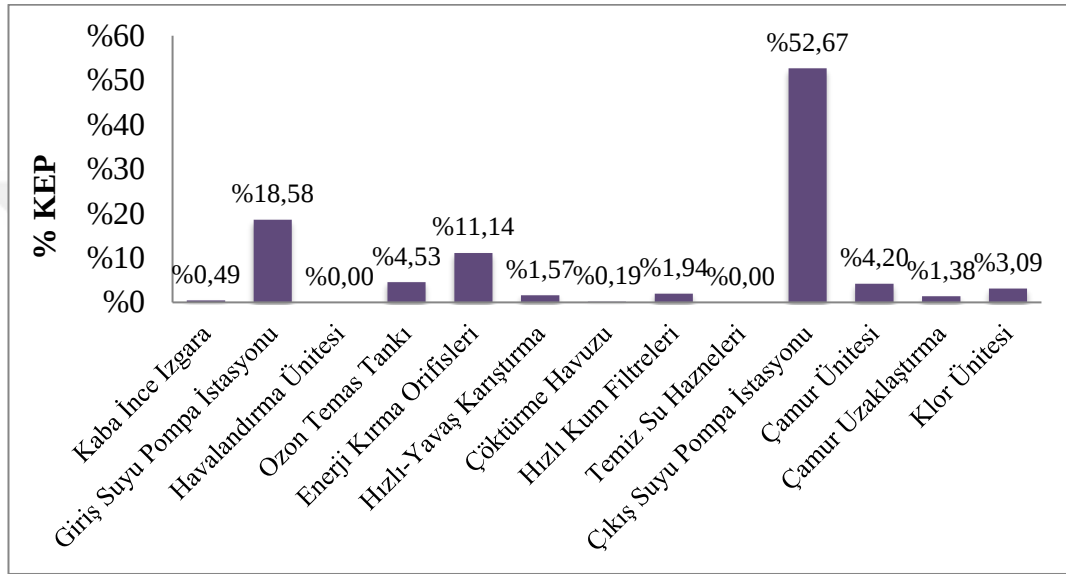
Şekil 5.33 : KÇMSAT ünitelerinin KEP dağılımı.

KÇMSAT ünitelerinin karasal ekotoksisite potansiyeli yüzde dağılımına göre KEP değerinin %18.58'i giriş suyu pompalarından, %11.14'ü enerji kırma orifislerinden ve

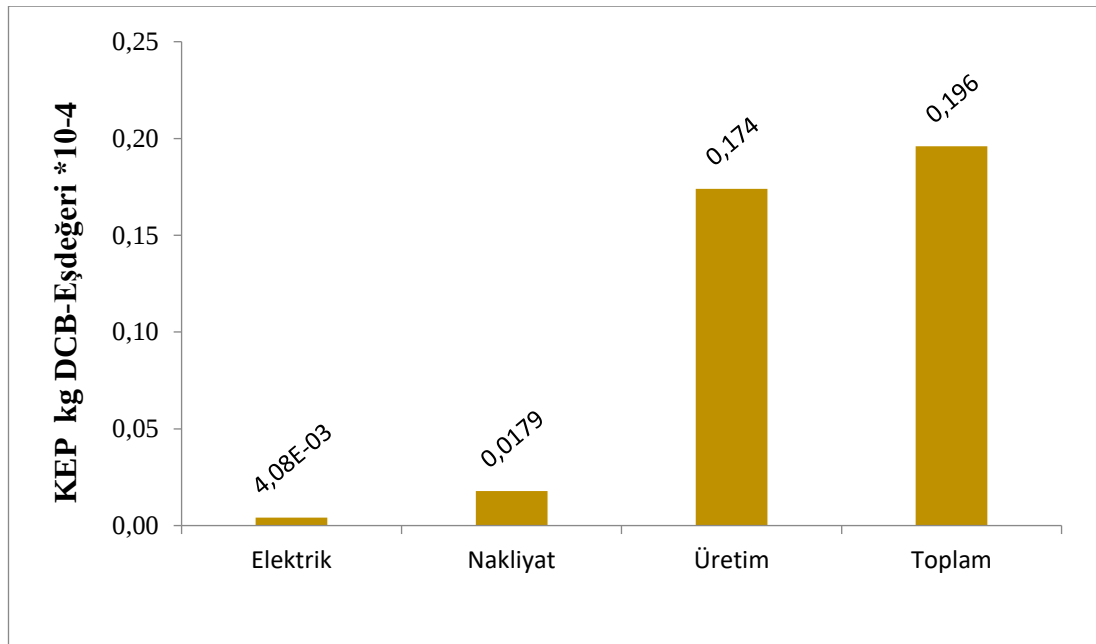
%52.67'si çıkış suyu pompalarından kaynaklanmaktadır (Şekil 5.34). Bu üç ünitenin KEP yüksek olup toplamda yaklaşık KEP'nin %82'sini oluşturmaktadır.

Giriş suyu pompaları ve çıkış suyu pompalarının etki kaynağı elektrik olup enerji kırma orifislerinin etki kaynağı alüminyum sülfattır.

Şekil 5.35'e göre KEP değerinin %11.14'ü olan enerji kırma orifislerinin %88.78'i alüminyum sülfatın üretiminden, %9.13'ü tesise naklinden ve %2.08'i alüminyum sülfat ünitesinde kullanılan elektrikten kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.34 : KÇMSAT ünitelerinin KEP yüzde dağılımı.



Şekil 5.35 : Enerji kırma orifisleri KEP etki kaynakları ve dağılımı.

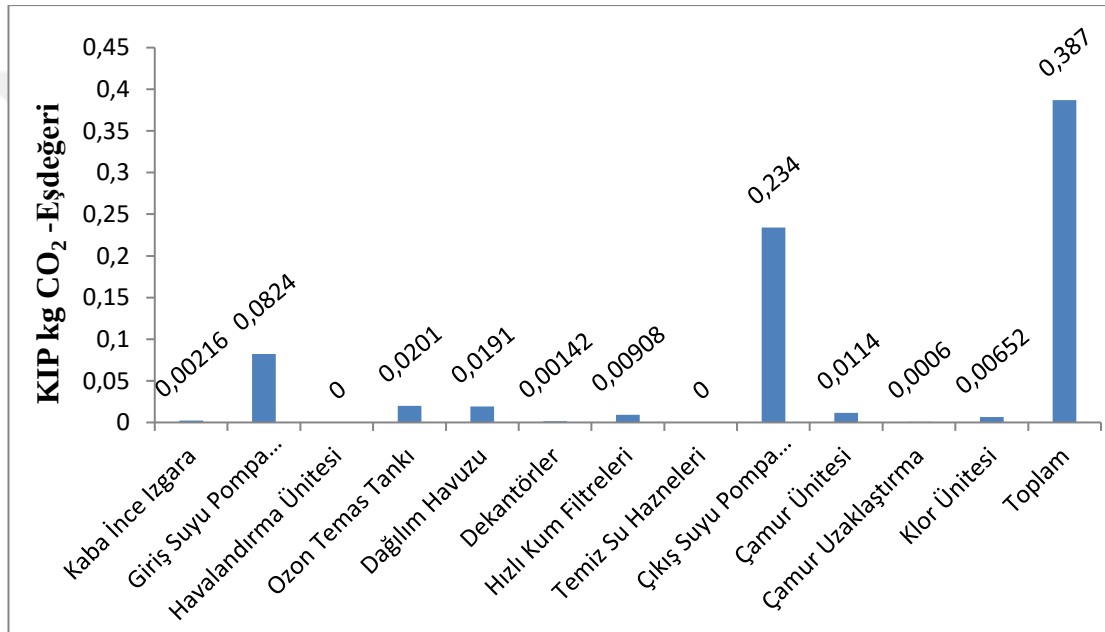
Çizelge 5.26 : KÇMSAT ünitelerinin KEP etki kaynakları ve etki dağılımı.

Aritma Prosesi	kg DCB-Eşdeğeri ×10⁻⁴	Etki Kaynağı	(kg DCB-Eşd. ×10⁻⁴)	Etki Yüzdesi %
Kaba İnce Izgara	8.56E-03	Elektrik	8.56E-03	0.49
Giriş Suyu Pompaları	3.27E-01	Elektrik	3.27E-01	18.58
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Üretim Ünitesi	7.97E-02	Elektrik	7.97E-02	4.53
Enerji Kırma Ofirisleri	1.96E-01	Alüminyum Sülfat	1.96E-01	11.14
Hızlı-Yavaş Karıştırma	2.77E-02	Elektrik Aktif Karbon Anyonik Polielektrolit	9.45E-03 9.22E-03 9.05E-03	1.57
Çöktürme Havuzu	3.36E-03	Elektrik	3.36E-03	0.19
Hızlı Kum Filtreleri	3.42E-02	Elektrik	3.42E-02	1.94
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	9.27E-01	Elektrik	9.27E-01	52.67
Çamur Ünitesi	7.40E-02	Elektrik Katyonik Polielektrolit	6.09E-02 1.30E-02	4.20
Çamur Uzaklaştırma	2.43E-02	Çamur Bertarafı Dizel	1.49E-02 9.40E-03	1.38
Klor Ünitesi	5.44E-02	Elektrik Nakliyat Klor Üretimi	1.14E-02 5.41E-04 4.25E-02	3.09
Toplam	1.76	-	-	100

5.6.2 Kağıthane Yıldırım Bayezid su arıtma tesisi çevre etki değerlendirmesi

5.6.2.1 KYBSAT küresel ısınma potansiyeli (KIP)

KYBSAT'ın ünitelerinin küresel ısınma potansiyeli kg CO₂-Eşdeğeri biriminden verilmiş toplamda 0.387 kg CO₂-Eşdeğeri olarak elde edilmiştir(Şekil 5.36). KÇMSAT'ta ise bu değer 0.396 kg CO₂-Eşdeğeri olarak bulunmuştur. Etki değeri yüksek olan ünitelerin etki kaynağı incelenerek KIP farklı çıkmasının sebebi bulunabilir. Giriş suyu pompalarının ve çıkış suyu pompalarının KIP değeri sırasıyla yaklaşık 0.08 kg CO₂-Eşdeğeri ve 0.234 kg CO₂-Eşdeğeri'dir ve bu iki ünite diğer üniteler göre yüksek KIP değerine sahiptir (Şekil 5.36).



Şekil 5.36 : KYBSAT ünitelerinin KIP dağılımı.

KYBSAT KIP değerinin %21.29'u giriş suyu pompalarından ve %60.47'si çıkış suyu pompalarından kaynaklanmaktadır. Bu iki ünite toplamda KIP'in yaklaşık %82'sini oluşturmaktadır. KÇMSAT'ta da bu iki ünitenin etki yüzdesi bu değere yakındır (Şekil 5.37).

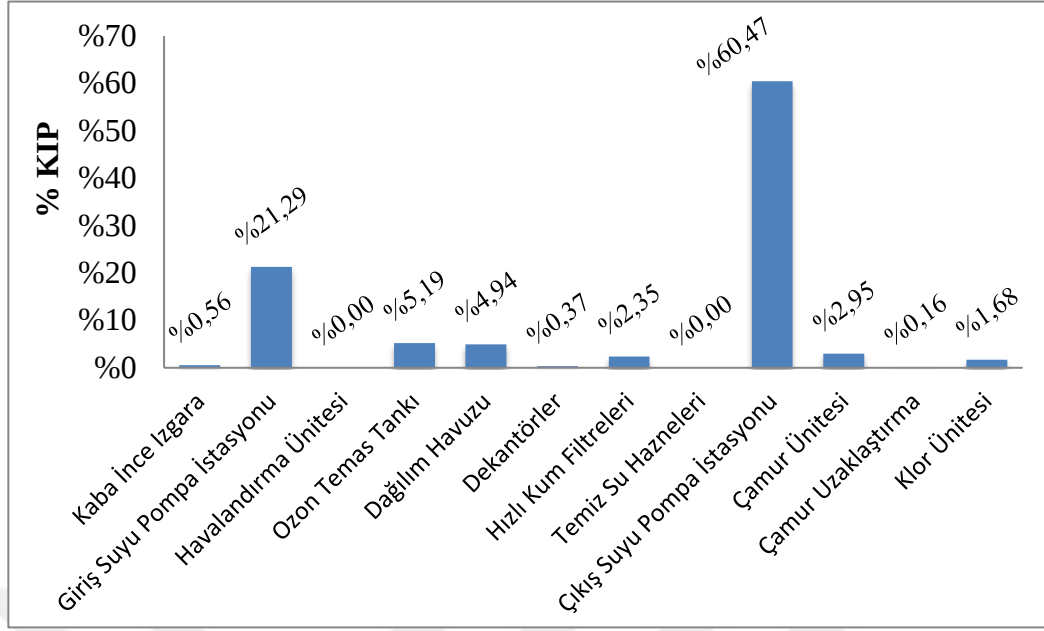
Bunun yanında ozon üretimi için elektrik kullanılmakta olup KYBSAT'ın KIP'sinin yaklaşık % 5'ini oluşturmaktadır.

Havalandırma ünitesinin ve temiz su haznelerinin etki kaynağı olmadığı için KIP değeri görülmemektedir. Kimyasal maddeerin ise KIP değeri elektrik kullanımına göre düşüktür.

Çizelge 5.27’de etki değeri yüksek giriş suyu pompaları ve çıkış suyu pompalarının etki kaynağının elektrik olduğu görülmektedir. KÇMSAT’ın KIP değerinin KYBSAT’tan büyük olma sebebi kullanılan elektriğin daha fazla olmasına bağlanabilir.

Çizelge 5.27 : KYBSAT ünitelerinin KIP etki kaynakları ve etki dağılımı.

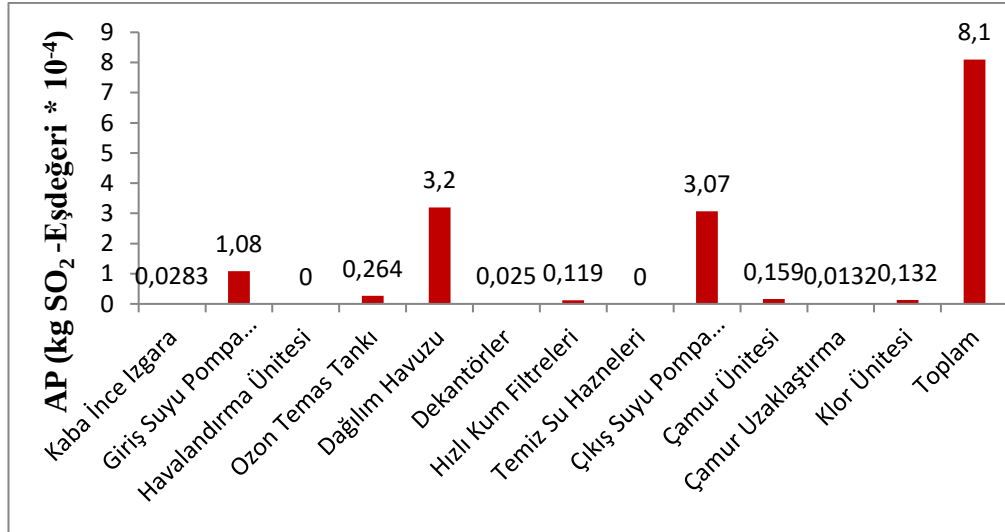
Arıtma Prosesi	kg CO₂-Eşdeğeri	Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg CO₂-Eşdeğeri)	Etki Yüzdesi %
Kaba ve İnce Izgaralar	2.16E-03	Elektrik	2.16E-03	0.56
Giriş Suyu Pompaları	8.24E-02	Elektrik	8,24E-02	21.29
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Üretim Ünitesi	2.01E-02	Elektrik	2.01E-02	5.19
Dağılım Havuzu	1.91E-02	Alüminyum Sülfat Aktif Karbon	1.60E-02 3.08E-03	4.94
Dekantörler	1.42E-03	Anyonik Polielektrolit	1.42E-03	0.37
Hızlı Kum Filtreleri	9.08E-03	Elektrik	9.08E-03	2.35
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	2.34E-01	Elektrik	2.34E-01	60.47
Çamur Ünitesi	1.14E-02	Elektrik K.Polielektrolit	9.43E-03 1.92E-03	2.95
Çamur Uzaklaştırma	6.04E-04	Çamur Bertarafı Dizel	5.46E-04 5.84E-05	0.16
Klor Ünitesi	6.52E-03	Elektrik Nakliyat Klor Üretimi	2.43E-03 2.77E-05 4.07E-03	1.68
Toplam	3.87	-	-	100



Şekil 5.37 : KYBSAT ünitelerinin KIP yüzde dağılımı.

5.6.2.2 KYBSAT asitleşme potansiyeli (AP)

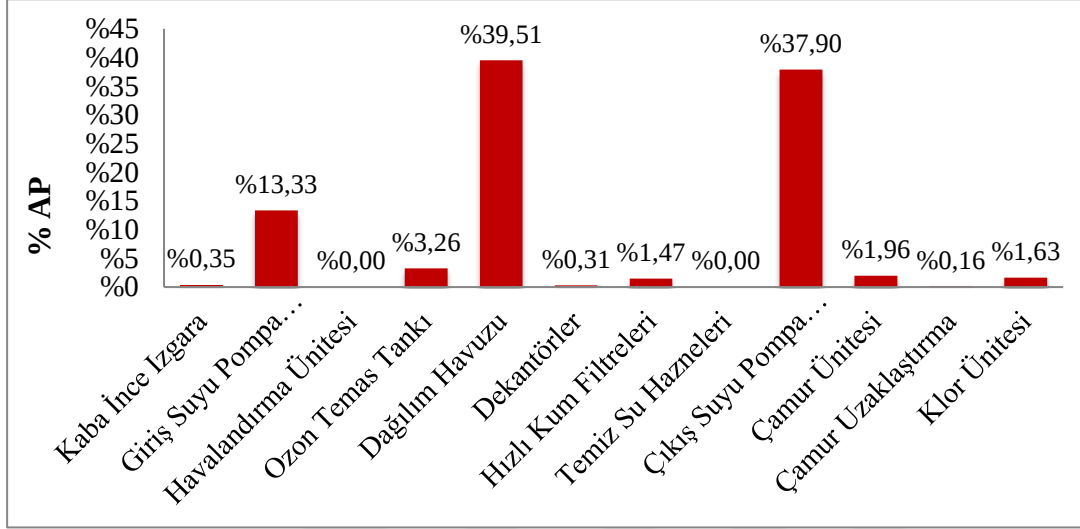
KYBSAT'ın ünitelerinin asitleşme potansiyeli kg SO₂-Eşdeğeri biriminden verilmiş ve toplamda 8.1×10^{-4} kg SO₂-Eşdeğeri olduğu Şekil 5.38'de görülmektedir. KÇMSAT'ta ise bu değer 8.2×10^{-4} kg SO₂-Eşdeğeri olarak bulunmuştur.



Şekil 5.38 : KYBSAT ünitelerinin AP dağılımı.

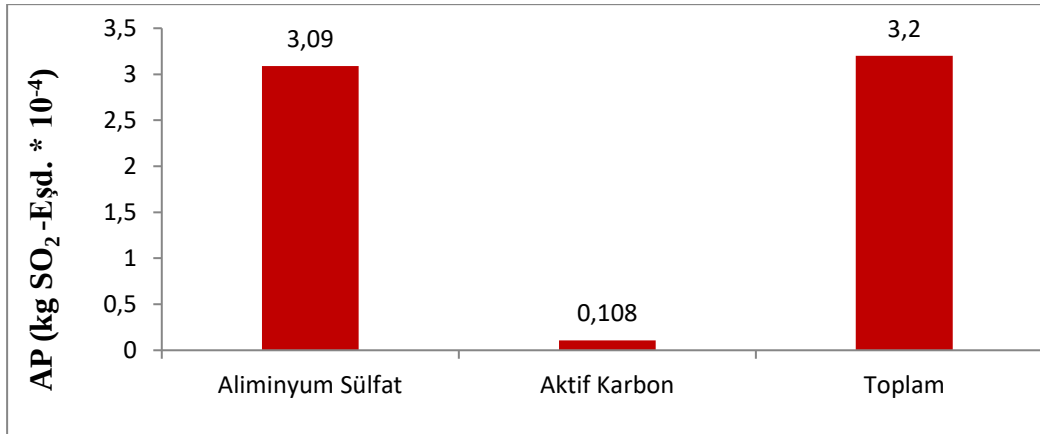
Giriş ve çıkış suyu pompa istasyonu, dağılım havuzu etki yüzdeleri sırasıyla %13,3, %39,5 ve %37,7 olarak şekilde görülmektedir. Bu üç ünitenin AP etkisi tüm ünitenin AP etkisine oranlanırsa %91 civarında olduğu bulunabilir. KÇMSAT'ta da bu üç ünitenin AP yüzde dağılımı bu değerlere yakındır (Şekil 5.39).

Çizelge 5.28'e göre en fazla AP değerine sahip ünite olan dağılım havuzunun etki kaynaklarının alüminyum sülfat ve aktif karbon olduğuna göre bu iki kimyasalın asitleşme potansiyeli üzerinde önemli olduğu sonucu çıkarılabilir. Aynı zamanda etki kaynağı olarak elektiğin de önemi giriş ve çıkış suyu pompa istasyonlarının AP değerinin diğer ünitelere oranla yüksek olmasından anlaşılabılır.



Şekil 5.39 : KYBSAT ünitelerinin AP yüzde dağılımı.

Şekil 5.40'a göre etki değeri en yüksek ünite olan dağılım havuzunun etki kaynakları incelendiğinde toplamda 3.2×10^{-4} kg SO₂-Eşdeğeri olan dağılım havuzunun 3.09 kg SO₂-Eşdeğeri $\times 10^{-4}$ kısmını alüminyum sülfat ünitesinden gelen alüminyum sülfat oluşturmaktadır. Geri kalan etki değerinin $0.1 \text{ kg} \times 10^{-4}$ SO₂-Eşdeğeri kısmına ise aktif karbon sebep olmaktadır.



Şekil 5.40: Dağılım havuzunun AP etki kaynakları ve dağılımı.

KYBSAT Asitleşme potansiyelinin %39.5'i dağılım havuzundan kaynaklanmakta olup bu değer %96.56'sı alüminyum sülfattan ve %3.38'i aktif karbondan

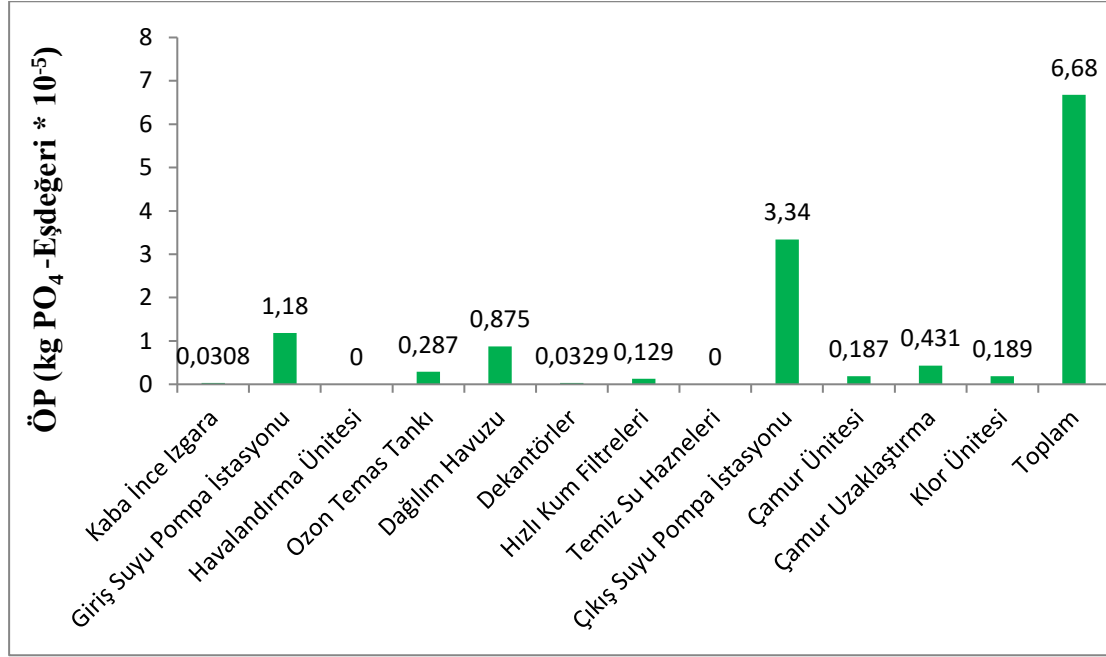
kaynaklanmaktadır. Böylece alüminyum sülfatın asitleşme potansiyeli üzerinde etkisinin yüksek olduğu sonucu çıkarılabilir.

Çizelge 5.28 : KYBSAT ünitelerinin AP etki kaynakları ve etki dağılımı.

Arıtma Prosesi	kg SO₂-Eşd.×10⁻⁴	Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg SO₂-Eşd. ×10⁻⁴)	Etki Yüzdesi %
Kaba ve İnce Izgaralar	2.83E-02	Elektrik	2.83E-02	0.35
Giriş Suyu Pompaları	1.08	Elektrik	1.08	13.33
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Temas Tankı	2.64E-01	Elektrik	2.64E-01	3.26
Dağılım Havuzu	3.20	Alüminyum Sülfat Aktif Karbon	3.09 0.108	39.51
Dekantörler	2.50E-02	Anyonik Polielektrolit	2.50E-02	0.31
Hızlı Kum Filtreleri	1.19E-01	Elektrik	1.19E-01	1.47
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	3.07	Elektrik	3.07	37.90
Çamur Ünitesi	1.59E-01	Elektrik Katyonik Polielektrolit	1.24E-01 3.52E-02	1.96
Çamur Uzaklaştırma	1.32E-02	Çamur Bertarafı Dizel	9.57E-03 3.63E-03	0.16
Klor Ünitesi	1.32E-01	Elektrik Nakliyat Klor Üretimi	3.18E-02 1.15E-03 9.92E-02	1.63
Toplam	8.1	-	-	100

5.6.2.3 KYBSAT ötrofikasyon potansiyeli

Şekil 41’de görüldüğü gibi KYBSAT’ın ünitelerinin asitleşme potansiyeli kg PO₄ - Eşdeğeri biriminden verilmiş toplamda 6.68×10^{-5} kg PO₄-Eşdeğeri olarak elde edilmiştir. KÇMSAT’ta ise bu değer 6.79×10^{-5} kg PO₄ Eşdeğeri olarak bulunmuştur. Etki değeri yüksek olan ünitelerin etki kayanaları incelenerek iki tesiste AP etki değerinin farklı çıkmasının sebebi bulunabilir.

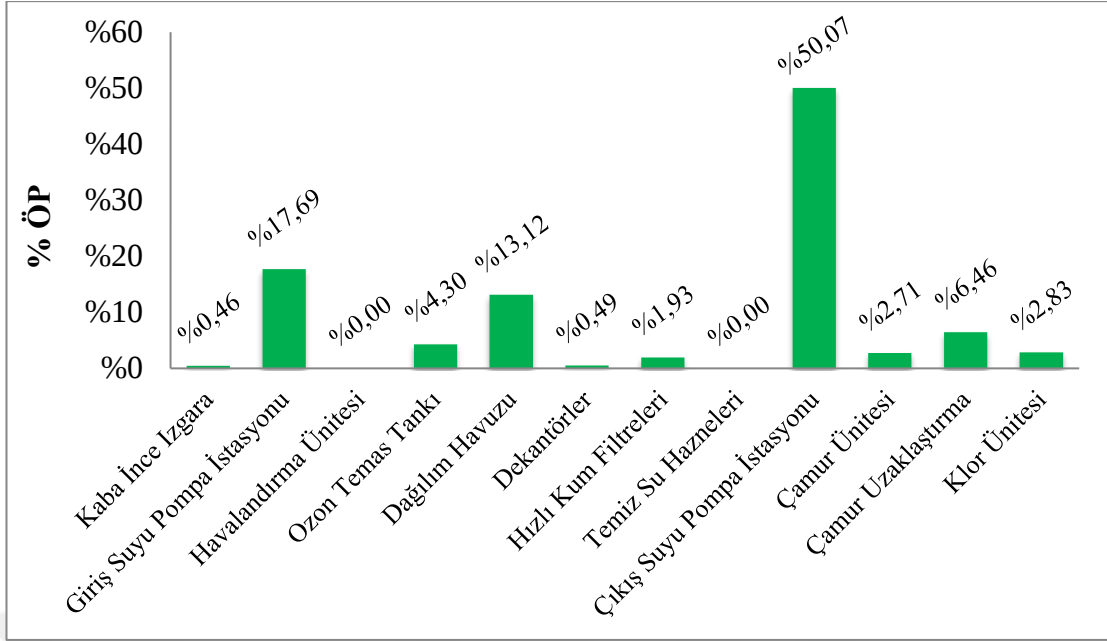


Şekil 5.41 : KYBSAT ünitelerinin ÖP dağılımı.

Giriş ve çıkış suyu pompa istasyonu ve dağılım havuzunun etki yüzdeleri sırasıyla %17.7, %50 ve %13.1 olarak Şekil 5.42’de görülmektedir. Bu üç ünitenin ÖP değeri tüm üniterin ÖP değerine oranlanırsa yaklaşık %80’dir. KÇMSAT’ta da bu üç ünitenin etki yüzdesi yaklaşık bu değer civarındadır.

En fazla etki değerine sahip üniteler olan giriş ve çıkış suyu pompaalrının etki kaynağının elektrik olduğu Çizelge 5.29’te görülmektedir. Elektrik tüketiminin ÖP üzerinde en önemli etki kaynağı olduğu söylenebilir. ÖP değeri yüksek ünitelerden dağılım havuzunun etki kaynakları alüminyum sülfat ve aktif karbondur.

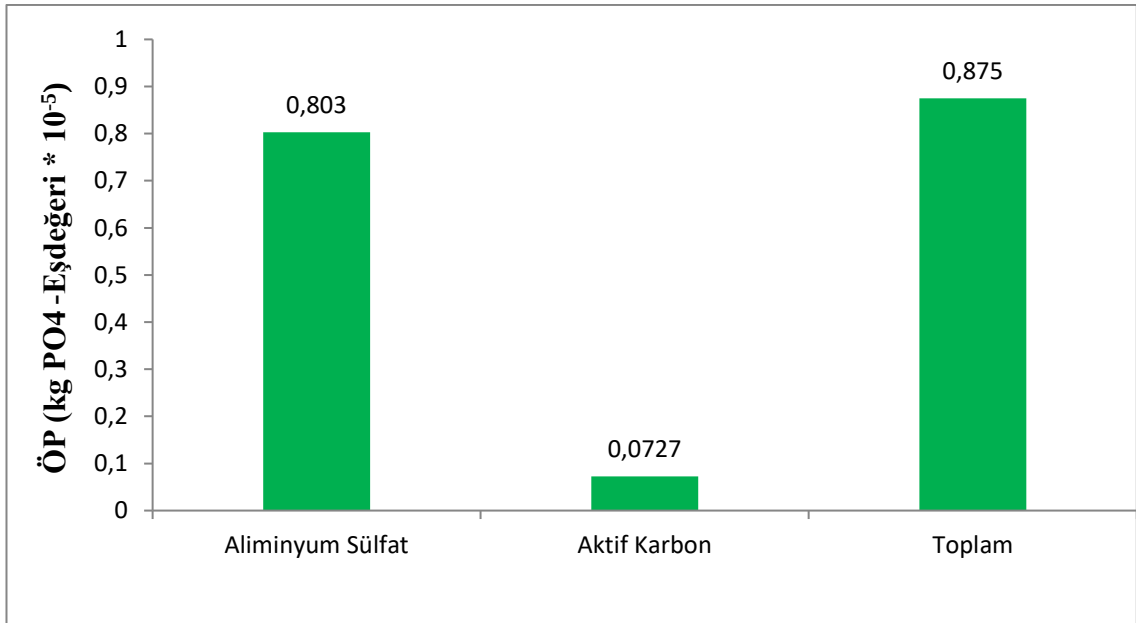
Etki değeri en yüksek ünite olan dağılım havuzunun etki kaynakları incelendiğinde toplamda $0.88 \text{ kg} \times 10^{-5} \text{ kg PO}_4$ -Eşdeğeri olan dağılım havuzunun $0.8 \times 10^{-5} \text{ kg PO}_4$ -Eşdeğeri kısmını alüminyum sülfat oluşturmaktadır. Geri kalan etki değerinin $0.07 \times 10^{-5} \text{ kg PO}_4$ -Eşdeğeri kısmına ise aktif karbon sebep olmaktadır. Böylece alüminyum sülfatın ÖP üzerinde etkisinin aktif karbona göre yüksek olduğu sonucu çıkarılabilir.



Şekil 5.42 : KYBSAT ünitelerinin ÖP yüzde dağılımı.

KYBSAT ÖP'sini %13.12'si dağılım havuzundan kaynaklanmakta olup bu etkinin %91.77'si alüminyum sülfattan ve %8.31'i aktif karbondan kaynaklanmaktadır.

Kimyasal maddelerin etki kaynakları, kimyasal maddenin üretimi, tesise nakli ve tesiste arıtılan suya dozlanması ve hazırlanması için kullanılan elektriktir. Kimyasal maddelerin etki kaynaklarının dağılımı KSAT ünitelerinin etki kaynaklarının dağılımı ile aynıdır.



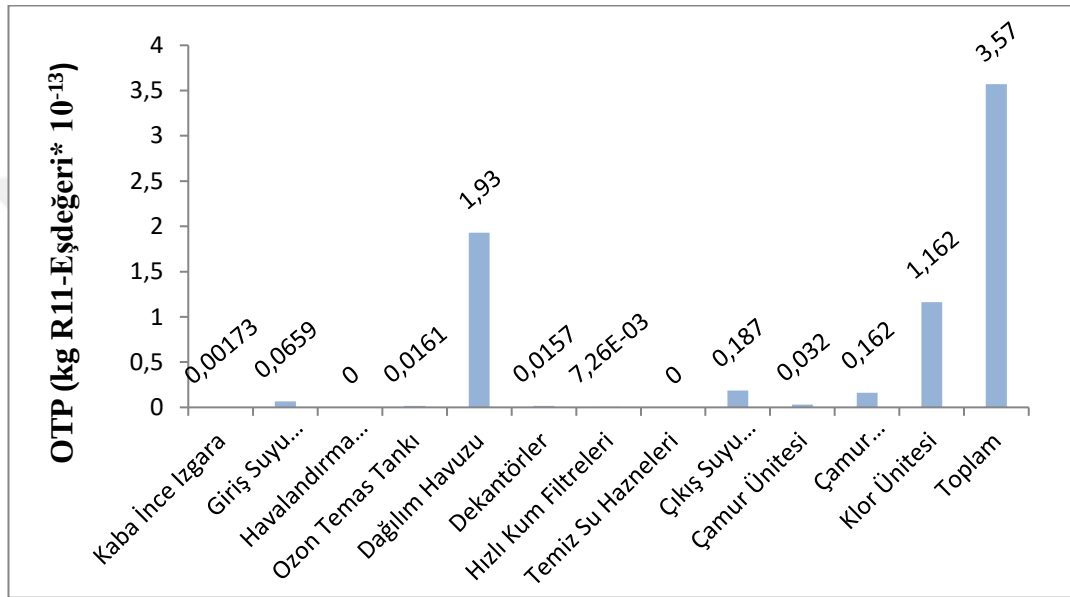
Şekil 5.43 : Dağılım havuzunun AP etki kaynakları ve dağılımı.

Çizelge 5.29 : KYBSAT ünitelerinin ÖP etki kaynakları ve etki dağılımı.

Arıtma Prosesi	kg PO₄ – Eşd. * 10⁻⁵	Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg PO₄ – Eşd.*10⁻⁵)	Etki Yüzdesi %
Kaba İnce Izgara	3.08E-02	Elektrik	3.08E-02	0.46
Giriş Suyu Pompaları	1.18	Elektrik	1.18	17.7
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Üretim Ünitesi	2.87E-01	Elektrik	2.87E-01	4.30
Dağılım Havuzu	8.75E-01	Alüminyum Sülfat Aktif Karbon	8.03E-01 7.27E-02	13.12
Dekantörler	3.29E-02	Anyonik Polielektrolit	3.29E-02	0.49
Hızlı Kum Filtreleri	1.29E-01	Elektrik	1.29E-01	1.93
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	3.34	Elektrik	3.34	50.00
Çamur Ünitesi	1.81E-01	Elektrik Katyonik Polielektrolit	1.34E-01 4.73E-02	2.71
Çamur Uzaklaştırma	4.31E-01	Çamur Bertarafı Dizel	4.25E-01 6.33E-03	6.45
Klor Ünitesi	1.89E-01	Elektrik Nakliyat Klor Üretimi	3.46E-02 2.86E-03 1.52E-01	2.83
Toplam	6.67	-	-	100

5.6.2.4 KYBSAT ozon tabakası tükenme potansiyeli (OTP)

Şekil 5.44’de görüldüğü gibi KYBSAT’n ünitesinin ozon tabakası tükenme potansiyeli kg R11-Eşdeğeri biriminden verilmiş toplamda 3.57×10^{-13} kg R11-Eşdeğeri olarak elde edilmiştir. KÇMSAT’ta ise bu değer 3.46×10^{-13} kg R11-Eşdeğeri olarak bulunmuştur. Etki değeri yüksek olan klorun 1 m³ başına KÇMSAT’a göre KYBSAT’ta daha fazla kullanılması OTP toplam değerinin yüksek çıkması ile ilişkilendirilebilir.

