

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**PETROL RAFİNERİSİ DİP ÇAMURLARININ SANTRİFÜJ  
YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**MERTCAN BİLGİN**

**KOCAELİ 2021**

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**PETROL RAFİNERİSİ DİP ÇAMURLARININ SANTRİFÜJ  
YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**MERTCAN BİLGİN**

**Dr.Öğr.Üyesi Demet ARSLANBAŞ**

**Danışman, Kocaeli Üniv. ....**

**Doç.Dr. İsmail ÖZBAY**

**Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv. ....**

**Dr.Öğr.Üyesi Aliye Suna ERSES YAY**

**Jüri Üyesi, Sakarya Üniv. ....**

**Tezin Savunulduğu Tarih: 05.05.2021**

## **ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR**

Yüksek lisans tez çalışmamın yürütücülüğünü üstlenen, çalışmamın her aşamasında yardım, bilgi ve tecrübelerini aktaran tez danışmanım ve değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Demet Arslanbaş'a,

Lisans ve yüksek lisans öğretim hayatım boyunca beraber yol aldığımız, tez süresince her türlü yardım ve desteğini gösteren eşim, Y. Çevre Müh. Ecren Bilgin'e,

Öğrenim hayatım boyunca bugünlere gelmem konusunda yardım ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen; aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Nisan - 2021

Mertcan BİLGİN

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ .....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
GİRİŞ .....	1
1. PETROL RAFİNERİSİ SEKTÖRÜ .....	3
1.1. Rafinasyon Süreci .....	3
1.1.1. Hampetrol distilasyonu.....	4
1.1.1.1. Tuz giderimi .....	5
1.1.1.2. Atmosferik ve vakum distilasyon.....	5
1.1.1.3. Diğer distilasyon yöntemleri .....	5
1.1.2. Kraking prosesleri .....	6
1.1.2.1. Termal kraking .....	6
1.1.2.2. Katalitik kraking.....	6
1.1.3. Hidrojen prosesleri .....	7
1.1.4. Ağır nafta işleme .....	8
1.1.4.1. Unifiner ünitesi.....	8
1.1.4.2. Reformer ünitesi.....	9
1.1.4.3. Benzen giderme ünitesi .....	9
1.1.5. Nafta merox ünitesi .....	9
1.1.6. Kerosen ve dizel işleme.....	9
1.1.6.1. Kükürt giderme ünitesi.....	10
1.1.6.2. Kerosen merox ünitesi.....	10
1.1.7. Akışkan katalitik kraking (FCC) ünitesi.....	10
1.1.7.1. FCC benzini kükürt giderme ünitesi .....	11
1.1.8. LPG işleme .....	12
1.1.8.1. Amin ünitesi .....	12
1.1.8.2. LPG merox ünitesi .....	12
1.1.9. Koklaştırma .....	13
1.1.10. Gaz temizleme-amin rejenerasyonu .....	13
1.1.11. Kükürt üretimi ünitesi.....	14
1.1.12. Baz yağları üretimi .....	14
1.1.13. Dolum ve depolama tesisleri .....	14
1.1.14. Fleyr.....	15
1.1.15. Yardımcı tesisler.....	16
2. PETROL RAFİNERİSİ SEKTÖRÜNDEN KAYNAKLANAN ATIKLAR .....	17
2.1. Atık Türleri ve Kodları .....	17
2.1.1. Proses atıkları.....	18
2.1.2. Proses dışı atıklar .....	19
2.2. Atık Oluşum Kaynakları .....	19

2.3. Atıkların Oluşumunun Önlemi ve Aza İndirgeme.....	20
2.3.1. Tank dibi çamuru azaltma önerileri.....	24
2.3.2. Desalter atıkları azaltma önerileri .....	25
2.3.3. Katalist atıkları azaltma önerileri .....	25
2.3.4. Kil atıkları azaltma önerileri.....	27
2.3.5. Atık yağ atıkları azaltma önerileri.....	28
2.3.6. Kontamine ambalaj atıkları azaltma önerileri .....	28
2.4. Atıkların Geri Kazanımı ve Bertarafı .....	28
2.5. Geri Kazanımın Önemi .....	31
2.5.1 Santrifüjleme ile geri kazanım yönteminin uygulanması.....	32
3. MATERYAL VE METOT UYGULAMASI.....	34
3.1. Çamur Susuzlaştırma Dekantör Prosesi.....	34
3.1.1. İki fazlı dekantör.....	36
3.1.2. Üç fazlı dekantör .....	36
3.2. Analiz Edilen Çamura Ait Özellikler ve Analiz Yöntemi .....	37
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	40
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	44
KAYNAKLAR .....	46
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER .....	49
ÖZGEÇMİŞ .....	50

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Rafineri prosesine ait fotoğraf.....	3
Şekil 1.2.	Petrol ürünleri üretiminde kullanılan proses diyagramı.....	4
Şekil 1.3.	Hidrokraking akım şeması.....	7
Şekil 1.4.	Hidrojen üretimi akım şeması.....	8
Şekil 1.5.	Katalitik kraking ünitesi proses akım şeması.....	11
Şekil 1.6.	Akışkan koklaştırma işlemi akım şeması.....	13
Şekil 1.7.	Rafineri depolama tanklarına ilişkin fotoğraf.....	15
Şekil 1.8.	Rafineri fleyr sistemine ilişkin fotoğraf.....	16
Şekil 2.1.	Atık yönetim hiyerarşisi.....	21
Şekil 2.2.	Tank dibi çamurlarına ilişkin fotoğraf.....	24
Şekil 2.3.	Rafineri katalistine ilişkin fotoğraf.....	26
Şekil 3.1.	Dekantör akış şeması.....	35
Şekil 3.2.	Dekantör Sistemi.....	36
Şekil 3.3.	Faz Ayrımı.....	36
Şekil 3.4.	Dekantör çıkışı oluşan kek fotoğrafı.....	37
Şekil 3.5.	Dekantör kesit şeması.....	39

## TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2.1.	Proseslerde oluşan atıklar .....	20
Tablo 5.1.	Dekantörden çıkan kek kuruluk analizi.....	40
Tablo 5.2.	Dekantörden çıkan su fazı analizi .....	41
Tablo 5.3.	Çamur susuzlaştırma maliyet analizi.....	43



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

C	: Karbon
DEA	: Dietanol Amin
H <sub>2</sub> S	: Hidrojen Sülfür
NH <sub>3</sub>	: Amonyak
NO <sub>x</sub>	: Azot Oksit
O <sub>2</sub>	: Oksijen
SO <sub>2</sub>	: Kükürt Dioksit
SO <sub>x</sub>	: Kükürt Oksit

### Kısaltmalar

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
API	: American Petroleum Institute (Amerikan Petrol Enstitüsü)
FCC	: Fluid Catalytic Cracking (Akıcı Katalitik Kraming)
HSRN	: Heavy Straight Run Naphtha (Ağır Nafta)
HVGO	: Heavy Vacuum Gas Oil (Ağır Vakum Yağı)
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
LPG	: Likit Petrol Gazı
LVGO	: Light Vacuum Gas Oil (Hafif Vakum Yağı)
MET	: Mevcut En İyi Teknikler
SFA	: Snack Food Association (Atıştırmalık Gıda Birliği)
WSRN	: Whole Straight Run Naphtha (Hafif Nafta)



## PETROL RAFİNERİ ENDÜSTRİSİ ATIK YÖNETİMİ

### ÖZET

Petrol ürünlerinin üretiminde; ham petrol farklı üretim tesislerinde işlenmektedir. Ham petrolü, ana üniteler ve yardımcı tesisler yardımıyla ürünlere dönüştüren bu endüstriyel tesislere rafineri denir. Rafineri ünitelerinin ana bölümleri, hampetrol ve vakum distilasyon ünitesi, Likit Petrol Gazı (LPG) amin ünitesi, nafta hidrodesülfürizer, izomerizasyon ve reformer ünitesi, kerosen ve dizel hidrodesülfürizer ünitesi, kerosen merox ünitesi, propan-bütan ayırma ünitesi, kükürt geri kazanım ünitesi, katalitik kraking ünitesi, hidro kraking olarak verilebilir. Petrol rafineri endüstrisinden kaynaklanan atıklar ise proses kaynaklı ve proses dışı olarak iki ana sınıf altında ele alınmaktadır. Endüstriyel üretim tesislerde ana üretim ünitelerine ek olarak gerçekleştirilen faaliyetler sonucu ortaya çıkması muhtemel yan proses atıkları; petrol rafinerilerinde herhangi bir yan proses olmadığı için, bu sektörde söz konusu olmamaktadır. Bu çalışmada; rafineri sektöründe oluşan atıklar kapsamında, geri kazanım, geri dönüşüm ve bertaraf süreçlerinin sürdürülebilir atık yönetimi bakış açısıyla değerlendirilmeleri, eğer atık oluşumu önlenemiyorsa üretilen miktarların mümkün olduğu kadar aza indirgenmesi konusunda mevcut en iyi teknikler kapsamında öneriler ve proses gereği olarak oluşan büyük miktardaki atıkların rafineri içinde geri kazanım süreçlerinin değerlendirilmesi ön plana alınmıştır. Büyük miktarda oluşan rafineri çamurlarının dekantör sisteminin kullanılması ile çamur susuzlaştırma işlemini katkısı değerlendirilmiştir. Temel olarak kaynak verimliliğinin sağlanması, üretim süreçlerinden kaynaklanan atıkların miktarının azaltılmasını ve oluşan atıkların kaynağında ayrıştırılması, buna bağlı olarak sıfır ve sürdürülebilir atık yönetimi göz önünde tutularak geri dönüşüm ve geri kazanıma dahil edilmesi konusu değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Atık, Çamur Susuzlaştırma, Dekantör, Petrol, Rafineri.

## **PETROLEUM REFINERY INDUSTRY WASTE MANAGEMENT**

### **ABSTRACT**

In the production of petroleum products; crude oil is processed in different production facilities. These industrial establishments that convert crude oil into products with the help of main units and auxiliary facilities are called refineries. Main sections of refinery units, crude oil and vacuum distillation unit, LPG amine unit, naphtha hydrodesulfurizer, isomerization and reformer unit, kerosene and diesel hydrodesulfurizer unit, kerosene merox unit, propane-butane separation unit, sulfur recovery unit, catalytic cracking unit, hydro cracking unit can be given as. Wastes originating from the petroleum refinery industry are classified under two main categories as process-sourced and non-process. Ancillary process wastes that may arise as a result of activities carried out in addition to the main production units in industrial production facilities; Since there is no side process in oil refineries, there is no question in this sector. In this statement; Within the scope of wastes generated in the refinery sector, the recovery, recycling and disposal processes should be evaluated with a sustainable waste management perspective, if waste generation cannot be prevented, suggestions within the scope of the best available techniques to reduce the amount produced as much as possible and the recycling of large amounts of wastes generated by the process in the refinery. The evaluation of acquisition processes has been brought to the fore. The contribution of the large amount of refinery sludge to the sludge dewatering process was evaluated by using the decanter system. Basically, the issue of ensuring resource efficiency, reducing the amount of wastes arising from production processes and separating the wastes generated at their source, and accordingly including them in recycling and recovery, taking into account zero and sustainable waste management, were evaluated.

**Keywords:** Waste, Sludge Dewatering, Decanter, Oil, Refinery.

## GİRİŞ

Petrol ürünlerinin üretiminde; ham petrol farklı üretim tesislerinde işlenmektedir. Ham petrolü, ana üniteler ve yardımcı tesisler yardımıyla ürünlere dönüştüren bu endüstriyel tesislere rafineri denir.

Rafineri prosesleri genel olarak üç bölümde incelenebilir. Birinci bölümde rafineride işlenen ham petrolün ana ürün katmanlarına distilasyon yöntemiyle ayrıldığı ham petrol ve vakum üniteleridir. Bu bölümde rafineri ham petrol şarjı fuel gaz, tail gaz, Likit Petrol Gazı (LPG), hafif nafta, ağır nafta, kerosen, hafif dizel, ağır dizel ve fuel-oil olmak üzere ana katmanlarına ayrılır. Bu ürünlerden fuel-oil dışındaki diğer ürünler beyaz ürün olarak isimlendirilebilir. Ünitelere ait proseslerden çıkan beyaz ürünler değerli olmak ile birlikte direk satışa hazır ürünler değildir. Bu durumdan dolayı ekstra ünitelerde uygulanan işlemler ile ürünlerin kalitelerinin yükseltilmesi istenmektedir. Diğer üniteler ise; ham petrol ve vakum ünitelerinden çıkan ara ürünlerin reaksiyonlar yardımıyla istenen parametrelere ulaştığı dönüşüm ünitelerinden oluşmaktadır. Bunlara ek olarak rafineride üretilen gaz, LPG, nafta gibi ürünlerin tatlılaştırıldığı ya da temizlendiği ünitelerde bulunmaktadır.

Bir rafinerinin çalışabilmesi için yardımcı tesislere ihtiyacı vardır. Bu tesisler rafineri proses ünitelerinin buhar, elektrik ve yakıt ihtiyacını sağlayan sistemler olduğu gibi, üretilen ürünlerin depolandığı, satış için tankerlere yüklendiği, ham petrolün depolandığı, gemilerden rafineriye transfer edildiği sistemlerdir. Sonuç olarak rafinerinin bağımsız olarak çalışabilmesi için gerekli olan altyapı tesisleridir. Bu tesisler Deniz Dolum Ünitesi, Kara Dolum Ünitesi, Tank Sahası, Atık Su Arıtma Ünitesi, Elektrik ve Buhar Üretim Üniteleridir.

Rafinerilerde oluşan atıkların büyük kısmını tank dibi çamurları, biyolojik arıtma çamurları, API seperatör çamurları yada DAF çamur atıkları ile arıtma tesisi çamurları, hidrokarbona bulaşmış topraklar, desalter çamurları ve eşanjör çamurları oluşturmaktadır.

Çamur yarı katı formda proses ünitelerinde ve atıksu arıtma tesisinde oluşmaktadır. Rafinerilerde farklı kaynaklardan birçok tipte çamurlar oluşmaktadır. Bunlar; ham petrol veya ürün depolama tanklarının dip kısımlarında tank tabanlarında oluşan çamurlar, API havuzunda, flokülasyon ve flotasyon ünitesinde ve DAF ünitesinde oluşan çamurlardır. Biyolojik çamurlar oluşan çamurların büyük bir bölümünü oluşturmaktadır.

Oluşan çamurlar susuzlaştırma, kurutma ve/veya insineratörde yakılarak içeriğindeki hidrokarbon geri kazanılabilir ve bertarafa gönderilen miktar azaltılarak bertaraf maliyetleri düşürülebilir.

Rafinerilerde santrifüj dekantör biyolojik çamurlar sabit kurulan yada mobil sistemlerle en yaygın susuzlaştırma yöntemidir. Biyolojik çamurların susuzlaştırma işleminin ileri adımı olarak kurutma ve/veya insineratörde yakılarak içeriğindeki hidrokarbon sıfırlanmış olacaktır. Çamur susuzlaştırma sürecinde kullanılan santrifüj sisteminin verimliliği sektörde bulunan tüm tesisler ve laboratuvar çalışmaları ile kanıtlanmaktadır. Geri kazanım sağlanan hidrokarbon sebebiyle de oldukça karlı bir proses haline dönüşmektedir.

Yağlı çamurlar rafinerilerde dekantörde susuzlaştırma işlemi yapıldıktan sonra oluşan çamur kekinin çimento tesislerine, termik santrallere, tehlikeli atık yakma tesislerine bertarafa gönderilmesi en yaygın yöntemdir. Yağlı çamurlar için kurutma riskli olduğu için tercih edilmemektedir.