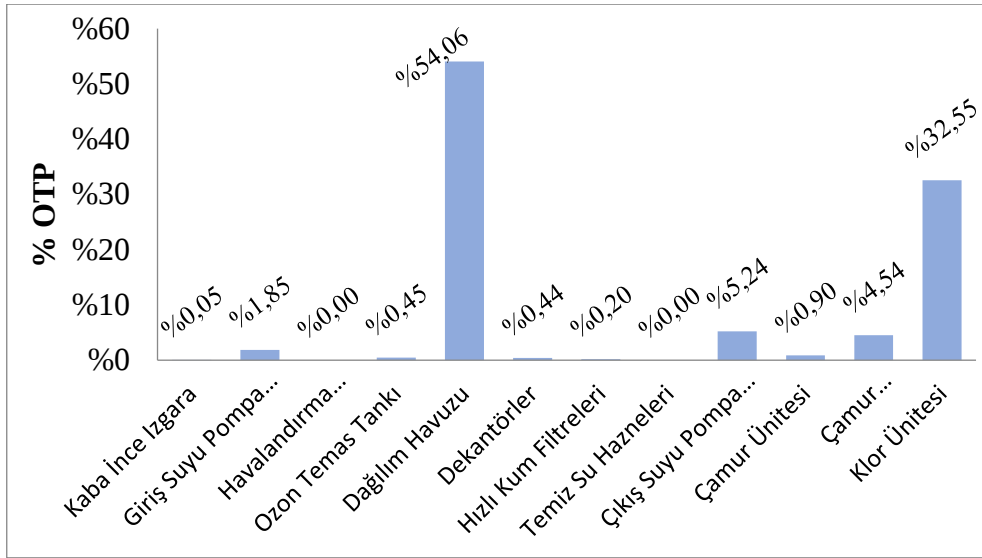


Şekil 5.44 : KYBSAT ünitelerinin OTP dağılımı.

Dağılım havuzu ve klor ünitesinin etki yüzdeleri sırasıyla %54 ve %32.6 olarak şekilde görülmektedir. Bu iki ünitenin OTP değeri, KYBSAT OTP değerine oranlanırsa %92’dir.

Etki kaynağı alüminyum sülfat ve aktif karbon olan dağılım havuzu, Ozon Tabakası Tükenme Potansiyeli üzerinde en büyük etkiye sahiptir. Etki kaynağı klorun üretimi, elektrik tüketimi ve klorun nakliyatı olan klor ünitesi ise ikinci sırada yüksek etkiye sahip ünitelerdir.

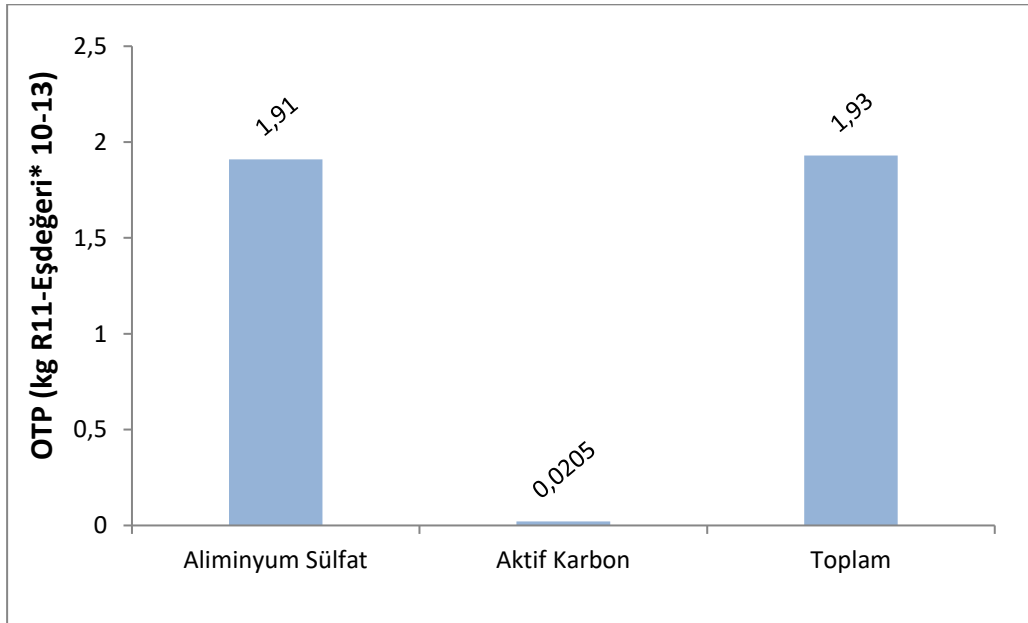
Çıkış suyu pompa istasyonunda ise yüksek miktarda elektrik tüketilmesine rağmen etki yüzdesi %5.2 civarında olup elektrik tüketen ünitelerin Ozon Tabakası Tükenme Potansiyeli değerinin düşük olduğu Çizelge 5.25’te görülmektedir. Böylece elektrik tüketiminin OTP üzerinde etkisi kimyasal madde kullanımına göre düşük olduğu sonucu çıkarılabilir.



Şekil 5.45 : KYBSAT ünitelerinin OTP yüzde dağılımı.

Şekil 5.46'ya göre KYBSAT Ozon Tabakası Tükenme Potansiyeli'nin %54.06'sı dağılım havuzundan kaynaklanmakta olup bu değer %98.96'sı alüminyum sülfattan ve %1.04'si aktif karbondan kaynaklanmaktadır.

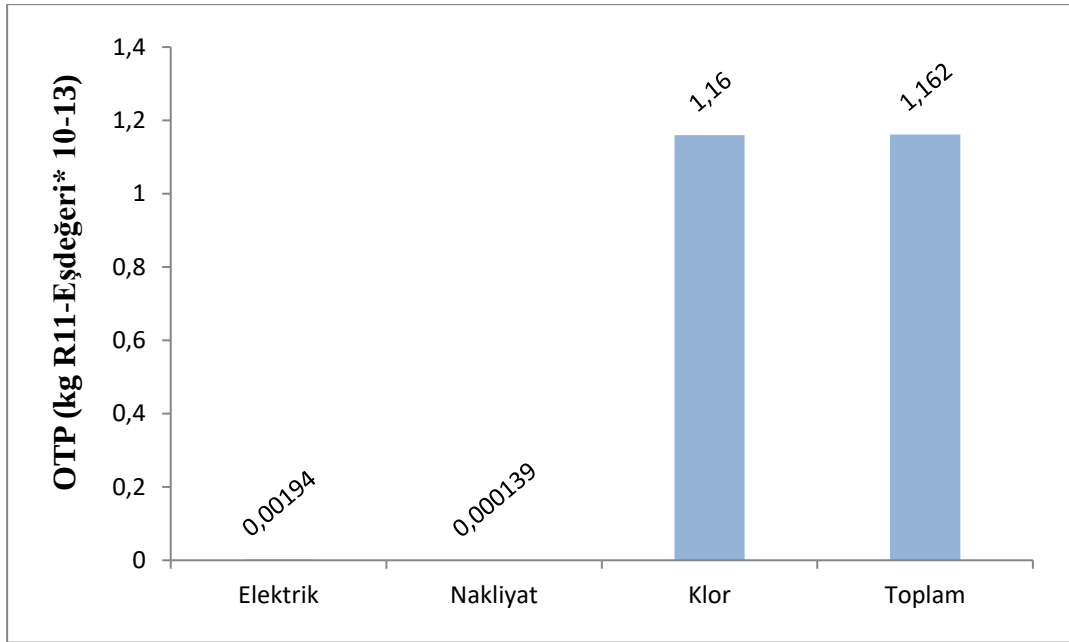
KYBSAT OTP değerinin %32.55'i klor ünitesinden kaynaklanmakta olduğu Şekil 5.47'de görülmektedir. Bu değer %99.83'i klorun üretiminden, %0.17'si klor ünitesinde kullanılan elektrikten ve %0.01'i klorun tesise naklinden kaynaklanmaktadır. Klorun nakliyatın ve ünite de kullanılan elektriğin Ozon Tabakası Tükenme Potansiyeli üzerinde etkisi ihmal edilebilecek kadar düşüktür.



Şekil 5.46 : Dağılım havuzu OTP etki kaynakları ve dağılımı.

Çizelge 5.30 : KYBSAT ünitelerinin OTP etki kaynakları ve etki dağılımı.

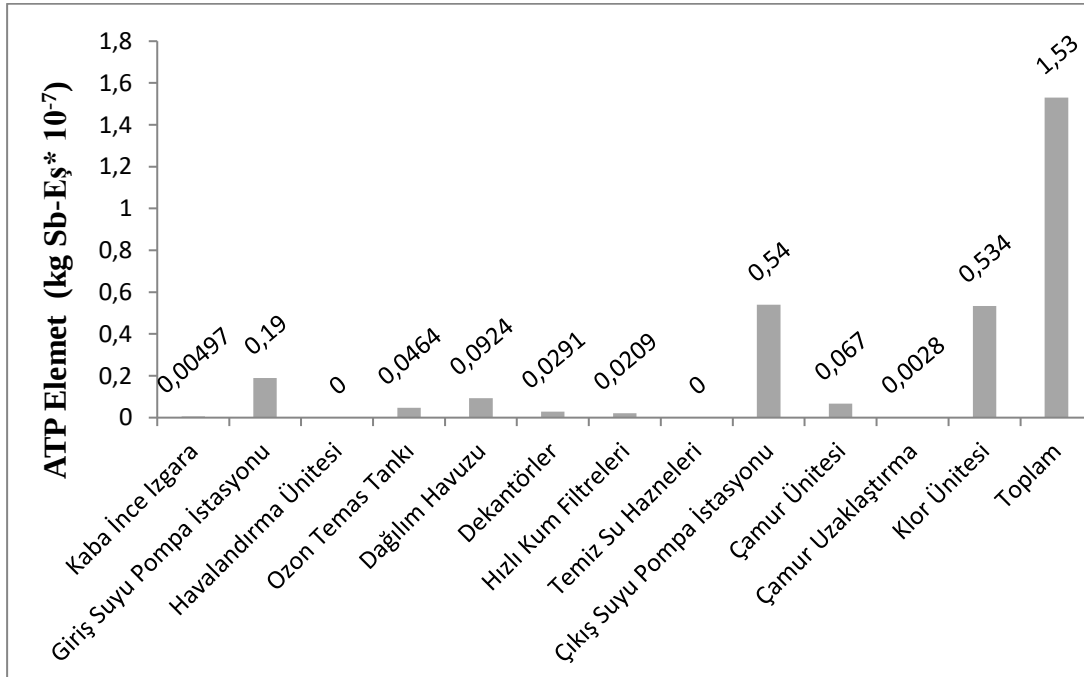
Arıtma Prosesi	kg R11 - Eşdeğeri* 10⁻¹³	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg R11 – Eşd.*10⁻¹³)	Etki Yüzdesi %
Kaba İnce Izgara	1.73E-03	Elektrik	1.73E-03	0.05
Giriş Suyu Pompaları	6.59E-02	Elektrik	6.59E-02	1.85
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Temas Tankı	1.61E-02	Elektrik	1.61E-02	0.45
Dağılım Havuzu	1.93	Alüminyum Sülfat Aktif Karbon	1.91 2.05E-02	54.06
Dekantörler	1.57E-02	Anyonik Polielektrolit	1.57E-02	0.44
Hızlı Kum Filtreleri	2.26E-03	Elektrik	2.26E-03	0.20
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	1.87E-01	Elektrik	1.87E-01	5.24
Çamur Ünitesi	3.2E-01	Elektrik Katyonik Polielektrolit	7.54E-03 2.45E-01	0.90
Çamur Uzaklaştırma	1.62E-01	Çamur Bertarafı Dizel	1.60E-01 1.90E-03	4.54
Klor Ünitesi	1.16	Elektrik Nakliyat Klor Üretimi	1.94E-03 1.16 1.39E-04	32.50
Toplam	3.57	-	-	100



Şekil 5.47 : Dağılım havuzu OTP etki kaynakları ve dağılımı.

5.6.2.5 KYBSAT abiyotik element tükenme potansiyeli (ATP Element)

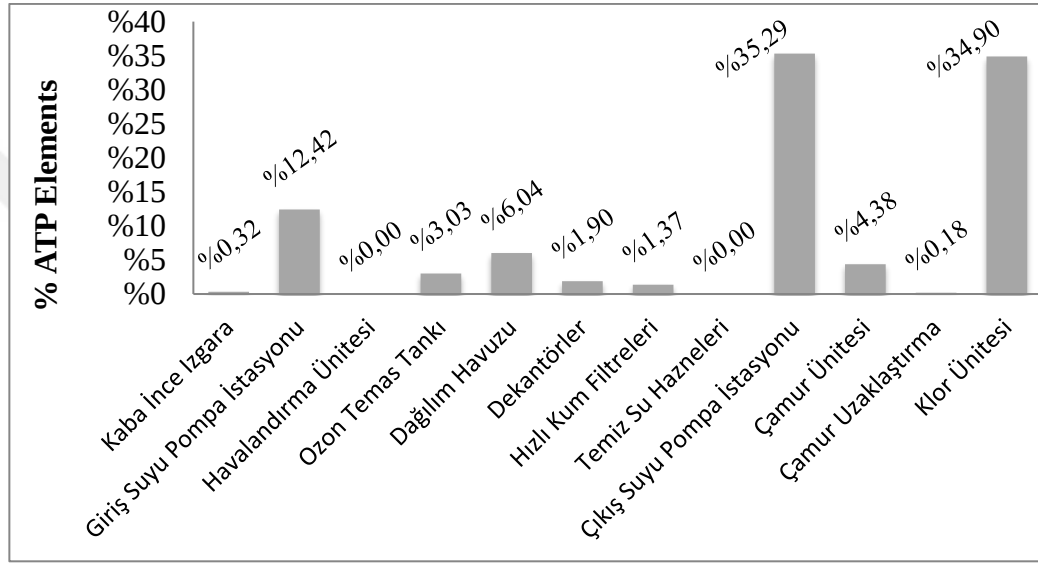
Şekil 5.48’de görüldüğü gibi KYBSAT’n ünitelerinin ATP Element değeri kg Sb - Eşdeğeri biriminden verilmiş ve toplamda 1.53×10^{-7} kg Sb -Eşdeğeri olarak elde edilmiştir. Giriş suyu pompaları, çıkış suyu pompaları ve klor ünitesi KYBSAT için ATP Element’i en yüksek olan üç ünitelerdir.



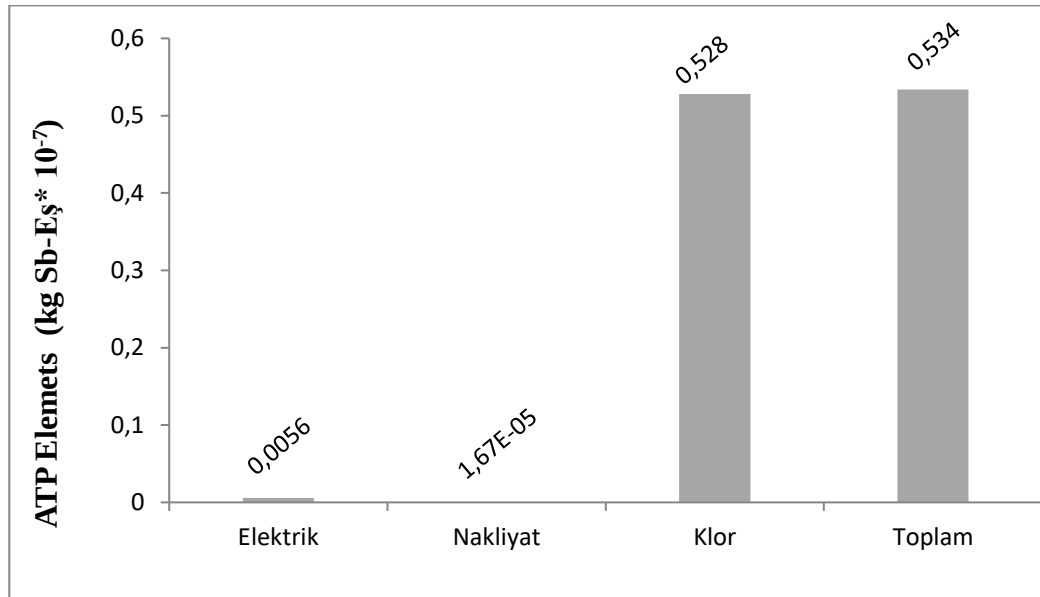
Şekil 5.48 : KYBSAT ünitelerinin ATP Element dağılımı.

KÇMSAT'ta ise bu değer 1.49×10^{-7} kg Sb -Eşdeğeri olarak bulunmuştur. Etki değeri yüksek olan klorun, 1 m³ başına KÇMSAT'a göre KYBSAT'ta daha fazla kullanılması ATP Element değerinin yüksek çıkması ile ilişkilendirilebilir.

Giriş ve çıkış suyu pompa istasyonu, dağılım havuzu ve klor ünitesinin etki yüzdeleri sırasıyla %12.4, %35.3, %6 ve %35 olarak şekilde görülmektedir. Bu üç ünitenin ATP Element etkisi tüm üniterin ATP Element etkisine oranlanırsa %88 civarında olduğu bulunabilir. KÇMSAT'ta da bu dört ünitenin etki yüzdesi yaklaşık bu değer civarındadır.



Şekil 5.49 : KYBSAT ünitelerinin ATP Element yüzde dağılımı.



Şekil 5.50 : Klor ünitesi ATP Element etki kaynakları ve dağılımı.

KYBSAT ATP Element değerinin %34.9'u klor ünitesinden kaynaklanmakta olup bu değerin %99.88'i klorun üretiminden, %1.05'i klor ünitesinde kullanılan elektrikten kaynaklanmakta olup klorun nakliyatı ihmal edilebilir seviyededir.

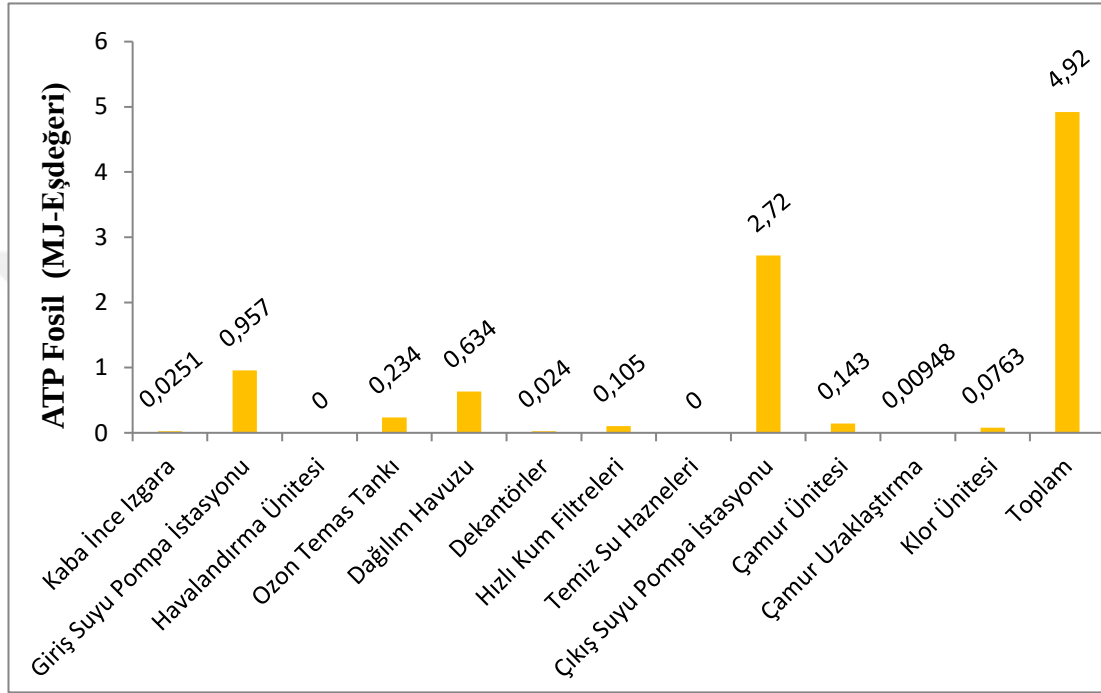
Çizelge 5.31'de etki kaynağı elektrik olan giriş suyu pompa istasyonu ile çıkış suyu pompa istasyonu yüksek etki değerine sahip ünitelerdir. Böylece ATP element için elektrik tüketiminin önemli olduğu sonucu çıkarılabilir. Bunun yanında etki kaynağı klor üretimi , elektrik tüketimi ve klorun nakliyatı olan klor ünitesi ise ikinci sırada yüksek etkiye sahip ünite dir.

Çizelge 5.31 : KYBSAT ünitelerinin ATP Element etki kaynakları ve dağılımı.

Arıtma Prosesi	kg Sb-Eşd* 10 ⁻⁷	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg Sb-Eşd * 10 ⁻⁷)	Etki Yüzdesi %
Kaba İnce Izgaralar	4.97E-03	Elektrik	4.97E-03	0.32
Giriş Suyu Pompaları	1.90E-01	Elektrik	1.90E-01	12.42
Havalandırma	0	-	0	0
Ozon Üretim Ünitesi	4.64E-02	Elektrik	4.64E-02	3.03
Dağılım Havuzu	9.24E-02	Alüminyum Sülfat Aktif Karbon	8.25E-02 9.86E-03	6.04
Dekantörler	2.91E-02	A. Polielektrolit	2.91E-02	1.90
Hızlı Kum Filtreleri	2.09E-02	Elektrik	2.09E-02	1.37
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	5.39E-01	Elektrik	5.39E-01	35.29
Çamur Ünitesi	6.70E-02	Elektrik K.Polielektrolit	2.17E-02 4.52E-02	4.38
Çamur Uzaklaştırma	2.80E-03	Çamur Bertarafı Dizel	2.34E-03 4.55E-04	0.18
Klor Ünitesi	5.34E-01	Elektrik Nakliyat Klor Üretimi	5.60E-03 1.67E-05 5.28E-01	34.90
Toplam	1.50	-	-	100

5.6.2.6 Abiyotik fosil tüketim potansiyeli (ATP Fosil)

KYBSAT'n ünitelerinin ATP Fosil etki değeri kg MJ-Eşdeğeri biriminden verilmiş toplamda 4.92 kg MJ -Eşdeğeri olarak elde edilmiştir. KÇMSAT'ta ise bu değer 5.03 kg MJ -Eşdeğeri olarak bulunmuştur. Bu iki tesisteki etki değeri yüksek olan ünitelerin etki kaynaklarını incelemek ATP Fosil etki değerini anlamak için önemlidir (Şekil 5.51).

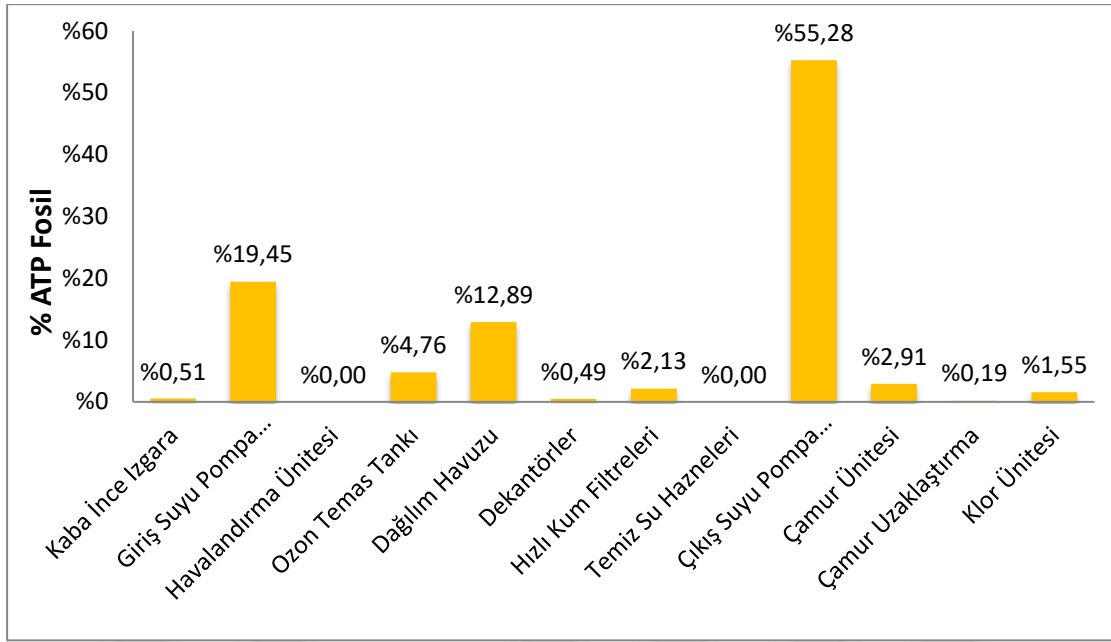


Şekil 5.51 : KYBSAT ünitelerinin ATP Fosil dağılımı.

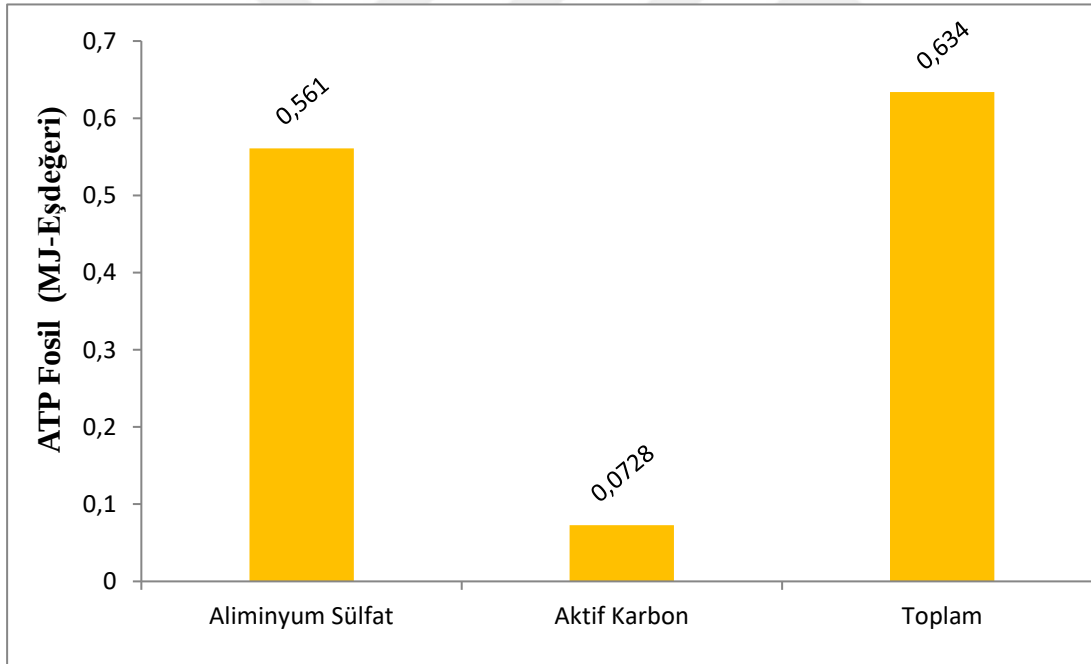
Giriş ve çıkış suyu pompaları ve dağılım havuzu etki yüzdeleri sırasıyla %19.5, %55.3 ve %12.9 olarak Şekil 5.52'de görülmektedir. Bu üç ünitenin Abiyotik Fosil Tüketim Potansiyeli'ne katkısı tüm üniterin ATP Element etkisine oranlanırsa %89 civarındadır.

Çizelge 5.32'de etki kaynağı elektrik olan giriş suyu pompaları ile çıkış suyu pompaları yüksek etki değerine sahip ünitelerdir. Böylece ATP Fosil için elektrik tüketiminin önemli olduğu sonucu çıkarılabilir. Bunun yanında etki kaynağı alüminyum sülfat ve aktif karbon olan dağılım havuzu ATP Fosil üzerinde etkisi önemlidir.

Şekil 5.53'e göre KYBSAT ATP Element değerinin %12.89'u dağılım havuzundan kaynaklanmakta olup bu değer %88.49'u alüminyum sülfattan ve %11.48'i aktif karbondan kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.52 : KYBSAT ünitelerinin ATP Fosil yüzde dağılımı.



Şekil 5.53 : Dağılım havuzu ATP Fosil etki kaynakları ve dağılımı.

Çizelge 5.32’de etki kaynağı elektrik olan giriş suyu pompaları ile çıkış suyu pompaları yüksek etki değerine sahip ünitelerdir. Böylece ATP Fosil için elektrik tüketiminin önemli olduğu sonucu çıkarılabilir.

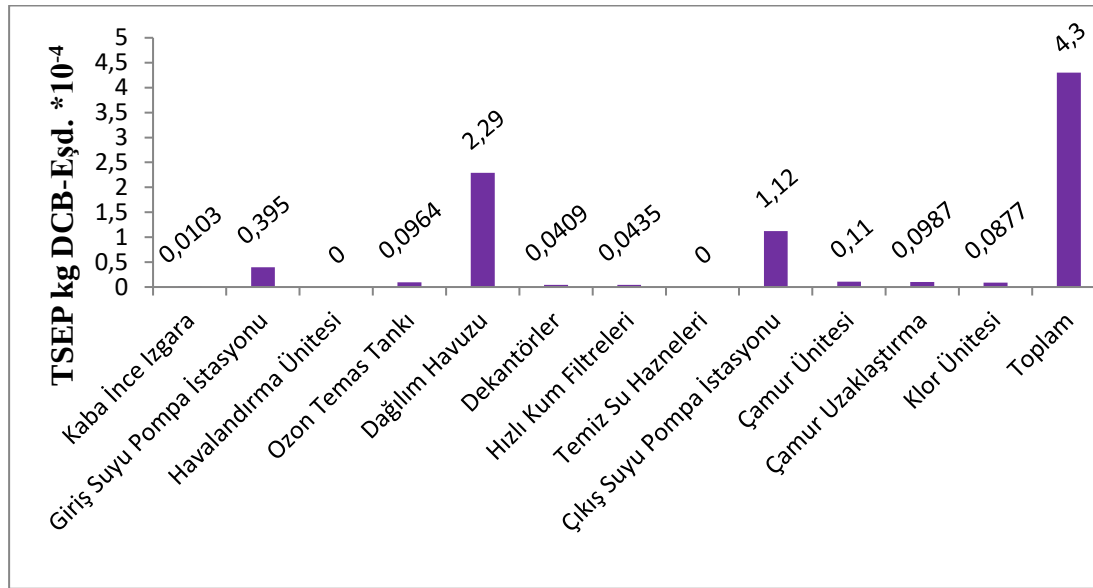
Buna ek olarak, etki kaynağı alüminyum sülfat ve aktif karbon olan dağılım havuzu ATP Fosil üzerinde etkisi önemlidir.

Çizelge 5.32 : KYBSAT ünitelerinin ATP Fosil etki kaynakları ve etki dağılımı.

Arıtma Prosesi	MJ- Eşdeğeri	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (MJ- Eşdeğeri)	Etki Yüzdesi %
Kaba İnce Izgara	2.51E-02	Elektrik	2.51E-02	0.51
Giriş Suyu Pompaları	9.57E-01	Elektrik	9.57E-01	19.45
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Üretim Ünitesi	2.34E-01	Elektrik	2.34E-01	4.76
Dağılım Havuzu	6.34E-01	Alüminyum Sülfat Aktif Karbon	5.61E-01 7.28E-02	12.90
Dekantörler	2.40E-02	Anyonik Polielektrolit	2.40E-02	0.49
Hızlı Kum Filtreleri	1.05E-01	Elektrik	1.05E-01	2.13
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	2.72	Elektrik	2.72	55.28
Çamur Ünitesi	1.43E-01	Elektrik Katyonik Polielektrolit	1.09E-01 3.42E-02	2.91
Çamur Uzaklaştırma	9.48E-03	Çamur Bertarafı Dizel	1.66E-03 7.83E-03	0.19
Klor Ünitesi	7.63E-02	Elektrik Nakliyat Klor	2.82E-02 3.77E-04 4.77E-02	1.55
Toplam	4.90	-	-	100

5.6.2.7 KYBSAT tatlı su ekotoksitesi potansiyeli (TSEP)

Şekil 5.54’de görüldüğü gibi KYBSAT’n ünitelerinin TSEP etki değeri kg DCB - Eşdeğeri biriminden verilmiş toplamda 4.3×10^{-4} kg DCB -Eşdeğeri olarak elde edilmiştir. KÇMSAT’ta ise bu değer 4.33×10^{-4} kg DCB kg MJ -Eşdeğeri olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara bakılarak bu iki tesisin TSEP değerlerinin neredeyse aynı olduğusonucuna ulaşılmıştır. Bu iki tesisteki etki değeri yüksek olan ünitelerin etki kaynaklarını incelemek TSEP etki değerini anlamak için önemlidir.



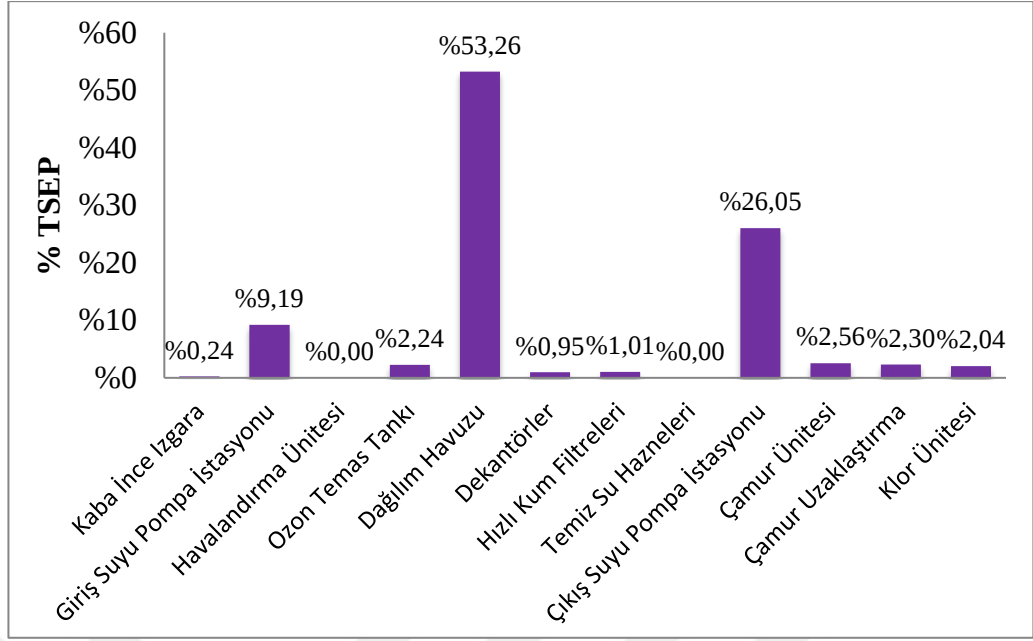
Şekil 5.54 : KYBSAT ünitelerinin TSEP dağılımı.

Giriş suyu pompaistasyonu, çıkış suyu pompa istasyonu ve dağılım havuzu etki yüzdeleri sırasıyla %9.2, %26.1 ve %53.3 olarak Şekil 5.55’te görülmektedir. Bu üç ünitenin TSEP değeri tüm ünitelerin TSEP değerine oranlanırsa %88.6 civarında olduğu bulunabilir.

KÇMSAT’ta da bu üç ünitenin etki yüzdesi yaklaşık bu değer civarındadır. Etki değeri yüksek olan olan bu üç ünitenin de etki kaynaklarının ortak ünitelerden kaynaklanması etki değerlerinin neredeyse aynı sebep olmuştur.

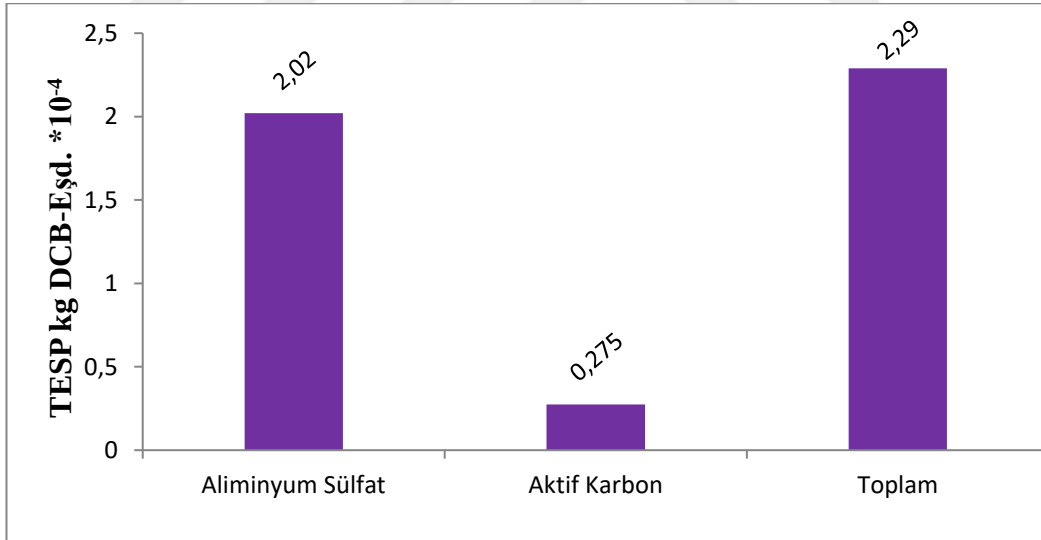
Tek etki kaynağı elektrik olan giriş suyu pompa istasyonu ile çıkış suyu pompa istasyonu yüksek etki değerine sahip ünitelerdir. Böylece TSEP için elektrik tüketiminin önemli olduğu sonucu çıkarılabilir.

Bunun yanında etki kaynağı alüminyum sülfat ve aktif karbon olan dağılım havuzu TSEP üzerinde etkisi yüksek seviyededir (Çizelge 5.33).



Şekil 5.55 : KYBSAT ünitelerinin TSEP yüzde dağılımı.

KYBSAT TSEP ünitelerinin %53.26'sı dağılım havuzundan kaynaklanmaktadır. Bu etkinin %88.21'i alüminyum sülfattan ve %12'si aktif karbondan kaynaklanmaktadır (Şekil 5.56).



Şekil 5.56 : Dağılım havuzu TSEP etki kaynakları ve dağılımı.

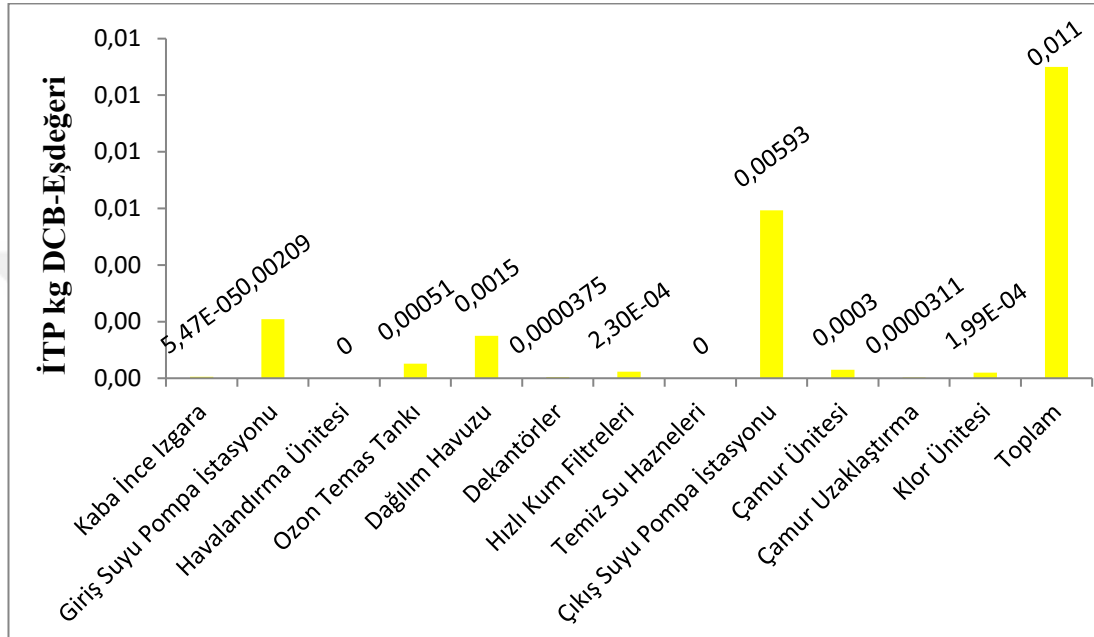
Çizelge 5.33'te KYBSAT ünitelerinin Tatlı Su Ekotoksosite Potansiyeli için etki kaynakları ve etki dağılımı görülmektedir. Dağılıma göre, giriş ve çıkış suyu pompalarının tek etki kaynağının elektrik olduğu ve elektrik tüketiminin TSEP için önemli olduğu sonucu çıkarılabilir. Dağılım havuzunun ise etki kaynakları alüminyum sülfat ve aktif karbondur.

Çizelge 5.33 : KYBSAT ünitelerinin TSEP etki kaynakları ve etki dağılımı.

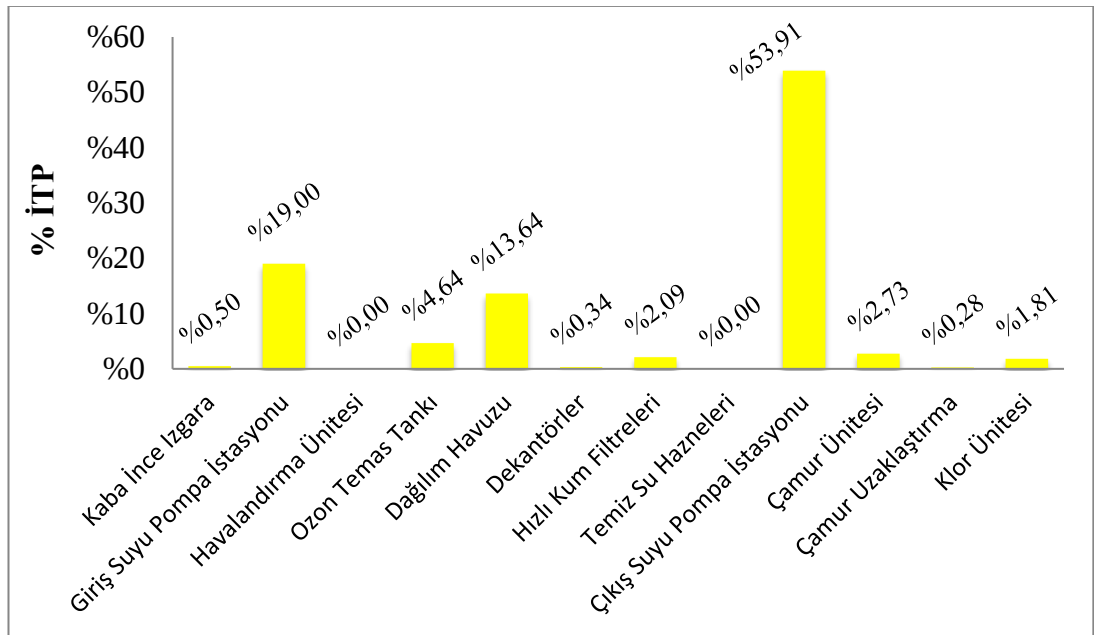
Arıtma Prosesi	kg DCB-Eşd. *10⁻⁴	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (TESP kg DCB-Eşd. *10⁻⁴)	Etki Yüzdesi %
Kaba İnce Izgara	1.03E-02	Elektrik	1.03E-02	0.24
Giriş Suyu Pompaları	3.95E-01	Elektrik	3.95E-01	9.19
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Üretim Ünitesi	9.64E-02	Elektrik	9.64E-02	2.24
Dağılım Havuzu	2.29	Alüminyum Sülfat Aktif Karbon	2.02 2.75E-01	53.26
Dekantörler	4.09E-02	Anyonik Polielektrolit	4.09E-02	0.95
Hızlı Kum Filtreleri	4.35E-02	Elektrik	4.35E-02	1.01
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	1.12	Elektrik	1.12	26.05
Çamur Ünitesi	1.1E-01	Elektrik Katyonik Polielektrolit	4.52E-02 6.31E-02	2.56
Çamur Uzaklaştırma	9.87E-02	Çamur Bertarafı Dizel	6.77E-02 3.10E-02	2.30
Klor Ünitesi	8.77E-02	Elektrik Nakliyat Klor Üretimi	1.16E-02 1.50E-03 7.46E-02	2.04
Toplam	4.30	-	-	100

5.6.2.8 KYBSAT insan toksisite potansiyeli

KYBSAT'n ünitelerinin İTP değeri kg DCB -Eşdeğeri biriminden verilmiş toplamda 1.1×10^{-2} kg DCB -Eşdeğeri olarak elde edilmiştir. KÇMSAT'ta da bu değer 1.1×10^{-2} kg DCB olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara bakılarak bu iki tesisin İTP değerlerinin aynı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu iki tesisteki etki değeri yüksek olan ünitelerin etki kaynaklarını incelemek İTP etki değerini anlamak için önemlidir (Şekil 5.57).



Şekil 5.57 : KYBSAT ünitelerinin İTP dağılımı.



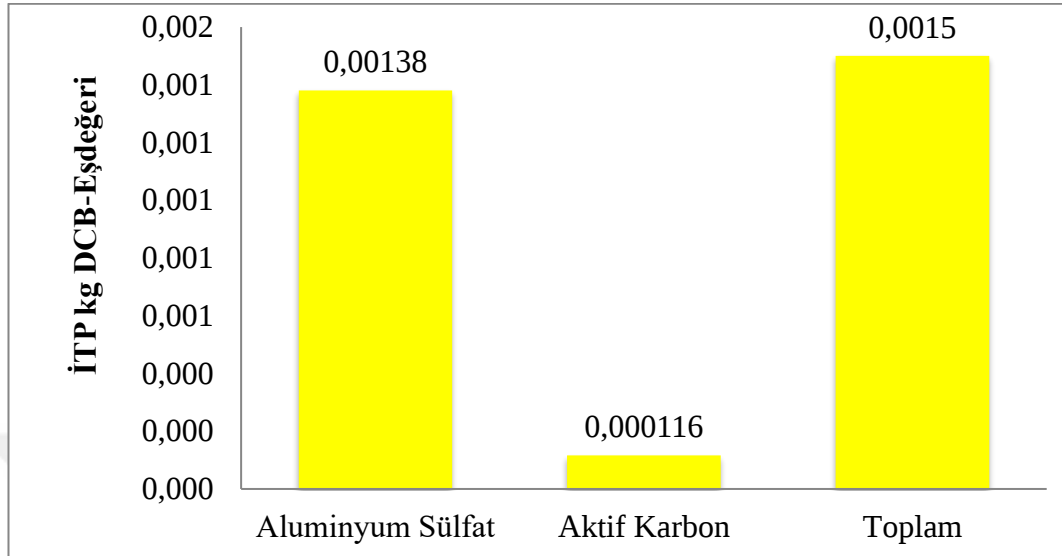
Şekil 5.58 : KYBSAT ünitelerinin İTP yüzde dağılımı.

Giriş suyu pompaları, çıkış suyu pompa istasyonu ve dağılım havuzu etki yüzdeleri sırasıyla %19, %54 ve %14 olarak Şekil 5.58’de görülmektedir. Bu üç ünitenin İTP KYBSAT üniterin İTP değerine oranlanırsa %87’dir. KÇMSAT’ta da bu üç ünitenin etki yüzdesi yaklaşık bu değer civarındadır.

Çizelge 5.34 : KYBSAT ünitelerinin İTP etki kaynakları ve etki dağılımı.

Arıtma Prosesi	kg DCB-Eşd.	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg DCB-Eşd.)	Etki Yüzdesi %
Kaba ve İnce Izgaralar	5.47E-05	Elektrik	5.47E-05	0.50
Giriş Suyu Pompaları	2.09E-03	Elektrik	2.09E-03	19.00
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Üretim Ünitesi	5.10E-04	Elektrik	5.10E-04	4.64
Dağılım Havuzu	1.50E-03	Alüminyum Sülfat Aktif Karbon	1.38E-03 1.16E-04	13.64
Dekantörler	3.75E-05	Anyonik Polielektrolit	3.75E-05	0.34
Hızlı Kum Filtreleri	2.30E-04	Elektrik	2.30E-04	2.10
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	5.93E-03	Elektrik	5.93E-03	53.90
Çamur Ünitesi	3.00E-04	Elektrik Katyonik Polielektrolit	2.39E-04 5.11E-05	2.73
Çamur Uzaklaştırma	3.11E-05	Çamur Bertarafı Dizel	2.00E-05 1.11E-05	0.28
Klor Ünitesi	1.99E-04	Elektrik Nakliyat Klor	6.16E-05 6.75E-07 1.36E-04	1.81
Toplam	1.1E-02	-	-	100

KYBSAT TSEP ünitelerinin %13.64'ü dağılım havuzundan kaynaklanmaktadır. Bu etkinin %92'si alüminyum sülfattan ve %8'i aktif karbondan kaynaklanmaktadır (Şekil 5.59).



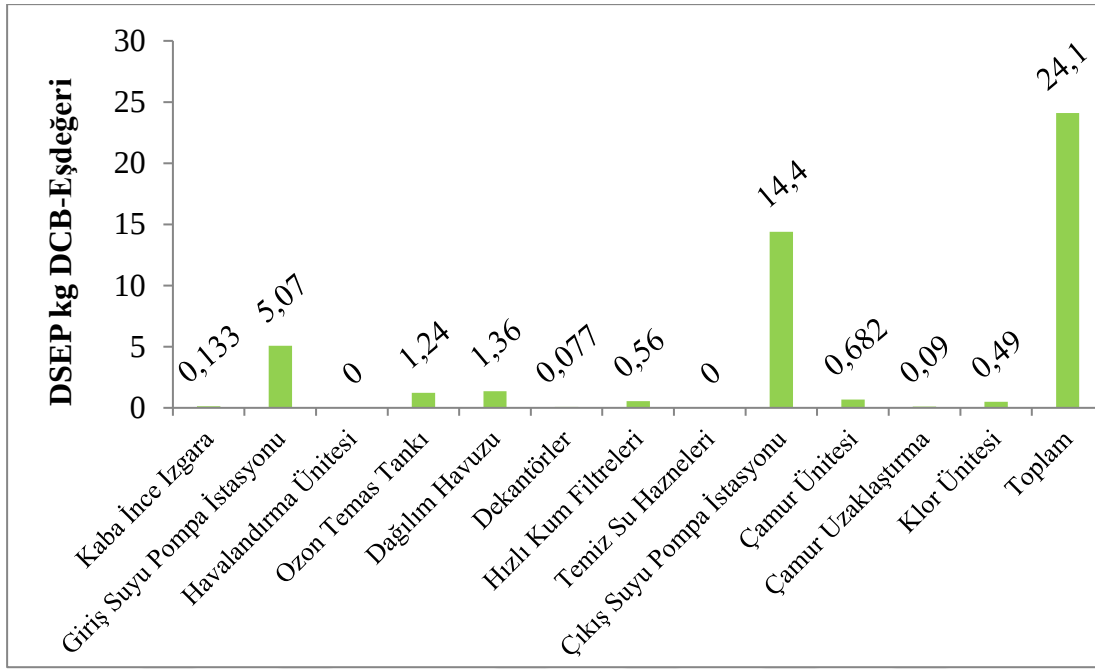
Şekil 5.59 : Dağılım havuzu İTP etki kaynakları ve dağılımı.

Giriş suyu pompa istasyonu ile çıkış suyu pompa istasyonunun İTP etki kaynağı sadece elektriktir. Böylece İTP için elektrik tüketiminin önemli olduğu sonucu çıkarılabilir. Bunun yanında etki kaynağı alüminyum sülfat ve aktif karbon olan dağılım havuzu İTP üzerinde etkisi yüksek seviyededir (Çizelge 5.34). Alüminyum sülfat ünitesi ve aktif karbon ünitesi pompa istasyonları ortak üniteler olduğu için KÇMSAT ve KYBSAT'ın insan toksisite potansiyeli aynı sonuçları vermiştir.

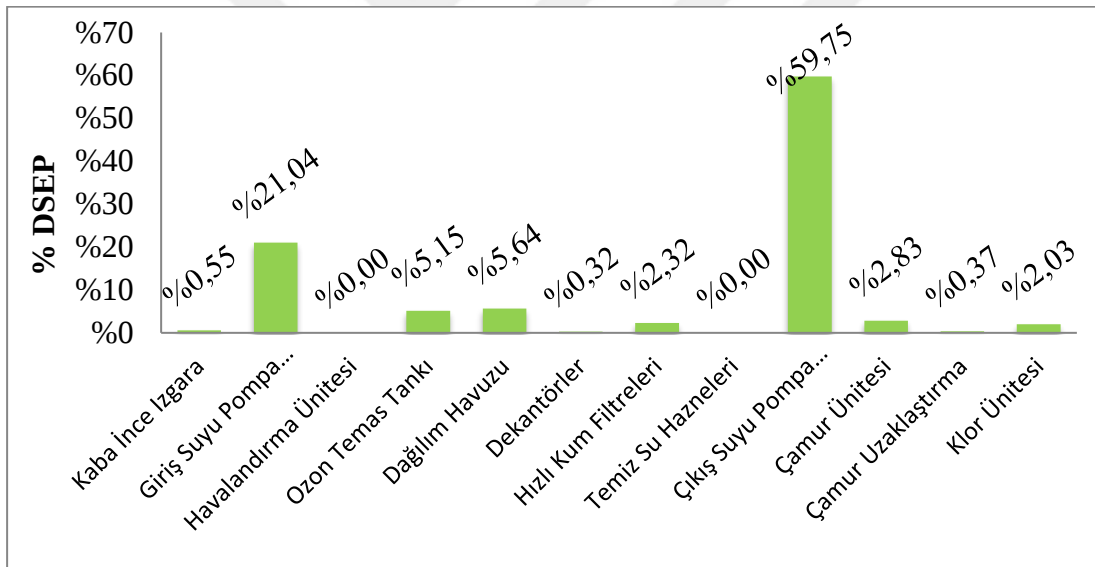
5.6.2.9 KYBSAT deniz suyu ekotoksitesi potansiyeli (DSEP)

Şekil 5.60'ta görüldüğü gibi KYBSAT'n ünitelerinin DSEP değeri kg DCB -Eşdeğeri biriminden verilmiş toplamda 24.1 kg DCB-Eşdeğeri olarak elde edilmiştir. KÇMSAT'ta ise bu değer 24.6 kg DCB-Eşdeğeri olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara bakılarak bu iki tesisin DSEP toplam değerinin neredeyse aynı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu iki tesisin herbir ünitelerin etki değerlerini ve etki kaynaklarını incelemek DSEP etki değerini anlamak için önemlidir.

DSEP etki değerini anlamak için etki yüzdesi incelendiğinde giriş suyu pompaları ve çıkış suyu pompaları DSEP yüzdesi sırasıyla %21 ve %59.8'dir. Bu iki ünitenin DSEP yüzdesi toplamı %81 olduğu Şekil 5.61'de görülmektedir.



Şekil 5.60 : KYBSAT ünitelerinin DSEP dağılımı.



Şekil 5.61 : KYBSAT ünitelerinin DSEP yüzde dağılımı.

Çizelge 5.35'te giriş suyu pompaları ve çıkış suyu pompaları etki kaynaklarının elektrik olduğu ve bu ünitelerin etki yüzdesinin toplam %86 civarında olduğu görülmüş ve Deniz Suyu Ekotoksisite Potansiyeli'nin büyük bir kısmının elektrikten kaynaklandığı ve elektriğin Deniz Suyu Ekotoksisite Potansiyeli için önemli bir etki kaynağı olduğu görülmüştür.

Kağıthane Yıldırım Bayezid Su Arıtma Tesisi'nde kimyasal madde kullanımı, Kağıthane Çelebi Mehmet Su Arıtma Tesisi'nde olduğu gibi Deniz Suyu Ekotoksisite Potansiyeli üzerinde daha düşük değere sahiptir.

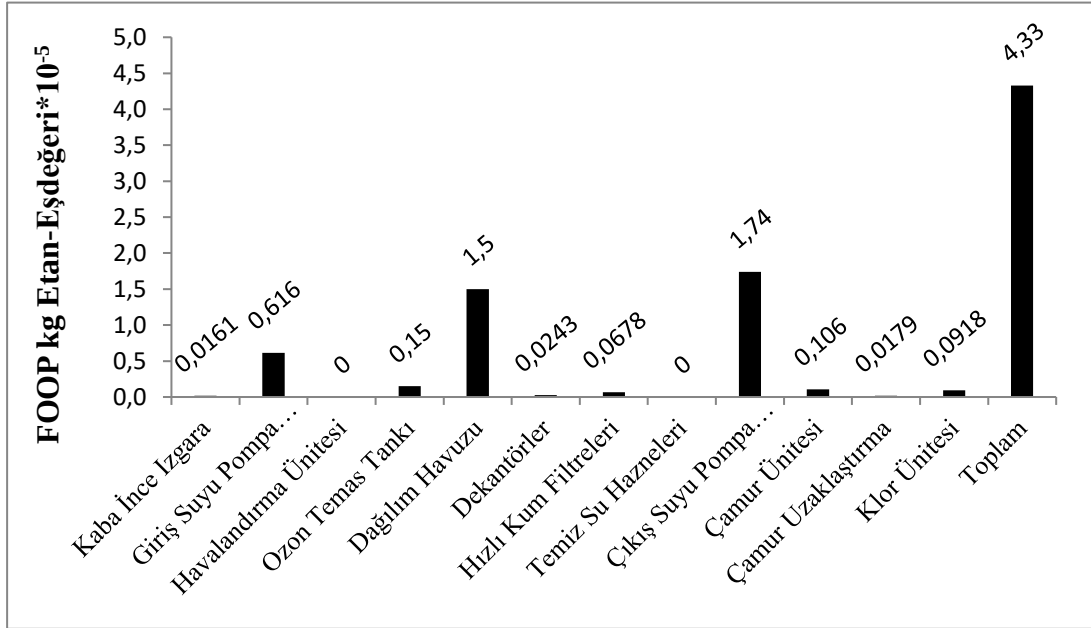
Çizelge 5.35 : KYBSAT ünitelerinin DSEP etki kaynakları ve etki dağılımı.

Aritma Prosesi	kg DCB-Eşd.	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg DCB-Eşd.)	Etki Yüzdesi %
Kaba İnce Izgara	1.33E-01	Elektrik	1.33E-01	0.55
Giriş Suyu Pompaları	5.07	Elektrik	5.07	21.04
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Üretim Ünitesi	1.24	Elektrik	1.24	5.15
Dağılım Havuzu	1.36	Alüminyum Sülfat	1.21	5.64
		Aktif Karbon	1.49E-01	
Dekantörler	7.69E-02	Anyonik Polielektrolit	7.69E-02	0.32
Hızlı Kum Filtreleri	5.59E-01	Elektrik	5.59E-01	2.32
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	14.4	Elektrik	14.4	59.75
Çamur Ünitesi	6.82E-01	Elektrik	5.80E-01	2.83
		Katyonik Polielektrolit	1.02E-01	
Çamur Uzaklaştırma	8.91E-02	Çamur Bertarafı	8.16E-02	0.37
		Dizel	7.49E-03	
Klor Ünitesi	4.90E-01	Elektrik	1.49E-01	2.03
		Nakliyat	3.61E-04	
		Klor	3,40E-01	
Toplam	24.1	-	-	100

5.6.2.10 KYBSAT fotokimyasal ozon oluşum potansiyeli (FOOP)

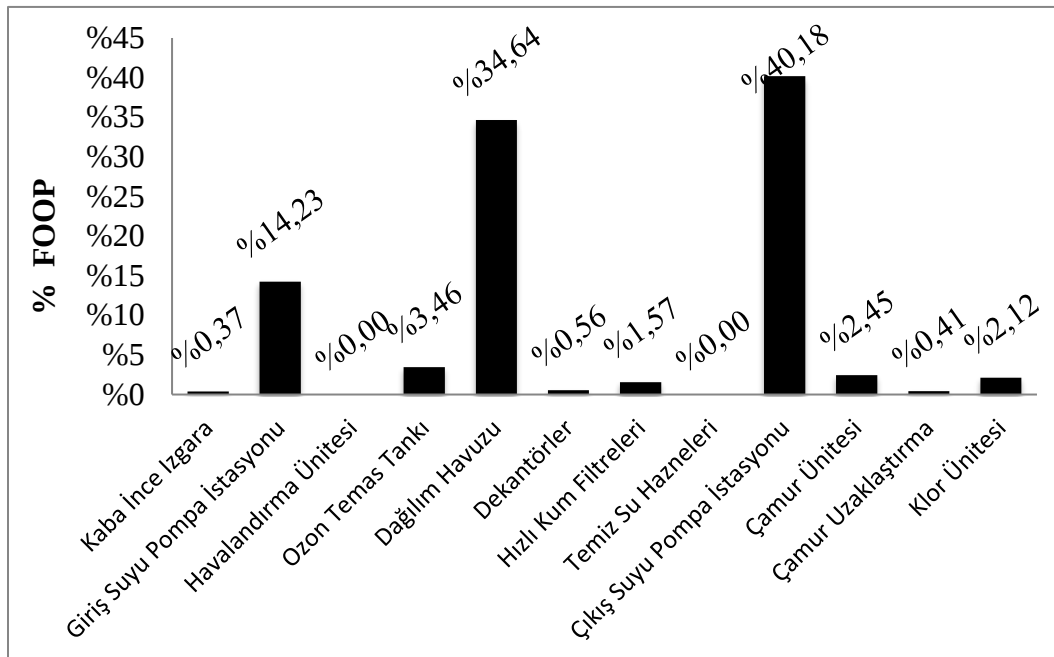
Şekil 5.62 görüldüğü gibi, KYBSAT'n ünitelerinin FOOP değeri kg Etan-Eşdeğeri biriminden verilmiş toplamda 4.3×10^{-5} kg Etan-Eşdeğeri olarak elde edilmiştir. KÇMSAT'ta ise bu değer 4.4×10^{-5} kg Etan MJ -Eşdeğeri olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara bakılarak bu iki tesisin FOOP toplam değerinin neredeyse aynı olduğu

sonucuna ulaşılmıştır. Bu iki tesisin herbir ünitelerin etki değerlerini ve etki kaynaklarını incelemek FOOP etki değerini anlamak için önemlidir.



Şekil 5.62 : KYBSAT ünitelerinin FOOP dağılımı.

Şekil 5.63’de FOOP değeri dağılımını anlamak için etki yüzdesi incelendiğinde giriş suyu pompa istasyonu, çıkış suyu pompa istasyonu ve dağılım havuzunun etki yüzdesi sırasıyla %14,2, %40,2, ve %34,6 ile en dikkat çeken üç ünedir. Bu üç ünitenin etki yüzdesinin toplamı yaklaşık %89’dur.



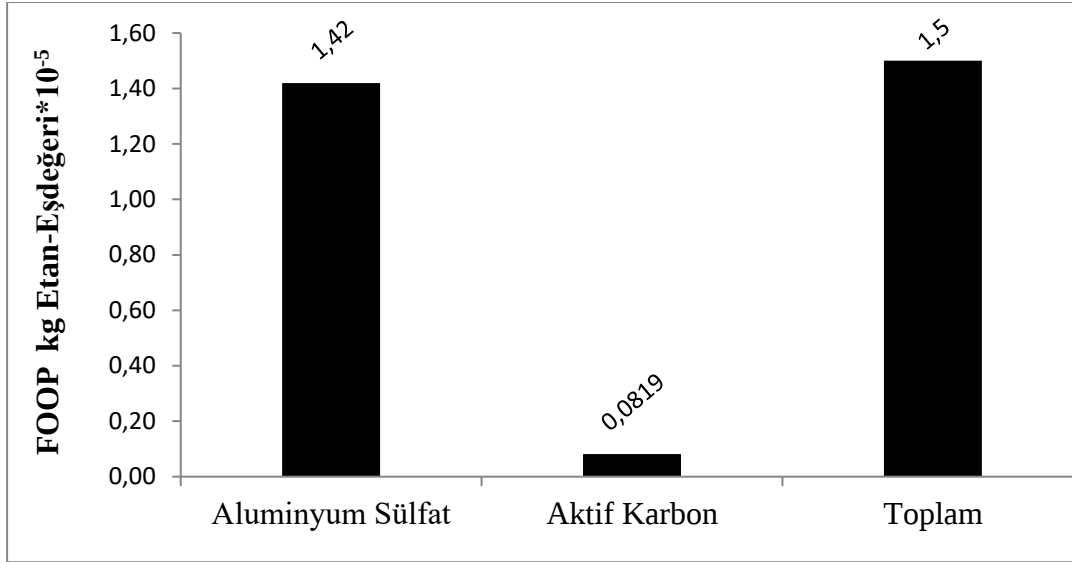
Şekil 5.63 : KYBSAT ünitelerinin FOOP yüzde dağılımı.

Çizelge 5.36'ya göre, giriş suyu pompa istasyonu ve çıkış suyu pompaları tek etki kaynağının elektrik olduğu ve bu ünitelerin etki yüzdesinin toplam %55 civarında olduğu görülmüş ve FOOP değerinin büyük bir kısmının elektrikten kaynaklandığı ve elektriğin FOOP için önemli bir etki kaynağı olduğu görülmüştür.

Çizelge 5.36 : KYBSAT ünitelerinin FOOP etki kaynakları ve etki dağılımı.

Aritma Prosesi	kg Etan-Eşdeğeri* 10⁻⁵	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg Etan-Eşd.*10⁻⁵)	Etki Yüzdesi %
Kaba İnce Izgara	1.61E-02	Elektrik	1.61E-02	0.37
Giriş Suyu Pompaları	6.16E-01	Elektrik	6.16E-01	14.23
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Üretim Ünitesi	1.50E-01	Elektrik	1.50E-01	3.46
Dağılım Havuzu	1.50	Alüminyum Sülfat Aktif Karbon	1.42 8.19E-02	34.64
Dekantörler	2.43E-02	Anyonik Polielektrolit	2.43E-02	0.56
Hızlı Kum Filtreleri	6.78E-02	Elektrik	6.78E-02	1.57
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	1.75	Elektrik	1.75	40.18
Çamur Ünitesi	1.06E-01	Elektrik Katyonik Polielektrolit	7.04E-02 3.60E-02	2.45
Çamur Uzaklaştırma	1.79E-02	Çamur Bertarafı Dizel	1.26E-02 5.31E-03	0.41
Klor Ünitesi	9.18E-02	Elektrik Nakliyat Klor Üretimi	1.81E-02 -4.68E-03 7.84E-02	2.12
Toplam	4.33	-	-	100

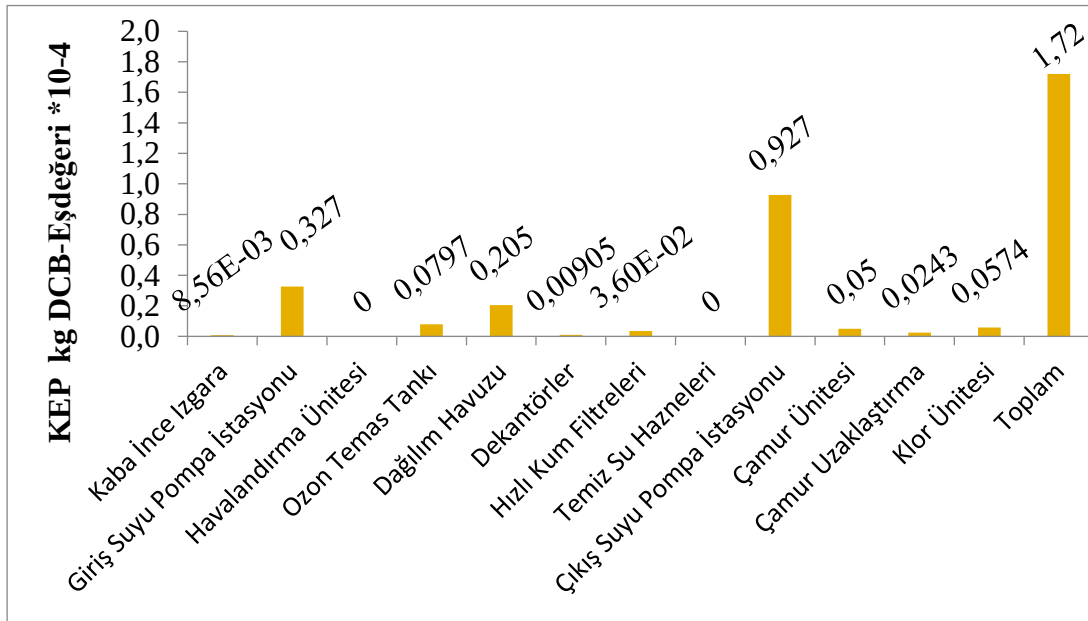
Şekil 5.64’de görüldüğü gibi % 34.64 gibi büyük etki yüzdesine sahip dağılım havuzunun etki kaynaklarının alüminyum sülfat ve aktif karbondur. Dağılım havuzu İTP değerinin %94.7’si alüminyum sülfattan ve %5.3’ü aktif karbondan kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.64 : Dağılım havuzu FOOP etki kaynakları ve dağılımı.

5.6.2.11 KYBSAT karasal ekotoksosite potansiyeli

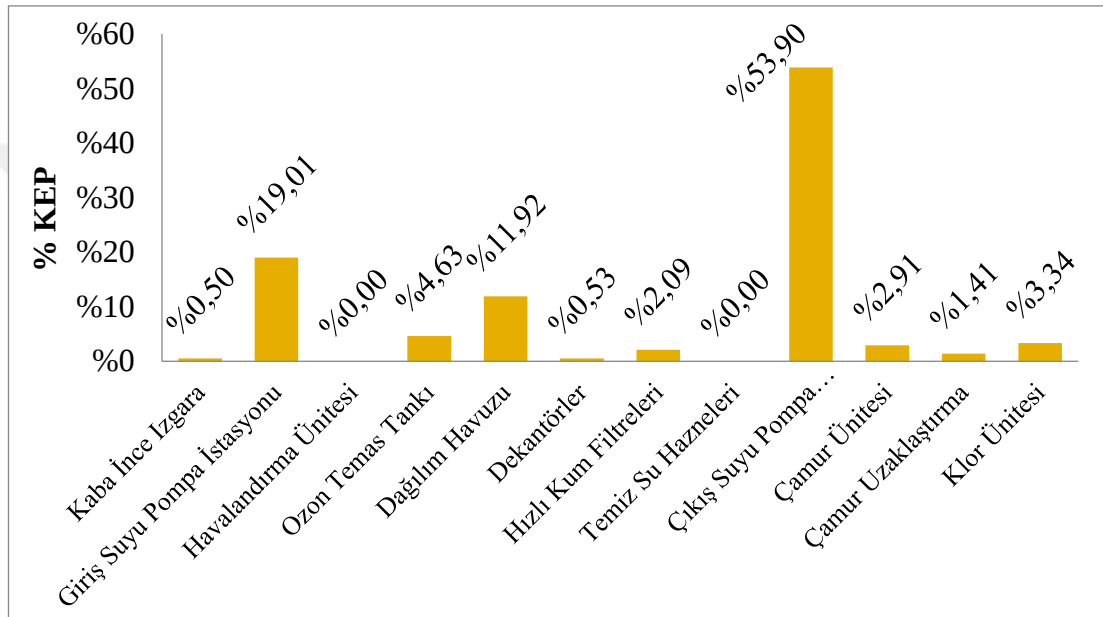
Şekil 5.65’e göre KYBSAT’ın ünitelerinin DSEP değeri kg DCB -Eşdeğeri biriminden verilmiş toplamda 1.72×10^{-4} kg DCB-Eşdeğeri olarak elde edilmiştir.



Şekil 5.65 : KYBSAT ünitelerinin KEP dağılımı.

KÇMSAT'ta KEP 1.76×10^{-4} kg DCB-Eşdeğeri olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara bakılarak bu iki tesisin KEP toplam değerinin neredeyse aynı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu iki tesisin herbir ünitelerin etki değerlerini ve etki kaynaklarını incelemek KEP değerini anlamak için önemlidir.

KEP etki değerini anlamak için Şekil 5.66'daki yüzde dağılımı incelendiğinde giriş suyu pompa istasyonu, çıkış suyu pompa istasyonu ve dağılım havuzunun etki yüzdesi sırasıyla % 9, % 53.9, ve % 11.9 ile en dikkat çeken üç ünite. Bu üç ünitenin etki yüzdesi toplamı yaklaşık %85 olduğu görülmüştür.



Şekil 5.66 : KYBSAT ünitelerinin KEP yüzde dağılımı.