Bu çalışmada rafineri atık yönetimine ilişkin bilgilerin aktarılması ile en fazla atık yükü oluşturan çamurların değerlendirilmesi kapsamında kurulan prosesin avantajları ve geri kazanım süreçleri değerlendirilmiştir.

## 1. PETROL RAFİNERİSİ SEKTÖRÜ

### 1.1. Rafinasyon Süreci

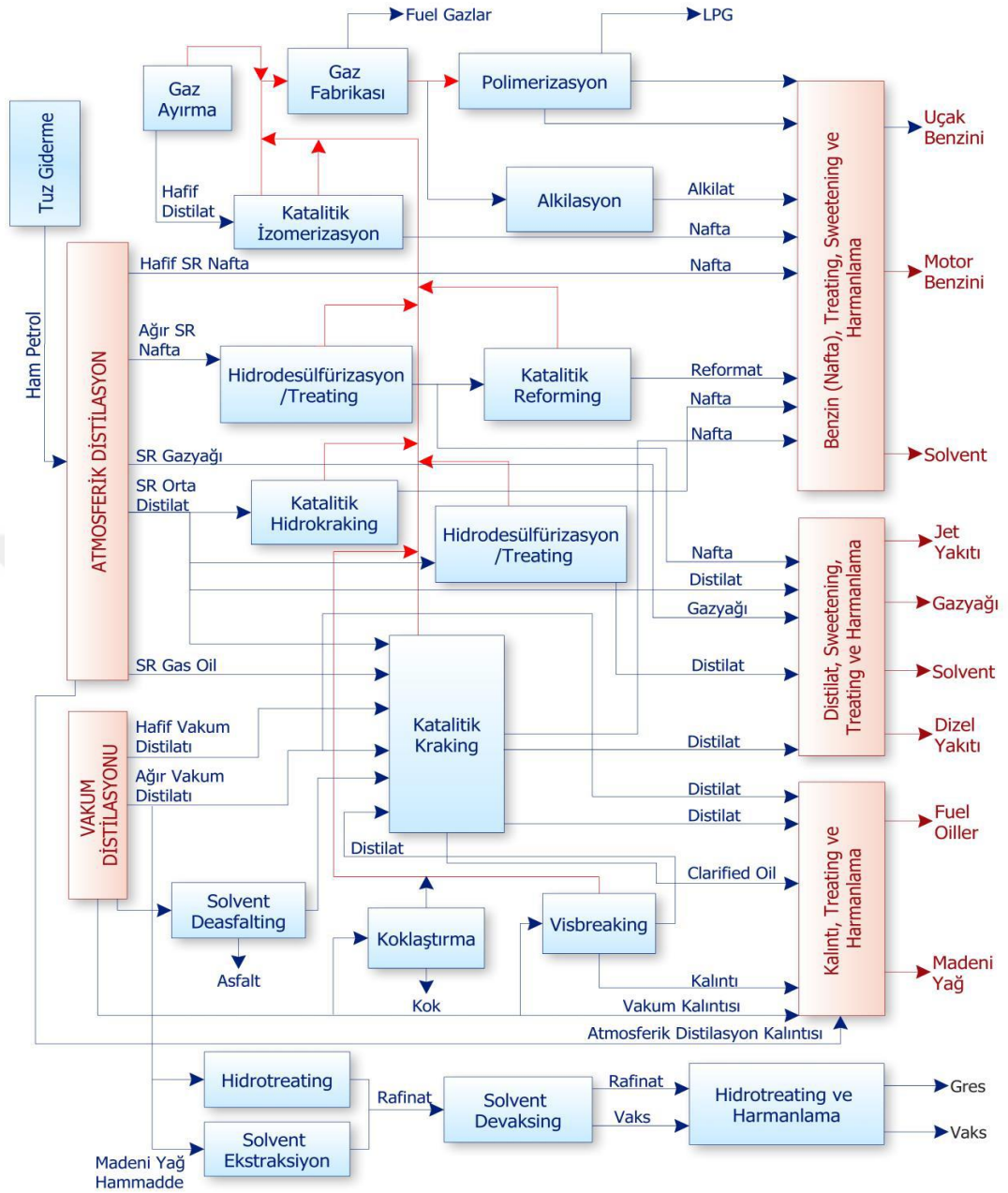
Rafinasyon süreci; ham madde olan ham petrolün satılabilir ürünler dönüştürülmesi olayıdır. Rafinerilerde oluşan ürünler araba, kamyon, uçak gemi ve diğer taşıtlarda kullanılmakla birlikte, sanayi, ticari alanlar ve evlerde ısı ve enerji üretiminde kullanılmaktadır.

Petrol ürünlerinin üretiminde hampetrol farklı proseslerde kullanılmaktadır. Hampetrol, yardımcı tesisler ve ünitelerin çalışma prensibiyle ana ürünlere dönüştürülen bu proseslere rafineri denmektedir. Rafineri görseli Şekil 1.1' de verilmektedir. Talep edilen ürünler doğrultusunda kalite ve belirtilen dinamikler bir tesisin kapasitesini etkileyen değişkenler bölgeden bölgeye değiştiği için tesis tipleride buna göre değişiklik gösterir (Güven, 2010).



Şekil 1.1. Rafineri prosesine ait fotoğraf (URL-1)

Yardımcı tesislerin çalışması ile rafineri proseslerinde gerekli olan steam, soğutma girişi yapan hampetrol ara ürünler veya nihai ürünlerin alındığı/depolandığı/satıldığı, deniz dolum, kara dolum, vagon dolum tesisleri ve tank alanları da bulunmaktadır. Rafineri proses diyagramı Şekil 1.2' de verilmektedir (Beşergil, 2019).



Şekil 1.2. Petrol ürünleri üretiminde kullanılan proses diyagramı (ÇŞB, 2016)

### 1.1.1. Hampetrol distilasyonu

Ham petrol distilasyonu sırasında tuz giderimi, ısıtma ve soğutma ile distilasyon işlemi olmaktadır. Distilasyon işlemi saf olmayan bir sıvılar karışımının saflaştırılması amacıyla veya ayrıştırmak amacıyla uygulanmakta olan ve kaynama noktaları farklı ile çalışan bir prosesdir. Ham petroldeki tuz, yüksek basınç yardımıyla 115-150 °C'ye ısıtılıp suda çözünerek uzaklaştırıldıktan sonra, fiziksel bir ayrışmayla katmanlara fraksiyon ile ayrılmak için bu proses bulunmaktadır. Bu

ünitede distilasyon kolonları, dramlar, ısıl değiştirici ve pompalar bulunmaktadır (Beşergil, 2019).

#### **1.1.1.1. Tuz giderimi**

Ham petrol içindeki tuzlar sebebiyle atmosferik damıtma kolonu sistemi için koroziftir. Bu proses ile ham petrol içindeki tuzlar etkin bir şekilde ayrıştırılır. Ham petrol ve su birbiriyle karışmadığından; desalterların dibinden tuzlu su, tepe noktasında tuz ve sudan arındırılmış ham petrol elde edilir. Desalterlardan çıkan su temizlenmek üzere kirli su sıyırma ünitesine gönderilir. Arındırılan ham petrol ön ısıtıcılarda ürünlerin sıcaklığı ile bir miktar daha ısıtılıp fırınlara gönderilir (URL-12).

#### **1.1.1.2. Atmosferik ve vakum distilasyon**

Atmosferik distilasyonda sonucu ortaya çıkan ürünler rafineri içerisinde tüketilmekte, satışta veya farklı ürünler elde etmek için başka proseslere gönderilmektedir. Atmosfer damıtma kolonunda ham petrolün içerisindeki hidrokarbonlar kaynama noktalarının farkından yararlanılarak ayrıştırılır. Kolondan çıkan ürünler inceden ağıra sırasıyla WSRN, Kerosen, hafif dizel, ağır dizel ve atmosferik dip ürünlerdir.

Atmosfer kolonunun yan çekişleri hafiften ağıra doğru sırasıyla kerosen, hafif dizel ve ağır dizeldir. Her bir çekiş daha sonra stripper (ayrıştırıcı) lerine gönderilir, burada ürünlerin flash (alevlenme) noktaları ayarlanır. Daha sonra ürünler ısı değiştirici ve hava soğutucular ile soğutulup tanklarına veya ünitelere çalışılmak amacıyla gönderilmektedir.

#### **1.1.1.3. Diğer distilasyon yöntemleri**

Atmosferik distilasyon kolon dibinden alınan ürün vakum kolonu öncesinde ön ısıtıcılarda ısıtılıp, vakum şarj fırınında istenilen sıcaklığa ulaştırılır. Dip ürünler, vakum altında ürünlerin kaynama noktalarından faydalınarak damıtılır. Vakum distilasyonu ünitesinde inceden dip ürünlere sırasıyla slop oil, LVGO, HVGO vakum dip ortaya çıkar. Vakum kolonunundan öncelikle LVGO (hafif vakum yağı) ve

HVGO (ağır vakum yağı) oluşur. Hafif ve ağır vakum yağları hava soğutucularından sonra tanklara veya unitelere gönderilir. Kolonun dibinden elde edilen ürünler fuel oil veya bitmdr (URL-12).

### **1.1.2. Kraking prosesleri**

#### **1.1.2.1 Termal kraking**

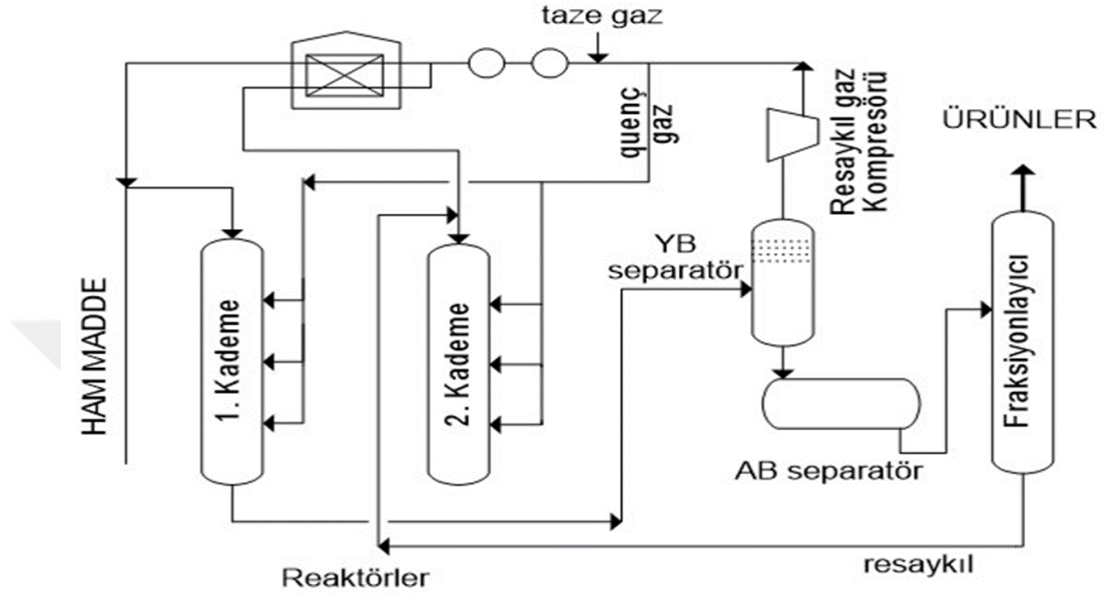
Termal kraking; 450-540°C yüksek sıcaklıklar altında 100-1000 psi basınç ile ağır fraksiyonlar kullanımı sonucu daha küçük moleküllerin elde edilmesi ve bunlarında birleşerek hafif fraksiyonları sağlanmasıdır. Kimyasal kraking sonucu ortaya çıkan gazlar önemlidir. Elde edilen gazlar kimyasal olarak aktif olmamakta ve az miktardadır. Yüksek oktanlı benzinler ile uçak yakıtlarınının üretiminde kullanılan olefinik ve parafinik gazlar kimyasal kraking ile sağlanabilir. Distilasyon kolonunun üstünden toplanmakta olan hafif fraksiyonlar ile altından alınan ağır fraksiyonlar, prosesden alındıktan sonra farklı ısıtıcılara içinde sıcaklıkları istenen düzeye artırılmaktadır. Termal Kraking ile üretilen naftalar çok miktarda olefin ve zararlı maddeler içerdiklerinden tankta bozulabilirler. Bu nedenle, bu tür naftalar uniferda işlenerek olefinler doyurulur ve zararlı maddelerden temizlenerek tekrar tanka verilir (Colwell, 2009).

#### **1.1.2.2. Katalitik kraking**

Proses; hidrokarbonların çapını ya da ieğinin değişmesiyle, ağır hidrokarbonların çok daha düşük kaynama noktası bulunan hidrokarbonlara dönüşmesi için kullanılır. Bu işlem, ince ürün talebinden doğmaktadır ve katalitik kraking ham petrolden elde edilen ince ürün miktarını arttırmaktadır. Katalitik kraking, yüksek sıcaklık altında ağır hidrokarbon gruplarının daha değerli olan ince olarak adlandırılan hidrokarbonlara dönüştürülmesi işlemidir. Bu reaksiyon termik veya katalitik olarak yürütülür. Çok ufak küre şeklindeki parçalardan teşekkül etmiş ve hava ile sıvılarda olduğu gibi boru ve dramların içinde hareket edebilecek akışkanlığı kazanan katalistin kullanıldığı proses akıcı katalitik kraking işlemidir. Akışkan katalist, reaktör kısmından rejenerasyon kısmına doğru devamlı sirküle eder. Böylece katalist aynı zamanda rejen bölgesinden reaktör bölgesine ısının taşımını da sağlamış olur.



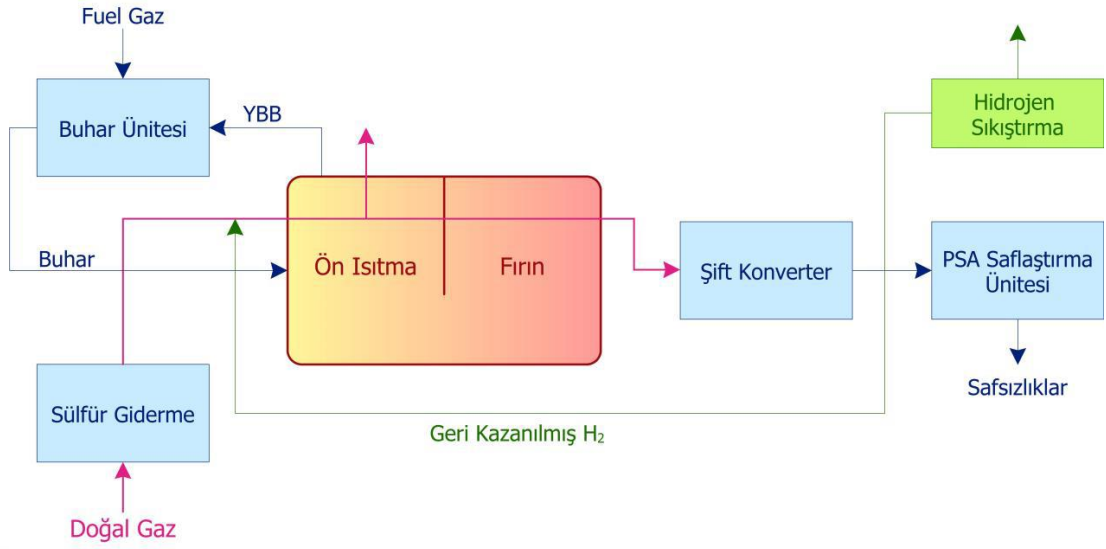
Kraking sırasında kullanılmakta olan katalist, Kraking reaksiyonunun daha düşük basınç ile sıcaklık altında gerçekleştirilmesini sağlar. Akışkan yataklı katalitik kraking iyi bir ısı dağılımı sağlar; Daha stabil kraking gazları ve daha az istenmeyen ürün elde edilir. Hidrokraking akım şeması Şekil 1.3' de verilmektedir.