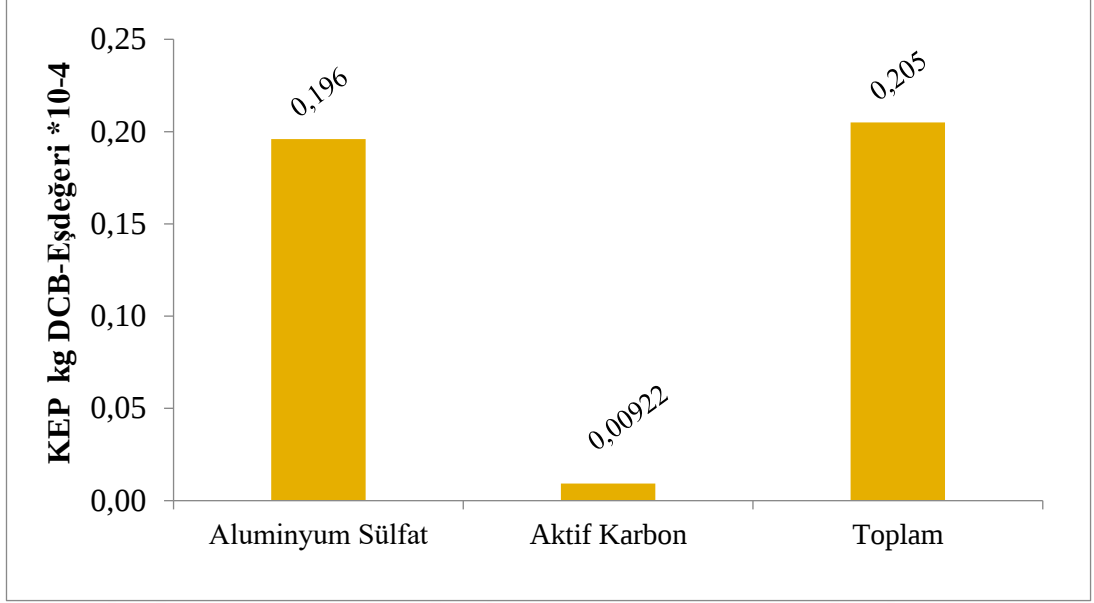
Şekil 5.67'de görüldüğü gibi, KYBSAT Karasal Ekotoksosite Potansiyeli'nin % 11.9 gibi önemli bir kısmı dağılım havuzundan kaynaklanmakta olup etki kaynakları alüminyum sülfat ve aktif karbondur. Dağılım havuzunun Karasal Ekotoksosite Potansiyeli'nin %95.5'i alüminyum sülfattan ve %4.5'i aktif karbondan kaynaklanmaktadır.

Çizelge 5.37'de giriş suyu pompa istasyonu ve çıkış suyu pompaları etki kaynaklarının elektrik olduğu ve bu iki ünitenin etki yüzdesinin toplam %73 civarında olduğu görülmektedir.

Karasal Ekotoksosite Potansiyeli'nin büyük bir kısmının elektrikten kaynaklanmakta elektrik KEP için önemlidir. Dağılım havuzunun etki yüzdesi %11.9 ile etki kaynakları incelenmesi gereken bir ünite.

Çizelge 5.37 : KYBSAT ünitelerinin FOOP etki kaynakları ve etki dağılımı.

Arıtma Prosesi	kg DCB-Eşdeğeri *10⁻⁴	Prosesin Etki Kaynağı	(kg DCB-Eşd.*10⁻⁴)	Etki Yüzdesi %
Kaba İnce Izgara	8.56E-03	Elektrik	8.56E-03	0.50
Giriş Suyu Pompaları	3.27E-01	Elektrik	3.27E-01	19.00
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Üretim Ünitesi	7.97E-02	Elektrik	7.97E-02	4.63
Dağılım Havuzu	2.05E-01	Alüminyum Sülfat Aktif Karbon	1.96E-01 9.22E-03	11.92
Dekantörler	9.05E-03	Anyonik Polielektrolit	9.05E-03	0.53
Hızlı Kum Filtreleri	3.60E-02	Elektrik	3.60E-02	2.09
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	9.27E-01	Elektrik	9.27E-01	53.90
Çamur Ünitesi	5.00E-02	Elektrik Katyonik Polielektrolit	3.74E-02 1.30E-02	2.91
Çamur Uzaklaştırma	2.43E-02	Çamur Bertarafı Dizel	1.49E-02 9.40E-03	1.41
Klor Ünitesi	5.74E-02	Elektrik Nakliyat Klor Üretimi	9.62E-03 4.57E-04 4.73E-02	3.34
Toplam	1.72	-	-	100



Şekil 5.67 : Dağılım havuzu KEP etki kaynakları ve dağılımı.

5.6.3 KÇMSAT ve KYBSAT'nin YDD karşılaştırması

KÇMSAT ve KYBSAT aynı gölden su alan iki arıtma tesisidir. Ham su, gölden pompalandıktan sonra tesiste havalandırma ünitesi ve ozon temas tankında arıtılarak iki kola ayrılır ve daha sonra tekrar temiz su haznelerinde biriktirilip şebekeye pompalanır. Böylece KÇMSAT ve KYBSAT ortak ve ayrılmış ünitelerden oluşmaktadır. İki tesisin çevre etki değeri karşılaştırılması yapılması için ayrılmış ünitelerin incelenmesi gerekmektedir. Çünkü kaba ve ince ızgaralar, giriş suyu pompaları, havalandırma ünitesi, ozon temas tankı, temiz su hazneleri, çıkış suyu pompaları ve çamur ünitesi gibi ortak ünitelerin çevre etki değerlendirme sonuçları aynıdır.

Çizelge 5.38'de KÇMSAT ve KYBSAT'ın 5 etki kategorisinde etki değerleri karşılaştırılmıştır. Küresel Isınma Potansiyeli, KÇMSAT'ın ayrılmış ünitelerinin toplamı $3,89E-02$ kg CO₂-Eşdeğeri iken KYBSAT'ın $3,61E-02$ kg CO₂-Eşdeğeri'dir. KÇMSAT'ın ayrılmış ünitelerinin Asitleşme Potansiyeli toplamı $3,51E-04$ kg SO₂-Eşdeğeri iken KYBSAT'ın $3,48E-04$ kg SO₂-Eşdeğeri'dir. KÇMSAT'ın ayrılmış ünitelerinin Ötrofikasyon Potansiyeli toplamı $1,26E-05$ kg PO₄-Eşdeğeri iken KYBSAT'ın $1,23E-05$ kg PO₄-Eşdeğeri'dir. KÇMSAT'ın ayrılmış ünitelerinin Ozon Tabakası Tükenme Potansiyeli toplamı $3,00E-13$ kg R11-Eşdeğeri iken KYBSAT'ın $3,11E-13$ kg R11-Eşdeğeri'dir. KÇMSAT'ın ayrılmış ünitelerinin İnsan Toksisitesi

Potansiyeli toplamı 2,03E-03 kg DCB-Eşdeğeri iken KYBSAT'ın 1,97E-03 kg DCB-Eşdeğeri'dir.

Bu sonuçlara göre OTP haricinde diğer tüm etki kategorilerinde KYBSAT'ın etki değerinin KÇMSAT'a göre düşük olduğu sonucuna ulaşılabilir.

Çizelge 5.38 : KÇMSAT ve KYBSAT etki değerlendirme karşılaştırması.

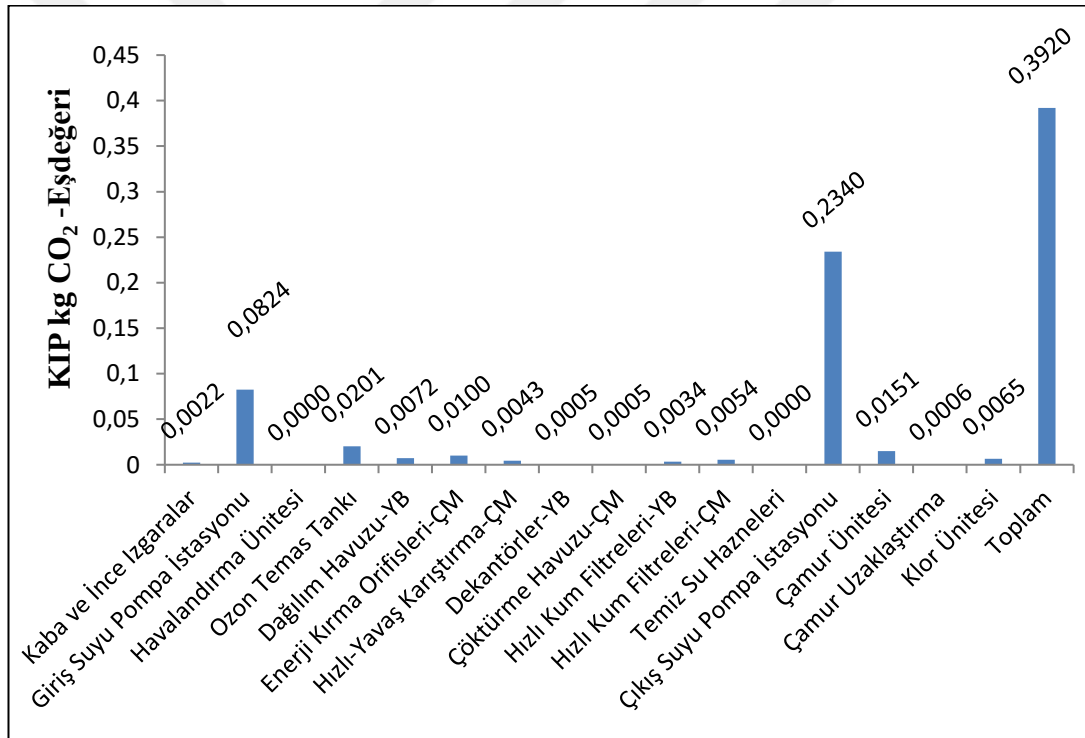
SAT	Ayrılmış Üniteler	KIP kg CO ₂ - Eşd.	AP kg SO ₂ - Eşd.	ÖP kg PO ₄ - Eşd.	OTP kg R11- Eşd.	İTP kg DCB- Eşd.
KÇM SAT	Enerji Kırma Orifisleri	1,60E-02	3,09E-04	8,03E-06	1,91E-13	1,38E-03
	Hızlı-Yavaş Karıştırma	6,88E-03	1,65E-05	1,40E-06	3,81E-15	2,14E-04
	Çöktürme Havuzu	8,49E-04	1,10E-06	1,21E-07	6,79E-17	2,15E-05
	Hızlı Kum Filtreleri	8,64E-03	1,13E-05	1,23E-06	6,90E-16	2,19E-04
	Klor Ünitesi	6,55E-03	1,28E-05	1,80E-06	1,04E-13	1,96E-04
	Toplam	3,89E-02	3,51E-04	1,26E-05	3,00E-13	2,03E-03
KYB SAT	Dağılım Havuzu	1,91E-02	3,20E-4	8,75E-06	1,93E-13	1,50E-03
	Dekantörler	1,42E-03	2,50E-06	3,29E-07	1,57E-15	3,75E-05
	Hızlı Kum Filtreleri	9,08E-03	1,19E-05	1,29E-06	7,26E-16	2,30E-04
	Klor Ünitesi	6,52E-03	1,32E-05	1,89E-06	1,16E-13	1,99E-04
	Toplam	3,61E-02	3,48E-04	1,23E-05	3,11E-13	1,97E-03

5.6.4 Kağıthane Su Arıtma Tesisi'nin yaşam döngüsü değerlendirmesi

Bu çalışma kapsamında KÇMSAT ve KYBSAT'nin sistem sınırları belirlenip girdi ve çıktıkları GaBi 7.3 yazılımı kullanılarak YDD etki değerleri elde edilmiştir. Bu iki tesis ortak ve ortak olmayan ünitelere sahiptir. Ortak üniteler KSAT için de etki değeri olarak alınmış olup ortak olmayan üniteler iki tesis debileri oranında hesaplanıp 1 m³ arıtılan su için toplam KSAT yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılmıştır. Elde edilen etki değerleri 1 m³ arıtılan su için yüz yıl süresince KSAT'ın çevresel etkisi olarak yorumlanabilir.

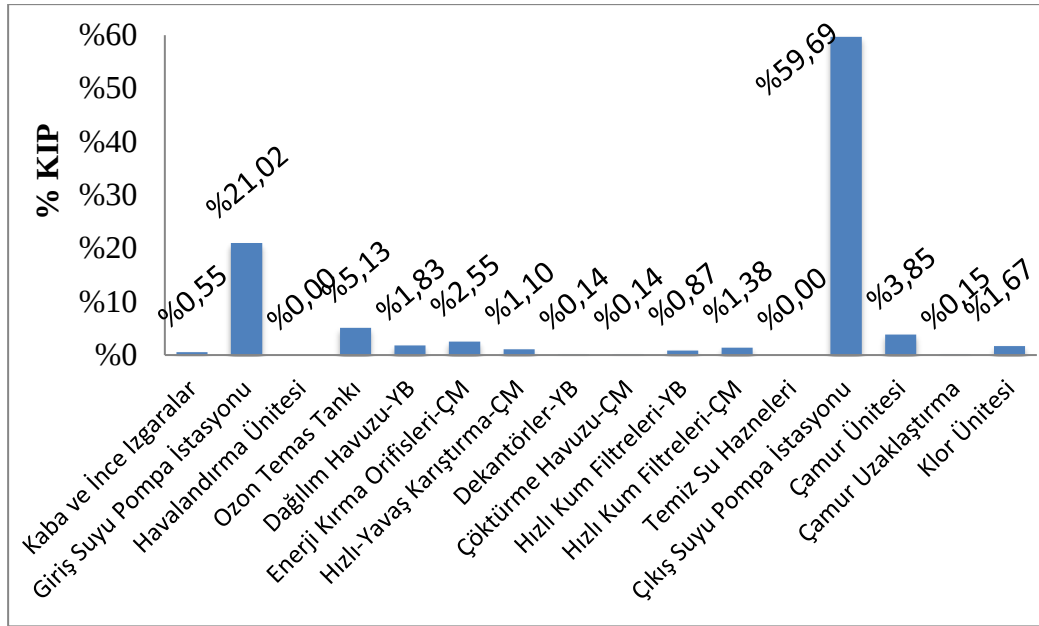
5.6.4.1 KSAT küresel ısınma potansiyeli

Şekilde 5.68'de görüldüğü gibi KSAT küresel ısınma potansiyeli etki değeri 0.39 kg CO₂-eşdeğeridir.



Şekil 5.68 : KSAT ünitelerinin KIP dağılımı.

Şekil 5.69'da Kağıthane Su Arıtma Tesisi ünitelerinin Küresel Isınma Potansiyeli'ne olan etki dağılımı görülmektedir. Bu etki dağılımına göre çıkış suyu pompaları yaklaşık % 59.7 ile en fazla etkiye sahip olduğu görülmektedir. Toplam Küresel Isınma Potansiyeli'nin % 21'i giriş suyu pompalarından kaynaklanmaktadır. Giriş suyu ve çıkış suyu pompaları toplamda yaklaşık KIP'nin % 81 oluşturmaktadır.



Şekil 5.69 : KSAT ünitelerinin KIP yüzdesi dağılımı.

KÇMSAT ve KYBSAT küresel ısınma potansiyeli için ünitelerinin giriş suyu ve çıkış suyu pompaları etki dağılımı da yaklaşık olarak bu aralıktadır. KÇMSAT ve KYBSAT iki ayrı tesis olarak incelendiğinde çıkış suyu pompalarının etki dağılımı sırasıyla % 59 ve % 60.5 olup en fazla etki yüzdesine sahip ünitelerdir.

KSAT küresel ısınma potansiyeli, Büyükçekmece Su Arıtma Tesisi küresel ısınma potansiyeli karşılaştırıldığında; BSAT'ın KIP etki değeri 0.358 kg CO₂-Eşdeğeri olup çıkış suyu pompa istasyonunun etki yüzdesinin % 46 ile en fazla etki yüzdesine sahipken % 22 klor ünitesi ve % 16 giriş suyu pompaları en fazla etki yüzdesine sahip ünitelerdir. (Zyara, 2017)

Su arıtma tesisi için başka bir Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi çalışmasında, Umberto yazılımı kullanılmış ve küresel ısınma potansiyeli 0.84 kg CO₂-Eşdeğeri olup pompaların etki değeri 0.34 kg CO₂-Eşdeğeri olarak elde edilmiştir. Ozon üretiminin etki değeri ise 0.35 kg CO₂-Eşdeğeri olarak elde edilmiştir (Mery ve diğ., 2013). Bu değerin KSAT ozon üretim yüzdesine oranla yüksek olmasının sebebi KSAT'ta dezenfeksiyon için ozon kullanımı yanında klor da kullanılması olarak değerlendirilebilir.

Çizelge 5.39'de Kağıthane Su Arıtma Tesisi'nin tüm ünitelerin etki değeri, etki yüzdesi ve etki kaynakları görülmektedir. Etki kaynağı elektrik olan ünitelerin küresel ısınma potansiyelinin etki değerinin diğer ünitelere oranla yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.39 : KSAT ünitelerinin KIP etki kaynağı ve etki değer dağılımı.

Aritma Prosesi	kg CO₂-Eşdeğeri	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg CO₂-Eşdeğeri)	Etki Yüzdesi %
Kaba ve İnce Izgaralar	2.16E-03	Elektrik	2.16E-03	0.55
Giriş Suyu Pompaları	8.24E-02	Elektrik	8.24E-02	21.02
Havalandırma	0	-	0	0
Ozon Temas Tankı	2.01E-02	Elektrik	2.01E-02	5.13
Dağılım Havuzu	7.16E-03	Alüminyum Sülfat Aktif Karbon	6.00E-03 1.16E-03	1.83
Enerji Kırma Orifisleri	1.00E-02	Alüminyum Sülfat	1.00E-02	2.55
Hızlı-Yavaş Karıştırma	4.30E-03	Elektrik Aktif Karbon A. Polielektrolit	1.49E-03 1.93E-03 8.88E-04	1.10
Dekantörler	5.33E-04	A. Polielektrolit	5.33E-04	0.14
Çöktürme Havuzu	5.31E-04	Elektrik	5.31E-04	0.14
Filtreler-YB	3.41E-03	Elektrik	3.41E-03	0.87
Filtreler-ÇM	5.40E-03	Elektrik	5.40E-03	1.38
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	2.34E-01	Elektrik	2.34E-01	59.69
Çamur Ünitesi	1.51E-02	Elektrik K. Polielektrolit	1.32E-02 1.92E-03	3.85
Çamur Uzaklaştırma	6.00E-04	Çamur Bertarafı Dizel	5.46E-04 5.84E-05	0.15
Klor Ünitesi	6.54E-03	Elektrik Nakliyat Klor Üretimi	2.71E-03 3.08E-05 3.81E-03	1.67
Toplam	3.92E-01	-	3.92E-01	100.00

Büyükçekmece Su Arıtma Tesisi'nde dezenfeksiyon için sadece klor ünitesi bulunurken Kağıthane Su Arıtma Tesisi'nde ozon ve klor ünitesi birlikte bulunmaktadır. Ozon üretiminin etki yüzdesi Kağıthane Su Arıtma Tesisi'nde % 5 civarında iken klor ünitesinin ise % 1.7'tir. Kağıthane Su Arıtma Tesisi'nin dezenfeksiyonun Küresel Isınma Potansiyeli'ne etkisi % 6.7 iken Büyükçekmece Su Arıtma Tesisi'nde % 22 olduğu görülmektedir.

Cezayir'de bulunan bir su arıtma tesisi Küresel Isınma Potansiyeli incelenmiş ve en büyük etki kaynağının enerji tüketimi olduğu belirtilmiştir. Özellikle pompaların etki değerinin yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Zine ve diğ., 2013). KSAT'nin KIP'e katkısı en fazla pompalardan kaynaklanmaktadır.

Bu çalışma ile elektrik tüketiminin Küresel Isınma Potansiyeli için en büyük etki kaynağı olduğu sonucu doğrulanmıştır.

Goga (2016) 'nın ters osmoz arıtma yönteminin kullanıldığı bir arıtma tesisinde yaptığı Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi çalışmasında, Küresel Isınma Potansiyeli'ne %94.2 katkının elektrikten geldiği sonucuna ulaşmıştır.

Buna ek olarak, KSAT gibi konvansiyonel bir su arıtma tesisinde yapılan çalışmada KIP değeri 0.38 kg CO₂-Eşdeğeri bulunmuştur (Rodriguez, 2016). Böylece KSAT küresel ısınma potansiyeli başka konvansiyonel su arıtma tesislerine benzer sonuçlar vermiştir.

Çizelge 5.40'da KSAT'ta kimyasal madde ünitelerinin etki değeri ve etki kaynakları verilmiştir. Kimyasal madde üniteleri için etki kaynakları elektrik, nakliyat ve kimyasal maddelerin üretimidir.

Kimyasalların toplam etkisi 0.029 kg CO₂-Eşdeğeri olup bu değer toplam Küresel Isınma Potansiyeli'nin % 7.4'ünü oluşturmaktadır. En fazla etki değerine sahip kimyasal madde ünitesi ise 0.016 kg CO₂-Eşdeğeri ile alüminyum sülfat ünitesidir. Alüminyum sülfat ünitesinde kimyasal maddenin üretimin KIP' ye katkısı % 86.8 iken elektrik kullanımı % 6.4 ve kimyal maddenin nakliyatı % 6.8'dir.

Kimyasal madde ünitelerinin Küresel Isınma Potansiyeli'ne en fazla katkısı kimyasal maddelerin üretim aşamasındadır. Kimyasal maddde ünitelerinin üretimi aşaması 2,23E-02 kg CO₂-Eşdeğeri ile %76.9 etki yüzdesine sahiptir. Kullanılan elektriğin ve kimyasalın nakliyatının ise sırasıyla %8.5 ve % 4.5 katkısı bulunmaktadır.

Çizelge 5.40 : KSAT'ta kimyasal maddelerin etki değer dağılımı.

Kimyasal Madde Üniteleri	kg CO₂- Eşdeğeri	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (Kg CO₂- Eşdeğeri)
Alüminyum Sülfat	1.60E-02 (%55.25)	Elektrik Nakliyat Üretim	1.03E-03 1.08E-03 1.39E-02
Aktif Karbon	3.08E-03 (%10.6)	Elektrik Nakliyat Üretim	4.91E-04 1.47E-04 2.45E-03
Anyonik Polielektrolit	1.42E-03 (%4.9)	Elektrik Nakliyat Üretim	5.74E-04 1.91E-05 8.23E-04
Katyonik Polielektrolit	1.92E-03 (%6.6)	Elektrik Nakliyat Üretim	5.89E-04 3.02E-05 1.30E-03
Klor	6.54E-03 (%22.6)	Elektrik Nakliyat Üretim	2.71E-03 3.08E-05 3.81E-03
Toplam	2.90E-02 (%100)	-	2.90E-02

5.6.4.2 KSAT asitleşme potansiyeli (AP)

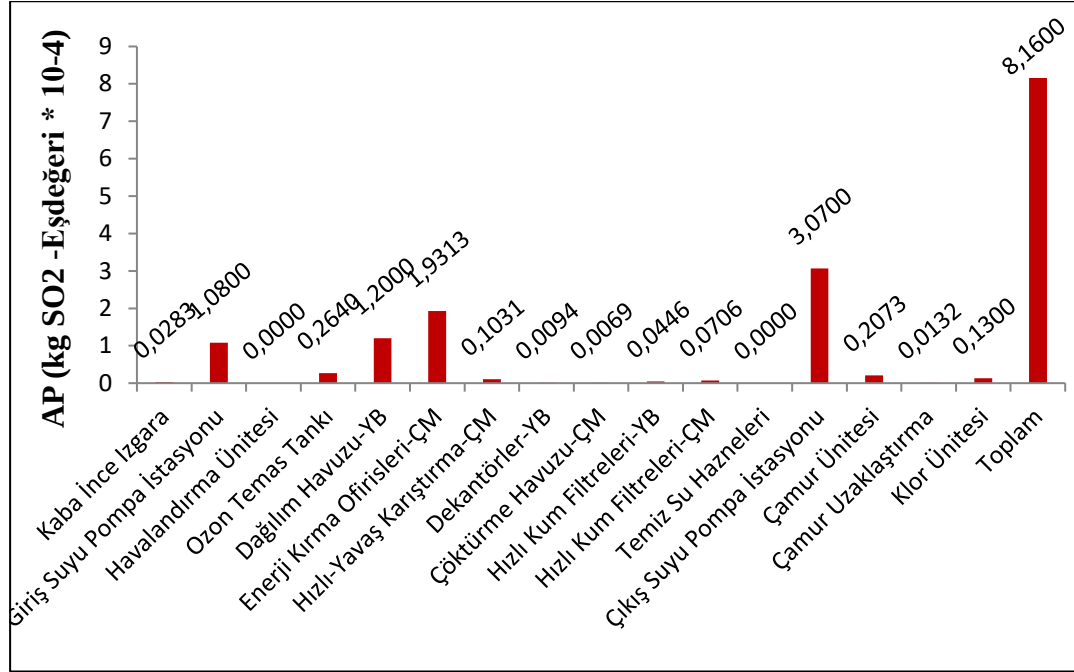
KSAT asitleşme potansiyeli etki değeri toplam 8.16×10^{-4} kg SO₂-eşdeğeridir (Şekil 5.70).

Şekil 5.71'de KSAT ünitelerinin asitleşme potansiyeli etki dağılımı görülmektedir. Bu dağılımına göre, çıkış suyu pompalarının toplam AP'ye katkısı %37.6 olup en fazla etkiye sahip ünite dir. Enerji kırma orifisleri ise %23.7, dağılım havuzu %14.7 ve giriş suyu pompaları ise %13.2 ile toplam AP değeri içinde yüksek etki değerine sahip ünitelerdir.

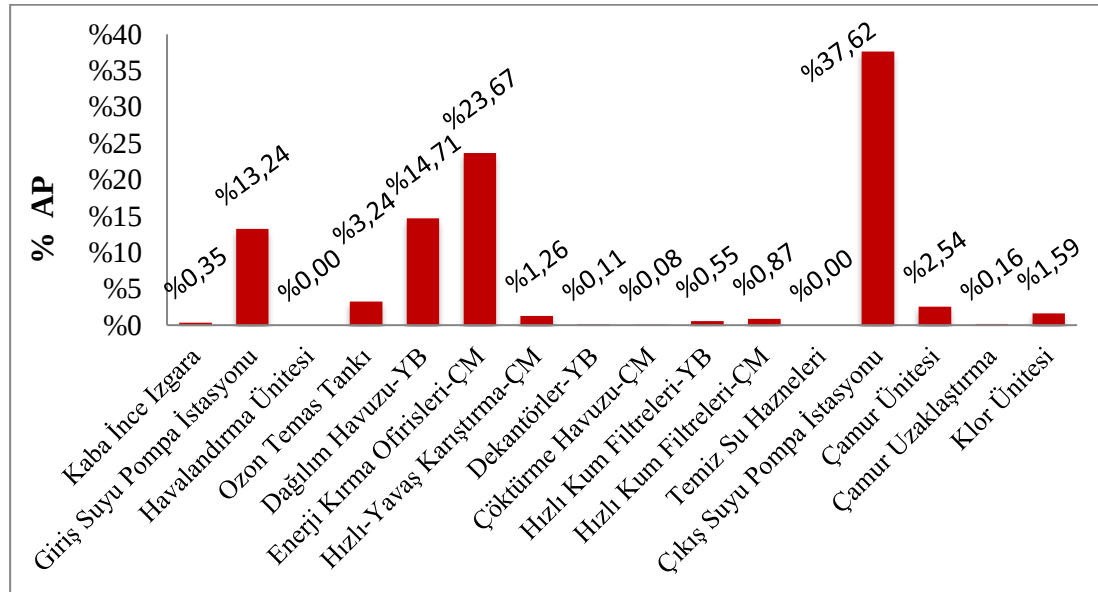
Bu sonuçlar Büyükçekmece Su Arıtma Tesisi ile karşılaştırıldığında Büyükçekmece Su Arıtma Tesisi (BSAT), AP değeri 7.14×10^{-4} kg SO₂- Eşdeğeri etki değerine sahip olup bu değerin %40'ı çıkış suyu pompalarından ve % 14' ü giriş suyu pompalarından kaynaklanmakta olup bu iki ünite toplam %54 gibi büyük bir katkıya sahiptir. Klor ünitesi, %15 etkiye sahipken hızlı ve yavaş karıştırma ise %21 ile AP'si yüksek

ünitelerdendir. Hızlı ve yavaş karıştırmanın etki değerinin neredeyse tamamı alüminyum sülfattan kaynaklanmaktadır (Zyara, 2017).

Böylece iki tesis için de alüminyum sülfatın kullanıldığı ünitelerin AP için etki değeri yüksek çıkmış olduğu ve alüminyum sülfatın AP etki kaategorisi için önemli olduğu sonucu çıkarılabilir.



Şekil 5.70 : KSAT ünitelerinin asitleşme potansiyeli dağılımı.



Şekil 5.71 : KSAT ünitelerinin asitleşme potansiyeli yüzdesi dağılımı.

Çizelge 5.41’da görüldüğü gibi KSAT ünitelerinden yüksek etki yüzdesine sahip giriş suyu pompaları ve çıkış suyu pompalarının etki kaynağı elektrikken yine yüksek etki

yüzdesine sahip dağılım havuzu ve enerji kırma orifislerinin etki kaynağı kimyasal maddelerdir.

Çizelge 5.41 : KSAT ünitelerinin AP etki kaynakları ve değerleri.

Arıtma Prosesi	kg SO₂-Eşd. *10⁻⁴	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg SO₂-Eşd. *10⁻⁴)	Etki Yüzdesi %
Kaba ve İnce Izgaralar	2.83E-02	Elektrik	2.83E-02	0.35
Giriş Suyu Pompaları	1.08	Elektrik	1.08	13.24
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Temas Tankı	2.64E-01	Elektrik	2.64E-01	3.24
Dağılım Havuzu	1.20	Alüminyum Sülfat Aktif Karbon	1.16 4.06E-02	14.71
Enerji Kırma Orifisleri	1.93	Alüminyum Sülfat	1.93	23.67
Hızlı-Yavaş Karıştırma-ÇM	1.03E-01	Elektrik Aktif Karbon A.Polielektrolit	1.95E-02 6.75E-02 1.56E-02	1.26
Dekantörler-YB	9.38E-03	A. Polielektrolit	9.38E-03	0.11
Çöktürme Havuzu	6.88E-03	Elektrik	6.88E-03	0.08
Filtreler-YB	4.46E-02	Elektrik	4.46E-02	0.55
Filtreler-ÇM	7.06E-02	Elektrik	7.06E-02	0.87
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	3.07	Elektrik	3.07	37.62
Çamur Ünitesi	2.07E-01	Elektrik K.Polielektrolit	1.72E-01 3.52E-02	2.54
Çamur Uzaklaştırma	1.32E-02	Çamur Bertarafı Dizel	9.57E-03 3.63E-03	0.16
Klor Ünitesi	1.3E-01	Elektrik Transfer Klor	3.76E-02 1.36E-03 8.90E-02	1.60
Toplam	8.16	-	-	100.00

KÇMSAT ve KYBSAT küresel ısınma potansiyeli için ünitelerinin giriş suyu ve çıkış suyu pompaları AP değeri de benzer sonuçlar vermiştir. KÇMSAT ve KYBSAT iki ayrı tesis olarak incelendiğinde çıkış suyu pompalarının etkisi tüm AP'ye oranla sırasıyla %37.4 ve %37.9'dur. Alüminyum sülfat etki kaynağı kullanıldığı dağılım havuzu ve enerji kırma orifislerinin etki değeri ve yüzdesi birbirine yakın sonuçlar vermiştir. KÇMSAT, KYBSAT ve KSAT'ta alüminyum sülfatın kullanıldığı üniteler olan dağılım havuzu ve enerji kırma orifislerinin AP değeri yüksektir.

Çizelge 5.42'de KSAT ünitelerinden AP değeri diğer ünitelere göre yüksek çıkan ünitelerin etki kaynağı ve etkinin değer ve yüzde dağılımı verilmiştir. Çıkış ve giriş suyu pompalarının tüm etki kaynağı elektrikten dağılım havuzunun etki kaynağı alüminyum sülfat ve aktif karbon olup dağılım havuzunda AP'ye sırasıyla %96.6 ve %3.4 katkıları vardır.

Çizelge 5.42 : KSAT AP değeri yüksek ünitelerinin etki kaynağı ve dağılımı.

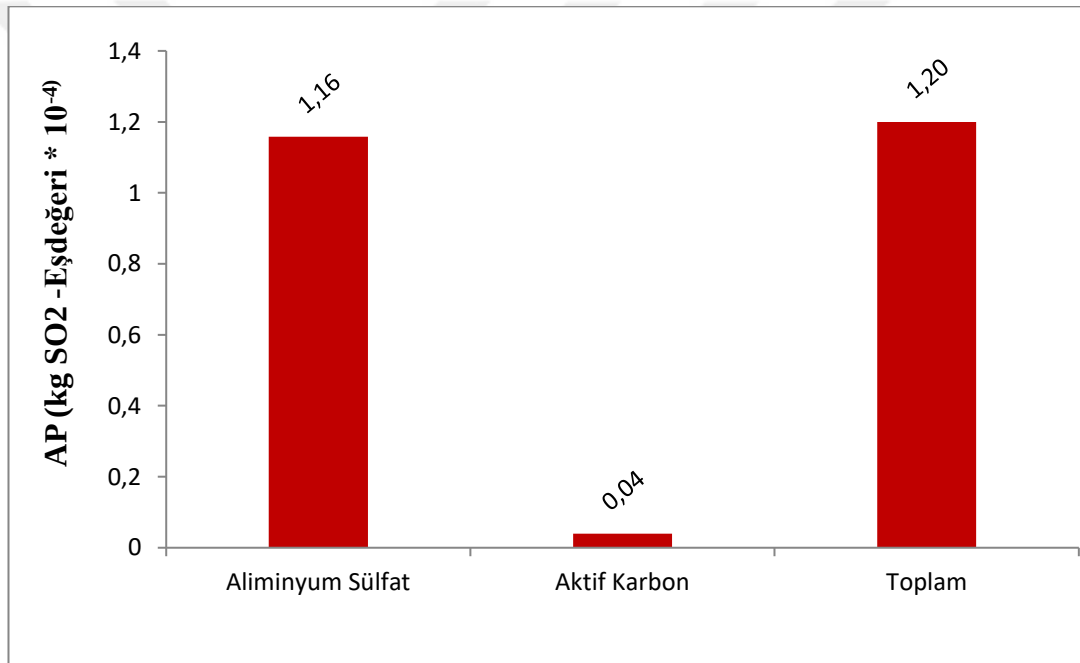
Arıtma Prosesi	kg SO₂-Eşd. *10⁻⁴	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (Kg SO₂-Eşd. *10⁻⁴)	Etki Yüzdesi %
Çıkış Suyu Pompaları	3.07	Elektrik	3.07	100
Giriş Suyu Pompaları	1.08	Elektrik	1.08	100
Dağılım Havuzu	1.20	Alüminyum Sülfat Ünitesi	1.16	96.6
		Elektrik	5.06E-03	0.42
		Nakliyat	1.14	1.43
		Üretim	1.67E-02	98.15
		Aktif Karbon Ünitesi	4.06E-02	3.4
		Elektrik	2.41E-03	5.94
		Nakliyat	1.64E-02	40.43
Enerji Kırma Orifisleri	1.93	Üretim	2.18E-02	53.63
		Alüminyum Sülfat Ünitesi	1.93	100
		Elektrik	8.13E-03	0.42
		Nakliyat	2.75E-02	1.43
		Üretim	1.89E+00	98.15

KSAT için AP'nin %23.67'si enerji kırma orifislerinden kaynaklanmakta olup bu ünitenin tek etki kaynağı alüminyum sülfattır. Bu değer %98.15'i alüminyum sülfatın üretiminden, %1.43 nakliyatından ve geri kalan %0.42'si ünite de kullanılan elektrikten kaynaklanmaktadır.

Dağılım havuzunda etki değeri yüksek olan alüminyum sülfatın da elektrik kullanımı, nakliyat ve üretim yüzdesi ortak alüminyum sülfat ünitesinden geldiği için aynıdır.

İki ayrı konvansiyonel su arıtma tesisinde yapılan çalışmada AP için 2.2×10^{-4} kg SO₂-Eşdeğeri, 1.12×10^{-4} kg SO₂-Eşdeğeri gibi değerler elde edilmiştir (Rodriguez ve diğ.,2016). Bu değerler KSAT'a yakın toplam sonuçlar vermiştir.

Şekil 5.72'de KSAT dağılım havuzunun AP etki dağılımı görülmektedir.



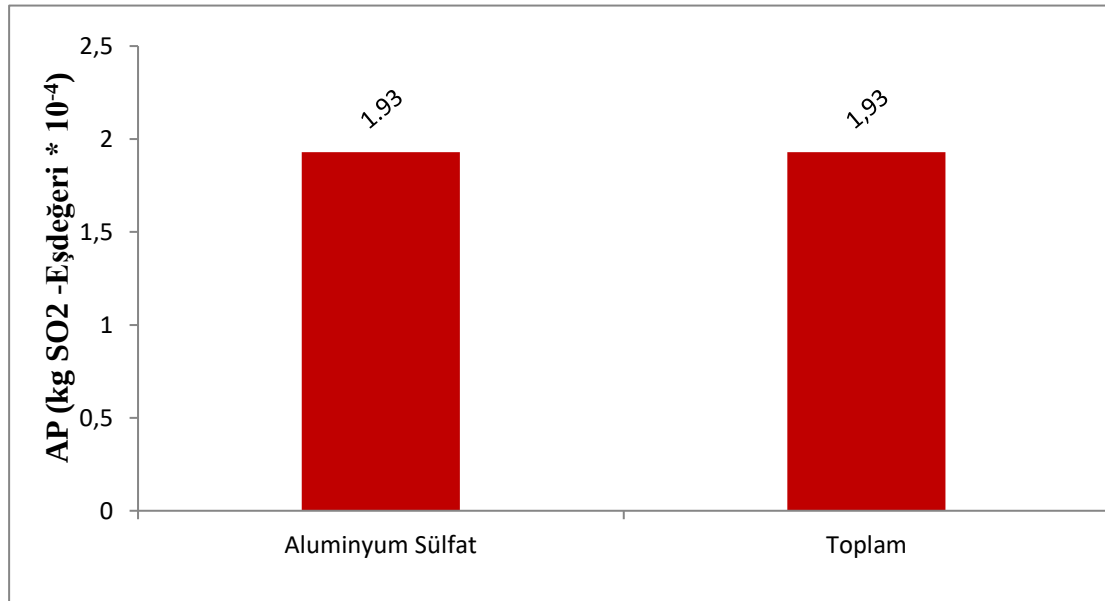
Şekil 5.72 : Dağılım havuzu AP etki kaynaklarının etki dağılımı.

Çizelge 5.43' de kimyasal madde ünitelerinin etki kaynaklarının AP değerleri dağılımı görülmektedir. Toplam AP değeri 3.39×10^{-4} kg SO₂-Eşdeğeri olan kimyasal madde ünitelerinin %41 etki yüzdesi bulunmaktadır. Bu etkinin % 94.6'sı kimyasal maddenin üretiminden %1.8'i kimyasalın nakliyatından ve %3.6'sı ünitelerde kullanılan elektrikten kaynaklanmaktadır.

Buna ek olarak, Şekil 5.73'de yine etki yüzdesi % 23.7 olan enerji kırma orifislerinin etki kaynağının tamamını alüminyum sülfat oluşturmaktadır. Çizelge 5.73'te dağılım havuzu ve enerji kırma orifislerinin etki kaynakları ve dağılımı verilmiştir.

Çizelge 5.43 : KSAT kimyasal madde ünitelerinin etki kaynağı ve dağılımı.

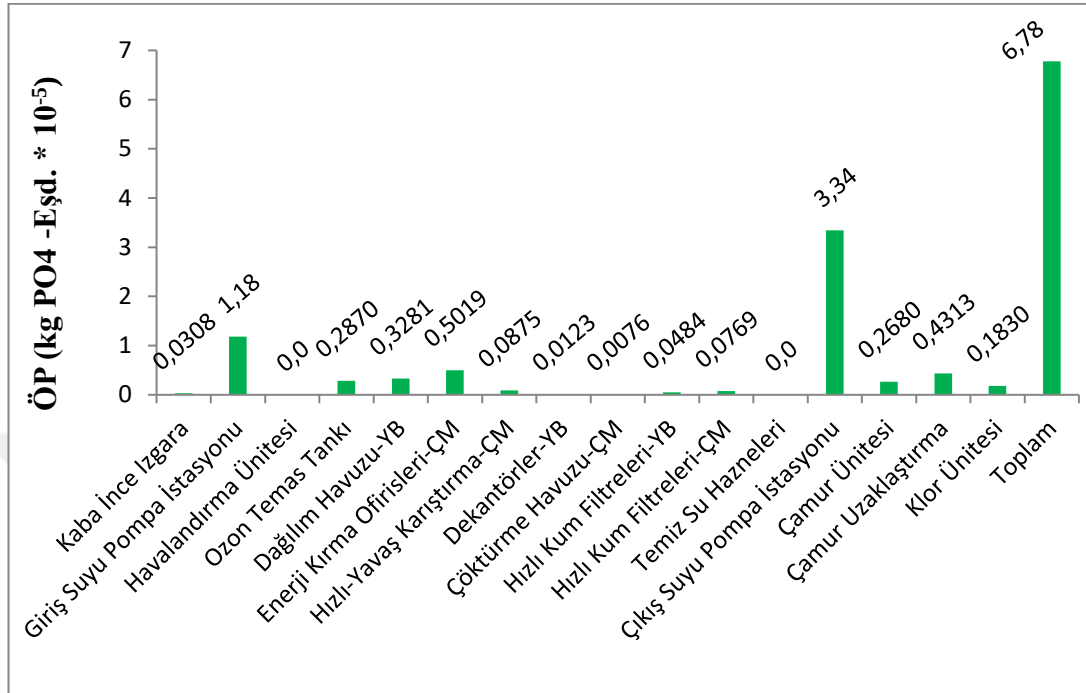
Kimyasal Madde Üniteleri	AP (kg SO ₂ - Eşdeğeri * 10 ⁻⁴)	Ünitenin Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg SO ₂ -Eşd. * 10 ⁻⁴)
Alüminyum Sülfat	3.09 %91.20	Elektrik Nakliyat Üretim	1.30E-02 4.40E-02 3.03E+00
Aktif Karbon	1.08E-01 % 3.19	Elektrik Nakliyat Üretim	6.43E-03 4.38E-02 5.81E-02
Anyonik Polielektrolit	2.50E-02 %0.74	Elektrik Nakliyat Üretim	7.52E-03 5.71E-03 1.17E-02
Katyonik Polielektrolit	3.52E-02 %1.04	Elektrik Nakliyat Üretim	7.71E-03 9.01E-03 1.85E-02
Klor	1.3E-01 %3.84	Elektrik Nakliyat Üretim	3.72E-02 1.34E-03 8.7E-02
Toplam	3.39 %100	-	3.39



Şekil 5.73 : Enerji kırma orifisleri etki kaynaklarının etki değeri dağılımı.

5.6.4.3 KSAT ötrofikasyon potansiyeli

KSAT ötrofikasyon potansiyeli değeri toplam 6.78×10^{-5} kg PO₄-eşdeğeridir (Şekil 5.74).



Şekil 5.74 : KSAT ünitelerinin ÖP dağılımı.

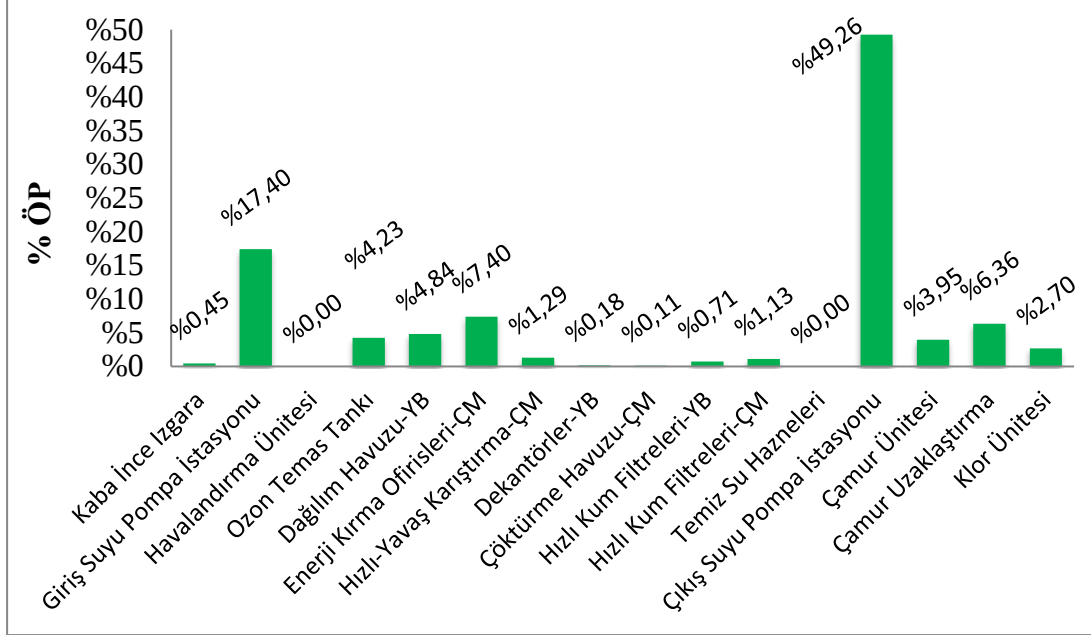
Şekil 5.75’de görüldüğü gibi KSAT ÖP değerinin % 17.4’ü giriş suyu pompalarından ve %49.26’sı çıkış suyu pompalarından kaynaklanmakta olup bu iki ünitenin ÖP için yaklaşık toplam %67 etkisi bulunmaktadır.

Zyara, 2017 tarafından yapılan çalışmada, Büyükçekmece Su Arıtma Tesisi (BSAT), ÖP değeri 7.2×10^{-5} kg PO₄-Eşdeğeri etkiye sahipken, bu değerin %35’ini giriş ve çıkış suyu pompalarının toplam değeri oluşturmaktadır. Klor ünitesi ise %22 etkisi ile ÖP’si yüksek ünitelerdendir. (Zyara, 2017) Oysa KSAT’ta klor ünitesinin % 2.7’lik etkisi vardır. Klor ünitesinin etki değerinin KSAT’ta daha az olmasının sebebi dezenfeksiyonun ozonlama ile birlikte yapılmasıdır.

Friedrich ve Buckley tarafından konvansiyonel bir su arıtma tesisinde yapılan çalışmada, ÖP değeri 5.69×10^{-5} kg PO₄-Eşdeğeri olarak elde edilmiştir ve bu sonuçlar KSAT’nin ÖP değeri ile uyumludur (Friedrich ve Buckley, 2002).

Buna ek olarak, Rodriguez tarafından konvasiyonel bir su arıtma tesisinde yapılan çalışmada ise ÖP değeri 3.16×10^{-5} kg PO₄-Eşdeğeri olarak bulunmuş olup sonuçlar yine KSAT’nin ÖP’si ile uyumludur (Rodriguez, 2016).

Bonton tarafından yapılan çalışmada ise konvansiyonel bir su arıtma tesisinin ÖP değeri 1.14×10^{-5} kg PO₄-Eşdeğeri olarak bulunmuş ve yine sonuçlar KSAT ile benzerdir (Bonton, 2012).



Şekil 5.75 : KSAT ünitelerinin ÖP yüzdesi dağılımı.

Çizelge 5.44'te KSAT ünitelerinin ÖP etki değeri, etki yüzdesi ve etki kaynakları verilmektedir. Etki değeri yüksek giriş suyu ve çıkış suyu pompalarının tek etki kaynağının elektrik olup elektriğin ötrofikasyon potansiyeli üzerinde etkisinin önemli olduğu sonucu çıkarılabilir.

Kimyasal maddelerin kullanımının Ötrofikasyon Potansiyeli'nin elektrik tüketimine göre düşük olup kimyasal maddelerin Ötrofikasyon Potansiyeli üzerindeki etkilerini enerji kırma orifislerinde, dağılım havuzunda, klor ünitesinde ve çamur ünitesinde görülmektedir.

Çizelge 5.45'da kimyasal madde ünitelerinin Ötrofikasyon Potansiyeli ve bu etki değerlerin etki kaynaklarına göre dağılımı verilmektedir. KSAT'ta 6.78×10^{-5} kg PO₄-Eşdeğeri olan toplam Ötrofikasyon Potansiyeli'nin 1.14×10^{-5} kg PO₄-eşdeğeri kimyasal madde ünitelerinin etki değeridir. Tüm ünitelerin etki değerinin %16.8'i kimyasal madde ünitelerinden kaynaklanmaktadır. Bu etkinin %77.5'i kimyasal maddenin üretiminden, %16.8'i nakliyatından ve % 5.7'si ünite de kullanılan elektrikten kaynaklanmaktadır

Çizelge 5.44 : KSAT ünitelerinin ÖP etki kaynağı ve dağılımı.

Arıtma Prosesi	kg PO₄-Eşd. *10⁻⁵)	Prosesin Etki Kaynağı	(kg PO₄-Eşd.* 10⁻⁵)	Etki Yüzdesi %
Kaba ve İnce Izgaralar	3.08E-02	Elektrik	3.08E-02	0.45
Giriş Suyu Pompaları	1.18	Elektrik	1.18	17.40
Havalandırma	0	-	0	0
Ozon Temas Tankı	2.87E-01	Elektrik	2.87E-01	4.23
Dağılım Havuzu-YB	3.28E-01	Alüminyum Sülfat Aktif Karbon	3.01E-01 2.73E-02	4.84
Enerji Kırma Orifisleri	5.02E-01	Alüminyum Sülfat	5.02E-01	7.40
Hızlı-Yavaş Karıştırma-ÇM	8.75E-02	Elektrik Aktif Karbon	2.13E-02 4.54E-02	1.29
Dekantörler-YB	1.23E-02	Anyonik Polielektrolit	2.06E-02 1.23E-02	0.18
Çöktürme Havuzu-ÇM	7.56E-03	Elektrik	7.56E-03	0.11
Filtreler-YB	4.84E-02	Elektrik	4.84E-02	0.71
Filtreler-ÇM	7.69E-02	Elektrik	7.69E-02	1.13
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	3.34	Elektrik	3.34	49.26
Çamur Ünitesi	2.68E-01	Elektrik Katyonik Polielektrolit	2.21E-01 4.74E-02	3.95
Çamur Uzaklaştırma	4.31E-01	Çamur Bertarafı Dizel	4.25E-01 6.33E-03	6.36
Klor Ünitesi	1.83E-01	Elektrik Nakliyat Klor Üretimi	2.11E-02 1.74E-03 9.26E-02	2.70
Toplam	6.78	-	-	100.00

Çizelge 5.45 : Kimyasal madde ünitelerinin ÖP etki kaynakları ve dağılımı.

Kimyasal Madde Üniteleri	ÖP (kg PO4 - Eşdeğeri * 10⁻⁵)	Ünitenin Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg PO4 -Eşdeğeri * 10⁻⁵)
Alüminyum Sülfat	8.03E-01 (%70.51)	Elektrik Nakliyat Üretim	1.47E-02 1.11E-01 6.77E-01
Aktif Karbon	7.27E-02 (%6.38)	Elektrik Nakliyat Üretim	7.00E-03 4.46E-02 2.11E-02
Anyonik Polielektrolit	3.29E-02 (%2.89)	Elektrik Nakliyat Üretim	8.19E-03 5.82E-03 1.88E-02
Katyonik Polielektrolit	4.73E-02 (%4.15)	Elektrik Nakliyat Üretim	8.40E-03 9.19E-03 2.98E-02
Klor	1.83E-01 (%16.07)	Elektrik Nakliyat Üretim	4.10E-02 3.39E-03 1.36E-01
Toplam	1.14 (%100)	-	1.14

5.6.4.4 KSAT ozon tabakası tükenme potansiyeli (OTP)

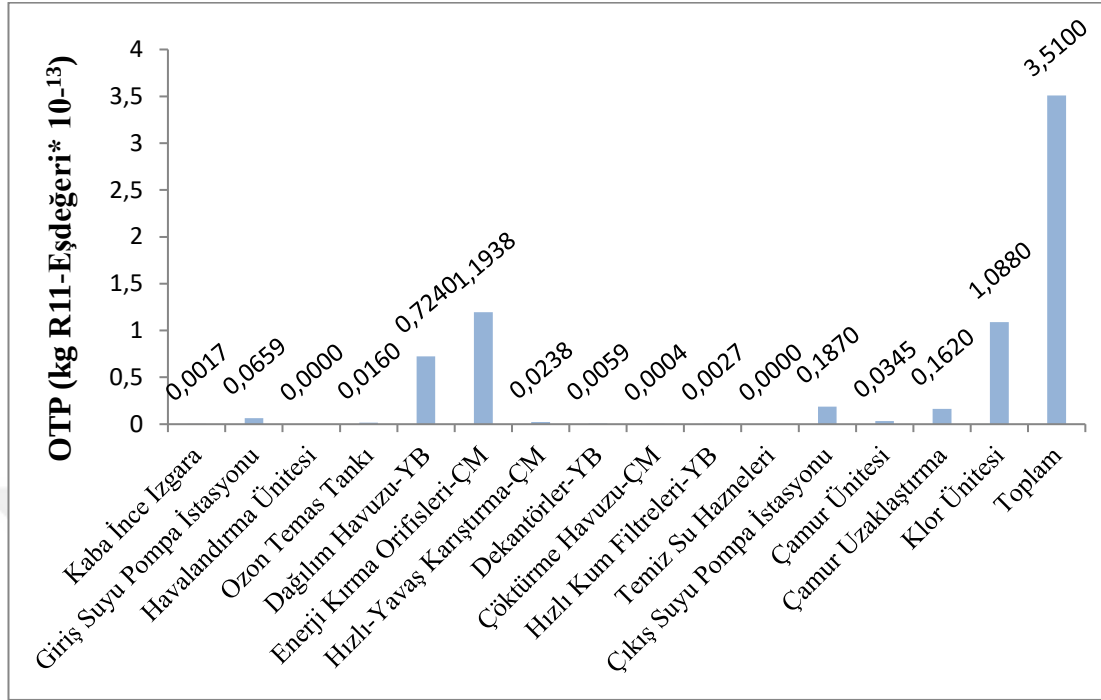
Kağıthane Su Arıtma Tesisi Ozon Tabakası Tükenme Potansiyeli etki değeri toplam 3.5×10^{-13} kg R11-eşdeğeridir (Şekil 5.76).

Şekil 5.77 ve Çizelge 5.46’da Kağıthane Su Arıtma Tesisi ünitelerinin Ozon Tabakası Tükenme Potansiyeli’ne etki yüzdesi dağılımı verilmiştir. Dağılım havuzu, enerji kırma orifisleri ve klor ünitesinin etki yüzdeleri sırasıyla % 20.6, % 34 ve % 31’dir. Bu değerlerden de anlaşılacağı gibi kimyasal maddelerin kullanıldığı üniteler daha fazla Ozon Tabakası Tükenme Potansiyeli’ne sahiptir.

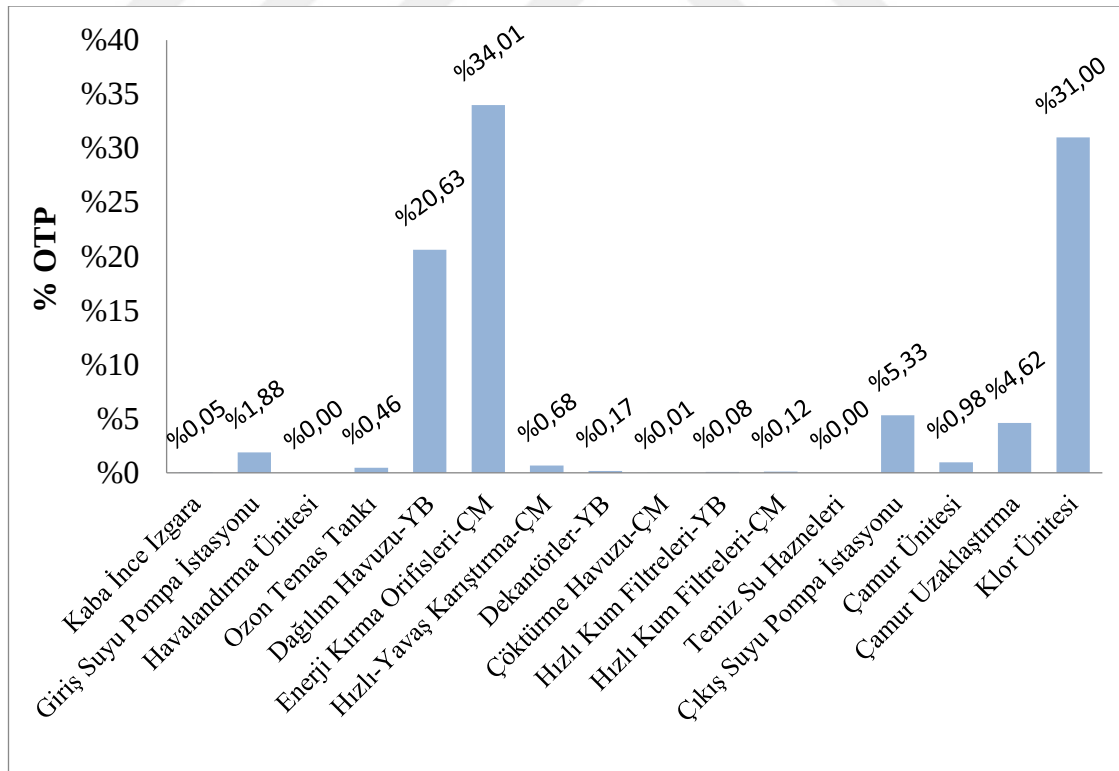
Koagulant ve oksidant gibi kimyasalların kullanımının ozon tabakası seyrelme potansiyeli üzerinde birinci derece etki kaynaklarıdır. (Zine ve diğ., 2013)

Büyükçekmece Su Arıtma Tesisi’nde ise klor ünitesi % 12 etki yüzdesine sahiptir. Hızlı ve yavaş karıştırma ünitesinin etki yüzdesi % 2’dir. (Zyara, 2017) BSAT’ta alüminyum sülfat ve anyonik polielektrolit kullanılan hızlı ve yavaş karıştırma ünitesi

Kağıthane Su Arıtma Tesisi kimyasal madde kullanılan ünitelerle karşılaştırıldığında etki yüzdesi düşüktür.



Şekil 5.76 : KSAT ünitelerinin OTP dağılımı.

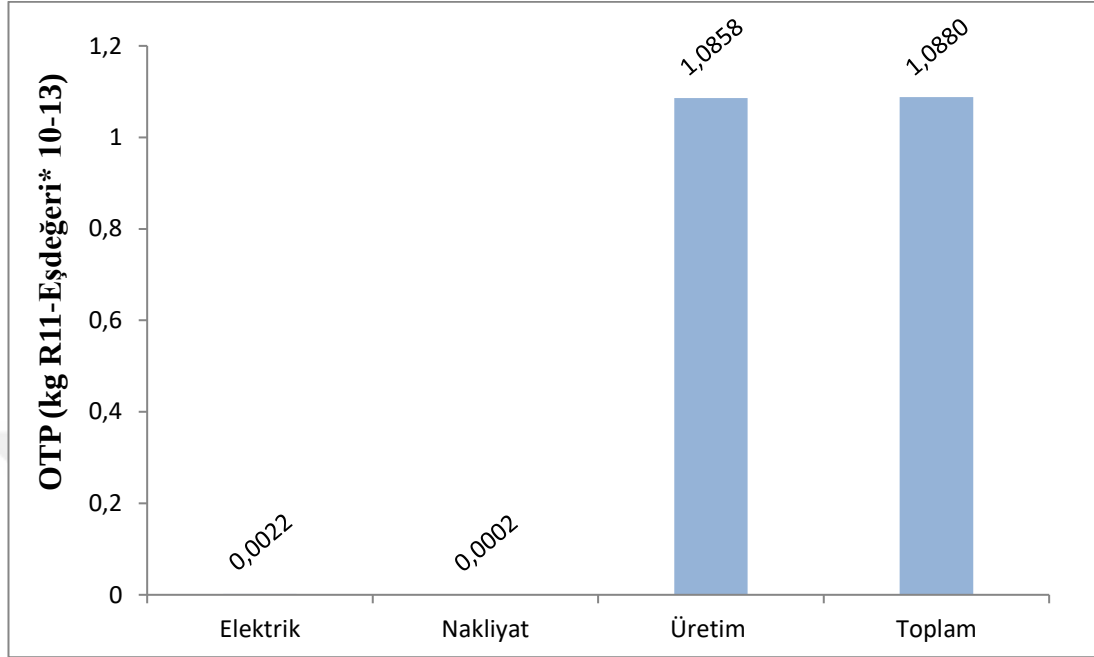


Şekil 5.77 : KSAT ünitelerinin OTP yüzde dağılımı.

Çizelge 5.46 : KSAT ünitelerinin OTP etki kaynakları ve dağılımı.

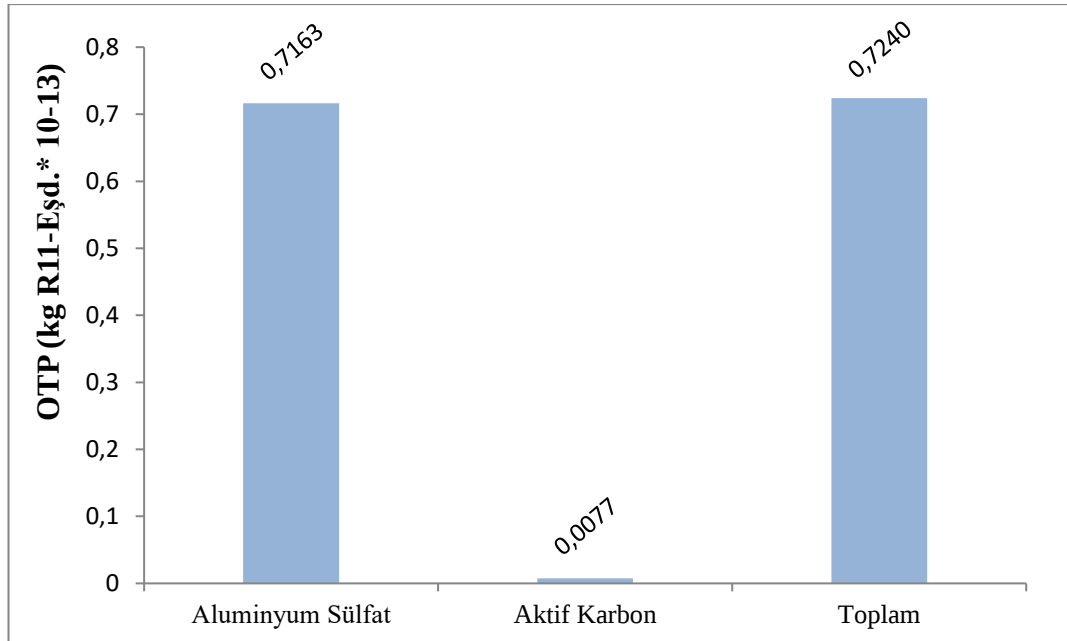
Aritma Prosesi	kg R11 – Eşd. * 10⁻¹³	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg R11- Eşd.* 10⁻¹³)	Etki Yüzdesi %
Kaba ve İnce Izgaralar	1.73E-03	Elektrik	1.73E-03	0.05
Giriş Suyu Pompaları	6.59E-02	Elektrik	6.59E-02	1.88
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Temas Tankı	1.60E-02	Elektrik	1.60E-02	0.46
Dağılım Havuzu-YB	7.24E-01	Alüminyum Sülfat Aktif Karbon	7.16E-01 7.69E-03	20.6
Enerji Kırma Orifisleri-ÇM	1.19	Alüminyum Sülfat	1.19	34
Hızlı ve Yavaş Karıştırma	2.38E-02	Elektrik Aktif Karbon Anyonik Polielektrolit	1.19E-03 1.28E-02 9.81E-03	0.68
Dekantörler	5.89E-03	Anyonik Polielektrolit	5.89E-03	0.17
Çöktürme Havuzu	4.24E-04	Elektrik	4.24E-04	0.01
Hızlı Kum Filtreleri- YB	2.72E-03	Elektrik	2.72E-03	0.08
Hızlı Kum Filtreleri- ÇM	4.31E-03	Elektrik	4.31E-03	0.12
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	1.87E-01	Elektrik	1.87E-01	5.33
Çamur Ünitesi	3.45E-02	Elektrik K. Polielektrolit	1.05E-02 2.40E-02	0.98
Çamur Uzaklaştırma	1.62E-01	Çamur Bertarafı Dizel	1.60E-01 1.90E-03	4.62
Klor Ünitesi	1.09	Elektrik Nakliyat Klor Üretimi	2.17E-03 1.55E-04 1.09E+00	31.00
Toplam	3.51	-	-	100

Şekil 5.78’te görüldüğü gibi KSAT klor ünitesi toplam OTP değerinin %31’idir. Bu etkinin %99.8’i klorun üretiminden, %0.2 klor ünitesinde kullanılan elektrikten ve geri kalan % 0.01 ise klorun nakliyatından kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.78 : Klor ünitesi etki kaynaklarının OTP dağılımı

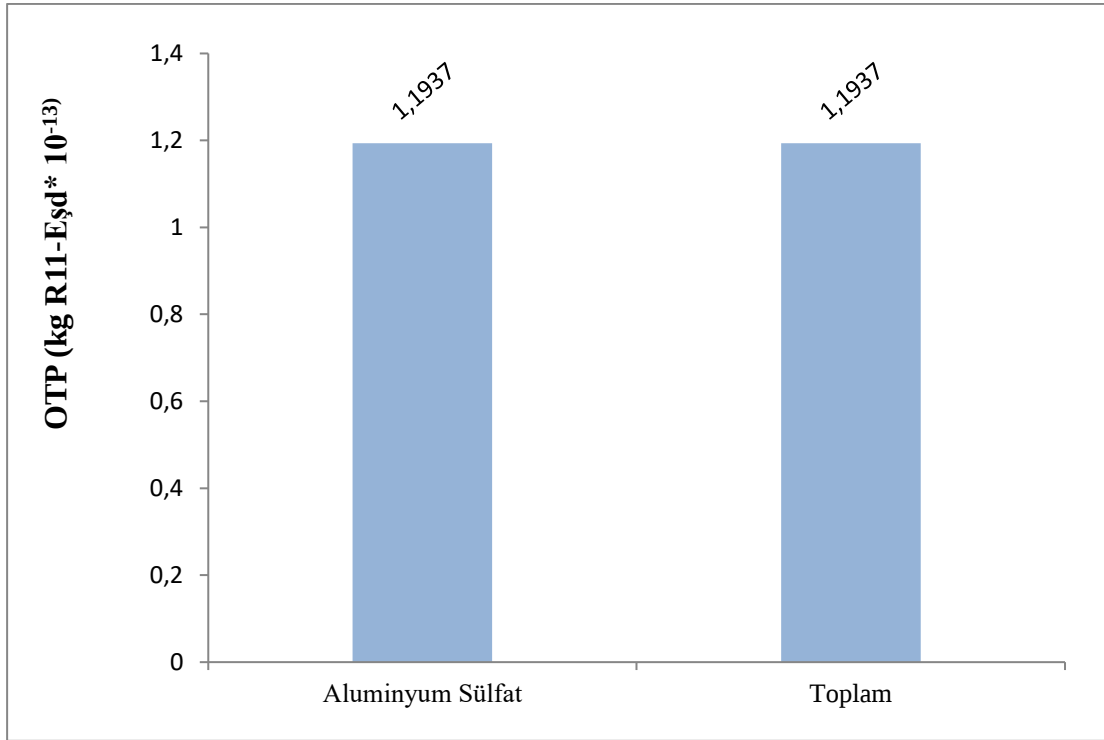
Şekil 5.79’da görüldüğü gibi dağılım havuzu OTP değeri, toplam OTP değerinin %20.6’sıdır.



Şekil 5.79 : Dağılım havuzunun etki kaynaklarının OTP dağılımı.

Dağılım havuzunun OTP değerinin %98.3 alüminyum sülfattan % 1.07'si aktif karbondan kaynaklanmaktadır. Alüminyum sülfatın ise %99.67 üretiminden %0.28 nakliyatından ve %0.04'ü ise elektrikten kaynaklanmaktadır.

Şekil 5.80'de görüldüğü gibi % 34 etki yüzdesine sahip enerji kırma orifisleri ünitesinin OTP değerinin tamamı etki kaynağı olan alüminyum sülfattan kaynaklanmaktadır. Alüminyum sülfat ünitesi ortak ünite olduğu için dağılım havuzundaki alüminyum sülfat etki kaynaklarının etki değerleri ile aynı dağılıma sahiptir.



Şekil 5.80 : Enerji kırma orifisleri etki kaynaklarının OTP dağılımı.

Çizelge 5.47'da kimyasal madde ünitelerinin Ozon Tabakası Tükenme Potansiyeli etki kaynakları ve etki değer dağılımı görülmektedir.

Ozon Tabakası Tükenme Potansiyeli'nin %87.2'i kimyasal madde ünitelerinden kaynaklanmaktadır. Bu etkinin %96.66'sı kimyasal maddelerin üretim aşamasından %0.14'ü kimyasal madde ünitelerinde kullanılan elektrikten ve %0.2'si ise kimyasal maddenin tesise nakliyatından kaynaklanmaktadır.

Ters osmoz gibi 1 m³ arıtılan su başına elektrik tüketimi fazla olan bir su arıtma tesisinde kimyasalların Ozon Tabakası Tükenme Potansiyeli'ne katkısı %34.6 bulunmuştur (Goga, 2016).

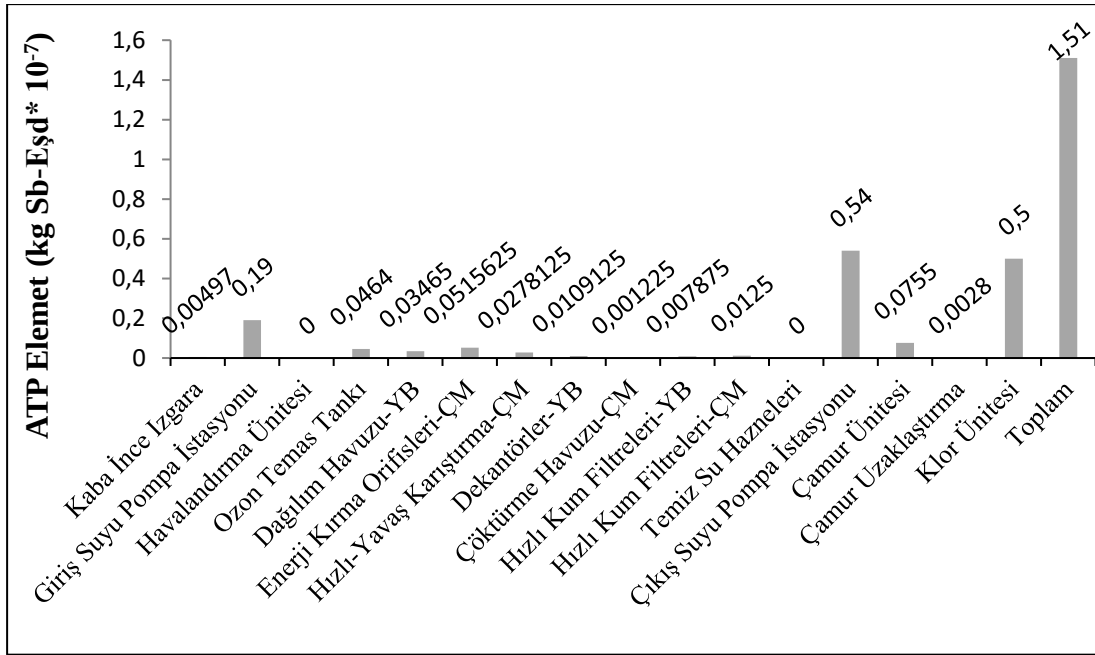
Çizelge 5.47 : KSAT kimyasal madde üniteleri OTP etki dağılımı.