Şekil 1.3. Hidrokraking akım şeması (Beşergil, 2019)

### 1.1.3. Hidrojen prosesleri

Proses unifiner, izomerizasyon ve hidrokraking ünitelerinde kullanmak amacıyla hacim olarak %99,9 saflık içeren hidrojen üretimine katkı sağlamaktadır. Hidrojen prosesinde kullanılan ve bilinen yöntem buharla dönüştürmektir. Hidrojen ünitesinde şarj olarak; doğal gaz, hafif nafta, uncracking nafta ve dönüşüm gazı kullanılabilir. Ünite bu şarjlardan yalnızca birini işleyecek şekilde tasarlanmıştır. Ancak hidrojen yüzdesi yüksek olan dönüşüm gazı her üç şarjda da belirli bir oranda kullanılabilir. Proses şeması Şekil 1.4.'de verilmektedir. Buhar ön ısıtma ile yüksek basınçlı olarak geri dönmektedir. Basınç salınımlı adsorpsiyon ile safsızlık sağlanmaktadır. Reaksiyon endotermik olduğu için dışarıdan ısı verilmesi gerekmektedir (Depadment, 1980).



Şekil 1.4. Hidrojen üretimi akım şeması (URL-12)

#### 1.1.4. Ağır nafta işleme

Ağır nafta işleme süreci unifiner, reformer ve benzin giderme ünitelerinin tamamından oluşmaktadır. Yapılan işlemlere ilişkin bilgiler alt başlık olarak aşağıda verilmektedir.

##### 1.1.4.1. Unifiner ünitesi

Unifiner ünitesi; ağır nafta da kükürt, oksijen azot gibi bulunan safsızlıkları yüksek sıcaklık ve basınçta, sabit yataklı bir reaktörde temizlemektedir. Unifiner prosesi nafta içerisinde bulunan kükürt, azot, oksijen bileşiklerini katalist yardımı ile hidrojen ortamında parçalayarak ayıran bir prosestir. Platformer şarjı içerisinde kükürt miktarının kritik bir seviyenin üzerine çıkmasında, katalist için geçici bir zehirdir ve mahsul dağılımını olumsuz yönde etkileyebilir. Azot da kataliziğin geçici bir zehirdir ve katalist aktivitesini azaltabilir. Unifinerda atılmayan oksijen bileşikleri platformerde su buharına dönüşerek katalist üzerindeki su / klor dengesini bozacağından proses için zararlıdır. Unifiner ünitesi platformere şarj hazırlamaktan farklı amaçlar için de kullanılabilir (Depadment, 1980).

#### **1.1.4.2. Reformler ünitesi**

Reforming parafinler içerisindeki moleköl yapılarını karbon sayılarını değiştirmeden düzenlenmesi ve içindeki çok dallı izomerlerin sayısını artırarak veya aromatlara dönüştürerek yüksek oktanlı benzin elde etme tekniğidir. Reformler ünitesinin amacıünifiner ünitesinde temizlenen ağır naftanın basınç ve hidrojenle birlikte yüksek sıcaklık ile kataliz ile parçalanmasıyla yüksek oktanlı benzin, jet yakıtı ve LPG ürünü elde edilmektedir. Reformler; rafinerinin farklı ünitelerinde kullanılacak olan saflığı yüksek hidrojen gazı da üretmektedir (Beşergil, 2019).

#### **1.1.4.3. Benzen giderme ünitesi**

Benzen giderme ünitesinin amacı, reformer içindeki Benzeni hidrojenasyona tabii tutarak sikloheksana dönüştürüp, üründeki benzen oranını hacimce % 1'e düşürmektir. Ünite, hidrojen tüketiminin ve ürünün oktan kaybının C5+ kaybını azaltmak amacıyla dizayn edilmiştir. Ünite, reformer splitter, klor tutucu yatak ve kolon yan çekişine hidrojenasyon reaktöründen oluşmaktadır (Beşergil, 2019).

#### **1.1.5. Nafta merox ünitesi**

Nafta merox ünitesi çalışma prensibi tatlılaştırma bir hidrokarbon akımındaki merkaptan kükürtlerinin miktarında bir değişiklik olmaksızın disülfür kükürtlerine dönüştürüldüğü bir ameliye olarak tarif edilir. Bu ameliyede belirtildiği üzere kükürt miktarında bir azalma söz konusu olmayıp yalnızca kükürtlü bileşikler farklı kimyasal yapıya dönüşürler. Nafta Merox Ünitesi Naftanın merkaptanının giderilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Kükürt miktarında bir azalma olmamakla birlikte kükürtlü bileşikler farklı kimyasal yapıya dönüşürler (URL-9).

#### **1.1.6. Kerosen ve dizel işleme**

Kerosen ve dizel işleme kapsamında kükürt giderme ünitesi ve kerosen merox ünitesine ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan işlemlere ilişkin bilgiler alt başlık olarak aşağıda verilmektedir.

#### **1.1.6.1. Kükürt giderme ünitesi**

Bu ünitenin çalışma prensibi; ağır nafta (HSRN) içerisinde bulunan oksijen, kükürt, azot gibi maddeleri, yüksek sıcaklık ve basınç altında, hidrojen içeriği yüksek gaz ortamında, katalist içeren sabit yataklı bir reaktör içinde gaz fazına geçebilecek şekilde getirilerek, nafta şarjını bu maddelerden temizlemektir. Bu maddeler, platformer katalisti için zehirlidir. Böylelikle platformer ünitesine temizlenmiş nafta şarj olarak verilir. (Kükürt giderme) ünitesinin amacı; kerosen (jet yakıtı), dizel, LVGO (hafif vakum yağı) içerisinde bulunan oksijen, kükürt ve azot gibi maddelerin yüksek sıcaklık ve basınçta, hidrojen zengin gaz ortamında katalist içeren sabit yataklı bir reaktörde gaz fazına geçebilecek şekilde getirmek suretiyle temizlenmesini sağlamaktır. Dizelin kükürdü alınmış hali ortaya çıkmaktadır. Kükürdü alınan dizel yakıtın tepe ürünü benzinden, kükürt elde etme ünitesine gönderilen hidrojen sülfür ile yakıt sistemine gönderilen hidrokarbon gazları elde edilen ürünlerdir (URL-12).

#### **1.1.6.2. Kerosen merox ünitesi**

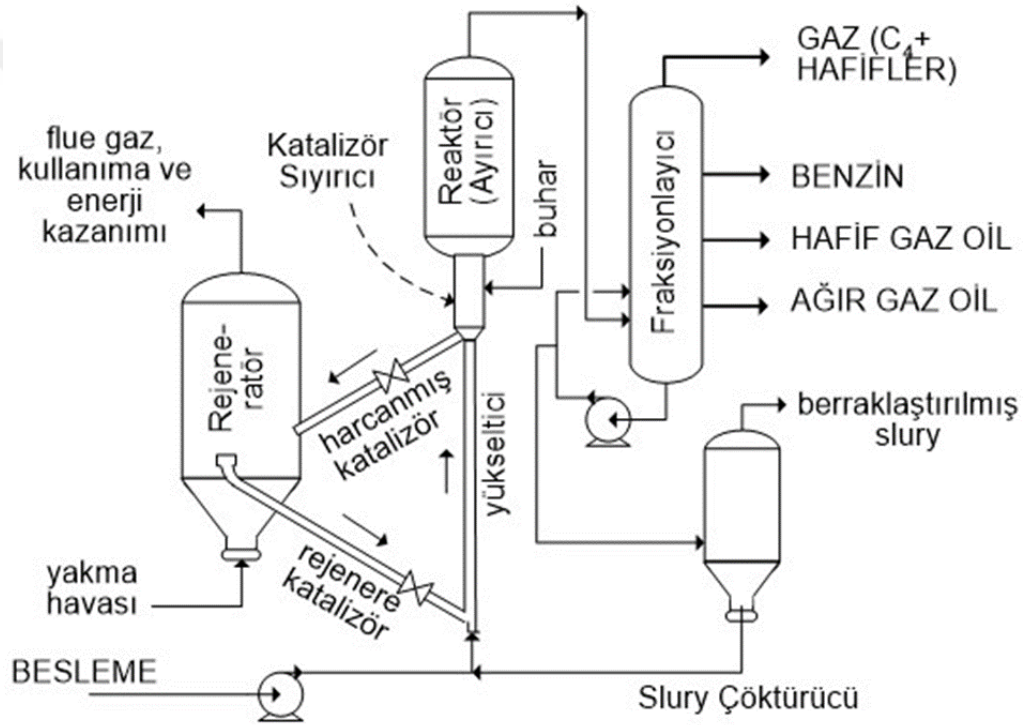
Kerosen ham petrolun atmosferik basınç destilasyonunda 150-270°C arasında ayrılan ve naftadan daha ağır olan bir bileşendir (Milli Eğitim Bakanlığı, 2014).

Tatlılaştırma olarak da isimlendirilen bu proseste, reaktörde kerosen içeriğindeki merkaptan türü daha az zararlı disülfürlere dönüştürülerek merkaptan içeriği ppm değeri düşürülmektedir. Kerosen temizleme prosesinde hidrokarbonların içindeki merkaptanlar düşük buhar basınçlı disülfürlere dönüşür, tamamen ayrışma söz konusu olmamaktadır (URL-9).

#### **1.1.7. Akışkan katalitik kraking (FCC) ünitesi**

FCC Ünitesi, ham petrol ünitesinde vakum kolonunda orta ürün olarak çıkan Heavy Vacuum Gas Oil (ağır vakum yağı)'i katma değeri daha yüksek olmakta olan benzin ve LPG'ye dönüştürmek için kurulmaktadır. Katalitik kraking katalizör takviyesiyle uygulanan temel bir kraking prosesidir. Reaksiyon termik veya katalitik olarak yürütülür. Çok ufak küre şeklindeki parçalardan teşekkül etmiş ve hava ile sıvılarda olduğu gibi boru ve dramların içinde hareket edebilecek akışkanlığı kazanan katalistin kullanıldığı proses akıcı katalitik kraking (FCC) işlemidir.

Katalist, kimyasal reaksiyonların hızlanmasını sağlayan ve reaksiyon için ihtiyaç duyulan enerji miktarının azaltılmasında katkıda bulunan geniş yüzey yapısına sahip maddelerdir. FCC ünitesinde kullanılan katalist, basınç ile akışkan özelliğini göstermesi için toz halinde kullanılmaktadır. Bu unitede kullanılan katalistin; yüksek sıcaklık ve buhara karşısında sabit olması, yüksek aktivasyon, geniş gözenek çapları, aşınma karşısında direnç gösteren ve az miktarda kok üretimine sahip olması beklenir. Akışkan yataklı katalitik kraking iyi bir ısı dağılımı sağlar, bu sayede daha stabil kraking gazları ve daha az istenmeyen ürün elde edilmiş olur. Prosesle ilişkin akım şeması Şekil 1.5.'de verilmiştir (Meyers, 2000).



Şekil 1.5. Katalitik kraking ünitesi proses akım şeması (Beşergil, 2019)

Fraksiyon prosesinde; reaktörde oluşan fraksiyon işlemiyle, yeniden kraking işlemi için geri gönderilen rejenere gaz yağı ve mamül olarak konumlandırılan yağ, ağır yağ, hafif yağ, stabil özellik göstermeyen FCC benzini ile ıslak gaz ortaya çıkmaktadır.

#### 1.1.7.1. FCC benzini kükürt giderme ünitesi

Ünitenin çalışma prensibi, debütanizerden gelmekte olan FCC Benzininin olabildiğince oktan sayısının düşmesini engelleyerek kükürt içeriğini azaltılmadır.

FCC Benzini iki basamakta işlenmektedir. Birinci basamak hidrojenasyon ünitesinden oluşmaktadır. Burada diolefinler olefinlere, ince merkaptanlar ise daha ağır kükürt bileşiklerine dönüşmektedirler. Bu adımda ayrıca hedef kükürt içeriği ağırlıkça 30 ppm olan hafif Benzin üretilmektedir. İkinci adım Seçici Hidrodesulfurizasyon Ünitesi' dir. Burada ağır kükürtlü bileşikler H<sub>2</sub>S'e çevrilir ve Ağır Benzin üretilir. Daha Sonra üretilen bu iki ürün ortalama 30 ppm kükürt içeriği değerini sağlayacak şekilde karıştırılırlar (Dando ve Martin, 2003).

### **1.1.8. LPG işleme**

Rafinerilerde LPG üretiminde amin ünitesi ile LPG merox ünitesi görev almaktadır. Oluşan LPG' nin belirlenen normlar doğrultusunda hazırlanması ve temizlenmesi bu üniteler sayesinde sağlanmaktadır.

#### **1.1.8.1. Amin ünitesi**

Kirli LPG' ler temizlemek için amin ünitesine gönderilmektedir. LPG, kolondaki temiz amin çözeltileri ile temas etmekte olup, içinde bulunan H<sub>2</sub>S amin vasıtasıyla geçici bir tuz bileşiği oluşturmasıyla amin fazına geçmekte ve kolonun tepesinden çıkmakta olan, H<sub>2</sub>S'den temizlenmiş olan LPG, LPG ayırıcı drumına girmektedir. Amin ile ele alınan ve H<sub>2</sub>S'den temizlenen LPG, içinde kalan H<sub>2</sub>S ve merkaptanlarından temizlenmesi için LPG merox ünitesine gönderilir (Beşergil, 2019).

#### **1.1.8.2. LPG merox ünitesi**

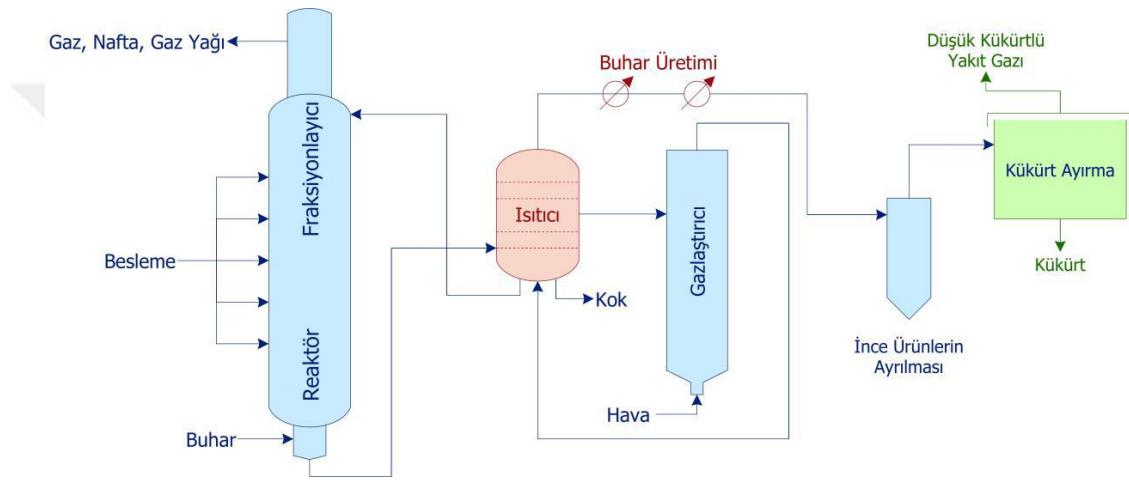
GAZ DEA Ünitesinde DEA ile muamele edilerek H<sub>2</sub>S'inden 50 ppm mertebesine kadar temizlenmekte olan LPG içerisinde kalmakta olan H<sub>2</sub>S ve merkaptanlarından arındırılması için iki farklı LPG Merox ünitesine girmektedir. Kolonun tepe noktasından çıkmakta olan LPG, depolama tanklarına gitmektedir. (Beşergil, 2019).

Bu ünite, LPG'nin merkaptan ve hidrojen sülfürden temizlenerek benzer iki proses ile amin çözelti rejenerasyonunun ve işletme çözeltilerinin hazırlanmasında kullanılmakta olan ortak proses gruplarından oluşmaktadır. LPG amin kükürt gideriminin sağlandığı kolonlar, ısı değiştiriciler, dramlar, fitreler ve pompalar prosesin ana ekipmanlarıdır. Üniteye girmekte olan LPG, ekstraktörler içinde monoetanolamin

çözeltisi, alkali çözeltisi ve su uygulamasıyla içinde bulunan H<sub>2</sub>S ve merkaptanlardan temizlenmektedir. (Unep, 2007).

### 1.1.9. Koklaştırma

Koklaştırma prosesi; Vakum Dip ürününün bir fırında hızla ısıtılarak kok dramları içerisinde uygun sıcaklık ve basınç koşulları altında ısıl parçalanma işlemine uğradığı bir prosestir. Prosele ilişkin akım şeması Şekil 1.6' da verilmektedir (Beşergil, 2019).



Şekil 1.6. Akışkan koklaştırma işlemi akım şeması (URL-12)

Üretilen LPG, kok prosesininin nafta ürünü olan kükürt ve diğer safsızlıklardan temizlenmesi amacıyla desülfürizasyona, hafif kok yağları dizel kükürt giderme prosesine; ağır kok gaz yağları desülfürizasyona ve oluşan petrokokda kok depolama alanına gönderilmektedir (Beşergil, 2019).

### 1.1.10. Gaz temizleme-amin rejenerasyonu

Sıvı ve gaz hidrokarbon akımlarından hidrojen sülfür uzaklaştırılması bu bileşikçe zengin akımların korozif özelliklerinin ve kötü kokularının azaltılması için tercih edilmektedir. Bunlardan daha önemli olan bir diğer gereklilik ise günümüzde kükürt bileşikleri ihtiva eden yakıtlardan kaynaklanan çevre sorunlarını minimize etmektir. Günümüzde hidrojen sülfürü uzaklaştırmak için geniş olarak kullanılan en ekonomik proses alkolaminlerin sudaki çözeltilerini kullanan sürekli absorpsiyon/ rejenerasyon prosesidir (Beşergil, 2019).

### 1.1.11. Kükürt üretimi ünitesi

Kükürt geri kazanım ünitesinde hidrojen sülfür içerikli gaz işletilerek, sıvı yada katı fazla elemental kükürt elde edilmektedir. Kükürtün üretilmesi aşamasında; asit gaz içerisinde bulunmakta olan H<sub>2</sub>S'in bir miktarının, açığa çıkmakta olan yanma gazlar içerisindeki H<sub>2</sub>S/SO<sub>2</sub> oranına bağlı olarak kontrol altında yakılması ile gerçekleşir. Klaus prosesi olarakta adlandırılmaktadır.



Reaksiyon sonucu oluşmakta olan SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S ile sıcaklık desteğiyle tekrardan reaksiyona girmekte ve bu sayede kükürt üretimi gerçekleşmektedir. Oluşan kükürt yoğunlaştırılarak gaz akımlarından ayrıştırılmaktadır.



### 1.1.12. Baz yağları üretimi

Hammedde bir ısıl değiştiriciye alınarak ısıtılır ve vakum kolonu fırınına gönderilmektedir. Talep edilen kalite ve standartlarda distilatlar ve kalıntı elde edilecek şekilde ısıtılmaktadır. Oluşan distilatların viskoziteleri ile alevlenme noktaları sürekli olarak takip edilir. Vakum kolonunun tepe noktasından gazlar, dip kısmında ise sıvı ürünler oluşmaktadır. Ünite proses ekipmanları olarak şarj tankı, pompalar, vakum fırını, vakum distilasyon kolonundan ve diğer vakum elemanlarından oluşmaktadır. (URL-12).

### 1.1.13. Dolum ve depolama tesisleri

Bu ünite de petrol ürünlerinin depolanması işlemi gerçekleşir. Hammadde temini, nihai ürün depolaması ve satış süreci bu ünite vasıtasıyla yapılır. Gelen gemiler dolum kolları vasıtası ile ham petrolü depolama tanklarına gönderir. Boru hattı vasıtasıyla da gelmekte olan ham petrol de depolama tanklarında depolanmaktadır. Depolama tanklarına ilişkin görsel Şekil 1.7' de verilmektedir (Dokuz Eylül Üniversitesi, 2020).





Şekil 1.7. Rafineri depolama tanklarına ilişkin fotoğraf (URL-2)

#### **1.1.14. Fleyr**

Rafineri ünitelerinin devreye girme ve devreden çıkma süreçleri ile acil durumlarda ortaya çıkan gazların gönderilmesi için fleyr sistemi kullanılmaktadır. Prosesler gereğince acil durumlarda oluşan gazların emniyetli olarak sistemden atılabilmesi fleyr sistemi rafinerilerde kullanılmaktadır. Fleyr sistemi belirtilen standartlara uygun olarak desteklenmiş sistemden oluşmaktadır. Ünitelerden çıkan atık gazlar fleyr sisteminde alevle birlikte yanmaya başlar ve atmosfere kontrolsüz gaz gönderimininde önüne geçilmiş olunur. Fleyre ilişkin görsel Şekil 1.8' de verilmektedir (URL-9).



Şekil 1.8. Rafineri fleyr sistemine ilişkin fotoğraf (URL-3)

#### **1.1.15. Yardımcı tesisler**

Rafinerilerin ihtiyaç duyduğu elektrik ve buhar; jeneratör, kazan ile gaz türbininden ve proseslerden gelen atık ısılar ile temin edilmektedir.

Kullanılan buhar, proseslerde ve elektrik üretimi amacı ile alternatörlerde kullanılmaktadır. Rafineride farklı amaçlar içinde kullanılmakta olan buharların bir kısmı yoğunlaştırılarak geri kazanımı sağlanmaktadır.

Rafineriler fuel oil, rafineri gazı ve dışarıdan satın alınan doğalgazı yakıt olarak kullanmaktadır (İpıca, 2014).

## 2. PETROL RAFİNERİSİ SEKTÖRÜNDEN KAYNAKLANAN ATIKLAR

### 2.1. Atık Türleri ve Kodları

Petrol rafinasyonu ile oluşan atıklar iki ana grup altında ele alınmaktadır: Prosesten kaynaklı atıklar ve prosesin dışındaki atıklar olarak adlandırılabilir.

Çevre Kanunu gereğinde uygulanmakta olan Atık Yönetimi Yönetmeliği'nin Ek 3-B tablosunda verilen konsantrasyonları aşılırsa atıklar tehlikeli olarak kabul edilir ve "M" harfi ile yanında yıldız (\*) işareti bulunan altı haneli kodla tanımlanırlar. Tehlikeli bileşen konsantrasyonları, Ek 3-B'de verilen eşik değerlerin altında kalmakta ise, atıklar tehlikesiz olarak sınıflandırılmakta ve "M" işaretli atıkların tehlikesiz karşılıkları olan altı haneli kodlar kullanılarak tanımlanmaktadır. Atık kodları için üç kademli bir kodlama kullanılmaktadır. Her kod 6 hane ile tanımlanır. Örnek: XX YY ZZ (URL-10).

Yönetmelik gereğince atıkların tehlikesiz altı haneli kodlarla verilebilmesi için tehlikesiz olduklarının analiz sonuçları ile belirlenmesi gerekmektedir (URL-12).

Oluşan tüm atıklar ülkemizde Çevre ve Şehircilik Bakanlığında lisanslı bertaraf, ara depolama ya da geri kazanım tesislerine gönderilmektedir.

Petrol rafineri endüstrisinden kaynaklanan atıklar ise proses kaynaklı ve proses dışı olarak iki ana sınıf altında ele alınmaktadır. Petrol rafineri atıkları listesi şu şekildedir:

- Tank dibi çamurları, biyolojik arıtma çamurları, API seperatör ve DAF çamur atıkları, atık su, arıtma tesisi çamurları, petrol bulaşmış toprak, desalter çamurları ve eşanjör çamurları vb. (Mariam ve diğ., 1996).
- Kirlenmiş toprak, filtre kil veya tuzları, kontamine atıklar (ziftli bezler, üstübu vb.), filtre materyalleri (hava emiş filtreleri vb.), aktif karbon atıkları, atık boya ve epoksi vb.

- Kontamine olmuş dramlar, tanklar, kolonlar, borular veya eşanjörler
- Geri dönüştürülebilir metal, cam, plastik ve kağıt atıkları
- Kullanılmış katalist (değerli metaller içerenler hariç);
- İyon değiştirici reçine atıkları, kazan besleme suyu çamuru, kurutucu ve adsorbanlar, seramik küreler, FGRS atıkları (atıkgaz kükürt giderme) vb.
- Radyoaktif atıklar; radyoaktif ölçerler, X-ray radyoaktif maddeleri, laboratuvar kaynaklı radyoaktif kaynaklar,
- Tufal; metalik demir ile birlikte 3 çeşit demir oksiti (Wüstit (FeO), Manyetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) ve Hematit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)) bünyesinde barındırabilen pas atıkları,
- İnşaat / yıkıntı atıkları; Hurda metal, beton, asfalt, toprak, asbest, mineral elyaf, plastik/ahşap,
- Atık kimyasallar; Laboratuvar, kostik, asit, katkı maddeleri, sodyum karbonat, solventler, MEA ve DEA (mono/di-etanolamin) atıkları,
- Piroforik atıklar; tankların iç yüzey kumlama işlemleri sonucu oluşan veya proses ünitelerindeki kolon vb. ekipmanların iç yüzeylerinde oluşan FeO bileşenli pas/tufal atıkları,
- Atık yağlar; Makine yağı, kesme yağı, transformatör yağı, geri kazanılmış yağ, atık motor yağları.
- Evsel atıklar,
- Bitki atıkları (bitkiler veya dallar) (Bahadori, 2014).

### **2.1.1. Proses atıkları**

Rafinerilerde oluşan atıklar, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek-4 altında verilmekte olan atık listesinde farklı başlıklar kullanılarak listelenmiştir. Bu listedeki tehlikeli atıklar “\*” yıldız işareti ile belirtilmişlerdir.

Petrol ürünlerinin üretiminden oluşan atıklar, 05 01 kodu altında yer alan atıkları kapsamaktadırlar. Bu atık kalemlerine ilave olarak; 05 07 kodlu “Doğal Gaz Saflaştırma ve Nakliyesinde Oluşan Atıklar”, 06 02 kodlu “Bazların İmalat, Formülasyon, Tedarik ve Kullanımından (İFTK) Kaynaklanan Atıklar”, 10 01 kodlu

“Enerji Santrallerinden ve Diğer Yakma Tesislerinden Kaynaklanan Atıklar”, 16 08 kodlu “Bitik Katalizörler” ve 19 09 kodlu “İnsan Tüketimi ve Endüstriyel Kullanım İçin Gereken Suyun Hazırlanmasından Kaynaklanan Atıklar” rafineri sektörü atıklarını kapsamaktadır.

19 09 99 kodlu atıklar, membran proseslerinden kaynaklanan atıklar için kullanılan atık kodudur. Atık Yönetimi Yönetmeliği'nin 12'nci maddesinin ikinci fıkrası gereğince Bakanlık'tan gerekli izinler alınmak şartıyla membran proseslerine yönelik atıklar için “19 09 99” kodu kullanılacaktır (URL-10).

### **2.1.2. Proses dışı atıklar**

Proses dışı atıklar kategorisinde sınıflandırılan atıklar, tesislerde uygulanan proseslerin dışında ortaya çıkan atıklardır. Tüm sektörler incelendiğinde proses dışı atıkların farklı proseslere görede benzerlik gösterdiği söylenebilir. Atık beyanında bulunan tesisler yönetmelikçe belirlene sektörel bazlı atıklar ile birlikte kendi tesislerinden kaynaklanan proses dışı atıkları tanımlayarak beyan işlemlerinde bu atıkları belirtmeleri gerekmektedir (URL-10).

## **2.2. Atık Oluşum Kaynakları**

Tablo 2.1' de proses atıklarının oluşacağı yerler gösterilmektedir. Proses dışı atıklar için tüm faaliyetler gözden geçirilmelidir. Proses dışı atıkların tanımlanmış olduğu liste aşağıda verilmektedir, listede yer alan atıkların rafinerilerin faaliyetlere özel olarak farklılaşması da mümkün olabilmektedir (URL-10).

- 13 “Yağ Atıkları ve Sıvı Yakıt Atıkları”
- 15 “Atık Ambalajlar; Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Emiciler, Silme Bezleri, Filtre Malzemeleri Ve Koruyucu Giysiler”
- 16 “Listede Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Atıklar”
- 17 “İnşaat ve Yıkım Atıkları (Kirlenmiş Alanlardan Çıkartılan Hafriyat Dahil)” için tehlikeli maddeler ile kirlenmiş toprak, kablolar, inşaat malzemesi (özellikle eski tesislerde asbest içerme riski nedeniyle yalıtım malzemeleri) vs.

- 18 “İnsan ve Hayvan Sağlığı ve/veya Bu Konulardaki Araştırmalardan Kaynaklanan Atıklar” için revirler ve acil yardım üniteleri o 19 “Atık Yönetim Tesislerinden, Tesis Dışı Atık Su Arıtma Tesislerinden ve İnsan Tüketimi ve Endüstriyel Kullanım İçin Su Hazırlama Tesislerinden Kaynaklanan Atıklar” için atıksu arıtma tesislerine o 20 “Ayrı Toplanmış Fraksiyonlar Dahil Belediye Atıkları (Evsel Atıklar ve Benzer Ticari, Endüstriyel ve Kurumsal Atıklar)” için üretim alanları ofisler, yemekhaneler (URL-10).

Tablo 2.1. Proseslerde oluşan atıklar (URL-12)

Proses	Üretilen Atıklar
Depolama ve Taşıma	Tank dibi çamurları (05 01 03*) Petrol döküntüleri (05 01 05*) İşletme ya da ekipman bakım çalışmalarından kaynaklanan yağlı çamurlar (05 01 06*) Diğer Ziftler (05 01 08*)
Ürün İşleme	Tank dibi çamurları (05 01 03*) Petrol döküntüleri (05 01 05*) İşletme ya da ekipman bakım çalışmalarından kaynaklanan yağlı çamurlar (05 01 06*) Sodyum ve potasyum hidroksit (06 02 04*) Tehlikeli geçiş metalleri ya da tehlikeli geçiş metal bileşenlerini içeren bitik katalizörler (16 08 02*) Tehlikeli maddelerle kontamine olmuş bitik katalizörler (16 08 07*)
Arıtma Tesisi	Tank dibi çamurları (05 01 03*) Petrol döküntüleri (05 01 05*) İşletme ya da ekipman bakım çalışmalarından kaynaklanan yağlı çamurlar (05 01 06*) Diğer Ziftler (05 01 08*) Saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan tehlikeli madde içeren çamurlar (05 01 09*) İlk filtreleme ve süzme işlemlerinden kaynaklanan katı atıklar (19 09 01) Kullanılmış aktif karbon (19 09 04) Doymuş ya da kullanılmış iyon değiştirme reçinesi (19 09 05) İyon değiştiricilerinin rejenerasyonundan kaynaklanan solüsyonlar ve çamurlar (19 09 06) Başka bir şekilde tanımlanmamış atıklar (19 09 99)

### 2.3. Atıkların Oluşumunun Önlemleri ve Aza İndirgeme

Atık Yönetimi Yönetmeliği'nde de görüldüğü üzere atık yönetim hiyerarşisinin önemi oldukça vurgulanmaktadır. Şekil 2.1' de şematik olarak gösterilen hiyerarşisini ilk önceliği, oluşması mümkün olabilecek atıkların üretim aşamasında önüne geçilmesi ve oluşan atık miktarlarının ve tehlikelilik durumunun azaltılması olarak

karşımıza çıkmaktadır. Atıkların yeniden kullanımının değerlendirilmesi, geri dönüşüm süreci ve enerji elde edilmesi yoluyla geri kazanılması ise ikinci basamağı, geri kazanımı mümkün olmayan atıkların çevreye zarar vermeyecek şekilde yakılması veya düzenli, depolanması işlemide son seçenek olmaktadır. Eğer atık oluşumu önlenemiyorsa üretilen atık miktarının minimuma indirilmesi esastır (Ipieca, 2014).