Kimyasal Madde Üniteleri	kg R11 -Eşdeğeri * 10⁻¹³	Ünitenin Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg R11-Eşd * 10⁻¹³)
Alüminyum Sülfat	1.91 (%62.42)	Elektrik Nakliyat Üretim	8.24E-04 5.40E-03 1.90
Aktif Karbon	2.05E-02 (%0.67)	Elektrik Nakliyat Üretim	3.92E-04 3.85E-04 1.97E-02
Anyonik Polielektrolit	1.57E-02 (%0.51)	Elektrik Nakliyat Üretim	4.59E-04 5.02E-05 1.52E-02
Katyonik Polielektrolit	2.45E-01 (%8.01)	Elektrik Nakliyat Üretim	4.71E-04 7.93E-05
Klor	1.09 (%35.62)	Elektrik Nakliyat Üretim	2.40E-02 2.17E-03 1.55E-04 1.09E+00
Toplam	3.06 (%100)	-	3.06

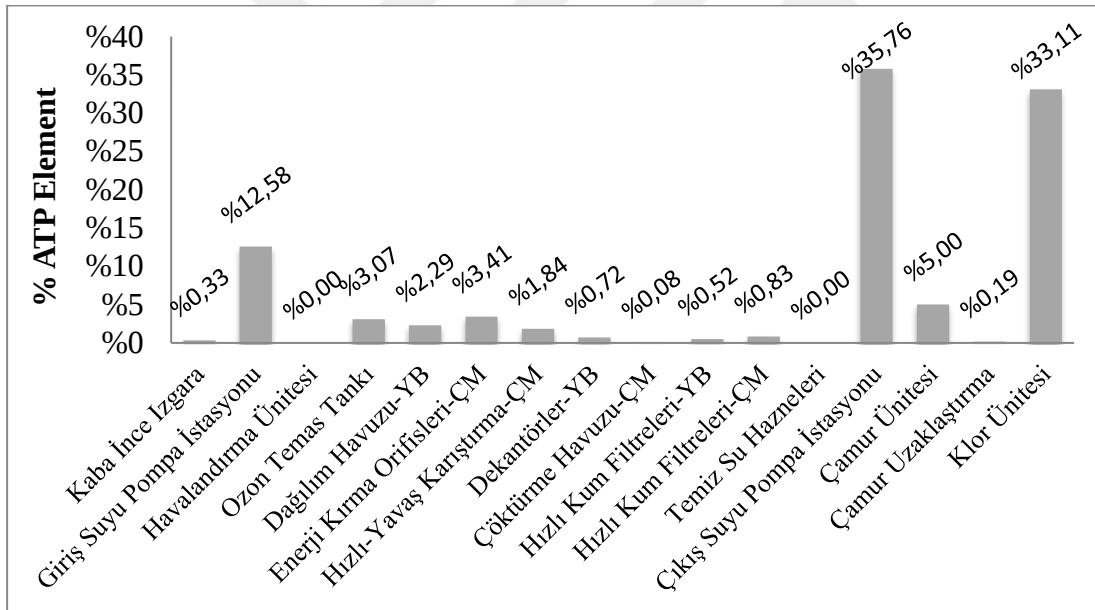
5.6.4.5 KSAT abiyotik element tüketim potansiyeli (ATP Element)

Şekilde 5.81’de görüldüğü gibi KSAT abiyotik element tüketim potansiyeli etki değeri toplam 1.51×10^{-7} kg Sb-eşdeğeridir. Bu etki değeri 1 m^3 arıtılan su için ATP element etki kategorisine olan yüz yıl süresince etkisi olarak yorumlanabilir. En fazla etki değerine sahip üniteler giriş suyu pompaları, çıkış suyu pompaları ve klor ünitesi etki değerleri sırasıyla 0.19×10^{-7} kg Sb-eşdeğeri, 0.54×10^{-7} kg Sb-eşdeğeri ve 0.5×10^{-7} kg Sb-eşdeğeridir.

Şekil 5.82, KSAT ünitelerinin abiyotik element tüketim potansiyeli yüzde dağılımını göstermektedir. AP değerinin % 12.6’si giriş suyu pompaları ve % 35.8’i ise çıkış suyu pompalarından kaynaklanmaktadır. Etki kaynağı elektrik olan bu iki ünitenin etki yüzdesi toplamda % 48.4’tür. Bunun yanında ATP Element değerinin %33.1’i klordan kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.81 : KSAT ünitelerinin ATP Element etki yüzdesi dağılımı.



Şekil 5.82 : KSAT ünitelerinin ATP Element etki yüzdesi dağılımı.

Zyara tarafından yapılan çalışmada, Büyükçekmece Su Arıtma Tesisi (BSAT) Abiyotik Element Tüketim Potansiyeli 6.25×10^{-7} kg Sb-Eşdeğeri'ne sahipken bu değer %82.3 gibi önemli bir kısmının klor ünitesinden kaynaklandır. %10'u ise çıkış suyu pompalarından kaynaklanmaktadır (Zyara, 2017). KİSAT'de ise klor ünitesi, ATP Element'e yüksek katkı yapmakta, fakat 1 m³ arıtılan su başına az klor tüketiminden dolayı katkı payı BSAT'ye göre düşük kalmaktadır.

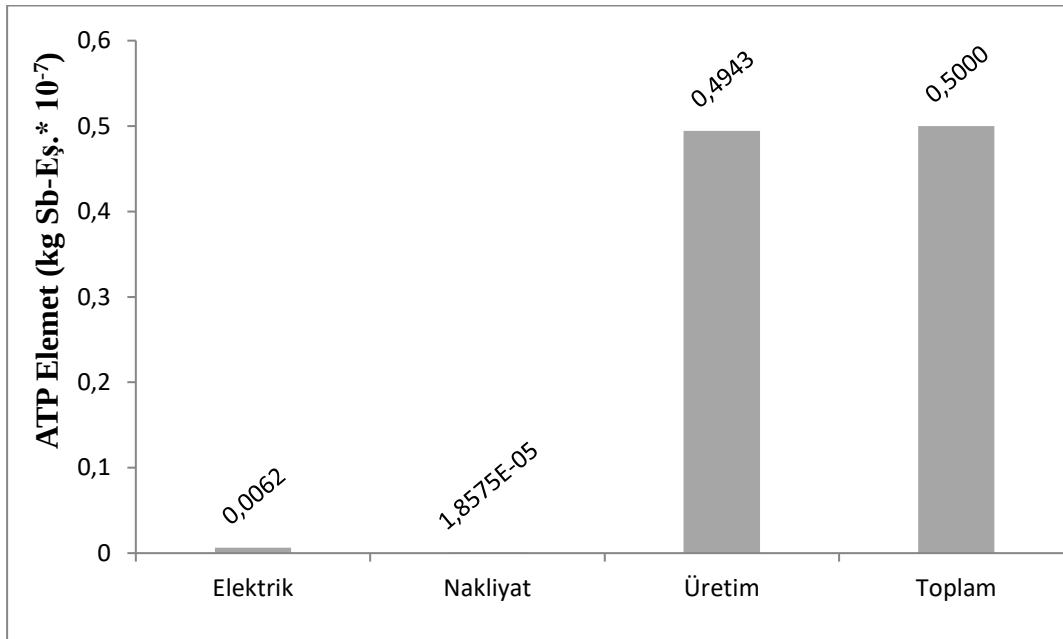
Çizelge 5.48 : KSAT ünitelerinin ATP Element etki kaynakları ve dağılımı.

Arıtma Prosesi	kg Sb-Eşd* 10⁻⁷	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg Sb-Eşd* 10⁻⁷)	Etki Yüzdesi %
Kaba ve İnce Izgaralar	4.97E-03	Elektrik	4.97E-03	0.33
Giriş Suyu Pompaları	1.90E-01	Elektrik	1.90E-01	12.58
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Temas Tankı	4.64E-02	Elektrik	4.64E-02	3.07
Dağılım Havuzu-YB	3.47E-02	Alüminyum Sülfat Aktif Karbon	3.09E-02 3.70E-03	2.29
Enerji Kırma Orifisleri-ÇM	5.16E-02	Alüminyum Sülfat	5.16E-02	3.41
Hızlı-Yavaş Karıştırma-ÇM	2.78E-02	Elektrik Aktif Karbon A. Polielektrolit	3.43E-03 6.16E-03 1.82E-02	1.84
Dekantörler-YB	1.09E-02	A. Polielektrolit	1.09E-02	0.72
Çöktürme Havuzu	1.23E-03	Elektrik	1.23E-03	0.08
Filtreler-YB	7.88E-03	Elektrik	7.88E-03	0.52
Filtreler-ÇM	1.25E-02	Elektrik	1.25E-02	0.83
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	5.40E-01	Elektrik	5.40E-01	35.76
Çamur Ünitesi	7.55E-02	Elektrik K. Polielektrolit	3.03E-02 4.52E-02	5.00
Çamur Uzaklaştırma	2.80E-03	Çamur Bertarafı Dizel	2.34E-03 4.55E-04	0.19
Klor Ünitesi	5.00E-01	Elektrik Nakliyat Klor Üretimi	6.24E-03 1.86E-05 4.94E-01	33.11
Toplam	1.51	-	1.51	100

KSAT için de klor ünitesi %33 gibi bir etki değerine sahip olup en fazla etkiye sahip ünitelerdendir.

Güney Afrika’da su arıtma tesisi için yapılan YDD çalışmasında ATP Element’e kimyasal maddelerin katkısı yaklaşık %60 iken elektriğin katkısı yaklaşık %20’dir (Goga, 2016). Böylece ATP Element çevresel etki değeri için kullanılan kimyasallar, özellikle klor, önemli bir etki kaynağı olduğu sonucu çıkarılabilir.

Şekil 5.83’de klor ünitesinin etki kaynakları ve etki değer dağılımı incelendiğinde %98.85 klorun üretiminden kaynaklanmakta olup klor ünitesinde kullanılan klor ve klorun tesise nakliyatının toplam etkisi çok düşüktür.



Şekil 5.83 : Klor ünitesinin ATP element etki değer dağılımı.

Çizelge 5.49’da kimyasal madde ünitelerinin ATP element etki kaynak ve değerleri gösterilmektedir. 1.51×10^{-7} kg Sb-eşdeğeri olan ATP element değerinin 6.67×10^{-8} kg Sb-eşdeğerini kimyasal madde üniteleri oluşturmaktadır.

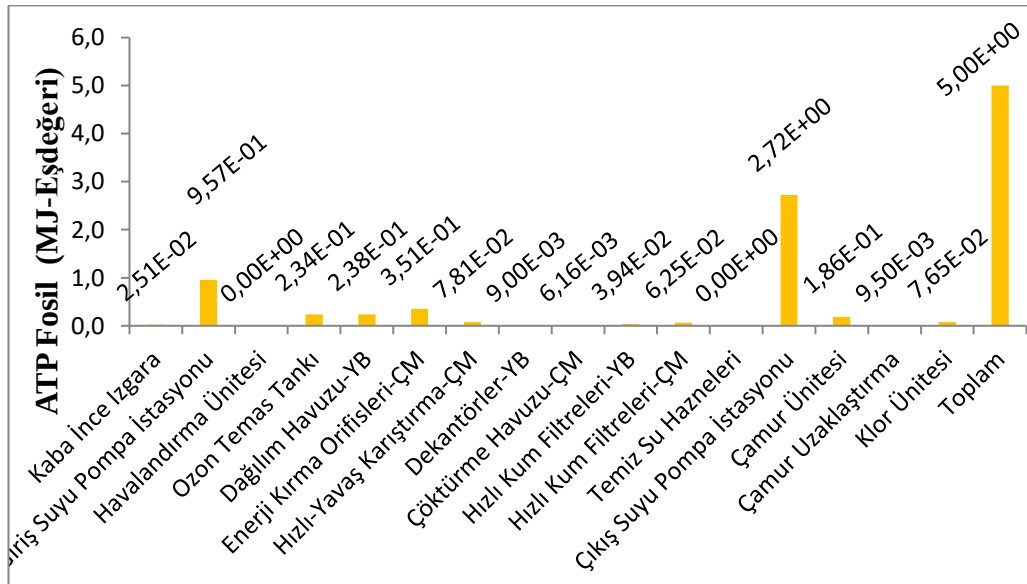
Kimyasal madde ünitelerinin ATP element etkisi % 44’tür. Klor ünitesi 5.0×10^{-8} kg Sb-eşdeğeri ile en fazla ATP Element etki kategorisinde etki değerine sahip ünitelerdir. Bu etki değerinin neredeyse tamamı klorun kullanımından kaynaklanmaktadır. Elektrik tüketimi ve klorun nakliyatının etki değeri, klor kullanımına göre daha düşük etki değerine sahiptir.

Kimyasal madde ünitelerinde kullanılan kimyasallar ATP Element etki kategorisinin % 44.15’lik payına sahiptir. Bu etkinin %98’i kimyasal maddelerin üretiminden %1.86’sı kimyasal madde ünitelerinde kullanılan elektrikten ve %0.14’si ise kimyasal maddelerin nakliyatından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 5.49 : KSAT kimyasal madde ünitelerinin ATP Element dağılımı.

Kimyasal Madde Ünitesi	Etki Değeri kg Sb-Eşd* 10 ⁻⁷	Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg Sb-Eşd. * 10 ⁻⁷)
Alüminyum Sülfat	8.25E-02 (%12.38)	Elektrik Nakliyat Üretim	2.37E-03 6.51E-04 7.95E-02
Aktif Karbon	9.86E-03 (%1.48)	Elektrik Nakliyat Üretim	1.13E-03 3.97E-05 8.69E-03
Anyonik Polielektrolit	2.91E-02 (%4.37)	Elektrik Nakliyat Üretim	1.32E-03 5.18E-06 2.78E-02
Katyonik Polielektrolit	4.52E-02 (%6.78)	Elektrik Nakliyat Üretim	1.36E-03 8.18E-05 4.34E-02
Klor	5.00E-01 (%75.00)	Elektrik Nakliyat Üretim	6.24E-03 1.86E-05 4.94E-01
Toplam	6.67E-01 (%100)	-	6.67E-01

5.6.4.6 KSAT abiyotik fosil Tüketim potansiyeli (ATP Fosil)

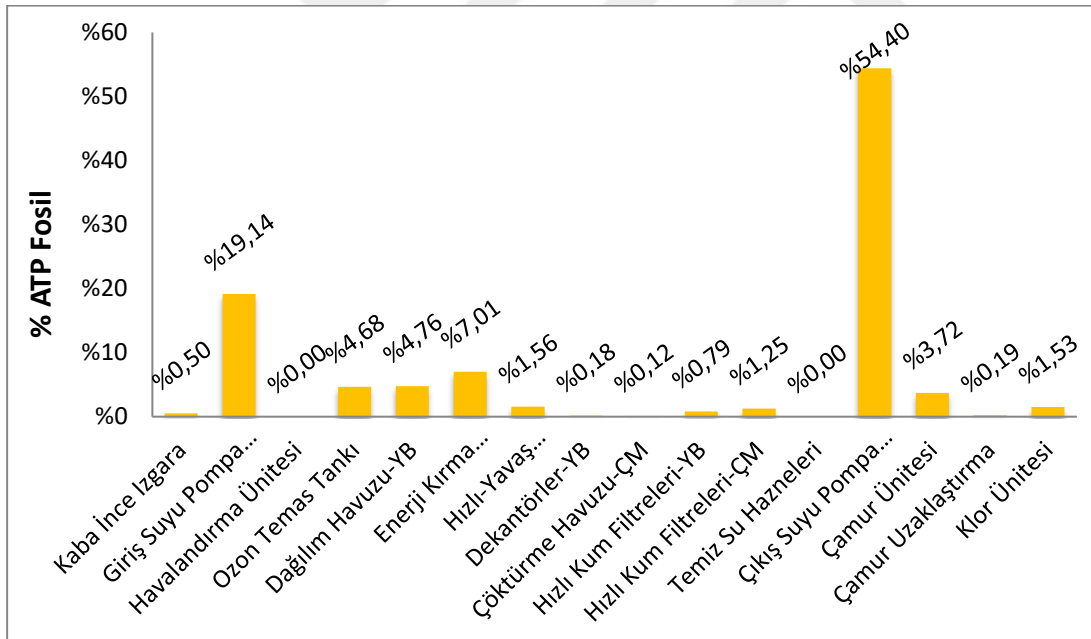


Şekil 5.84 : KSAT ünitelerinin ATP fosil etki dağılımı.

KSAT Abiyotik Fosil Tüketim Potansiyeli etki değeri toplam 5.00 MJ-eşdeğeridir (Şekil 5.84). En fazla etki değerine sahip üniteler giriş suyu pompaları ve çıkış suyu pompalarının etki değerleri yaklaşık sırasıyla 0.96 MJ-eşdeğeri ve 2.72 MJ-eşdeğeridir.

Zyara 2017'nin yaptığı çalışmada, İstanbul'daki büyük ölçekli bir su arıtma tesisi olan Büyükçekmece Su Arıtma Tesisi (BSAT) için Abiyotik Fosil Tüketim Potansiyeli'nin 4.14 MJ-Eşdeğeri olduğu ve bu değer % 40 gibi önemli bir kısmı çıkış suyu pompalarından ve %14.3'ü ise giriş suyu pompalarından kaynaklanmaktadır. Bunun yanında klor ünitesi, hızlı ve yavaş karıştırma ünitesinin ise sırasıyla % 19 ve % 10.7 gibi yüksek etkiye sahiptir (Zyara, 2017).

Etki değeri yüksek olan giriş suyu pompaları ve çıkış suyu pompaları etki yüzdeleri sırasıyla % 19 ve %54.4 olup etki kaynakları elektriktir. Böylece elektriğin ATP Fosil üzerindeki etkisinin yüksek olduğu sonucu çıkarılabilir (Şekil 5.85).



Şekil 5.85 : KSAT Ünitelerinin ATP fosil etki yüzdesi dağılımı.

Kimyasal madde ünitelerinin ATP Fosil etki kaynak ve değerleri gösterilmektedir. 5.00 MJ-eşdeğeri olan ATP Fosil değerinin 0.77 MJ-eşdeğerini kimyasal madde üniteleri oluşturmaktadır (Çizelge 5.51). Kimyasal madde ünitelerinin ATP element etkisi % 15.4'tür. Bu değer %89.5'i kimyasal maddenin üretiminden, %7.3'ü üniteye kullanılan elektrikten ve geri kalan %2.2'si ise kimyasa maddenin nakliyatından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 5.50 : KSAT ünitelerinin ATP Fosil etki kaynakları ve dağılımı

Arıtma Prosesi	MJ- Eşdeğeri	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (MJ- Eşdeğeri)	Etki Yüzdesi %
Kaba ve İnce Izgaralar	2.51E-02	Elektrik	2.51E-02	0.50
Giriş Suyu Pompaları	9.57E-01	Elektrik	9.57E-01	19.14
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Temas Tankı	2.34E-01	Elektrik	2.34E-01	4.68
Dağılım Havuzu-YB	2.38E-01	Alüminyum Sülfat Aktif Karbon	2.10E-01 2.73E-02	4.76
Enerji Kırma Orifisleri	3.51E-01	Alüminyum Sülfat	3.51E-01	7.01
Hızlı-Yavaş Karıştırma	7.81E-02	Elektrik Aktif Karbon Anyonik Polielektrolit	1.73E-02 4.55E-02 1.50E-02	1.56
Dekantörler-YB	9.00E-03	Anyonik Polielektrolit	9.00E-03	0.18
Çöktürme Havuzu-ÇM	6.16E-03	Elektrik	6.16E-03	0.12
Filtreler-YB	3.94E-02	Elektrik	3.94E-02	0.79
Filtreler-ÇM	6.25E-02	Elektrik	6.25E-02	1.25
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	2.72E	Elektrik	2.72E+00	54.40
Çamur Ünitesi	1.86E-01	Elektrik Katyonik Polielektrolit	1.52E-01 3.42E-02	3.72
Çamur Uzaklaştırma	9.50E-03	Çamur Bertarafı Dizel	1.66E-03 7.83E-03	0.19
Klor Ünitesi	7.65E-02	Elektrik Nakliyat Klor Üretimi	3.14E-02 4.20E-04 4,46E-02	1.53
Toplam	5.00	-	5.00	100

Çizelge 5.51 : Kimyasal maddelerin ATP Fosil etki dağılımı.

Kimyasal Madde Ünitesi	MJ-Eşdeğeri	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (MJ-Eşdeğeri)
Alüminyum Sülfat	5.61E-01 (%73.00)	Elektrik Nakliyat Üretim	1.20E-02 1.47E-02 5.34E-01
Aktif Karbon	7.28E-02 (%9.47)	Elektrik Nakliyat Üretim	5.70E-03 1.79E-03 6.53E-02
Anyonik Polielektrolit	2.40E-02 (%3.12)	Elektrik Nakliyat Üretim	6.66E-03 2.34E-04 1.71E-02
Katyonik Polielektrolit	3.42E-02 (%4.45)	Elektrik Nakliyat Üretim	3.69E-04 6.83E-03 2.70E-02
Klor	7.65E-02 (%9.95)	Elektrik Nakliyat Üretim	3.14E-02 4.20E-04 4.46E-02
Toplam	7.69E-01 (%100)	-	7.69E-01

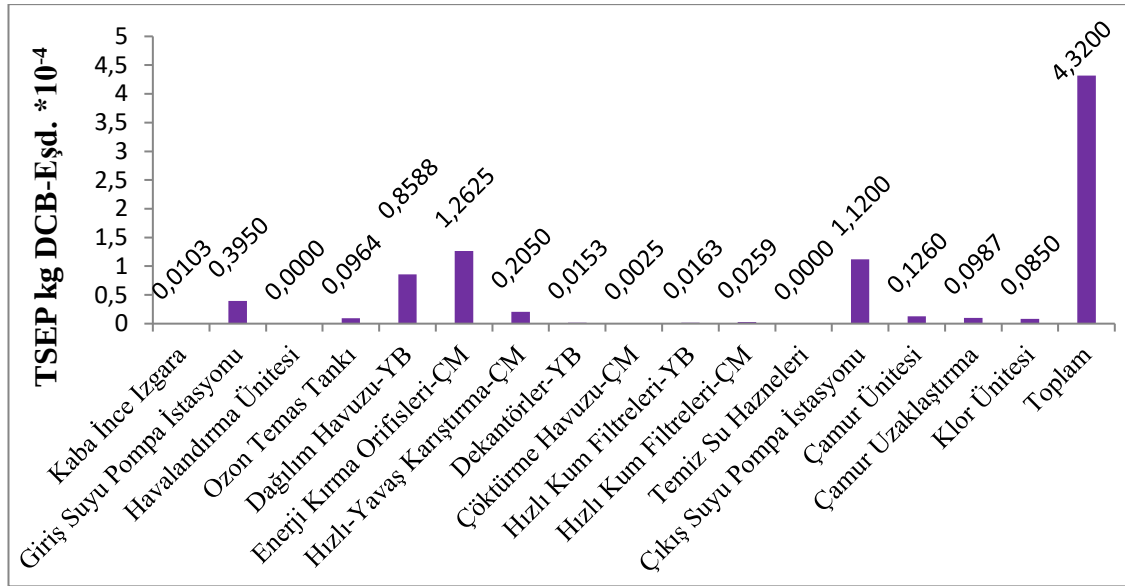
5.6.4.7 KSAT tatlı su ekotoksitesi potansiyeli (TSEP)

KSAT tatlı su ekotoksitesi potansiyeli, etki değeri toplam 4.32×10^{-4} kg DCB-Eşdeğeridir (Şekil 5.86).

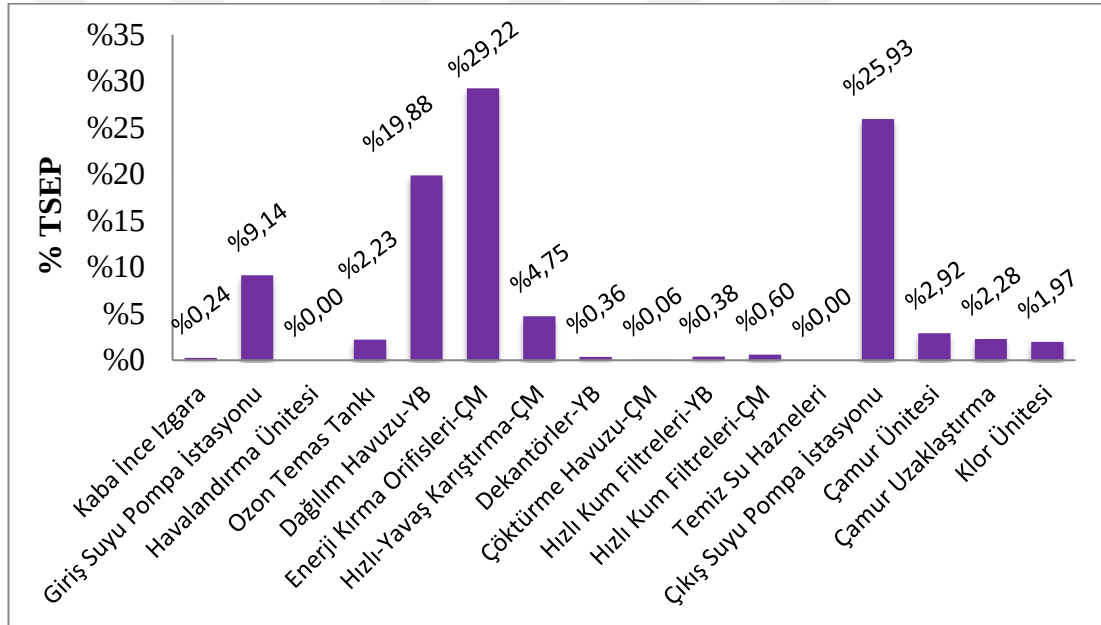
En fazla etki değerine sahip ünitelerden giriş suyu pompaları ve çıkış suyu pompalarının etki değerleri yaklaşık sırasıyla 4.00×10^{-5} kg DCB -eşdeğeri ve 1.12×10^{-4} kg DCB eşdeğeridir.

Bunun yanında dağılım havuzu ve enerji kırma orifisleri etki değeri sırasıyla 8.6×10^{-5} kg DCB-Eşdeğeri ve 1.26×10^{-4} kg DCB-eşdeğeri olup TSEP için yüksek etki değerine sahip ünitelerdendir.

Şekil 5.87’de etki kaynağı sadece elektrik olan giriş suyu pompaları ve çıkış suyu pompaları sırasıyla % 9 ve % 26 ile toplamda % 35 etki yüzdesine sahiptir. TSEP için elektrik yanında kimyasal maddelerin de etkisini incelemek gereklidir



Şekil 5.86 : KSAT ünitelerinin TSEP etki değer dağılımı.



Şekil 5.87 : KSAT ünitelerinin TSEP etki yüzdesi dağılımı.

Çizelge 5.52’de görüldüğü gibi etki kaynağı kimyasal maddeler olan dağılım havuzu ve enerji kırma orifislerinin TSEP’ne etkisi yaklaşık sırasıyla % 20 ve % 26 olup toplamda sadece bu iki ünite % 46 etki yüzdesine sahiptir.

Zyara 2017’nin yaptığı çalışmada, İstanbul’daki büyük ölçekli bir su arıtma tesisi olan Büyükçekmece Su Arıtma Tesisi (BSAT) için TSEP değeri 5.5×10^{-4} kg DCB-Eşdeğeri olduğu ve bu değer % 35 gibi önemli bir kısmı çıkış suyu pompalarından, %13.4’ü klor ünitesinden, %11.9’u havalandırma ünitesinde ve %17.4’ü hızlı ve yavaş

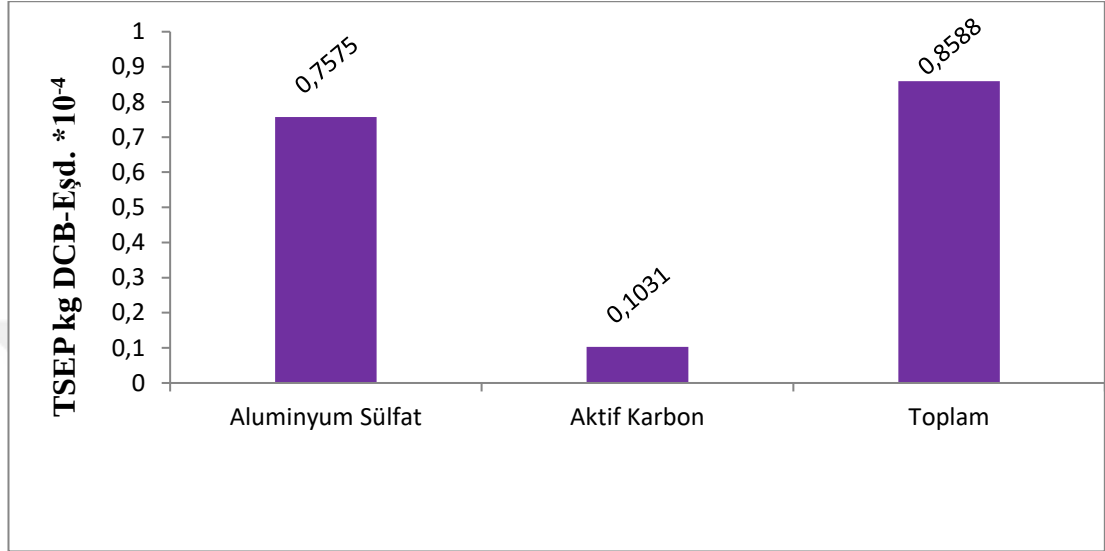
karıştırma ünitesinden ve %12.5'i giriş suyu pompalarından kaynaklanmaktadır (Zyara, 2017).

KSAT için elde edilen TSEP değeri, Zyara tarafından yapılan Büyükçekmece Su Arıtma tesisinin TSEP'si ve Del Borghi ve diğ. tarafından yapılan konvansiyonel bir su arıtma tesisi elde edilen sonuçlar ile uyumludur (Del Borghi ve diğ., 2013)

Çizelge 5.52 : KSAT ünitelerinin TSEP etki kaynakları ve dağılımı.

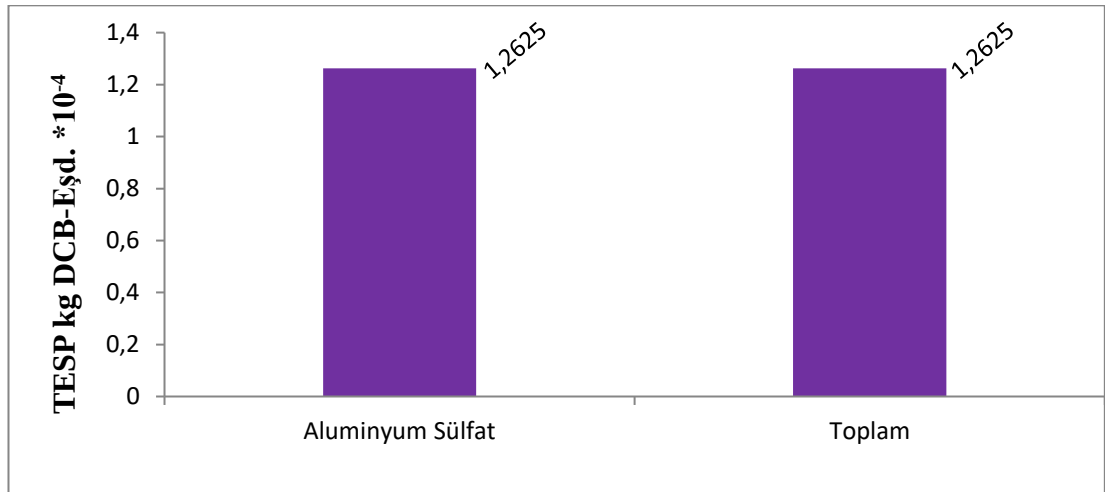
Arıtma Prosesi	DCB-Eşd. *10⁻⁴	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (DCB-Eşd. *10⁻⁴)	Etki Yüzde si %
Kaba ve İnce Izgaralar	1.03E-02	Elektrik	1.03E-02	0.24
Giriş Suyu Pompaları	3.95E-01	Elektrik	3.95E-01	9.14
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Temas Tankı	9.64E-02	Elektrik	9.64E-02	2.23
Dağılım Havuzu	8.59E-01	Alüminyum Sülfat Aktif Karbon	7,58E-01 1,03E-01	19.88
Enerji Kırma Orifisleri-ÇM	1.26	Alüminyum Sülfat	1.26	29.22
Hızlı-Yavaş Karıştırma-ÇM	2.05E-01	Elektrik Aktif Karbon Anyonik Polielektrolit	7.13E-03 1.72E-01 2.56E-02	4.75
Dekantörler-YB	1.53E-02	Anyonik Polielektrolit	1.53E-02	0.36
Çöktürme Havuzu	2.54E-03	Elektrik	2.54E-03	0.06
Filtreler-YB	1.63E-02	Elektrik	1.63E-02	0.38
Filtreler-ÇM	2.59E-02	Elektrik	2.59E-02	0.60
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	1.12E	Elektrik	1.12E	25.93
Çamur Ünitesi	1.26E-01	Elektrik Katyonik Polielektrolit	6.30E-02 6.31E-02	2.92
Çamur Uzaklaştırma	9.87E-02	Çamur Bertarafı Dizel Elektrik	6.77E-02 3.10E-02 1.30E-02	2.28
Klor Ünitesi	8.50E-02	Nakliyat Klor Üretimi	2.91E-02 4.24E-02	1.97
Toplam	4.32	-	4.32	100

TSEP'nin yaklaşık %19.9'u dağılım havuzundan kaynaklanmakta olup bu etkinin %88.2'si alüminyum sülfattan ve %12'si ise aktif karbondan kaynaklanmaktadır. Etki değeri yüksek alüminyum sülfat ünitesinin %96.9'sı alüminyum sülfatın üretiminden, % 2.9'u nakliyatından %0.24 alüminyum sülfat ünitesinde kullanılan elektrikten kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.88 : Dağılım havuzu TSEP dağılımı.

Enerji kırma orifislerinin etkisinin tümü alüminyum sülfattan kaynaklanmakta olup 1.26×10^{-4} kg DCB-eşdeğeri ile %17.5 etki yüzdesine sahiptir. Alüminyum sülfat ortak ünite olduğundan etki kaynaklarının TSEP dağılımı dağılım havuzu ile aynıdır.



Şekil 5.89 : Enerji kırma orifisleri TSEP etki dağılımı.

Kimyasal maddelerinin toplam TSEP değerleri 2.48×10^{-4} kg DCB-Eşdeğeri olup KSAT ünitelerinin TSEP'nin %57.5'sini oluşturmaktadır (Çizelge 5.53). Alüminyum

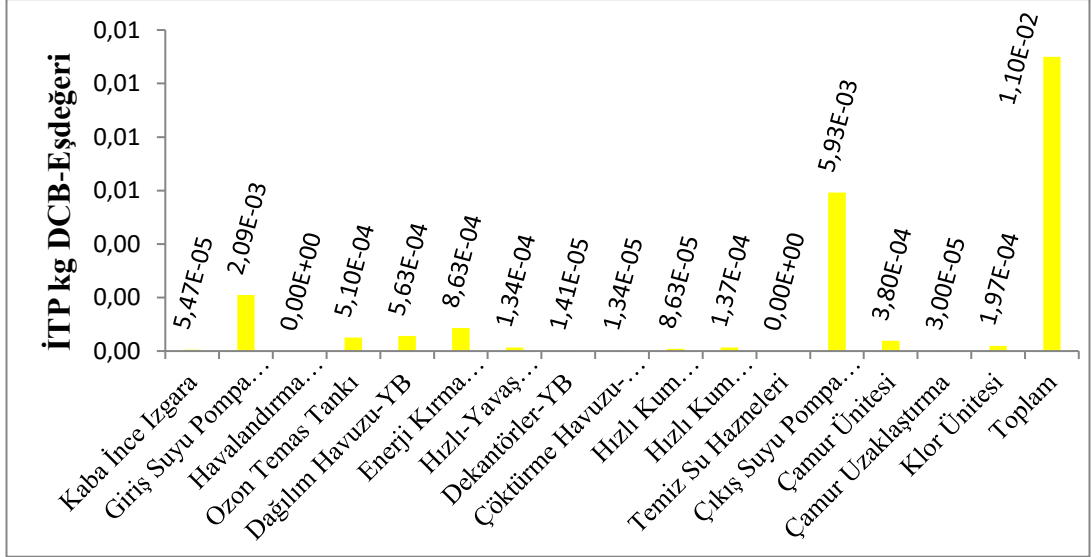
sülfat ünitesi 2.02×10^{-4} kg DCB-eşdeğeri ile bu etkinin büyük bir kısmını tek başına sahiptir. Kimyasal madde ünitelerinin TSEP değerinin %95.24'ü kimyasal maddenin üretiminden, %1.04'ü ünite de kullanılan elektrikten ve geri kalan %3.86'sı kimyasal maddenin nakliyatından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 5.53 : Kimyasal madde üniteleri etki kaynakları ve değerleri.