Bu süreçte belirtilen asıl amaç; tehlikeli atık hacminin ya da miktarının yapılacak çalışmalar ile düşürülmesidir. Bu sayede en az tercih edilen, şemanın en altında kalan alternatif olan nihai bertarafa gidecek atık miktarı azaltılacaktır. Atık hiyerarşisine göre atıklar ancak daha öncelikli tercih edilebilir alternatifler işe yaramadığı durumda nihai bertarafa gönderilmelidir (URL-10).

Atık önleme ve yönetimi aşamaları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Atığın kaynağında önlenmesi
- Atığın tekrar kullanım amaçlı geri kazanımı
- Atığın geri dönüşümü
- Atığın diğer şekillerde çevrimi (ör. Enerji çevrimi)
- Atığın bertarafı



Şekil 2.1. Atık yönetim hiyerarşisi (URL-12)

Endüstriyel bazlı tehlikeli atıkların büyük bir kısmını kimyasal madde üretimine ilişkin sektörler ve bağlantılı endüstriler oluşturmaktadır. Atık hacminin önemli bir

bölümünü oluşturan, sanayiden kaynaklı tehlikeli atık miktarlarının düşürülmesi için atık oluşumunu önleme ve atığı azaltma ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır (Cheremisinoff, 2003).

Endüstriler açısından alınması planlanmakta olan önlemler içinde ürünlerin çevreye uyumlu hale getirilmesi ve buna bağlı teknolojik gelişmelerin takibi, üretim proseslerinin geliştirilmesi, atık olarak oluşan birçok maddenin geri kazanılmasının sağlanması, yeniden kullanılmasının teşviki ve ileri arıtma teknolojileri vb. konuları kapsamaktadır (Dando, 2003).

Belirtilen uygulamaların büyük kısmı literatür araştırmalarında önerilmekte ve endüstriler tarafından uygulanmaktadır. Diğer hususlar bireysel kuruluşlar tarafından kendi ihtiyaçlarını karşılanması için geliştirilecek ve daha sonrasında saha uygulaması olarak yayılımı sağlanmaktadır. Atık oluşumunu önleme ve azaltma uygulamaları ya da bir diğer adıyla mevcut en iyi teknikler (MET) sadece üretilen atık miktarlarının düşürülmesi sayesinde çevresel olarak faydalı bir etki yapmakla kalmayıp, atık bertaraf masraflarının önlenmesi ya da azaltılması sayesinde işletmelere finansal bir fayda da sağlamaktadır. Bu bölümde ayrıntıları verilen ham petrol rafinasyonu sanayii için atık oluşumunu önleme ve azaltma tedbirleri özellikle proses atıklarını içermektedir. Geliştirilen tüm MET'lerin hem yeni kurulacak hem de kurulu tesislere uygulanabileceği görülmektedir. Bu uygulamalar ile ilgili daha ayrıntılı bilgiye ulaşılabilecek kaynaklar mevcuttur. Bununla birlikte, atık oluşumunu önleme ve azaltma uygulamaları ya da bir diğer terimi ile mevcut en iyi teknikler (MET) yürürlükte olan ulusal mevzuata uygun olması halinde mümkündür (URL-12).

Rafinerilerde etkin bir atık yönetim programının oluşturulması gerekmektedir, bu kapsamda; hedef Çevre Yönetim Sisteminin temel elementlerinden birisi etkin bir atık yönetim sistemi kurmaktır. Rafinerilerde etkin bir atık yönetim sistemi aşağıdakileri içermelidir (Elektorowicz, 2005).

- Etkin bir çamur yönetim planı oluşturularak üretilen çamur miktarının düşürülmesi,
- Kapalı numune alma noktalarının sağlanması,



- Özel tasarlanmış, imal edilmiş alanlarda temizleme ve montaj işlerinin yürütülmesi,
- Özel drenaj sistemlerinin sağlanması,
- İşletme süresince katalist ömrünün uzatılması için katalist şartlandırmasının doğru biçimde yürütülmesi,
- Kok formasyonunun azaltılması amacıyla visbreaker beslemesindeki sodyum içeriğinin kontrolü,
- Proses optimizasyonu sayesinde spek-dışı ürünlerin azaltılması ve böylece geri dönüşümü,
- Kostiğin atık haline gelene kadar mümkün olduğu kadar yeniden kullanılması,
- Karışık atıkların kaynağında sınıflandırılması (Ör. İnşaat molozları ve demirleri gibi),
- Eğer varsa çamurdaki TEL (tetraetil kurşun) veya TML (tetrametil kurşun) kalıntılarının permanganat arıtımıyla ortadan kaldırılması,
- Kontamine topraklar için yağ ekstraktöründe yağdan arındırma, nötralizasyon: polimerizasyon katalistinin (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) kireçle karıştırılması,
- Bertaraf öncesi kil veya kum filtrelerinin veya katalistlerin buhar veya basınçlı su veya rejenerasyon ile arıtımı
- Atıksu OWS sistemine giren katılar rafineri yağlı çamurlarının oldukça fazla miktarını oluşturur. Bu kapsamda giren katıların yüzeyi yağlı tabaka ile kaplanır ve API seperatöründe yağlı çamur olarak çökelirler. Tipik bir çamurdaki katı madde muhteviyatının ağırlıkça % 5 ile 30 arası olmasından dolayı OWS sistemine girmesi engellenen 1 kg katı madde 3 ile 20 kg yağlı çamurun önlenmesi anlamına gelir.
- Ayrık sistemle temiz yağmursuyu kanallarının proses akımlarından ayrılması oluşabilecek yağlı çamur miktarının düşmesine vesile olur. (Dando ve Martin, 2003)

Etkin bir atık yönetim programının amacı atık oluşumunu azaltmak ve bertarafa gönderilen atık miktarını düşürmektir. Rafineri atıklarının büyük kısmını oluşturan atıklara ilişkin azaltma yöntemleri aşağıda verilmektedir.

### 2.3.1. Tank dibi çamuru azaltma önerileri

- Tanktan tortuyu çıkarmadan önce yerinde arıtım yapılması (Ör. Tankın dizel, nafta veya su ile yıkanması). Tortudaki organik fraksiyonlar içeren sıvıyı yağ geri kazanım sistemiyle hampetrol ünitesine geri dönüşünü sağlamak.
- Tank dibi çamurundaki sıvıyı atıksu arıtma tesisine veya yağı geri kazanmadan önce tank dibi çamurunun ayırma teknikleri (santrifüj veya hidrosiklon) kullanılarak ön arıtımının yapılması
- Hampetrol tanklarında tortu oluşumunu azaltmak için karıştırıcı kullanılması,



Şekil 2.2. Tank dibi çamurlarına ilişkin fotoğraf (URL-4)

- Proses ünitelerindeki tortunun geri kazanımı: tank dibi tortuları çıkartılarak diğer bir ünitenin hammaddesi olabilir (örneğin kok ünitesi). Tortuların yeniden kullanımı bazı negatif etkilere yol açabilir (FCCU yataklarının tıkanması). Bu

nedenle bu tekniklerin kullanımı tesisde oluşturabileceği riskler açısından iyi değerlendirilmelidir (Islam, 2015).

- Bakım veya devreye alma aşamasında döküntüleri toplamak için açılan tankın yanında zeminde kaplama/ naylon, branda benzeri örtü kullanılması, kontamine toprak miktarını azaltacaktır.
- Mekanik veya hidrolik teknikler sıvı karışımı düzenlemek için kullanılmalıdır. Tankta faz ayrımını, emulsifikasyonu veya tortu tabakasını oluşturmaya eğilimli uygun katkı maddeleri temin edilmeli ve sıcaklık kontrolü sağlanmalı. Tehlikeli madde oluşumu azaltılabilir veya oluşumu engellenir.
- Bertarafa gidecek tank dibi çamuru miktarını azaltmak amacıyla filtre pres teknolojisinin kullanımı

### **2.3.2. Desalter atıkları azaltma önerileri**

- Kimyasal emülsiyon çözücü ve elektrostatik çökeltme kullanarak desalting çamur hacminin azaltılması ve ayrımın geliştirilmesi,
- Desalter yıkama suyu ve ham petrol karışımını ayırarak gerekli olan su miktarını azaltmak,
- Düşük basınçlı su kullanarak desalterdaki türbülansı azaltmak ve bu sayede emülsiyon oluşumunu önleyerek daha iyi bir ayırma gerçekleştirmek,
- Katı atıkların uzaklaştırılmasında su jetlerini çamur tırmıkları ile değiştirerek türbülansı azaltmak,
- Ara depolama ihtiyacını azaltmak için çamur susuzlaştırma yapılması,

### **2.3.3. Katalist atıkları azaltma önerileri**

- Yüksek verimli siklonlar kullanarak reaktörden kaçan ince toz miktarını en aza indirmek ve yağlı çamurdan ayırmak,

- Depolama tankı giriş akımına mekanik filtreler kullanılarak katı madde miktarını azaltmak veya hidrosiklon kullanımı veya çamur çökeltici gibi benzer ekipmanlar kullanarak yağlı çamurdaki katıları (katalist tozları) uzaklaştırmak,
- Spent katalistlerin çimento harcındaki ince agrega (kum) yerine kullanılması,
- Dekanter yağındaki katalist miktarını azaltmak için dekanter yağı katalist giderme sisteminin kullanılması. Yüksek gerilim elektrostatik alan yaratarak polarize ederek yağ içindeki katalist parçalarının yakalanması,



Şekil 2.3. Rafineri katalistine ilişkin fotoğraf (URL-5)

- Katalist ve katalist tozlarının dökülmesini azaltarak bunların atıksu arıtma ünitesine taşınmasını azaltmak,
- Özellikle FCC spent katalistlerin üreticiye geri yollanacak şekilde satınalma sözleşmesi yapılması,
- Katalist tozlarının fazla olduğu tozlu alanlarda vakum aparatları kullanarak (manuel toplama amaçlı vakum hortumları kullanılabilir) küçük bir toplama kabında biriktirmek,

- Katalist değişim sıklığı azaltmak için; soy metal katalist yerine baz metal katalist kullanımı. Bununla birlikte, baz metal sistemler daha düşük üretim verimlerine sahip olabilirler. Bunun avantajı katalist ömrü uzun olacağından değişim süreleri uzayacak ve böylece katalist atığı oluşma periyodu ve miktarı artacaktır.
- Kirletici inhibitörlerin kullanılmasıyla katalist ömrünün uzatılması, örneğin arıtılmış silikanın nafta besleme hattında kullanımı,
- Hydrocrackingden önce katalist değişimlerinde korumalı yatakların kullanımı,
- Spent katalist yerinde geri kazanılabilir.(oksijenli yanma teknolojisi),
- Sürekli katalist rejenerasyon reformerlerinin (CCR) kullanımı, katalistlerin yerinde sürekli olarak yenilenmesine ve katalistlerin reaktörlere geri dönüşümüne izin verir.
- Katalist ömrünü artırmak için besleme sırasında katalizördeki kirliliğin temizlenmesi. Reaktör girişinden önce H<sub>2</sub>S ve su uygulanması,
- İzomerizasyonu artırmak için platin katalizöre eriyonit gibi malzemelerin eklenmesi,
- İzomerizasyon arıtma kilinin çimento fabrikasında yeniden kullanımı veya yol temel malzemesine karıştırılması,
- Spent alüminyum oksit in çimento tesislerinde tekrar kullanımı,
- Yeniden kullanım veya yeniden üretim için metal katalistlerin transferi,

#### **2.3.4. Kil atıkları azaltma önerileri**

- Kullanılmış killer suyla veya stimle geri yıkama yapılarak içeriğindeki hidrokarbon seviyelerinin düşürülmesi sağlanır ve böylece killer tekrardan kullanılabilir veya tehlikesiz atık olarak bertarafa yollanabilir.
- Killerin nafta ile yıkanması akabinde stimle ısıtarak kurutma ve sonradan da rejenerasyon amaçlı yakma fırınına beslenebilir.

- Bazı durumlarda kil ile filtrasyon işlemi yerine hidroarıtma (hydrotreating) prosesi kullanılabilir.

### **2.3.5. Atık yağ atıkları azaltma önerileri**

- Atık yağlar rafineri proseslerinde yakıt bileşeni olarak veya yeniden rafine edilmek üzere işleme tabi tutulabilir. Ancak bazı birimlerde çıkan atık yağlar (ÖR. Garaj transport) içeriğindeki organik klor bileşenleri yüzünden hydrotreater gibi ünitelerde hidroklorik aside dönüşür ve ciddi korozyona neden olabilir. Bu kapsamda rafineri atık yağları analiz edilmeden proseste geri kazanılmamalıdır. Atık yağların ön işlemden geçirilmeden slop'a katılması büyük riskler içermektedir.

### **2.3.6. Kontamine ambalaj atıkları azaltma önerileri**

- Kontamine ambalajların kaynağında azaltılmasının ilk yöntemi kimyasal satınalma prosedürlerinin değiştirilmesidir. Örneğin IBC konteynerlarında alınan içeriği tehlikeli kimyasal olan katkı maddeleri daha çevreci ve tehlikesiz olan kimyasal maddelerle değiştirilerek kontamine ambalaj sayısı düşürülebilir.
- İkinci yöntem deposito sistemini kullanan tedarikçilerle çalışılıp kontamine ambalajların geri iadesidir. Bu sayede eğer tehlikesiz madde içeriği olan konteynerlar varsa bunlar atık sahası yerine ambarlarda tutulabilir (Ipieca, 2014).

## **2.4. Atıkların Geri Kazanımı ve Bertarafı**

Sektörden kaynaklanan atığın oluşmasının önlenmesi, eğer bu sağlanamıyorsa atığın minimizasyonun da sağlanamadığı durumlarda atığın özelliklerine uygun bir teknoloji ile tercihen geri kazanılması ya da bertaraf edilmesi alternatifleri değerlendirilmelidir.

Bununla birlikte, atık önleme ve azaltma uygulamaları ya da bir diğer adıyla mevcut en iyi teknikler (MET) yürürlükte olan yerel mevzuata uygun olması halinde mümkündür. Geri kazanıma ait kolonda, geri kazanılabilir atıklar için kullanılacak geri kazanım işlemleri Atık Yönetimi Yönetmeliği'nin Ek 2-B'de

listelenen R kodlarına göre verilmiştir. Ek 2-B'ye göre R kodları aşağıdaki geri kazanım işlemlerine karşılık gelmektedir (URL-11):

- R1: Enerji üretimi amacıyla başlıca yakıt olarak veya başka şekillerde kullanma
- R2: Solvent (çözücü) ıslahı/yeniden üretimi
- R3: Solvent olarak kullanılmayan organik maddelerin ıslahı/geri dönüşümü (kompost ve diğer biyolojik dönüşüm prosesleri dahil)
- R4: Metallerin ve metal bileşiklerinin ıslahı/geri dönüşümü
- R5: Diğer anorganik malzemelerin ıslahı/geri dönüşümü
- R6: Asitlerin veya bazların yeniden üretimi
- R7: Kirliliğin azaltılması için kullanılan parçaların (bileşenlerin) geri kazanımı
- R8: Katalizör parçalarının (bileşenlerinin) geri kazanımı
- R9: Yağların yeniden rafine edilmesi veya diğer yeniden kullanımları
- R10: Ekolojik iyileştirme veya tarımcılık yararına sonuç verecek arazi ıslahı
- R11: R1 ila R10 arasındaki işlemlerden elde edilecek atıkların kullanımı
- R12: Atıkların R1 ila R11 arasındaki işlemlerden herhangi birine tabi tutulmak üzere değişimi
- R13: R1 ila R12 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutuluncaya kadar atıkların ara depolanması (atığın üretildiği alan içinde geçici depolama, toplama hariç)

Bertaraf yöntemleri Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 2-A'da listelenen D kodlarına göre verilmiştir. Ek 2-A'ya göre D kodları aşağıdaki bertaraf yöntemlerine karşılık gelmektedir:

D1: Toprağın altında veya üstünde düzenli depolama (örneğin, düzenli depolama ve benzeri),

D2: Arazi ıslahı (örneğin, sıvı veya çamur atıkların toprakta biyolojik bozulmaya uğraması ve benzeri),

D3: Derine enjeksiyon (örneğin, pompalanabilir atıkların kuyulara, tuz kayalarına veya doğal olarak bulunan boşluklara enjeksiyonu ve benzeri),

D4: Yüzey doldurma (örneğin, sıvı ya da çamur atıkların kovuklara, havuzlara ve lagünlere doldurulması ve benzeri),

D5: Özel mühendislik gerektiren düzenli depolama (çevreden ve her biri ayrı olarak izole edilmiş ve örtülmüş hücresel depolama ve benzeri),

D6: Deniz/okyanus hariç bir su kütesine boşaltım,

D7: Deniz yatakları dahil deniz/okyanuslara boşaltım,

D8: D1 ile D7 ve D9 ile D12 arasında verilen işlemlerden herhangi biri yoluyla atılan nihai bileşiklerin veya karışımların oluşmasına neden olan ve bu ekin başka bir yerinde ifade edilmeyen biyolojik işlemler,

D9: D1 ile D8 ve D10 ile D12 arasında verilen işlemlerden herhangi biri yoluyla atılan nihai bileşiklerin veya karışımların oluşmasına neden olan fiziksel-kimyasal işlemler (örneğin, buharlaştırma, kurutma, kalsinasyon ve benzeri),

D10: Yakma (Karada),

D11: Yakma (Deniz üstünde),

D12: Sürekli depolama (bir madende konteynerlerin yerleştirilmesi ve benzeri),

D13: D1 ile D12 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutulmadan önce harmanlama veya karıştırma ,

D14: D1 ile D13 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutulmadan önce yeniden ambalajlama,



D15: D1 ila D14 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutuluncaya kadar depolama (atığın üretildiği alan içinde geçici depolama, toplama hariç) (URL-10)

## 2.5. Geri Kazanımın Önemi

Petrol çamuru atık yağ, atık su, kum ve mineral maddeleri farklı miktarlarda ihtiva eden kompleks bir karışımdır. Petrol endüstrisi tarafından üretilen yağlı çamurlar, petrol tanklarında, rafineri ürün tanklarında, desalterlarda veya petrol üretimi ve işlenmesi sırasında başka bir yerde birikebilirler. En çok % 40 geri kazanılabilir yağ içeren petrol çamurları düşük yağ içeriği olan çamurlar olarak kabul edilmektedir. Bu tip çamurlar genellikle bertaraf edilmeden evvel zararsız hale getirilmeleri için işlem görürler. Biyoremediyasyon bu işlemlerden biridir.

Genel olarak, rafineri çamuru % 40' dan fazla yağ içeriğine sahip olduğundan çeşitli yöntemlerle yağ, su ve katı maddeleri ayrılır. Katı maddeler ve su bertaraf edilmeden önce ön işlem görür, geri kazanılan yağ ise pompalarla hampetrole slop olarak beslenir.

Çamurun bertaraf sürecindeki ilk adım, geri kazanılmasıdır. Mümkün olduğu mertebede çamurundan yağ çıkarmak üzere, kimyasal ve demülsifiyer katkı maddelerinin bir kombinasyonu kullanılır. Çamur kekinin ayrıştırılması işlemi genel olarak santrifüj yöntemleriyle gerçekleşir (Dowa, 2014).

Rafinerilerde yağlı çamurların etkin biçimde geri kazanımını gerçekleştirmek adına mevcut atık bertaraf yöntemleri dışında alternatif çamur geri kazanım yöntemlerinin tespitini ortaya koymak gerekmektedir. Yağlı çamurlar petrol endüstrisinde oluşturulan en önemli katı atıklardan biridir. İçeriğinde petrol hidrokarbonları su, ağır metaller, ve katı parçacıkların kompleks oluşturduğu bir emülsiyondur. Bu nedenle tehlikelilik özelliği içerir ve artan üretim miktarları için, yağlı çamurun etkili geri kazanımı yaygın ilgi görmüştür (Heidarzadeh, 2009).

Geri kazanım, değerli yağların yeniden kullanımını, yeniden formüle edilmesini ve enerji geri kazanımını sağladığı için petrol endüstrisinde en çok tercih edilen çevresel seçenektir. Ayrıca, yağlı çamurun geri kazanımı, endüstriyel alan dışındaki tehlikeli

atıkların atık hacmini azaltabilir, kirlilik alanını önleyebilir ve yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımını azaltabilir. API' ye göre, yağlı çamurun işlenmesindeki birincil çevresel husus, hidrokarbon geri kazanımının maksimizasyonu olmalıdır. ABD' de, bir rafineride üretilen atıkların %80'inden fazlasının geri kazanıldığı, geri kalan% 20'lik kısmın ise kabul edilebilir bir bertaraf yöntemi ile yönetildiği raporlanmıştır. Genel olarak, yüksek konsantrasyonlu (>% 50) yağlı çamur ve nispeten düşük konsantrasyonlu katılar (<% 30) geri dönüştürülmek üzere tercih edilir. Diğer çalışmalar, nispeten düşük bir yağ içeriğine (>% 10) sahip olsa bile yağlı çamurun hala yağ geri kazanımı için değerli olduğunu ileri sürmektedir. Yağlı çamurdan hidrokarbonların geri kazanımı için çeşitli yöntemler mevcuttur. Aşağıdaki geri kazanım yöntemleri belirtilmiştir. Bu çalışmada yağlı çamur geri kazanım yöntemleri ele alınmıştır (EPA, 2016).

- Solvent ekstraksiyonu
- Santrifüjleme ile geri kazanım
- Sürfaktan ile geliştirilmiş yağ geri Kazanımı
- Donma/Çözülme geri kazanımı
- Çamur pirolizi
- Mikrodalga ışınlama yöntemi ile geri kazanım
- Elektrokinetik yöntem
- Ultrasonik ışınlama ile geri kazanım
- Köpük flotasyonu

### **2.5.1 Santrifüjleme ile geri kazanım yönteminin uygulanması**

Son yıllarda az sayıda bilimsel literatür bildirilmiş olmasına rağmen, santrifüjleme alan ölçekli yağlı çamur arıtımında yaygın olarak uygulanmaktadır. Kısa bir süre içerisinde farklı yoğunluktaki bileşenleri (su, katı, yağ ve yağlı çamurdaki macun karışımları gibi) ayırabilen güçlü bir santrifüj kuvveti üretmek için özel bir yüksek hızlı rotasyon ekipmanı kullanır. Santrifüj performansını artırmak ve enerji tüketimini azaltmak için, yağlı çamurun viskozitesi, organik solventlerin eklenmesi, demulsife edici ajanlar ve tansiyooaktif kimyasallar, buhar enjeksiyonu ve doğrudan ısıtma gibi çamur ön-arıtım yöntemleri ile azaltılması gerekir Örneğin, Conaway, ısı ön-arıtım kullanılarak viskozite azaltımından sonra, daha az viskoz petrol çamurunun

disk / kase santrifüj yöntemi ile etkili bir şekilde arıtıldığını, ilk santrifüjlemeden atık hacminin %80'inden fazla sıvı atık çıkışı olduğunu ve santrifüjlemeden sonra kalan kalıntıların sıcak su ile karıştırılarak tekrar santrifüjlendiğini belirtmiştir. İki santrifüjlemeden çıkan atıklar birleştirilmiş ve işlenmek üzere rafineriye gönderilmiştir. Cambiella ve diğ. küçük bir miktarda bir koagülant tuzunun santrifüjle su-yağ ayırma işlemini geliştirebildiğini,% 92-96'lık bir yüksek yağ ayırma verimi elde edildiğini bulmuştur. Son bir ABD patenti, yağlı çamurdan santrifüj yoluyla ham petrolün geri kazanılmasına yönelik bir yaklaşımı, yağlı çamurun önceden tanımlanmış bir oranda demülsifiye edici reaktifler ile karıştırılmasının ardından homojenizasyona izin verecek şekilde karıştırıldıktan sonra, işlenmiş karışımın hidrokarbonlara, suya ve katılara ayrılması için santrifüjlendiğini bildirmiştir (Dando ve Martin, 2003).

Yağlı çamur ilk önce demülsiyon haline getirici ajan veya diğer kimyasal şartlandırıcılar ile karıştırılır. Karışım daha sonra viskozitesini azaltmak için ön arıtma tankında sıcak buharla işleminden geçirilir. Daha az viskoz çamur, yüksek hızlı santrifüjleme için belirli bir çamur/su oranında su ile karıştırılır. Santrifüj işleminden sonra, yüksek konsantrasyonda hidrokarbon ihtiva eden ayrılmış su, daha fazla atık su arıtımı için boşaltılır ve ayrılan yağ (hala su ve katılar içerir), geri kazanılan yağ elde etmek için daha fazla ayırma amacı ile bir gravimetrik ayırıcıya gönderilir. Ayırıcıdan ayrılan su atıksu arıtımına gönderilir. Santrifüjleme ve ayırıcıdan gelen tortular, ileri arıtım için katı kalıntı olarak toplanır. Genel olarak, santrifüjleme, yağlı çamur arıtımı için nispeten temiz ve yetkin bir teknolojidir ve çamurdan yağın ayrıştırılması için etkilidir. Bir başka avantaj ise santrifüj ekipmanının genellikle fazla yer kaplamamasıdır. Bununla birlikte, bu işlem petrol çamurundan petrol ayırmak için yeterince güçlü santrifüjleme gücü üretmek amacı ile yüksek enerji tüketimi gerektirir. Yüksek ekipman yatırımı ve sınırlamaları nedeniyle santrifüjlemenin kullanımı küçük ölçeklerle sınırlandırılmıştır. Ek olarak, santrifüjleme gürültü problemleri doğurabilir. Ayrıca, çamur ön arıtma işlemi için demülsifiye edici maddelerin ve tansiyoaktif kimyasalların kullanımı sadece işlem maliyetini artırmakla kalmaz, aynı zamanda çevresel kaygıları da beraberinde getirir (Unep, 2007).

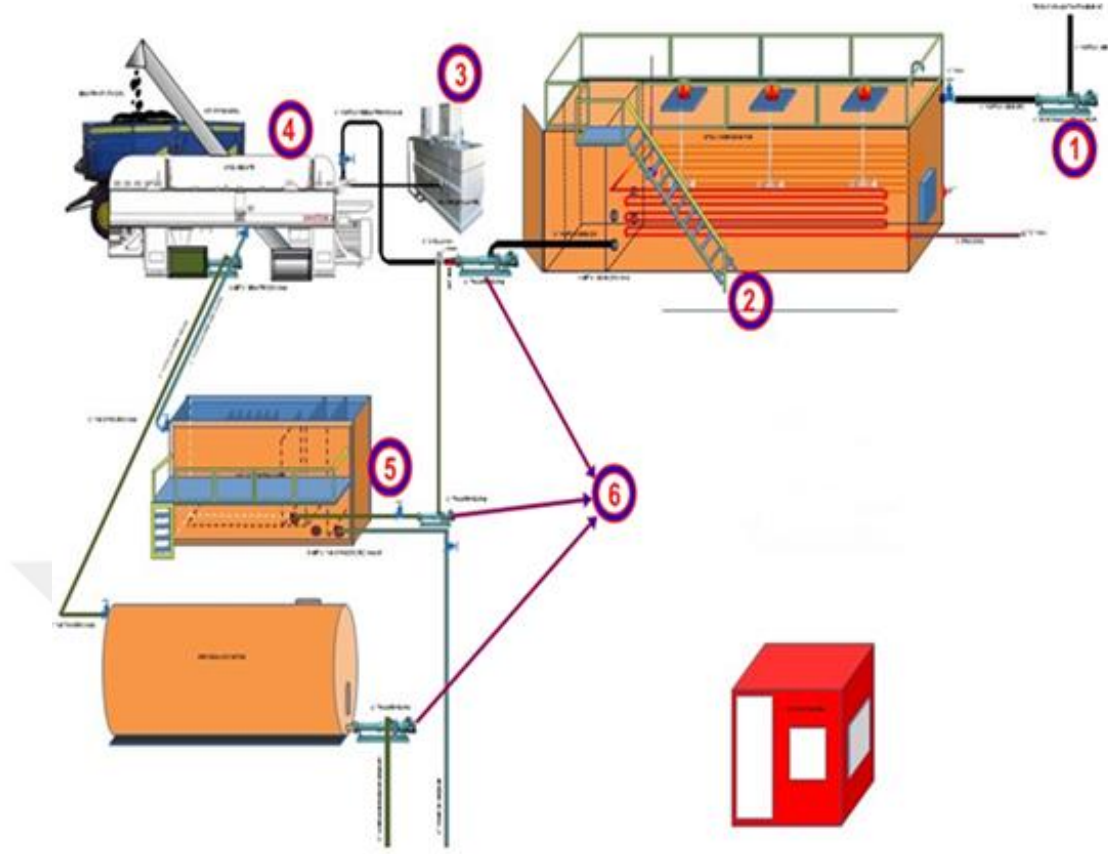
### 3. MATERYAL VE METOT UYGULAMASI

#### 3.1. Çamur Susuzlaştırma Dekantör Prosesi

Rafinerilerde kanal ve rögar temizliklerinden çıkan çamurlar, tank dibi çamurları ve arıtma tesisi mekanik çamurları su ve yağ içermektedir. Dekantör ile çamurlar içerisindeki yaklaşık %20 yağ geri kazanılmakta ve tanklara gönderilmektedir. Su ise atıksu arıtma sistem başına gönderilerek arıtılmakta ve deşarj edilmektedir. Böylece bertarafa gönderilecek çamurların hacmi yaklaşık %90 oranında küçülmekte, bertaraf maliyeti azaltılmakta ve aynı zamanda dekantör sistemiyle tutulan yağlar rafinasyon prosesiyle geri kazanılarak kaynak verimliliğine katkı sağlanmaktadır (Vdovenkol ve diğ., 2015).

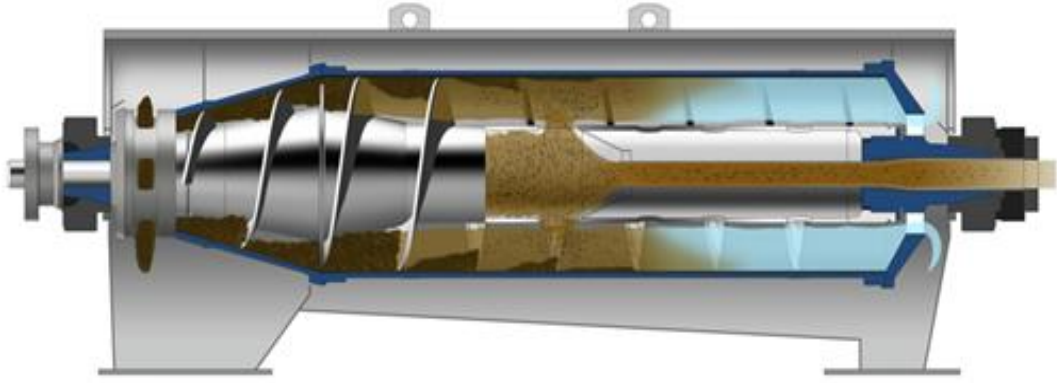
Dekantörler, katı-sıvı veya katı-sıvı-sıvı karışımların ayrılmasında kullanılırlar. Dekantörler, kullanılacakları uygulamaya göre tasarlanırlar. Bu tasarımda, işlenecek malzemenin kimyasal, fiziksel özellikleri (yoğunluk vb.) ve işleme sırasında oluşabilecek sıcaklık ve basınç değerleri ve makinanın temizlik ve bakımında kullanılacak ürünler (temizlik-yağlama maddeleri vb.) göz önünde bulundurulur. Dekantör yalnızca talep edildiği ve satın alındığı amaca uygun şekilde kullanılmalıdır. Dekantör, katı maddelerin süspansiyondan sürekli olarak atılabilmesi için silindir-koni biçiminde tam muhafazalı tambura sahip, yatay yerleşimli bir helezon santrifüjdür.