Kimyasal Madde Üniteleri	DCB-Eşd. $\cdot 10^{-4}$	Etki Kaynağı	Etki Değeri (DCB-Eşd. $\cdot 10^{-4}$)
Alüminyum Sülfat	2.02 (%81.32)	Elektrik Nakliyat Üretim	4.94E-03 5.86E-02 1.96
Aktif Karbon	2.75E-01 (%11.07)	Elektrik Nakliyat Üretim	2.35E-03 6.07E-03 2.67E-01
Anyonik Polielektrolit	4.09E-02 (%1.65)	Elektrik Nakliyat Üretim	2.75E-03 7.91E-04 3.74E-02
Katyonik Polielektrolit	6.31E-02 (%2.54)	Elektrik Nakliyat Üretim	2.82E-03 1.25E-03 5.90E-02
Klor	8.50E-02 (%3.42)	Elektrik Nakliyat Üretim	1.30E-02 2.91E-02 4.24E-02
Toplam	2.48 %100	-	2.48

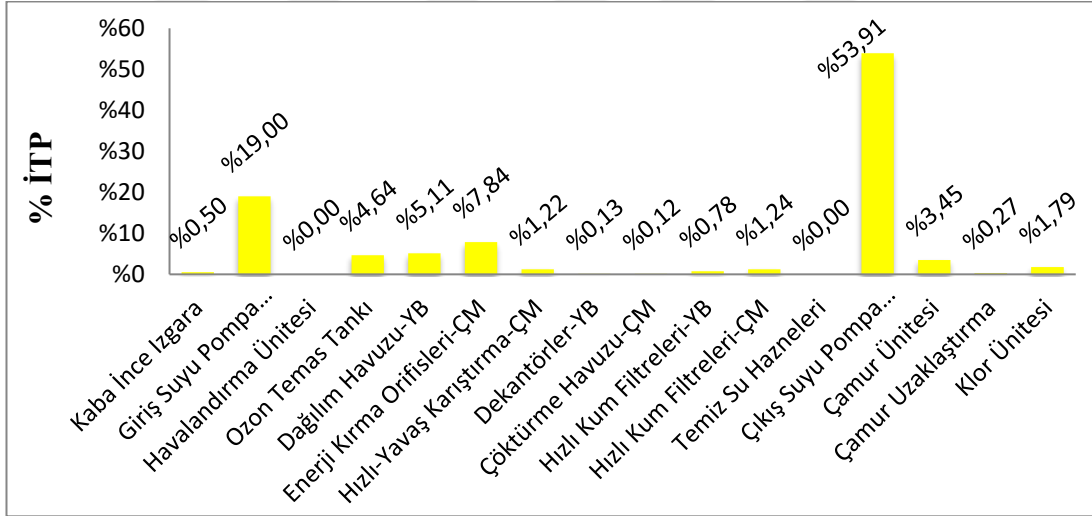
5.6.4.8 KSAT insan toksisitesi potansiyeli (İTP)

KSAT insan ekotoksosite potansiyeli etki değeri toplam 1.1×10^{-2} kg DCB-eşdeğeridir (Şekil 5.90). En fazla etki değerine sahip üniteler giriş suyu pompaları ve çıkış suyu pompalarının etki değerleri yaklaşık sırasıyla 2.1×10^{-3} kg DCB -Eşdeğeri ve 6.0×10^{-3} kg DCB Eşdeğeridir. Bunun yanında dağılım havuzu ve enerji kırma orifisleri de sırasıyla 5.6×10^{-4} kg DCB-eşdeğeri ve 8.6×10^{-4} kg DCB-eşdeğeri olup TSEP için yüksek etki değerine sahip ünitelerdendir.



Şekil 5.90 : KSAT ünitelerinin İTP değeri dağılımı.

Giriş suyu pompaları KSAT ünitelerinin insan ekotoksisite potansiyelinin %19'unu ve çıkış suyu pompaları ise yaklaşık % 54'ünü oluşturmaktadır. Böylece bu iki ünitenin % 73 değeri ile en fazla etki değerine sahip ünite olduğu Şekil 5.91'de görülmektedir.



Şekil 5.91 : KSAT ünitelerinin İTP yüzdesi dağılımı.

Bu iki ünitenin de tek etki kaynağı elektrik olduğu bilindiğine göre elektriğin İTP üzerinde önemli bir etkisi olduğu söylenebilir.

Zyara 2017'nin yaptığı çalışmada Büyükçekmece Su Arıtma Tesisi (BSAT), İTP için etki değeri 1.46×10^{-2} kg DCB-Eşdeğeri olup KSAT ile değerleri birbirine yakındır. BSAT için bu değerin % 46.8 çıkış suyu pompalarından ve % 16.6'sı giriş suyu pompalarından kaynaklanma olup bu iki ünite toplamda % 63 etki yüzdesine sahiptir.

Çizelge 5.54 : KSAT ünitelerinin İTP etki kaynakları ve etki dağılımı.

Arıtma Prosesi	DCB-Eşdeğeri	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (DCB-Eşd.)	Etki Yüzdesi %
Kaba ve İnce Izgaralar	5.47E-05	Elektrik	5.47E-05	0.50
Giriş Suyu Pompaları	2.09E-03	Elektrik	2.09E-03	19.00
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Temas Tankı	5.10E-04	Elektrik	5.10E-04	4.64
Dağılım Havuzu-YB	5.63E-04	Alüminyum Sülfat Aktif Karbon	5.18E-04 4.35E-05	5.11
Enerji Kırma Orifisleri-ÇM	8.63E-04	Alüminyum Sülfat	8.63E-04	7.84
Hızlı ve Yavaş Karıştırma	1.34E-04	Elektrik Aktif Karbon Anyonik Polielektrolit	3.78E-05 7.25E-05 2.34E-05	1.22
Dekantörler	1.41E-05	Anyonik Polielektrolit	1.41E-05	0.13
Çöktürme Havuzu	1.34E-05	Elektrik	1.34E-05	0.12
Hızlı Kum Filtreleri-YB	8.63E-05	Elektrik	8.63E-05	0.78
Hızlı Kum Filtreleri-ÇM	1.37E-04	Elektrik	1.37E-04	1.24
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	5.93E-03	Elektrik	5.93E-03	53.91
Çamur Ünitesi	3.80E-04	Elektrik Katyonik Polielektrolit	3.33E-04 5.11E-05	3.45
Çamur Uzaklaştırma	3.00E-05	Çamur Bertarafı Dizel	2.00E-05 1.11E-05	0.27
Klor Ünitesi	1.97E-04	Elektrik Transfer Klor	6.86E-05 7.50E-07 1.27E-04	1.79
Toplam	1.10E-02	-	1.10E-02	100

Bunun yanında klor ünitesi'nin %16.6 ve hızlı ve yavaş karıştırma ünitesinin % 7.5 etki yüzdesi bulunmaktadır (Zyara, 2017). KSAT Klor ünitesinin ise etki yüzdesi

yaklaşık % 1.8 olarak bulunmuştur. Bu iki etki yüzdesi arasındaki fark KSAT klor ünitesinde 1 m³ arıtılan su başına kullanılan elektriğin daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Dezenfeksiyon için KSAT'ta klor yanında ozon kullanılmakta olup ozon ünitesinin %4.64 etki yüzdesi bulunmaktadır. Böylece, bir su arıtma tesisinde klor yerine ozon kullanmak İTP değerini azaltacağı düşünülebilir.

Çizelge 5.55'de kimyasal maddelerinin İTP değerlerinin 1.78×10⁻³ kg DCB-Eşdeğeri olduğu görülmektedir. Bu değer toplam ünitelere oranı % 16.2 olup kimyasalların İTP değerinin elektriğe oranla küçük olduğu sonucu çıkarılabilir. Alüminyum sülfat ünitesi 1.38×10⁻³ kg DCB-eşdeğeri ile bu etkinin büyük bir kısmını tek başına oluşturmaktadır.

Çizelge 5.55 : Kimyasal madde ünitelerinin İTP etki kaynakları ve dağılımı.

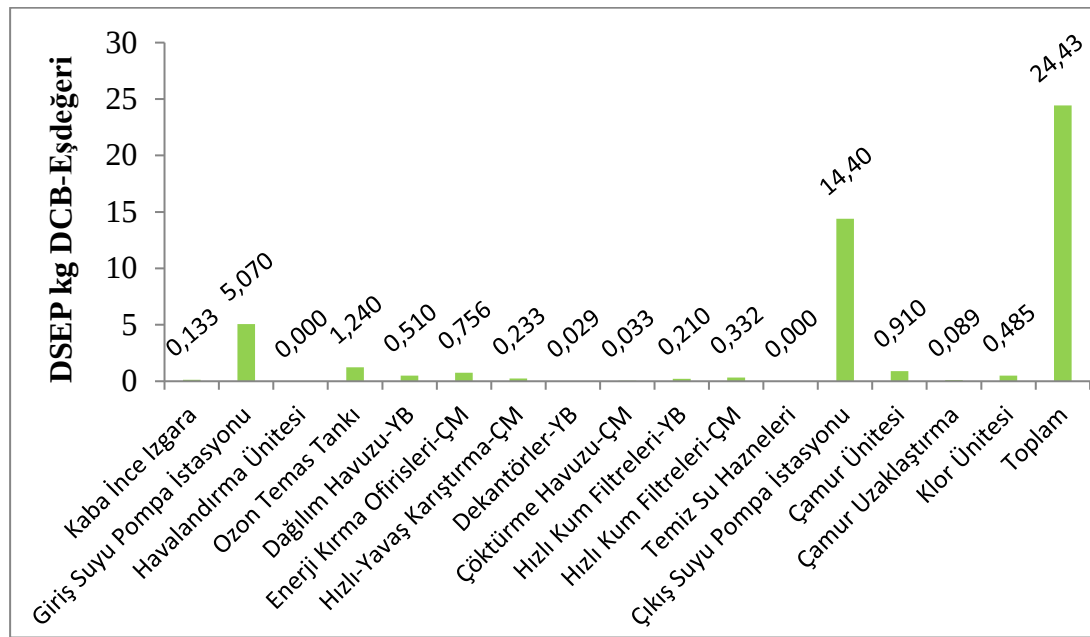
Kimyasal Madde Ünitesi	DCB-Eşdeğeri	Ünitenin Etki Kaynağı	Etki Değeri (DCB-Eşd.)
Alüminyum Sülfat	1.38E-03 (%77.46)	Elektrik Nakliyat Üretim	2.61E-05 2.60E-05 1.33E-03
Aktif Karbon	1.16E-04 (%6.51)	Elektrik Nakliyat Üretim	1.24E-05 6.69E-06 9.65E-05
Anyonik Polielektrolit	3.75E-05 (%2.10)	Elektrik Nakliyat Üretim	1.46E-05 8.72E-07 2.21E-05
Katyonik Polielektrolit	5.11E-05 (%2.87)	Elektrik Nakliyat Üretim	1.49E-05 1.38E-06 3.48E-05
Klor	1.97E-04 (%11.06)	Elektrik Nakliyat Üretim	6.86E-05 7.50E-07 1.27E-04
Toplam	1.78E-03 (%100)	-	1.78E-03

Kimyasal madde ünitelerinin İTP değerinin %90.4'ü kimyasalların üretiminden, %7.7'si ünitelerde kullanılan elektrikten ve geri kalan %2'si kimyasalların KSAT'a nakliyatından kaynaklanmaktadır.

Impact 2002+ modeliyle konvansiyonel bir su arıtma tesisinde yapılan çalışmada, İTP için kullanılan koagulantların etkisi tüm etki kaynaklarına oranla % 18 etkiye sahiptir (Benetto ve diğ., 2013). Bu sonuçlar, KSAT ile uyumludur.

5.6.4.9 KSAT deniz suyu ekotoksosite potansiyeli (DSEP)

Şekilde 5.92’de görüldüğü gibi KSAT deniz suyu ekotoksosite potansiyeli (DSEP) etki değeri toplam 24.43 kg DCB-eşdeğeridir. En fazla etki değerine sahip üniteler olan giriş suyu pompaları ve çıkış suyu pompalarının etki değerleri yaklaşık sırasıyla 5.1 kg DCB -eşdeğeri ve 14.4 kg DCB eşdeğeridir.



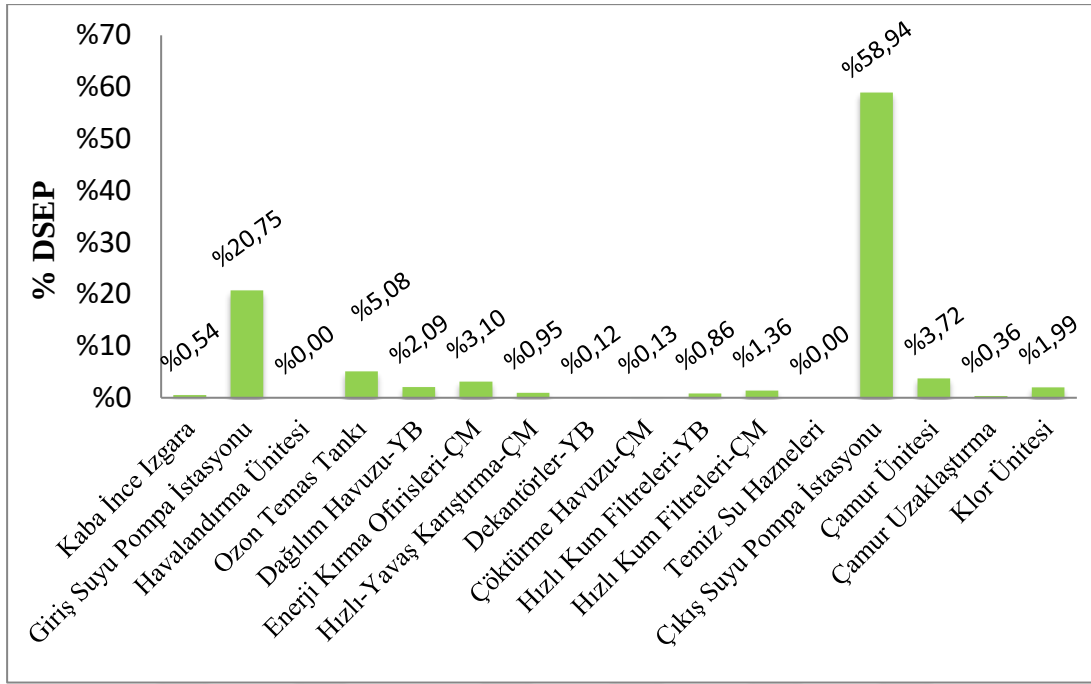
Şekil 5.92 : KSAT ünitelerinin DSEP değeri dağılımı.

Şekil 5.93’de Kağıthane Su Arıtma Tesisi ünitelerinin Deniz Suyu Ekotoksosite Potansiyeli dağılımı görülmektedir. Giriş suyu pompaları Kağıthane Su Arıtma Tesisi ünitelerinin Deniz Suyu Ekotoksosite Potansiyeli’nin %20.75’ini ve çıkış suyu pompaları ise yaklaşık % 59’unu oluşturmaktadır. Böylece bu iki ünitenin yaklaşık %70 değeri ile en fazla etki değerine sahip ünite olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 5.56’de KSAT ünitelerinin Deniz Suyu Ekotoksosite Potansiyeli dağılımı ve etki kaynakları görülmektedir. Yüksek etki değerine sahip giriş suyu pompaları, çıkış suyu pompaları ve ozon temas tankının etki kaynağı elektriktir. Böylece elektriğin Deniz Suyu Ekotoksosite Potansiyeli üzerinde önemli etkisi olduğu sonucu çıkarılabilir.

Çizelge 5.56 : KSAT Ünitelerinin DSEP etki kaynakları ve etki dağılımı.

Aritma Prosesi	kg DCB-Eşdeğeri	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (kgDCB-Eş.)	Etki Yüzdesi %
Kaba ve İnce Izgaralar	1.33E-01	Elektrik	1.33E-01	0.54
Giriş Suyu Pompaları	5.07	Elektrik	5.07	20.75
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Temas Tankı	1.24	Elektrik	1.24	5.08
Dağılım Havuzu	5.10E-01	Alüminyum Sülfat Aktif Karbon	4.54E-01 5.59E-02	2.09
Enerji Kırma Orifisleri	7.56E-01	Alüminyum Sülfat	7.56E-01	3.10
Hızlı ve Yavaş Karıştırma-	2.33E-01	Elektrik Aktif Karbon Anyonik Polielektrolit	9.19E-02 9.31E-02 4.81E-02	0.95
Dekantörler	2.88E-02	Anyonik Polielektrolit	2.88E-02	0.12
Çöktürme Havuzu-ÇM	3.26E-02	Elektrik	3.26E-02	0.13
Hızlı Kum Filtreleri-YB	2.10E-01	Elektrik	2.10E-01	0.86
Hızlı Kum Filtreleri-ÇM	3.32E-01	Elektrik	3.32E-01	1.36
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	14.4	Elektrik	14.4	58.94
Çamur Ünitesi	9.10E-01	Elektrik Katyonik Polielektrolit	8.09E-01 1.02E-01	3.72
Çamur Uzaklaştırma	8.90E-02	Çamur Bertarafı Dizel	8.16E-02 7.49E-03	0.36
Klor Ünitesi	4.85E-01	Elektrik Nakliyat Klor üretimi	1.67E-01 4.02E-04 3.18E-01	2.00
Toplam	24.4	-	24.4	100



Şekil 5.93 : KSAT ünitelerinin DSEP değeri dağılımı.

Zyara 2017'nin yaptığı çalışmaya göre Büyükçekmece Su Arıtma Tesisi (BSAT)'ın, DSEP toplam değeri 59.8 kg DCB-Eşdeğeridir. BSAT için bu değer % 49.4 çıkış suyu pompalarından ve % 17.5'si giriş suyu pompalarından kaynaklanma olup bu iki ünite toplamda yaklaşık % 67.5 etki yüzdesine sahiptir. Bunun yanında BSAT DSEP değerinin, yaklaşık %20'si klor ünitesinden kaynaklanmaktadır (Zyara, 2017).

KSAT, DSEP değerinin % 2'si klor ünitesinden kaynaklanmakta olup iki tesisin klor ünitesi etki yüzdesi arasındaki fark KSAT klor ünitesinde 1 m^3 arıtılan su başına kullanılan klor ve elektriğin daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Dezenfeksiyon için KSAT'ta klor yanında ozon kullanılmakta olup ozon ünitesinin % 5.1 etki yüzdesi bulunmaktadır. Böylece, bir su arıtma tesisinde klor yerine ozon kullanmanın DSEP değerini azaltacağı sonucu çıkmaktadır.

Çizelge 5.57' de görüldüğü gibi kimyasal maddelerin DSEP üzerinde etki değerleri ve dağılımı incelendiğinde toplam etki değerinin 2.02 kg DCB-eşdeğeri olduğu görülmektedir.

DSEP değerinin %8.3 kimyasal madde ünitelerinden kaynaklanmakta olup bu etkinin %82.6'sı kimyasalın üretiminden, %16.4 kimyasal madde ünitelerinde kullanılan elektrikten ve %1 i ise kimyasal maddenin nakliyatından kaynaklanmaktadır

Alüminyum sülfat ünitesi 1.21 kg DCB-eşdeğeri ile bu etkinin %59.8'inin kaynağıdır.

Çizelge 5.57 : KSAT kimyasal madde ünitelerinin etki kaynağı ve etki dağılımı.

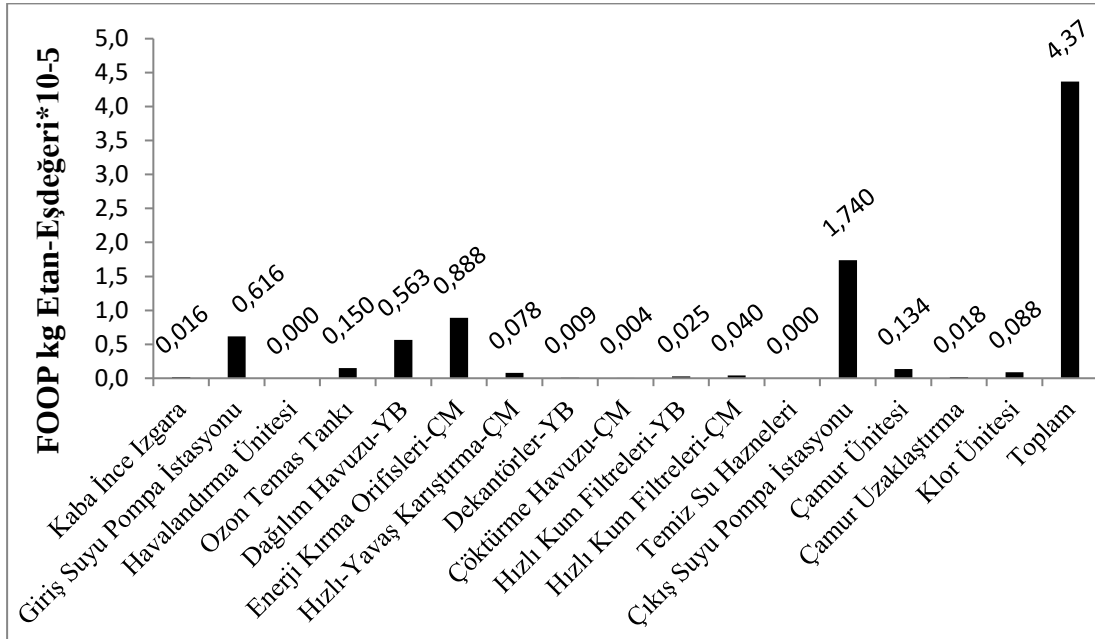
Kimyasal Madde Üniteleri	DCB-Eşdeğeri	Ünitenin Etki Kaynağı	Etki Değeri (DCB-Eşd.)
Alüminyum Sülfat	1.21 (%59.82)	Elektrik Nakliyat Alüminyum Sülfat	6.34E-02 1.41E-02 1.3
Aktif Karbon	1.49E-01 (%7.37)	Elektrik Nakliyat Üretim	3.02E-02 1.67E-03 1.17E-01
Anyonik Polielektrolit	7.69E-02 (%3.80)	Elektrik Nakliyat Üretim	3.53E-02 2.17E-04 4.13E-02
Katyonik Polielektrolit	1.02E-01 (%5.04)	Elektrik Nakliyat Üretim	3.62E-02 3.43E-04 6.52E-02
Klor	4.85E-01 (%23.98)	Elektrik Nakliyat Üretim	1.67E-01 4.02E-04 3.18E-01
Toplam	2.02 (%100)	-	2.02

5.6.4.10 KSAT fotokimyasal ozon oluşumu potansiyeli (FOOP)

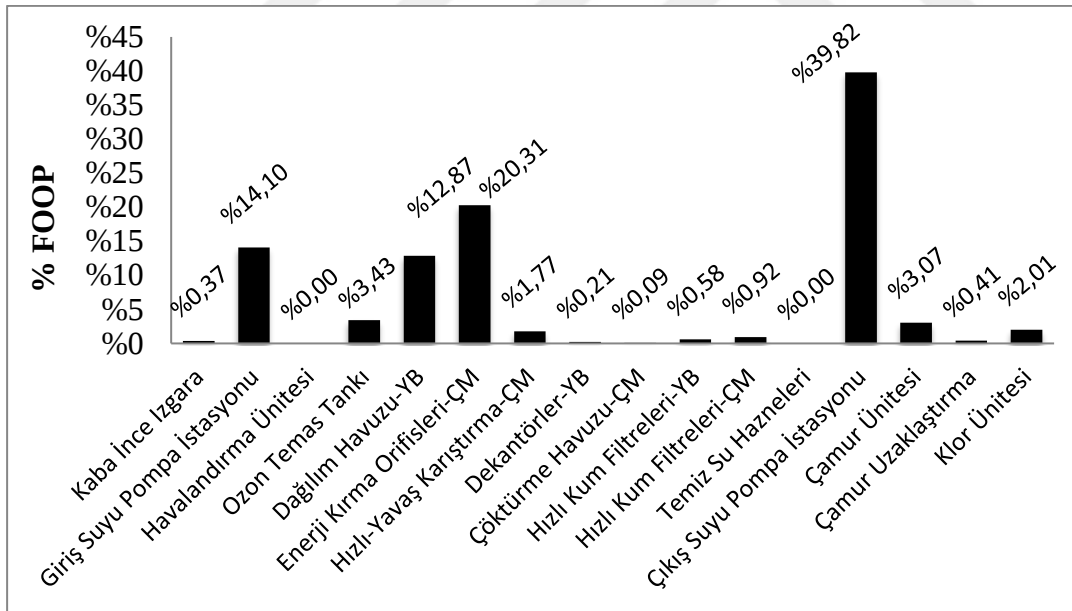
FOOP, Güneş ışığı varlığında gerçekleşen kimyasal reaksiyonlarla ve doğrudan havaya salınan carbon monoksit, sulphur dioksit and nitrogen oksit ile ilişkilidir (Goga, 2016). KSAT fotokimyasal ozon oluşumu potansiyeli etki değeri toplam 4.47×10^{-5} kg Etan-eşdeğeridir(Şekil 5.94). En fazla etki değerine sahip ünitelerden giriş suyu pompaları ve çıkış suyu pompalarının etki değerleri yaklaşık sırasıyla 6.1×10^{-6} kg Etan-eşdeğeri ve 1.74×10^{-5} kg Etan-eşdeğeridir. Bunun yanında dağılım havuzu ve enerji kırma orifisleri de sırasıyla 5.63×10^{-6} kg Etan-eşdeğeri ve 8.88×10^{-6} kg Etan-eşdeğeri olup FOOP için yüksek etki değerine sahip ünitelerdendir.

Şekil 5.95’de KSAT ünitelerinin FOOP etki değeri dağılımı görülmektedir. Giriş suyu pompaları KSAT ünitelerinin, deniz suyu ekotoksitesitesi potansiyelinin %14.1’ini giriş suyu pompaları ve % 39.8’ünü ise çıkış suyu pompalarından kaynaklanmaktadır. Böylece bu iki ünitenin yaklaşık % 54 değeri ile en fazla etki değerine sahip

ünitelerdendir. Bunun yanında dağılım havuzu ve enerji kırma orifisleri sırasıyla %12.9 ve %20.3 etki yüzdesiyle etki kaynakları incelenmesi gereken ünitelerdendir.



Şekil 5.94 : KSAT ünitelerinin FOOP değeri dağılımı.



Şekil 5.95 : KSAT ünitelerinin FOOP değeri yüzdesi dağılımı.

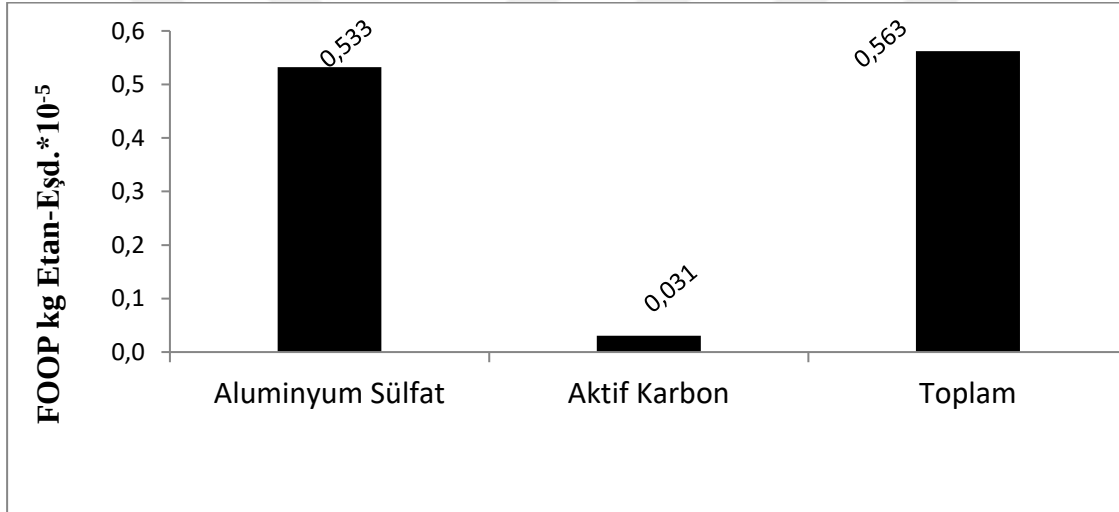
Etki değeri yüksek olan giriş suyu ve çıkış suyu pompalarının FOOP için etki kaynağı elektriktir. Enerji kırma orifisleri ve dağılım havuzu ise kimyasal maddelerden dolayı etki değeri diğer ünitelere göre daha yüksektir (Çizelge 5.58).

Çizelge 5.58 : KSAT ünitelerinin FOOP etki kaynağı ve etki dağılımı.

Arıtma Prosesi	kg Etan-Eşd.*10⁻⁵	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg Etan-Eş.*10⁻⁵)	Etki Yüzdesi %
Kaba ve İnce Izgaralar	1.61E-02	Elektrik	1.61E-02	0.37
Giriş Suyu Pompaları	6.16E-01	Elektrik	6.16E-01	14.10
Havalandırma Ünitesi	0	-	0	0
Ozon Temas Tankı	1.50E-01	Elektrik	1.50E-01	3.43
Dağılım Havuzu-YB	5.63E-01	Alüminyum Sülfat	5.33E-01	12.87
Enerji Kırma Orifisleri-ÇM	8.88E-01	Aktif Karbon	3.07E-02	
		Alüminyum Sülfat	8.88E-01	20.31
Hızlı-Yavaş Karıştırma-ÇM	7.75E-02	Elektrik	1.11E-02	
		Aktif Karbon	5.12E-02	1.77
		Anyonik Polielektrolit	1.52E-02	
Dekantörler-YB	9.11E-03	Anyonik Polielektrolit	9.11E-03	0.21
Çöktürme Havuzu-ÇM	3.96E-03	Elektrik	3.96E-03	0.1
Hızlı Kum Filtreleri-YB	2.54E-02	Elektrik	2.54E-02	0.58
Hızlı Kum Filtreleri-ÇM	4.03E-02	Elektrik	4.03E-02	0.92
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	1.74E+00	Elektrik	1.74E+00	39.82
Çamur Ünitesi	1.34E-01	Elektrik	9.83E-02	
		Katyonik Polielektrolit	3.59E-02	3.07
Çamur Uzaklaştırma	1.79E-02	Çamur Bertarafı	1.26E-02	0.41
		Dizel	5.31E-03	
Klor Ünitesi	8.80E-02	Elektrik	2.02E-02	
		Nakliyat	-5.22E-03	2.00
		Klor	7.33E-02	
Toplam	4.37	-	4.37	100

Zyara 2017'nın çalışmasında, Büyükçekmece Su Arıtma Tesisi (BSAT) ünitelerinin toplam FOOP değerini 4.92×10^{-5} kg Etan-Eşdeğeri olarak bulmuştur. BSAT için bu değerin % 39.8 çıkış suyu pompalarından ve % 14.2'si giriş suyu pompalarından kaynaklanma olup bu iki ünite toplamda yaklaşık % 54 etki yüzdesine sahiptir (Zyara, 2017).

Şekil 5.96'da dağılım havuzunun etki kaynaklarının FOOP değeri dağılımı görülmektedir. FOOP değerinin %12.87'si dağılım havuzundan kaynaklanmakta olup bu değerin %94.67'si alüminyum sülfattan %5.46'sı ise aktif karbondan kaynaklanmaktadır. Dağılım havuzunda yüksek etki değerine sahip alüminyum sülfatın FOOP değerinin %112.2'si kimyasalın üretiminden %0.54'ü kimyasalın nakliyatından ve -%12.8'i kimyasal maddelerin nakliyatından kaynaklanmaktadır.



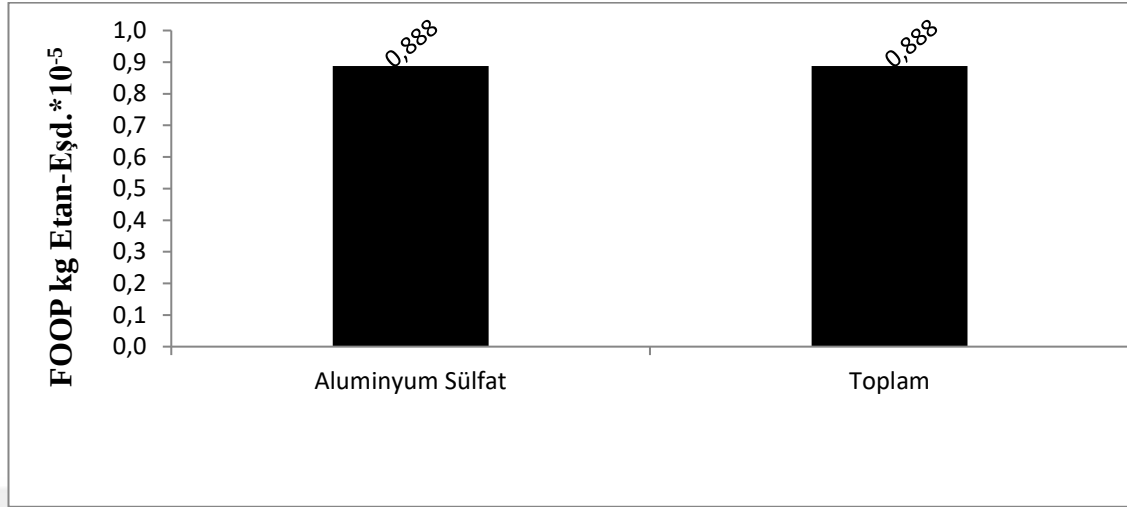
Şekil 5.96 : Dağılım havuzu FOOP değeri dağılımı.

Enerji kırma orifisleri etkisinin tek etki kaynağı olan alüminyum sülfat olup etki kaynaklarının yüzde dağılımı, dağılım havuzundaki alüminyum sülfatın etki yüzdesi dağılımı ile aynıdır.

Çizelge 5.59'da görüldüğü gibi kimyasal maddelerin FOOP üzerinde etki değerleri ve dağılımı incelendiğinde toplam etki değerinin 1.65×10^{-5} kg Etan-eşdeğeri olduğu görülmektedir. FOOP değerinin % 37.8'i kimyasal madde ünitelerinden kaynaklanmaktadır. Bu etkinin %86.06'sı alüminyum sülfat ünitesinden kaynaklanmaktadır.

Kimyasal maddeler ünitelerinin % 106.8'i kimyasal maddelerin üretiminden, -%9.8'i nakliyatından ve %3'ü ise ünitelerde kullanılan elektrikten kaynaklanmaktadır.

Nakliyattaki negatif değerler, kısa mesafeli kimyasalın nakliyatının negatif fotokimyasal ozon oluşumu potansiyeline neden olması ile ilişkilendirilebilir.



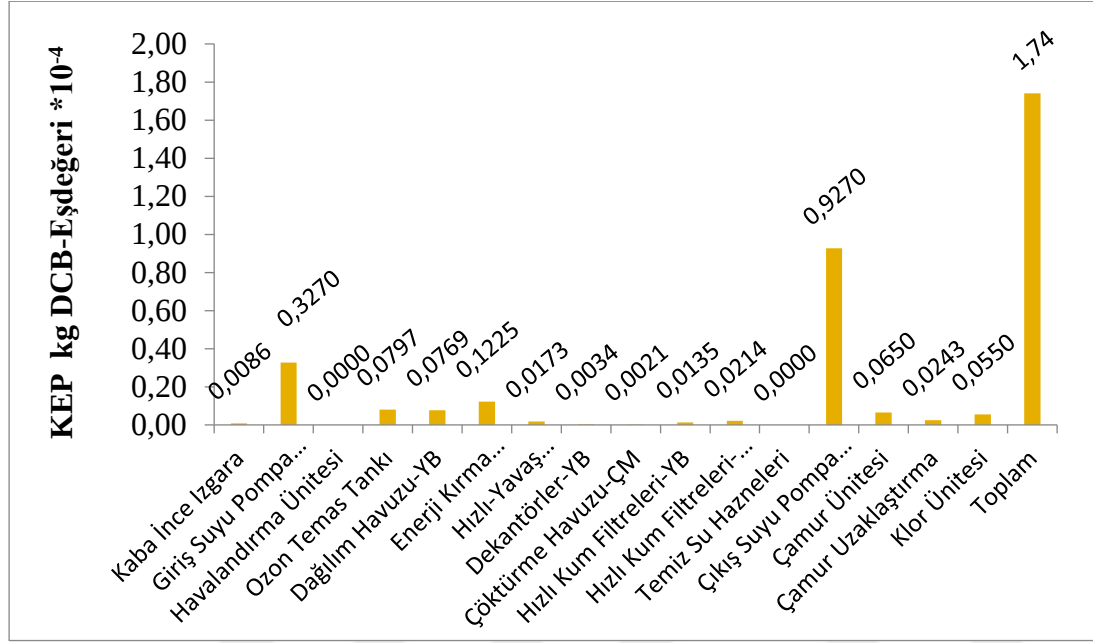
Şekil 5.97 : Enerji kırma orifisleri FOOP etki değeri dağılımı.

Çizelge 5.59 : Kimyasal madde ünitelerinin FOOP etki kaynakları ve dağılımı.

Kimyasal Madde Üniteleri	kg Etan-Eşdeğeri*10 ⁻⁵	Ünitenin Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg Etan-Eşdeğeri*10 ⁻⁵)
Alüminyum Sülfat	1.42 (%86.06)	Elektrik Nakliyat Üretim	7,70E-03 -1,81E-01 1,59
Aktif Karbon	8.19E-02 (%4.96)	Elektrik Nakliyat Üretim	3,66E-03 2,36E-02 5,46E-02
Anyonik Polielektrolit	2.43E-02 (%1.47)	Elektrik Nakliyat Üretim	4,29E-03 3,08E-03 1,69E-02
Katyonik Polielektrolit	3.59E-02 (%2.18)	Elektrik Nakliyat Üretim	4,40E-03 4,86E-03 2,67E-02
Klor	8.80E-02 (%5.33)	Elektrik Nakliyat Üretim	2,02E-02 -5,22E-03 7,33E-02
Toplam	1.65 (%100)	-	1.65

5.6.4.11 KSAT karasal ekotoksosite potansiyeli (KEP)

KSAT karasal ekotoksosite potansiyeli etki değeri toplam 1.74×10^{-4} kg DCB-eşdeğeridir (Şekil 5.98). En fazla etki değerine sahip ünitelerden giriş suyu pompaları ve çıkış suyu pompalarının etki değerleri yaklaşık sırasıyla 3.2×10^{-5} kg DCB-eşdeğeri ve 9.27×10^{-5} kg DCB-eşdeğeridir.