Makinanın maksimum çalışma sıcaklığı 95 °C' dir. Dekantör farklı özgül ağırlıktaki iki veya daha fazla fazın ayrımını merkezkaç kuvvetinin yardımıyla sağlar. İşlenecek ürün (ayrılan madde) merkezi giriş borusundan helezonun giriş haznesine ulaşır, boşluklardan geçerek tamburun ayrıştırma haznesine iletilir ve çalışma devir sayısına kadar hızlandırılır.



Şekil 3.1. Dekantör akış şeması

Tambur muhafazasından biraz daha büyük bir devir sayısı ile dönen helezon, ayrılan katı maddeyi sürekli olarak tamburun sonuna iter. Susuzlaştırma alanında katı madde sıvıdan ayrılır (tamburun konik şekli sayesinde) ve santrifüj etkisiyle yapışan sıvılar temizlenir. Tamburun sonunda katı madde, tambur muhafazasındaki boşluklardan geçerek şasideki toplama haznesine atılır, paletler tarafından kavranır ve dışarı atılır. Sıvı, helezonların arasından silindirik tambur sonuna akar. Silindirik kısımda sıvıda kalan hafif kirler de santrifüj kuvveti ile ayrıştırılır ve helezon tarafından katı madde çıkışına nakledilir.



Şekil 3.2. Dekantör Sistemi (URL-6, 2020)

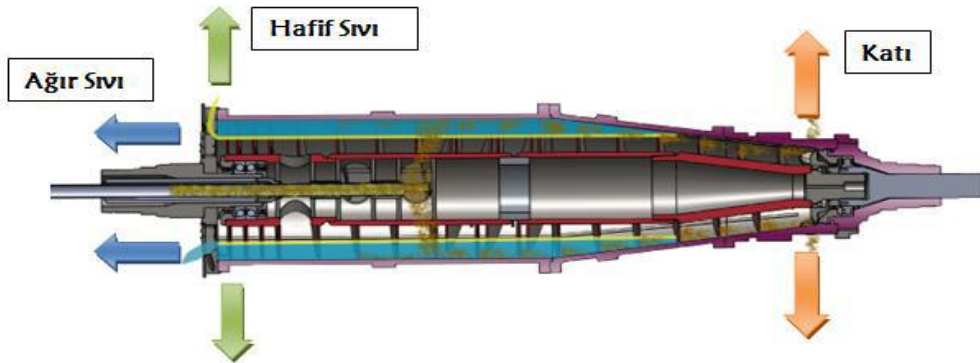
### 3.1.1. İki fazlı dekantör

Karışım, makinadan katı ve sıvı olarak ayrışır. Katı helezon yardımı ile konik taraftaki kanallardan, sıvı ile arka kapaktaki sıvı kanallarından çıkış yapar. Akış çapları uygun plakalarla değiştirilerek ayarlanır.

### 3.1.2. Üç fazlı dekantör

Karışım, makinadan katı, ağır sıvı ve hafif sıvı olarak ayrışır. Santrifüjün etkisi ile ağır sıvı dış çeperde hafif sıvı ise iç çeperde film tabakası gibi birbirinden ayrı durur.

Katı helezon yardımı ile konik taraftaki kanallardan, ağır sıvı, arka kapaktaki dış çepere doğru uzayan kanallardan, hafif sıvı da tamburun üstünden iç çepere uzayan borular yardımı ile çıkış yapar. Ağır sıvı akış çapları uygun plakalarla değiştirilerek, hafif sıvı da boruların yükseklik mesafeleri değiştirilerek ayarlanır.



Şekil 3.3. Faz Ayrımı (URL-6, 2020)

Ayrılacak olan katı-sıvı süspansiyonu (atık su çamuru) dekantöre ait dönerli konveyör besleme haznesine besleme borusuyla girer. Merkezkaç kuvvetinin etkisiyle atık su çamuru konveyör besleme haznesinden tambura girer ve tambur yüzeyine doğru özgül ağırlıklar farkıyla katmanlaşır.

Çöken çamur keki konveyör vasıtasıyla konik kısımdan dışarıya taşınırken, ayrılan sentrat suyu da tamburun silindir bölümünün bitiminden sentrat su seviyesi ayarlanabilir plakalardan boşalır.



Şekil 3.4. Dekantör çıkışı oluşan kek fotoğrafı (URL-7)

### **3.2. Analiz Edilen Çamura Ait Özellikler ve Analiz Yöntemi**

Ham petrolün içerisinde bulunan katı içerik sebebiyle tank diplerinde ve diğer depolama alanlarında hampetrolde ayrılan katı maddeler yıllar içerisinde dip tortusu olarak birikmektedir. Bu nedenle depolama kapasitelerini korumak için düzenli temizlik gerektirir. Tanklar ham petrolden boşaltılır ve tank duvarlarına yapışan tortu ve kalıntılar daha sonra yüksek basınçlı su jetleri ile uzaklaştırılır. Ortaya çıkan atık, önemli miktarda su içeriği (hacimce% 30-60), oldukça yüksek viskoziteli bir yağ

fazı, tipik olarak emülsifiye bir fazın varlığı ve yüksek katı içeriği (sırasıyla hacimce % 10-40)' ne sahiptir (Tsiligiannis ve diğ., 2020).

Ayrıca rafinerilerde bulunan arıtma tesislerinin çalışma prensibi ve kapasitesine bağlı olarak günlük yaklaşık 50-100 m<sup>3</sup> arasında arıtma çamuru atması söz konusu olmaktadır. Rafineri proses gerekliliklerinden kaynaklı oluşan çamur içeriğindeki HC içeriği oldukça fazla olmaktadır.

Rafinerilerde oluşan yıllık çamur miktarı yaklaşık 30000 m<sup>3</sup> olmaktadır. Bağlı buldukları ülkelerdeki yönetmelikler çerçevesinde bu atıkların yönetimi ciddi maliyet ve çevresel etkileri de beraberinde getirmektedir. Bu kapsamda rafinerilerde öncelikli olarak bu çamurların susuzlaştırılması, içerisinden mümkün olacak maksimum seviyede slop (yağ) miktarının geri kazanılması ciddi miktarda ekonomik kazanç sağlamaktadır. Yağlı çamur, yüksek potansiyel enerjiye sahip zengin hidrokarbonlardır ve ortalama ısıl değer 3.900 kcal / kg'ın üzerindedir.

Bu tipte oluşan çamurlar; tehlikeli atık olarak adlandırılmaktadır. Yağlı çamur temelde yaklaşık % 55.13 su,% 9.246 tortu içerir, % 1.9173 asfaltin, % 10.514 mum ve % 23.19 hafif hidrokarbon ve ayrıca yüksek ağır metallerin konsantrasyonunda içerebilmektedir.

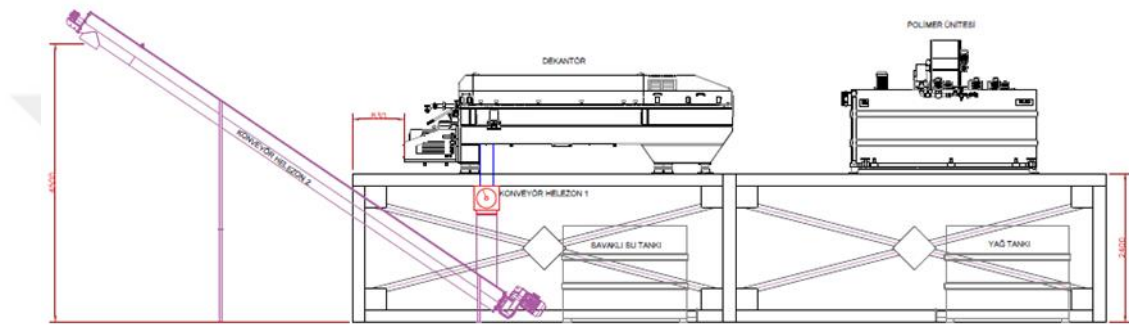
Çamur susuzlaştırmada kullanılan dekantör sistemlerinin performans parametreleri aşağıdaki gibi oluşmaktadır.

- Yağ fazı: % 1-3 su ve 1.000 ppm'nin altında katı madde
- Su fazı: % 1-3 yağ ve 1.000-3.000 mg / L katı
- Katı madde fazı: % 20-50 kuru katı ve ürüne bağlı olarak hidrokarbon içeriği

Arıtma tesislerinden çıkan çamurun su oranı genelde %98-99 seviyelerindedir. Bu oranın düşürülmesi için farklı tipte susuzlaştırma yapılabilir. Bu işlemler sonucunda yarı katı formda çamur elde edilmektedir. Çamur içindeki suyun %98 seviyesinden %80 seviyesine düşmesi bile toplam çamur hacminin onda bir oranına düşürülmesi demektir. Bu sayede çamurun nakliye araçlarına yüklenebilir hale getirilerek daha kolay, risksiz ve ekonomik taşıma sağlanmaktadır. (Andreoli ve diğ., 2007)



Çamurun tipine bağlı olarak %30 kurulukta çamura ulaşılabilir. Şartlandırma amacıyla 1,0-7,5 g/kgKM polimer kullanılır. Polimer ilavesi ile yüksek katı (%95 ve üzeri) tutma oranları elde edilir. Bu sayede süzüntü suyundaki katı parçacıkların oranı önemli ölçüde düşer. Çamurla karıştırılan polimer miktarının artırılması alınan çamurdaki katı oranını artırır. Santrifüjler 2-340 m3/sa geniş bir aralıktaki besleme kapasitelerinde çalışabilen cihazlardır. Şartlandırmada kullanılan polimer viskoz bir çamur ile homojen olarak karıştırılması zor olduğundan viskozitesi yüksek çamurların susuzlaştırılması daha zordur (Öztürk ve diğ., 2015).



Şekil 3.5. Dekantör kesit şeması

Yapılan haftalık analiz işlemleri için numuneler dekanter akım şeması üzerinde gözükken konveyör helezon girişinden haftalık olarak alınmaktadır. Yönetmelikler gereğince Toprak, Atık, Arıtma Çamuru, Atık Yağ Ve İzolasyon Sıvılarından Numune Alma Eğitimi' ne sahip personellerce yapılacak analiz talebi doğrultusunda 10 lt' lik numuneler laboratora gönderilmek üzere hazırlanmaktadır. Numune alımına ilişkin TS EN ISO 5667-13: Çamur Numunesi Alma Kılavuzu' nda belirtilmekte olan gereklilikler sağlanmaktadır.

Yapılan analiz çeşitlerine bakıldığında dekantör sisteminden çıkan kek içerisindeki kuruluk dekantör verimliliğini belirleyen ana unsurlardan biri olmaktadır.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Optimize edilen bir sistemde min % 35 kuruluk verecek bir dekante sisteminin aktif olarak kullanılması gerekliliği söz konusu olmaktadır. Bu sayede kazanılan slop (yağ) miktarının artması ile birlikte 1000 birim atığın 5 birim haline dönüştürülmesi söz konusu olmaktadır. Örnek olarak gerçekleştirilen haftalık analiz süreçleri değerlendirildiğinde normal çalışma şartları sağlandığında sisteme ilişkin verimlilikler aşağıda Tablo 5.1’de paylaşılmaktadır.

Tablo 5.1. Dekantörden çıkan kek kuruluk analizi

Analiz Dönemleri	İşlenen Çamur İçerikleri	
	Dekantörden Çıkan Kek % KM (% (m/m)) - (MİN %35) (HAFTADA BİR)	Çamur Tipi
1. Analiz	32,32	Aritma+Tank Dibi Çamuru
2. Analiz	31,05	Aritma+Tank Dibi Çamuru
3. Analiz	40,69	Aritma+Tank Dibi Çamuru
4. Analiz	33,1	Aritma+Tank Dibi Çamuru
5. Analiz	31,51	Aritma+Tank Dibi Çamuru
6. Analiz	61,68	Aritma+Tank Dibi Çamuru
7. Analiz	25,10	Aritma+Tank Dibi Çamuru
8. Analiz	36,12	Aritma+Tank Dibi Çamuru
9. Analiz	42,54	Aritma+Tank Dibi Çamuru
10. Analiz	52,64	Aritma+Tank Dibi Çamuru
11. Analiz	66,86	Aritma+Tank Dibi Çamuru
12. Analiz	37,98	Aritma+Tank Dibi Çamuru
13. Analiz	40,21	Aritma+Tank Dibi Çamuru
14. Analiz	34,69	Aritma+Tank Dibi Çamuru
15. Analiz	46,44	Aritma+Tank Dibi Çamuru
16. Analiz	28,66	Aritma+Tank Dibi Çamuru
17. Analiz	27,85	Aritma+Tank Dibi Çamuru
18. Analiz	36,21	Aritma+Tank Dibi Çamuru
19. Analiz	39,85	Aritma+Tank Dibi Çamuru
20. Analiz	34,76	Aritma+Tank Dibi Çamuru
21. Analiz	23,94	Aritma+Tank Dibi Çamuru
22. Analiz	63,92	Aritma+Tank Dibi Çamuru
23. Analiz	84,36	Aritma+Tank Dibi Çamuru
24. Analiz	62,25	Aritma+Tank Dibi Çamuru
25. Analiz	68,12	Aritma+Tank Dibi Çamuru

Sistemin sağlıklı çalıştığı günler değerlendirildiğinde Tank Dibi Çamuru ve Arıtma çamurlarının eşit oranda sisteme beslendiği hatta daha yüksek miktarda Tank Dibi Çamurlarının sistemde kuruluk oranını arttırabildiği gözlemlenebilmektedir.

Arıtma çamurlarının su içeriği oldukça fazla olmaktadır. Nihai çamurların hacimlerinin büyük olmasının önemli sebebi; çamurun içerisindeki Kuru Katı madde miktarının az, su miktarının ise fazla olmasıdır. AAT lerinden çıkan çamur arıtma proseslerine bağlı olmakla birlikte uygulanan tekniklerin farklılığına göre genel olarak %5 - %12 aralığında katı madde içermektedir (Bensadok, 2008).