Şekil 5.98 : KSAT ünitelerinin KEP değeri dağılımı.

Şekil 5.99’da KSAT ünitelerinin KEP etki değeri dağılımı görülmektedir. Karasal ekotoksosite potansiyeli için KSAT ünitelerinin toplam değerinin % 18.8’i giriş suyu pompalarından ve % 53.3’ü çıkış suyu pompalarından kaynaklanmaktadır. Bu iki ünitenin KEP’in yaklaşık %72’sini oluşturmaktadır.

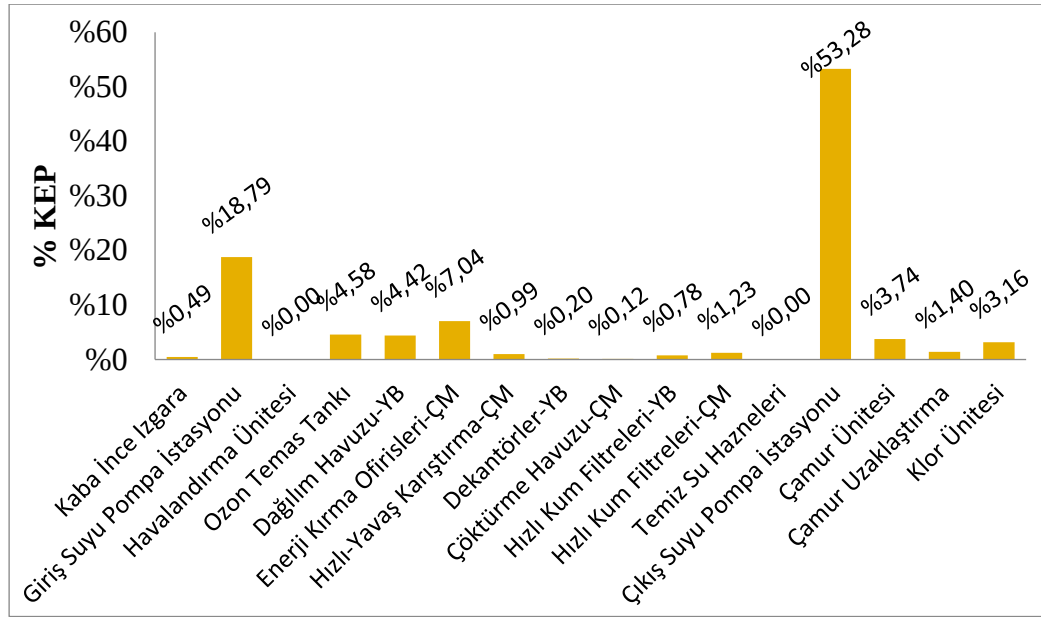
Büyükçekmece Su Arıtma Tesisi (BSAT), KEP için toplam etki değeri 2.2×10^{-4} kg DCB-Eşdeğeridir. BSAT için bu değerin % 43.9 çıkış suyu pompalarından ve % 15.6’si giriş suyu pompalarından kaynaklanma olup bu iki ünite toplamda yaklaşık % 60 etki yüzdesine sahiptir. Bunun yanında, klor ünitesi’nin yaklaşık % 22 etki yüzdesi bulunmaktadır (Zyara, 2017).

KSAT klor ünitesinin ise etki yüzdesi yaklaşık % 3.2 olarak bulunmuştur. Bu iki etki yüzdesi arasındaki fark KSAT klor ünitesinde 1 m^3 arıtılan su başına kullanılan klor ve elektriğin daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Dezenfeksiyon için KSAT’ta klor yanında ozon kullanılmakta olup ozon ünitesinin % 4.6 etki yüzdesi bulunmaktadır. Böylece, bir su arıtma tesisinde klor yerine ozon kullanmak KEP değerini azaltacağı düşünülebilir. Bunun yanında giriş suyu ve çıkış suyu pompalarının

iki su arıtma tesisi için de etkisinin diğer ünitelere oranla çok büyük olduğu sonucu çıkarılabilir.

Çizelge 5.60 : KSAT ünitelerinin KEP etki kaynakları ve dağılımı.

Arıtma Prosesi	kg DCB-Eşdeğeri *10⁻⁴	Prosesin Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg DCB-Eşd. *10⁻⁴)	Etki Yüzdesi %
Kaba ve İnce Izgaralar	8.56E-03	Elektrik	8.56E-03	0.49
Giriş Suyu Pompaları	3.27E-01	Elektrik	3.27E-01	18.79
Havalandırma	0	-	0	0
Ozon Temas Tankı	7.97E-02	Elektrik	7.97E-02	4.58
Dağılım Havuzu-YB	7.69E-02	Alüminyum Sülfat Aktif Karbon	7.35E-02 3.46E-03	4.42
Enerji Kırma Orifisleri	1.23E-01	Alüminyum Sülfat	1.23E-01	7.04
Hızlı-Yavaş Karıştırma- ÇM	1.73E-02	Elektrik Aktif Karbon A. Polielektrolit	5.91E-03 5.76E-03 5.66E-03	0.99
Dekantörler-YB	3.39E-03	A. Polielektrolit	3.39E-03	0.20
Çöktürme Havuzu	2.10E-03	Elektrik	2.10E-03	0.12
Filtreler-YB	1.35E-02	Elektrik	1.35E-02	0.78
Filtreler-ÇM	2.14E-02	Elektrik	2.14E-02	1.23
Temiz Su Hazneleri	0	-	0	0
Çıkış Suyu Pompaları	9.27E-01	Elektrik	9.27E-01	53.28
Çamur Ünitesi	6.50E-02	Elektrik Katyonik Polielektrolit	5.21E02 1.30E-02	3.74
Çamur Uzaklaştırma	2.43E-02	Çamur Bertarafı Dizel	1.49E-02 9.40E-03	1.40
Klor Ünitesi	5.50E-02	Elektrik Nakliyat Klor	1.07E-02 5.10E-04 4.43E-02	3.16
Toplam	1.74	-	1.74	100



Şekil 5.99 : KSAT ünitelerinin FOOP etki yüzdesi dağılımı.

Çizelge 5.61 : Kimyasal madde ünitelerinin KEP etki kaynakları ve dağılımı.

Kimyasal Madde Üniteleri	kg DCB-Eşdeğeri *10 ⁻⁴	Ünitenin Etki Kaynağı	Etki Değeri (kg DCB-Eşdeğeri *10 ⁻⁴)
Alüminyum Sülfat	1.96E-01 (%86.06)	Elektrik Nakliyat Üretim	4.08E-03 1.79E-02 1.74E-01
Aktif Karbon	9.22E-03 (%4.96)	Elektrik Nakliyat Üretim	1.94E-03 1.68E-04 7.11E-03
Anyonik Polielektrolit	9.05E-03 (%1.47)	Elektrik Nakliyat Üretim	2.27E-03 2.20E-05 6.75E-03
Katyonik Polielektrolit	1.30E-02 (%2.18)	Elektrik Nakliyat Üretim	2.33E-03 3.47E-05 1.07E-02
Klor	5.50E-02 (%5.33)	Elektrik Nakliyat Üretim	1.07E-02 5.10E-04 4.43E-02
Toplam	2.82E-01 (%100)	-	2.82E-01

Çizelge 5.61'e göre kimyasal maddelerin KEP üzerinde etki değerleri ve dağılımı incelendiğinde toplam etki değerinin 2.82×10^{-5} kg DCB-eşdeğeri olduğu görülmektedir. Bu değer toplam ünitelere oranı % 16.2 olup kimyasalların KEP değerinin elektirik kadar yüksek olmadığı söylenebilir. Alüminyum sülfat ünitesi 1.96×10^{-5} kg DCB-eşdeğeri ile kimyasal madde ünitelerinde %69.4 etki payına sahiptir.

Kimyasal madde ünitelerinde KEP'in % 86'sı kimyasal maddelerin üretiminden %6.6'sı kimyasal maddenin nakliyatından ve geri kalan %7.4'i ünitelerde kullanılan elektrikten kaynaklanmaktadır.

5.6.5 Farklı arıtma teknolojilerinin çevresel etkilerinin karşılaştırılması

Çizelge 5.62' de farklı su arıtma teknolojilerinin çevresel etkilerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Çizelge 5.62 : Arıtma teknolojilerinin çevresel etkilerinin karşılaştırılması.

Su Arıtma Teknolojileri	KIP kg CO ₂ - Eşd.	AP kg SO ₂ - Eşd.	ÖP kg PO ₄ - Eşd.	OTP kgR11- Eşd.	İTP kg DCB- Eşd.	Kaynak
Konvansiyonel	3.92E-1	8.16E-4	6.78E-5	3.5E-13	1.1E-2	KSAT
Konvansiyonel	4.23E-1	3.12E-3	2.57E-4	5.2E-8	8.1E-1	Amores ve diğ.,2013
Konvansiyonel	1.85E-1	1.1 E-3	7.4 E-5	3.61 E-9	4.1E-3	Friedrich ve Buckley, 2002
Nanofiltrasyon	4.9E-2	2.0E-4	2.7E-6	1.3E-7	-	Bonton ve diğ.,2012
Ters Osmoz	4.4	-	1.42E-3	7.92E-8	-	Goga.,2016
Membran	2.9E-1	1.82E-3	5.69E-5	9.55E-10	1.8E-3	Friedrich ve Buckley, 2002
Konvansiyonel	3.58E-1	7.14E-4	7.2E-5	3.86E-13	1.46E-2	Zyara,2017

Arıtma proseslerinin seçimine etki eden faktörler; ham suyun özellikleri, tesis yeri seçimi ve arıtma tesisisi yapılacak bölgenin sosyo ekonomik yapısı olarak sıralanabilir (Özcan, 2012).

Su arıtma tesislerinde kullanılan arıtma teknolojiye göre çevresel etki değerlerinde farklılıklar görülmektedir. Çizelge 5.62'ye göre, ters osmozda elektrik kullanımı diğer teknolojilere göre yüksek olduğundan KIP'ye katkısı da yüksektir. Nanofiltrasyon teknolojisi ise KIP'ye en düşük katkıyı yaparken OTP'ye en yüksek katkıyı yaptığı sonucuna ulaşılmaktadır.

5.7 KSAT için Enerji Kaynağı Örnek Olay İncelemesi

Bu çalışmada elde edilen bütün etki kategorilerinde sonuçlar Elektrik Üretim Ananim Şirketi (EÜAŞ)'nden alınan Türkiye elektrikli enerjisi üretim değerine ve kaynak yüzdelere göre hesaplanmıştır. EÜAŞ Türkiye'deki elektrik üretiminin %25.65'ini yönetiminden sorumludur (Zyara, 2017).

5.7.1 KSAT için Avrupa elektriği (AE) kullanımı

Kağıthane Su Arıtma Tesisinde enerji kaynağı olarak Avrupa'da üretilen ve dağıtılan bir elektrikli kaynağı kullanılması durumunda Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi etki kategorilerinde verdiği sonuçlar beş kategori için Çizelge 5.62'da görülmektedir.

Elde edilen sonuçlara göre, Küresel Isınma Potansiyeli (KIP) için Avrupa elektrik üretim değerlerinin daha az etki değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Türkiye elektrikli kaynağı kullanıldığında Kağıthane Çelebi Mehmet Su Arıtma Tesisinde 0.396 kg CO₂-Eşdeğeri, Kağıthane Yıldırım Bayezid Su Arıtma Tesisinde 0.387 kg CO₂-Eşdeğeri ve Kağıthane Su Arıtma Tesisinde ise 0.392 kg CO₂-Eşd. iken Avrupa elektriği elektrikli kaynağı olarak kullanıldığında ise sonuçlar sırasıyla 0.362 kg CO₂- Eşdeğeri, 0.353 kg CO₂- Eşdeğeri ve 0.358 kg CO₂- Eşdeğeri'dir.

Böylece küresel ısınma potansiyeli için Avrupa elektriği kaynak olarak kullanıldığında daha düşük sonuçlar vermektedir. Fakat diğer etki kategorileri için bu sonuçların tersine, Türkiye Elektrikli kaynağı seçildiğinde daha düşük etki değerleri vermiştir.

Büyükçekmece Su Arıtma Tesisinde yapılan çalışmada ise KSAT ile benzer sonuçlar elde edilmiştir (Zyara, 2017). Küresel Isınma Ptansiyeli Türkiye elektrikli kaynağı

kullanıldığında daha yüksek sonuçlar verirken diğer etki kategorilerinde daha düşük sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 5.63 : SATların Türkiye ve Avrupa Elektrik kaynağı karşılaştırması.

Su Arıtma Tesisleri	KİP kg CO₂- Eşd.	AP kg SO₂- Eşd.	ÖP kg PO₄- Eşd.	OTP kg R11- Eşd.	İTP kg DCB- Eşd.	Kaynak
KÇMSAT	3.96E-1	8.2E-4	6.79E-5	3.46E-13	1.1E-2	KÇMSAT
KYBSAT	3.87E-1	8.1E-4	6.67E-5	3.57E-13	1.1E-2	KYBSAT
KSAT	3.92E-1	8.16E-4	6.78E-5	3.51E-13	1.1E-2	KSAT
KÇMSAT (AE)	3.62E-1	1.27E-3	1.0E-4	1.44E-11	1.67E-2	KSAT
KYBSAT (AE)	3.53E-1	1.27E-3	1.14E-4	1.49E-11	1.67E-2	KSAT
KSİAT (AE)	3.58E-1	1.27E-3	1.11E-4	1.46E-11	1.67E-2	KSAT
BSAT(AE)	3.42 E-1	1.13E-3	1.06E-4	1.20E-11	1.54E-2	Zyara, 2017
BSAT(TE)	3.58E-1	7.14E-4	7.2E-5	3.86E-13	1.46E-2	Zyara, 2017



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada yaşam döngüsü değerlendirmesi ile Türkiye'deki geniş ölçekli bir su arıtma tesisinin çevresel etkilerinin sonuçları elde edilmiştir. Su arıtma tesis içinde farklı arıtma yöntemleri içeren KÇMSAT ve KYBSAT olmak üzere ham suyu ayrı koldan arıtan iki arıtma tesisi bulunmaktadır. Bu sebeple, ham suyu iki kola ayıran bu iki tesisin ve toplam su arıtma tesisinin çevresel etkileri ayrı ayrı değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır. Ayrıca, sonuçlar literatür sonuçları ile de karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, bu su arıtma tesisinde 1 m³ arıtılan su için 0.76 kWh elektrik kullanılmaktadır. KÇMSAT ve KYBSAT için bu değer sırasıyla 0.76 kWh ve 0.75 kWh'dir. Bu değerler, 2017 yılının ocak ayından aralık ayına kadar olan elektrik tüketiminin ortalamasından elde edilmiştir. Elektrik tüketiminin yaklaşık %63'ü çıkış suyu pompalarından ve %22'si giriş suyu pompalarından kaynaklanmaktadır ve bu iki ünite toplamda elektrik tüketimin yaklaşık %85'ine sebep olmaktadır. Bu su arıtma tesisindeki elektrik tüketimi literatür değerleri ile uyumludur. Literatür değerlerindeki farklılıklar ham suyun kalitesi, tesisin bulunduğu yerin jeolojik yapısı, su arıtımı için kullanılan yöntem farklılıklarından kaynaklanmaktadır.

KSAT küresel ısınma potansiyeli (KIP), 3.92×10^{-1} kg CO₂-Eşdeğeri'dir. Bu değer KÇMSAT için 3.96×10^{-1} kg CO₂-Eşdeğeri ve KYBSAT için 3.87×10^{-1} kg CO₂-Eşdeğeri olup birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. KIP'ye en yüksek katkı, bu üç tesis için ortak ünite olan giriş ve çıkış suyu pompalarında gelmektedir.

KSAT asitleşme potansiyeli (AP), 8.16×10^{-4} kg SO₂-Eşdeğeridir. Bu değer KÇMSAT ve KYBSAT için birbirine yakındır ve sonuçlar sırasıyla 8.2×10^{-4} kg SO₂-Eşdeğeri ve 8.1×10^{-4} SO₂-Eşdeğeri'dir. Dağılım havuzu, enerji kırma orifisleri, giriş ve çıkış suyu pompaları AP'si en yüksek ünitelerdir.

Ötrofikasyon potansiyeli (ÖP), KSAT için 6.78×10^{-5} kg PO₄-Eşdeğeridir. KÇMSAT ve YBSAT, ÖP'si sırasıyla 6.79×10^{-5} kg PO₄-Eşdeğeri ve 6.67×10^{-5} kg PO₄-Eşdeğeridir. ÖP'ye en yüksek katkı giriş ve çıkış suyu pompalarından gelmektedir.

KSAT için, Ozon Tabakası Tükenme Potansiyeli (OTP), 3.51×10^{-13} kg R11-Eşdeğeridir. Bu değer KÇMSAT için 3.46×10^{-13} kg R11-Eşdeğeri ve KYBSAT için

3.57×10^{-13} kg R11-Eşdeğeri'dir. Dağılım havuzu, enerji kırma orifisleri ve klor ünitesi OTP'si en yüksek ünitelerdir.

Abiyotik Element Tükenme Potansiyeli (ATP Element), KSAT için 1.51×10^{-7} kg Sb-Eşdeğeri'dir. Bu değer, KÇMSAT ve KYBSAT için sırasıyla 1.49×10^{-7} kg Sb-Eşdeğeri ve 1.53×10^{-7} kg Sb-Eşdeğeri'dir. ATP Element'e en yüksek katkı, klor ünitesi, giriş ve çıkış suyu pompalarından gelmektedir.

KSAT'nin Abiyotik Fosil Tükenme Potansiyeli (ATP Fosil), 5.00 MJ-Eşdeğeri' dir. Bu değer, KÇMSAT için 5.03 MJ-Eşdeğeri ve KYBSAT için 4.92 MJ-Eşdeğeri'dir. Dağılım havuzu, enerji kırma orifisleri, giriş ve çıkış suyu pompaları ATP Fosil'i en yüksek ünitelerdir.

KSAT için, Tatlı Su Ekotoksitesitesi Potansiyeli (TSEP), 4.32×10^{-4} kg DCB-Eşdeğeri'dir. Bu değer KÇMSAT ve KYBSAT için sırasıyla 4.33×10^{-4} kg DCB-Eşdeğeri ve 4.30×10^{-4} kg DCB-Eşdeğeri'dir. TSEP'ye en yüksek katkı, dağılım havuzu, enerji kırma orifisleri, giriş ve çıkış suyu pompalarından gelmektedir.

İnsan Toksisitesi Potansiyeli (İTP), KSAT için 1.1×10^{-2} kg DCB-Eşdeğeri'dir ve bu değerler KÇMSAT ve KYBSAT için yaklaşık aynıdır. İTP'ye en yüksek katkı giriş ve çıkış suyu pompalarından gelmektedir.

KSAT için Deniz Suyu Ekotoksitesitesi Potansiyeli (DSEP), 24.43 kg DCB-Eşdeğeri'dir. Bu değer KÇMSAT ve KYBSAT için sırasıyla 24.6 kg DCB-Eşdeğeri ve 24.1 kg DCB-Eşdeğeri'dir. DSEP'ye en yüksek katkı giriş ve çıkış suyu pompalarından gelmektedir.

Fotokimyasal Ozon Oluşum Potansiyeli (FOOP), KSAT için 4.37×10^{-5} kg Etan Eşdeğeri' dir. Bu değer KÇMSAT için 4.39×10^{-5} kg Etan-Eşdeğeri ve KYBSAT için 4.34×10^{-5} kg Etan Eşdeğeri'dir. FOOP'ye en yüksek katkı, dağılım havuzu, enerji kırma orifisleri, giriş ve çıkış suyu pompalarından gelmektedir.

KSAT için, Karasal Ekotoksitesite Potansiyeli (KEP), 1.74×10^{-4} kg DCB-Eşdeğeri'dir. Bu değer KÇMSAT ve KYBSAT için sırasıyla 1.76×10^{-4} kg DCB-Eşdeğeri ve 1.72×10^{-4} kg DCB-Eşdeğeri'dir. KEP'ye en yüksek katkı, dağılım havuzu, enerji kırma orifisleri, giriş ve çıkış suyu pompalarından gelmektedir.

Kağıthane Su Arıtma Tesisi (KSAT)'nde kullanılan kimyasal maddeler, alüminyum sülfat, aktif karbon, klor, anyonik polielektrolit ve katyonik polielektrolit'dir.

Kimyasal maddelerin üretimi, tesiste kullanımı, tesise nakliyatı ve kimyasal maddelerin hazırlanması sırasında ve suyun arıtıldığı üniteye pompalanması sırasında kullanılan elektrik gibi çevresel etki kaynakları vardır. KSAT’de çevresel etki kategorilerinin çevresel etki değerlerine en yüksek katkı yapan etki kaynağı genellikle kimyasal maddenin üretimi olmuştur. Ünitelerde kullanılan elektrik, ikinci sırada çevresel etkiye katkı yapan kaynaktır. Kimyasal maddelerin tesise nakliyatı tüm etki kategorilerinde çevresel etkisi en düşük olan etki kaynağı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Alüminyum sülfat, genellikle çevresel etki kategorilerinde en yüksek çevresel etki kaynağıdır. OTP’ye en yüksek katkı kimyasal maddelerden gelmekte olup en yüksek etki kaynakları alüminyum sülfat ve klordur. KSAT’ın ATP Element değeri için ise klorun yaklaşık yaklaşık %33 katkısı olup çıkış suyu pompalarından sonra ikinci sıradaki çevresel etkisi olan ünite dir.

Bu çalışmada, ortak ve ayrılmış ünitelerden oluşan KÇMSAT ve KYBSAT çevresel etkileri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, OTP haricinde diğer tüm etki kategorilerinde KYBSAT’nin etki değerinin KÇMSAT’a göre düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. KSAT’de, 2017’de günde ortalama 300.000 m³ su arıtılmıştır. KÇMSAT’nin arıtma kapasitesi günde 378.000 m³ ve KYBSAT’nin günde 350.000 m³’dür. Buna göre, çevresel etki değerleri düşük olan arıtma tesisi tam kapasiteyle çalıştırılarak çevresel etkiler en aza indirilebilir.

Tüm çevresel etki kategorilerinde KSAT için elde edilen değerler, Büyükçekmece Su Arıtma Tesisi (BSAT)’nin çevresel etki değeri sonuçları ve literatür sonuçları ile uyumludur. Ancak, KSAT çevresel etki değerleri BSAT’ye göre daha yüksektir. Bu durum, elektrik kullanımının çevresel etkilerin başlıca kaynağı olmasıyla ilgilidir. Büyükçekmece Su Arıtma Tesisi, KSAT’a göre arıtma kapasitesi %55 daha düşük olan bir tesistir ve ham suyunu hemen yakınındaki Büyükçekmece Gölü’nden alır. Oysa KSAT, ham suyunun büyük bir kısmını kendisine yaklaşık 60 km uzaktaki Terkos Gölü’nden alır. Bu durum, KSAT’nin giriş suyu pompalarında tüketilen elektriğin BSAT’ye göre daha fazla olmasına sebep olmuştur. Buna ek olarak, Kağıthane Su Arıtma Tesisi, İstanbul’da nüfusun en fazla olduğu bir bölgede olup arıtılan suyun ulaştırılması gereken mesafe ve hane sayısı her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle, mevcut çıkış suyu pompa istasyonuna ek, motor gücü çok yüksek pompaları içeren bir pompa istasyonu daha yapılmıştır. Bu durum çıkış suyu pompalarında 1 m³ arıtılan su başına elektrik tüketiminin KSAT’ta göre yüksek olmasına sebep olmuştur.

Kağıthane Su Arıtma Tesisi'nde dezenfeksiyon için ozon ve klor birlikte kullanılmaktadır. Girdileri hava ve elektrik olan ozon hazırlama ünitesinde üretilen ozon, ozon temas tankında arıtılmakta olan su ile temas ettirilerek dezenfeksiyon sağlanır. BSAT ise dezenfeksiyon için sadece klor kullanılmaktadır. Bu sebeple, 1 m³ arıtılan su için klor kullanımı BSAT'ye göre az olduğundan klorun çevresel etkisi BSAT'a göre düşüktür. BSAT'nin en yüksek çevresel etki kaynaklarından biri klor ünitesi iken KSAT'de klorun çevresel etki kategorilerine katkısı genellikle düşük seviyededir.

Elde edilen sonuçlar, Avrupa elektrik üretim değerleri ile karşılaştırılmıştır. Küresel Isınma Potansiyeli için Avrupa elektriği kaynak olarak kullanıldığında daha düşük sonuçlar vermektedir. Fakat, diğer etki kategorileri için bu sonuçların tersine Türkiye elektrik kaynağı seçildiğinde daha düşük etki değeri elde edilmiştir.

Sonuç olarak, Kağıthane Su Arıtma Tesisi, İstanbul'ın önemli bir su sağlayıcılarından biridir. Bu çalışmada, KSAT'nin çevresel etkilerinin hangi ünitelerden en fazla kaynaklandığı belirlenmiş ve etkilerini en aza indirebilecek yöntemler belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlarla bu etkileri en aza indirebilmek için alternatif yöntemler bulunabilir. Böylece, Kağıthane Su Arıtma Tesisi'nin sürdürülebilirliği sağlanmış olur.

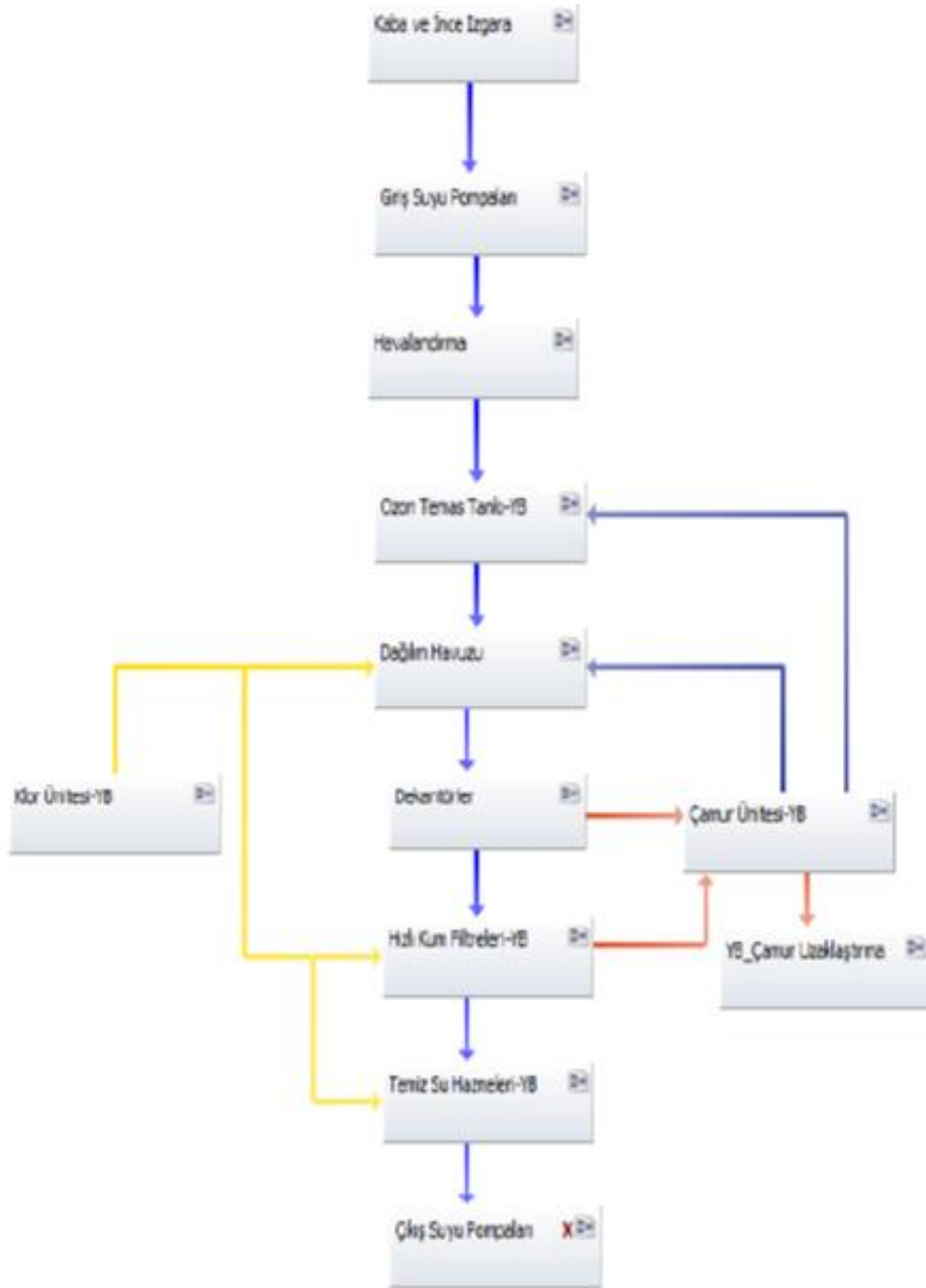
KAYNAKÇA

- Akbaş, A.** (2005). *İstanbul Su Kaynaklarının İncelenmesi Yeşilçay Ve Melen Sistemlerinin Ekonomik Yönden Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Al-Ansari, N.** (2015). *Selecting Sustainability Indicators Of Urban Water Systems:Case Study Of Alhilla City*, Luleå University of Technology, Irak.
- Amores, M. J., Meneses, M., Pasqualino, J., Anton, A. & Castells, F.** (2013). *Envirpnmental assesment of urban water cycleon Mediterranean Conditions by LCA Approach*, Cleaner Production Makalesi.
- Barjoveanu, G., Comandaru, J. M., Rodriguez-Garcia, G., Hospido, A. & Teodosiu, C.** (2013). Evaluation of water services system through LCA. A case study for Iasi City, Romania.
- Bayraktar, F. T.** (2010). *Türkiye’ de yapı malzemesi yaşam döngüsü değerlendirmesi için bir sistem önerisi*. (Yüksek Lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Benetto, E. & Barna, L.** (2013). *An integrated process modelling-life cycle assessment tool for the assessment and design of water treatment processes*. Toulouse, Fransa
- Bonton, A., Bouchard, C., Barbeau, B. & Jedrzejak, S.** (2011). *Comparative life cycle assessment of water treatment plants*. Desalination 284 (2012) 42–54, Kanada.
- Cabejšková, Z.** (2012). *Life Cycle Assessment of Water Treatment Technology*. (Doktora Tezi). Charles University, Prague.
- Capitanescu, F., Igos, E., Marvuglia, A & Benetto, E.** (2015). *Coupling Multi-objective Constrained Optimization, Life Cycle Assessment, and Detailed Process Simulation for Potable Water Treatment Chains*. Environmental Research and Innovation (ERIN) Department, Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST).
- Ciliz, N., Lozano, R., Huisingh, D. & Quist, J.** (2013). Bridges for a more sustainable future: uniting continents and societies, J. Clean. Prod, 39, 388-391
- Ciliz, N., Temizel, S. & Yıldırım, H.** (2016). *Development of a National Eco-Labeling Approach for Cosmetics and Personal Care Products and Establishment of an Information Transfer Platform supported by ISTKA Project Final Report*.

- Curran, M. A.** (2015). *Life Cycle Assessment Student Handbook*. Massachusetts, USA: Wiley-Scrivener, 2015
- Çakmakçı, M.,** (2014). *Su arıtma tesislerinin tasarım ve işletme esasları*. Çevre Mühendisliği Bölümü, YTÜ.
- Del Borghi, A., Strazza, C., Gallo, M., Messineo, S. & Naso, M.** (2013). *Water supply and sustainability: life cycle assessment of water collection, treatment and distribution service*. The International Journal of Life Cycle Assessment, 18(5), 1158-1168.
- EPA** (2000). *Drinking Water Standards and Health Advisories*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- Friedrich, E.** (2007). *The use of LCA in water industry and the case for an environmental performance indicator*, University of KwaZulu-Natal, Güney Afrika.
- GaBi** (2017). Thinkstep GaBi 7.3 Software. Product Sustainability Performance.
- Goga, T.** (2016). *A Comparative Life Cycle Assessment (LCA) of Water Treatment Plants using Alternative Sources of Water (Seawater and Mine Affected Water)*, University of KwaZulu-Natal, Durban.
- Gultekin, A. B. & Çelebi, G.** (2016). *Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi Kapsamında Yapı Ürünlerinin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi*. Araştırma Makalesi, Bilim ve Teknoloji Dergisi, Dicle Üniversitesi
- Holloway, R., Robbie M., Marr, T. & Robbie, M.** (2016). *Life-cycle assessment of two potable water reuse technologies: MF/RO/UV-AOP treatment and hybrid osmotic membrane bioreactors*, Membrane Science Makalesi.
- ISO** (2006). *14040: 2006. Environmental management-Life cycle assesment Principles and framework*. European Committee for Standardizasyon.
- ISO** (2013). *Greenhouse gases - Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification and communication*. ISO/TS 14067:2013, ISO, Geneva, Switzerland, 2013.
- ISO** (2014). *Environmental management - Water footprint - Principles, requirements and guidelines*. ISO 14046:2014, ISO, Geneva, Switzerland; 2014
- İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi.** (2012). *Water Management Presentation*. İstanbul.
- İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi.** (2014). *Kağıthane Su Arıtma Tesisi Broşürü*. İSKİ, İstanbul.
- İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi.** (2016). *Su Yönetimi Sunumu*, İstanbul.
- Özcan, Ş.** (2016). *Su arıtma Yöntemleri*, İller Bankası Aş Sube Müsürü Proje Geilştirme Dairesi Başkanlığı, Su Arıtma Şube Müdürlüğü.

- Racoviceanu, A., Karney, B., Kennedy, C. & Colombo, A.** (2007). *Life-Cycle Energy Use and Greenhouse Gas Emissions Inventory for Water Treatment Systems*, 13(4): 261-270
- UNEP/ SETAC Life Cycle Initiative.** (2005). *The road from analysis to practice, Life Cycle Approaches*. UNEP.
- UNEP** (1996). *Life Cycle Assessment: what it is and How to do it*. ISBN: 92-807-1546
- Sharaai, A., Sulaiman, A. & Mahmood, N.** (2010). *Life Cycle Impact Assessment (LCIA) of Potable Water Production in Malaysia: A Comparison among Different Technology Used in Water Treatment Plant*. University of Malaya, Malezya.
- SETAC** (1991). *A technical framework for life-cycle assessment*. J. Fava, R. Denison.
- USGBC** (2015). <http://www.usgbc.org/credits/new-construction/v4> LEED BD+C LEED v4 credit categories.
- Wiloso, E. I., Heijungs, R. & Snoo, G. R.** (2012). *LCA of second generation bioethanol: A review and some issues to be resolved for good LCA practice*. *Renew Sust Energ Rev.*, 16, 5295-5308.
- Tillman, A. M., Ekvall, T., Baumann, H. & Rydberg, T.** (1993). *Choice of system boundaries in life cycle assessment*. *J. Clean Prod.*, 2, 21-29.
- Teski Genel Müdürlüğü,** (2000), *İski Su Arıtma Tesislerinin İşletilmesi Eğitimi Sunumu*. TESKİ, Tekirdağ.
- Yilmaz, O., Anctil, A. & Karanfil, T.** (2015). *LCA as a decision support tool for evaluation of best available techniques (BATs) for cleaner production of iron casting*. *J. Clean Prod.*, 105, 337-347.
- Zine, M. B. & Louhab, K.** (2013). *The study of potable water treatment process in Algeria (boudouaou station) -by the application of life cycle assessment (LCA)*. *Environmental Health Science and Engineering Makalesi*.
- Zyara, A.** (2017). *Sustainability Assessment For A Large Water Treatment Plant Via Life Cycle Approach*. (Yüksek Lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.





Şekil 0.2 : KYBSAT'nin GaBi yazılımında görünümü.



Şekil 0.3 : Türkiye Elektrik üretim dağılımı.



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Hülya ŞAHİN AKKURT

Doğum Tarihi ve Yeri : 12.10.1986 Gazipaşa/Antalya

E-posta : hlyashn@yahoo.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2009, ODTÜ, Eğitim Fakültesi, Fen Bilimleri Öğretmenliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2008 yılında Hacettepe Üniversitesi'nden İngilizce Öğretmenliği sertifikasını aldı.
- 2009-2013 yılları arasında farklı özel okullarda Fen Bilimleri, Matematik ve Kimya Öğretmenliği yaptı.
- 2013-2018 yılları arasında Milli Eğitim Bakanlığı'nda Fen Bilimleri Öğretmenliği yaptı.