Tablo 5.2. Dekantörden çıkan su fazı analizi

Analiz Dönemleri	DEKANTERDEN ÇIKAN SU FAZI	
	Dekantörden Çıkan Su Fazı Askıda Katı Madde (ppm) (max. 500 mg/L) (HAFTADA BİR)	Dekantörden Çıkan Su Fazı Yağ / Gres (ppm) (max. 1000 ppm) (HAFTADA BİR)
1. Analiz	43,0	
2. Analiz	133,3	14,0
3. Analiz		86,2
4. Analiz	494,0	
5. Analiz		
6. Analiz	116,0	
7. Analiz	352,0	121,4
8. Analiz	11,6	75,0
9. Analiz	78,0	48,6
10. Analiz	49,0	6,2
11. Analiz		
12. Analiz	19,0	6,7
13. Analiz	66,0	11,0
14. Analiz	44,0	
15. Analiz	346,0	
16. Analiz	93,0	
17. Analiz	70,0	18,5
18. Analiz	40,0	10,0
19. Analiz	41,0	
20. Analiz	76,0	
21. Analiz	70,0	9,6
22. Analiz	84,0	34,2
23. Analiz	463,0	
24. Analiz	81,0	
25. Analiz	56,0	

Dekantörden çıkan su fazı içerisinde yağ miktarının oldukça düşük olması istemektedir. Bu durumun sebebi, sistemde ayrıştırılan suyun tekrardan arıtılmak üzere atıksu arıtma tesisine gönderilmesinden kaynaklanmaktadır. Yüksek HC içerikli bir atıksu içeriği sistem verimliliğini düşürmekle birlikte atıksu arıtım maliyetini de arttırmaktadır. Verimlilik süreci kapsamında, dekantör sistemi çıkışındaki su ve yağ fazından işlenen çamurun durumuna göre sürekli akış sağlandığından ve yağ fazının biriktirilerek slop olarak gönderimi gerçekleştiğinden kütle denge işlemi mümkün olmamaktadır.

Sistem verimliliğinin düşük olduğu noktalarda çamur susuzlaştırma prosesine beslenen çamur içeriğinin büyük kısmının arıtma çamuru kaynaklı olduğu tespit edilmiştir (Tsiligiannis, 2020).

Yapılan analiz sonuçları için literatür çalışması yapıldığında petrol içerikli çamurların susuzlaştırılmasına ilişkin çok fazla kaynak karşımıza çıkmamaktadır. Ağırlıklı olarak yapılan çalışmalarda atıksu arıtma çamurlarının verimli olarak susuzlaştırılması süreci araştırılmıştır. Yapılan çalışma ile petrol içerikli çamurlarının susuzlaştırılması sürecinde santrifüj sisteminin ne kadar yüksek oranda kuruluğa ulaştırabildiğini de ortaya koyulmuştur.

Conway, ısı kullanarak viskozite azaltıldıktan sonra ön arıtma, daha az viskoz petrol çamuru ile etkili bir şekilde arıtılabilir santrifüj ile, atık hacminin % 80' inden fazlasının sıvı atık olarak elde edildiğini, ilk santrifüjleme ve santrifüjden kalan kalıntı daha sonra sıcak su ile karıştırıldığı ve tekrar santrifüjlenebileceğini belirtmiştir. Bu sayede yüksek miktarda su çamur içerisinden ayrılmaktadır (Conway, 1999).

Cambiella ve arkadaşlarına göre, az miktarda bir pıhtılaştırıcı tuz  $\text{CaCl}_2$  (0.01-0.5 M), yüksek yağ ile santrifüjleme ile su-yağ ayırma sürecini %92-96 ayırma verimliliğine çıkarılabileceğini iletmiştir (Cambiella ve diğ., 2006).

Bu durumların dışında normal şartlarda dekantör sisteminden geçmesi düşünülen arıtma çamuru ve tank dibi çamurlarının dışında yüksek viskoziteye sahip wax içerikli çamurların sisteme ulaşmasında çalışma verimliliğini direk olarak etkileyen parametrelerden biridir.

Çamur susuzlaştırma sisteminin yıllık maliyet hesabı yapıldığında, atıkların susuzlaştırılmadan bertarafa gönderiminin yaklaşık 3 kat daha yüksek maliyet oluşturduğu ve ayrıca çevreci bir yaklaşım olmadığı karşımıza çıkmaktadır. Tablo 5.3’de değerlendirme verilmektedir.

Tablo 5.3. Çamur susuzlaştırma maliyet analizi

<b>Çamur Susuzlaştırma Yıllık Ortalama Maliyet Hesabı</b>	
Yıllık ortalama tank dibi çamuru+arıtma çamuru oluşan kek miktarı (ton)	1000 Ton
Tank dibi çamuru+arıtma çamurundan oluşan ATY kapsamında alınan kek bertaraf fiyatı nakliye içinde (TL/Ton)	500 TL
Toplam tank dibi çamuru bertaraf maliyeti	500,000 TL
Tank dibi çamuru çamur susuzlaştırma slop miktarı m3	500 m3
Tank dibi çamuru çamur susuzlaştırma slop kazancı (TL) Slop 1 m3 kazancı 2500 TL olarak karşımıza çıkmaktadır.	1250000 TL
Çamur susuzlaştırma işletme maliyeti: (30000 m3 için birim işlenen birim m3 başına yaklaşık 40 TL ödeme gerçekleştiği düşünülürse.) İhale kapsamında hizmet alımı yapıldığı kabul edilir.	1200000 TL
<b>Net Maliyet</b>	475000 TL
<b>Arıtma ve Tank Dibi Çamuru Yıllık Bertaraf Maliyeti</b>	
Yıllık ortalama tank dibi çamuru + arıtma çamuru miktarı (m3)	30000 m3
Tank dibi çamuru+arıtma çamurundan oluşan susuzlaştırılmamış atık fiyatı nakliye içinde (TL/Ton)	500
<b>Net Maliyet</b>	1500000 TL

Yapılan maliyet hesaplarına ilişkin birim fiyatlar İZAYDAŞ ve İSTAÇ gibi atık yönetimi konusunda çalışmakta olan kuruluşların çalışmaları ve bildirimlerine göre hesaplanmıştır. Bu kapsamda maliyetler çamur kuruluk oranı ve kalorifik değer doğrultusunda değişmektedir. Ayrıca sisteme ilişkin ihtiyaç duyulan elektrik, buhar kullanımı ve ekstra bakım ve onarım maliyetleri hesaplamanın dışında tutulmuştur. ATY kapsamında çalışan birçok çimento tesisinde atıkların değerlendirilmesi konusunda daha düşük maliyetli ve çevresel çözümler sunmaktadır.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında özellikle petrol rafinerileri kaynaklı tehlikeli atıkların miktarlarının mümkün olduğu kadar düşürülmesi için ana atık kalemlerinden biri olan çamur atıklarını önleme ve azaltma ile ilgili dekantör sisteminin aktif olarak kullanılması gerekliliği ortaya konulmuştur.

Yapılan maliyet analizlerinin dışında atık hacminin azaltılmasına bağlı olarak çevresel sürdürülebilirlik açısından atık minimizasyonuna büyük miktarda katkı sağladığıda ortaya çıkmıştır.

Günümüzde malesef tüketim anlayışımız ve yaşam anlayışımızla 1,8 kat Dünya'ya sahip gibi hayatımızı sürdürmekteyiz. Buda sürdürülebilir olmadığı ve gelecek kuşaklardan tükettiğimizi göstermektedir. Atık yönetimi de bu kapsamda en önemli konuların başında gelmektedir.

Çevre bilincinin gün geçtikçe gelişmekte olduğu günümüzde çevreye mümkün olabilecek en az miktarda atık bırakmak ana hedeftir. Bu hedefimize tam kapalı madde ve enerjinin çevrim içinde olduğu "Sıfır Atık" prensibinin temel alındığı entegre ve verimli bir sistemin hayata geçirilmesi ile ulaşabiliriz.

Rafinerilerde yüksek miktarda oluşan çamur atıklarının yararlı kullanımı açısından da birçok alternatif yöntem kullanılabilir. Sektörel bazlı en fazla tecrübeye sahip olunan santrifüjleme yöntemi ile daha fazla çevreci bir yaklaşım karşımıza çıkmaktadır.

Çamur susuzlaştırma sürecinde oluşan tüm kalemler tekrardan kullanıma açılmaktadır. Yağ geri kazanımı sayesinde ekonomik kazanç sağlanmakta, oluşan kek içeriği birçok endüstri tesisinde atıktan türetilmiş yakıt olarak enerji ihtiyacını karşılamaktadır.

Bu durum sayesinde sürdürülebilir atık yönetimi benimsenerek yüksek miktarda tasarruf ile birlikte, üretim proseslerinden kaynaklı oluşan atığın en aza indirilmesi

sağlanmaktadır. Bu duruma rağmen atık oluşumu devam etmekte ise atığın en uygun şekilde geri kazandırılmasında ana hedefler içinde yer almaktadır. Sıfır ve Sürdürülebilir Atık Yönetimi ile ilk olarak talep edilen, atığın kaynağında oluşmasının önlenmesi, bunun önüne geçilemiyorsa atığın kaynağında azaltılmasıdır. İleriki süreçlerde atığın yeniden kullanımı, bununda mümkün olmadığı durumlarda öncelikle geri dönüşüm ve enerji geri kazanımı amaçlanmaktadır. Uygulanmakta olan bu yöntemlerden sonra hala önleyemediğimiz atıklara ya da her hangi bir yöntem kullanılmayan atıklara yapılacak en son işlem bertaraf veya enerji kazanımı gibi yöntemlerdir.

Yapılan çalışma ile petrol rafinerilerine ilişkin çamurların susuzlaştırılması kapsamında uygulanmakta olan santrifüj yönteminin katkıları ortaya konmuştur. Literatür çalışmalarında daha çok evsel kaynaklı çamurların susuzlaştırılmasına ilişkin çalışmalar karşımıza çıktığından, hem sektörel hemde bilimsel olarak bu konuda çalışacak insanlara rafineri atık yönetimine ilişkin yol göstermesi sağlanacaktır.

## KAYNAKLAR

Andreoli C.V., Von Sperling M., Fernandes F., Ronteltap M., *Sludge Treatment and Disposal*, IWA Publishing, 101-119, 2007.

Bahadori A., *Waste Management in the Chemical and Petroleum Industries*, Wiley, 2014.

Bensadok K.S., Benammar S., Lopicque F., Nezzal G. Electrocoagulation of Cutting Oil Emulsions Using Aluminium Plate Electrodes, *Journal of hazardous materials*, 2008, **152**(1), 423-430.

Beşergil B., *Rafineri Prosesleri*, Gazi Kitabevi, Ankara, 2019.

Cambeilla A., Benito J. M., Pazos C., Coca J., Centrifugal Separation Efficiency in the Treatment of Waste Emulsified Oils, *Chem. Eng. Res. Des.*, 2006, **84**, 69-76.

Cheremisinoff N.P., *Handbook of Solid Waste Management and Waste Minimization Technologies*, Butterworth-Heinemann, 2003.

Colwell R. Oil Refinery Processes: A Brief Overview. *Process Engineering Associates, LLC*, 2009.

Conway L.M., *Method for Processing oil Refining Waste*, Continuum Environmental, United States, Inc., 1999.

Cores A.F., Combustion of Waste Oils Simulating Their Injection in Blast Furnace Tuyeres, *Revista De Metalurgia*, 100-113, 2009.

Dando D.A., Martin D.E., *Guide for Reduction and Disposal of Waste From Oil Refineries and Marketing Installations* (Publication No. 6/03). Concawe, Brussel, Belgium, 2003.

Depadment R., Disposal of Refinery Wastes, American Petroleum Institute (API), 1980. <https://p2infohouse.org/ref/51/50549.pdf>. (Ziyaret tarihi: 4 Şubat 2021).

Dokuz Eylül Üniversitesi, *Petrol Rafinerisi Sektörel Uygulama Kılavuzu*, İzmir, 2020.

Dowa, Waste Management Services For Oil & Gas Industries in Japan And Southeast Asia, 2014.

Elektorowicz M., Habibi S., Sustainable Waste Management: Recovery of Fuels From Petroleum Sludge, *Canadian Journal of Civil Engineering*, 32(1), 164-169, 2005.

EPA, Recycling and Disposal of Cfls, 2016.



Güven H., Rafineri Kaynaklı Emisyonların ve Giderilme Yöntemlerinin İncelenmesi, 2010.

Heidarzadeh N., Gitipour Saeid., Abdoli M., Characterization of Oily Sludge From A Tehran Oil Refinery, *Waste Management & Research*, 2009, **28**(10), 921-927.

Ipieca, Petroleum Refinery Waste Management and Minimization, 2014.

Islam B., Petroleum Sludge, Its Treatment and Disposal, A Review. *Int. J. Chem. Sci*, 2015, **13**(4), 1584-1602.

Mariam H., Allman K., Vierow J. Waste Minimization for selected residuals in the Petroleum Refining Industry, *National Petroleum Refiners Association-Publications-All Series*. 1996.

Meyers R.A. Handbook of Petroleum Refining Processes. Mcgraw-Hill, New York, 2000.

Milli Eğitim Bakanlığı, *Kimya Teknolojisi, Nafta ve Kerosen Merox Üniteleri*, Megep, Ankara, 2014.

Öztürk İ., Çallı B., Arıkan O., Altınbaş M., *Atıksu Arıtma Çamurlarının İşlenmesi ve Bertarafı*, Korza Yayıncılık, Ankara, 218. 2015.

Tsiligiannis A., Tsiliyannis C., Oil Refinery Sludge and Renewable Fuel Blends As Energy Sources for The Cement Industry, *Renewable Energy*, 2020, **157**, 55-70.

Unep, Guidelines on Best Available Techniques And Provisional Guidance on Best Environmental Practices Waste Oil Refineries, 2007.

URL-1: <https://www.marathonpetroleum.com/Operations/Refining> (Ziyaret tarihi: 13 Nisan 2021).

URL-2: <https://tr.depositphotos.com/301255740/> (Ziyaret tarihi: 10 Nisan 2021).

URL-3: <https://www.shutterstock.com/tr/video/clip-27730876> (Ziyaret tarihi: 10 Nisan 2021).

URL-4: [http://jers-e.com/Petroleum\\_Sludge.html](http://jers-e.com/Petroleum_Sludge.html) (Ziyaret tarihi: 20 Şubat 2021).

URL-5: <http://researchreportstrends.over-blog.com/2019/02/refinery-catalyst-market-industry-insights-outlook-and-global-forecast-2018-2026.html> (Ziyaret tarihi: 4 Şubat 2021).

URL-6: <https://www.hausworld.com/> (Ziyaret tarihi: 12 Ocak 2021).

URL-7: <https://akademicevre.com/camur-susuzlastirma/> (Ziyaret tarihi: 3 Ocak 2021).

URL-8: <http://web.deu.edu.tr/erdin/pubs/doc87.htm> (Ziyaret tarihi: 15 Nisan 2021).

URL-9: [https://www.api.org/-/media/Files/EHS/Environmental\\_Performance/](https://www.api.org/-/media/Files/EHS/Environmental_Performance/)  
(Ziyaret tarihi: 12 Nisan 2021).

URL-10: [https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/icerikler/s-n-fland-rma\\_k-lavuzu\\_c-lt-ii-20191127112306.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/icerikler/s-n-fland-rma_k-lavuzu_c-lt-ii-20191127112306.pdf) (Ziyaret tarihi: 10 Ocak 2021).

URL-11: <https://cygm.csb.gov.tr/atiktan-turetilmis-yakit-ek-yakit-ve-alternatif-hammadde-teblig-duyuru-17930> (Ziyaret tarihi: 01 Nisan 2021).

URL-12:  
[https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/Petrol\\_Rafinasyonu\\_Kilavuzu.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/Petrol_Rafinasyonu_Kilavuzu.pdf)  
(Ziyaret tarihi: 05 Mart 2021).

Vdovenko1 S., Boichenko1 S., Kochubei V., Composition and Properties of Petroleum Sludge Produced at The Refineries, 2015.



## KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

**Bilgin M., Arlanbaş D.**, Petrol Rafineri Endüstrisi Atık Yönetimi, *4.Uluslararası Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Kongresi*, 13-14 Kasım 2020.



## ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimini Kocaeli’de tamamladı. 2010 yılında başladığı Koceli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü’nden 2015 yılında Çevre Mühendisi olarak mezun oldu. 2017-2021 yılları arasında, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı. 2015 yılından itibaren Kocaeli’de özel bir şirkette Çevre Kontrol Şefi olarak görev yapmaktadır.

