

**KOCAELI ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ASPEN HYSYS İLE HAM PETROL  
DAMITMA ÜNİTESİNİN SİMÜLASYONU**

**AHMAD RESHAD DELAWARY**

**KOCAELİ – 2018**

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

**KİMYA MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ASPEN HYSYS İLE HAM PETROL DAMITMA**  
**ÜNİTESİNİN SİMÜLASYONU**

**AHMAD RESHAD DELAWARY**

**Prof.Dr. Osman BOZDAĞ**  
**Danışman, Kocaeli Üniv.**

**Prof.Dr. Ayşe Nilgün AKIN**  
**Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.**

**Prof.Dr. Şeyma AYDINOĞLU**  
**Jüri Üyesi, Beykent Üniv.**


**Tezin Savunulduğu Tarih: 31.08.2018**

## **ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR**

Yaptığım bu çalışmada ATAS rafinerisinin Test-Run sonuçları ASPEN HYSYS ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışma sırasında çok değerli bilgili ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan ve bu tezin her aşamasında faydalı önerilerde bulunan saygı değer danışman hocam Prof. Dr. Osman Bozdağ'a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Çalışmalarım boyunca desteklerini esirgemeyen Prof.Dr.Ayşe Nilgün Akın'a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca tecrübeleri ile çok katkıda bulunan, her konuda fikir ve görüşleri ile destek olan Yrd.Doç.Dr.Ramiz Gültekin Akay'a teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca bana maddi ve manevi destekleriyle esirgemeyen sevgili aileme çok teşekkür ederim.

Ekim – 2018

Ahmad Reshad DELAWARY

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ .....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT .....	vii
GİRİŞ .....	1
1. GENEL BİLGİLER .....	3
1.1. Ham Petrolün Oluşumu .....	3
1.4. ASTM Damıtması .....	6
1.5. Ham Petrolün Fiziksel Özellikleri.....	6
1.5.1. Yoğunluk .....	7
1.5.2. Akma noktası.....	8
1.5.3. Kükürt içeriği .....	8
1.5.4. Su ve sediment .....	8
1.5.5. Buhar basıncı.....	9
1.5.6. Gerçek kaynama noktası eğrisi (TBP) .....	9
1.5.7. Viskozite.....	10
1.6. Hampetrolün Bileşemi.....	10
1.6.1. Hidrokarbonlar .....	10
1.6.2. Parafinik hidrokarbonlar.....	11
1.6.3. Naftenik hidrokarbonlar .....	12
1.6.4. Aromatik hidrokarbonlar .....	12
1.6.5. Alkenler .....	13
1.7. Hidrokarbon Olmayan Bileşikler .....	14
1.7.1. Kükürt bileşikleri.....	14
1.7.2. Azotlu bileşikler .....	14
1.8. ATAŞ Ham Petrol Damıtma Ünitesi Ekipmanları .....	15
1.8.1. Ham petrol damıtma ünitesinin tanıtımı.....	15
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI.....	18
3. SİMÜLASYON ÇALIŞMASI ASPEN HYSYS .....	21
3.1. Simülasyonun Kullanımı.....	22
3.1.1. Yatışkın durum simülasyonu.....	22
3.1.2. Birim seçmesi .....	22
3.1.3. Hal denklemi .....	23
3.1.3.1. Peng-obinson hal denklemi .....	25
3.1.3.2. NRTL hal denklemi .....	26
3.2. PROSES TANIMI.....	27
3.2.1. Ham petrolün atmosferik basınçta damıtması .....	27
3.3. Test-Run Amacı .....	31
3.3.1. Test-run yapılışı.....	32
3.4. Ham Petrol Ünitesi Ön Isıtma Sisteminin Simülasyonu .....	35

3.5. Destilasyon Kolonu Simülasyonu (Aspen Hysys ) .....	38
4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR .....	41
4.1. TBP ve ASTM Değerlerinin Karşılaştırması .....	48
4.2. Standart Verim Cetvellerinin Hazırlanması ve Önemi.....	49
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	55
EKLER.....	61
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER .....	73
ÖZGEÇMİŞ .....	74



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Astm d-86 damıtma .....	6
Şekil 1.2.	Tipik bir ham petrol tbp eğrisinin .....	10
Şekil 1.3.	Ham petrolün içinde bulunan parafinler .....	11
Şekil 1.4.	Naftenik hidrokarbonlar .....	12
Şekil 1.5.	Aromatik hidrokarbonlar .....	13
Şekil 1.6.	Alkenler.....	13
Şekil 1.7.	Kükürt içerikli bileşimler ve bunların uzaklaştırılması .....	14
Şekil 1.8.	Azotlu bileşikler .....	15
Şekil 1.9.	Ataş rafinerisinin şeması .....	17
Şekil 2.1.	Gerçek kaynama noktasının karşılaştırması .....	19
Şekil 3.1.	Birim seçimi .....	23
Şekil 3.2.	Hal denklem seçmesi .....	24
Şekil 3.3.	Atmosferik kolon'dan çıkın kesimler .....	29
Şekil 3.4.	Aspen hysys ham petrol akış şeması.....	30
Şekil 3.5.	Aspen hysys yapılmış ham petrolün ön ısıtma hatı. ....	37
Şekil 3.6.	Ham petrol kolonun aspen hysys'dek, sümülasyon şeması .....	39
Şekil 4.1.	Sıcaklık değişimi tepsilere göre .....	45
Şekil 4.2.	Basınç değişimi tepsilere göre .....	45
Şekil 4.4.	Hafif kero test run ve aspen hysys karşılaştırılması.....	47
Şekil 4.5.	Ağır kero test run ve aspen hysys karşılaştırılması.....	47
Şekil 4.7.	Tbp ve astm verimlerinin karşılaştırılması .....	49
Şekil 4.8.	Kolon şarj analizi .....	52
Şekil 4.9.	Nafta astm .....	52
Şekil 4.10.	Hafif kerosin astm distilasyonu .....	53
Şekil 4.11.	H.v,kero (ağır kero ) astm distilasyonu.....	53
Şekil 4.12.	Gasoil astm grafiği.....	54

## TABLULAR DİZİ

Tablo 1.1. Ham petrol özelliklerinin belirlenmesinin amacı .....	4
Tablo 1.2. Tipik bir ham petrolün kimyasal bileşimi.....	4
Tablo 1.3. Tipik bir ham petrolün hafif hidrokarbon bileşikleri .....	7
Tablo 1.4. Ham petrol için apı sınıflandırma sistemi .....	8
Tablo 2.1. Optimum parametreler .....	19
Tablo 3.1. Kerkük ham petrolü hafif uçlar.....	33
Tablo 3.2. Ham petrol kolonundan çıkan test-run sonuçları .....	33
Tablo 3.3. Ürün miktarları .....	34
Tablo 3.4. İç riflekslar .....	38
Tablo 3.5. Yan çekiciler ( strippers).....	38
Tablo 3.6. Ham petrol ısıtma fırın çıkış şartları .....	40
Tablo 3.7. Kerkük ham petrolün t <sub>bp</sub> 'si .....	40
Tablo 4.1. Aspen hysys ile elde edilmiş kolonun tepe ve dip basınçları .....	44
Tablo 4.2. Test-run sonuçları .....	46
Tablo 4.3. Apen hysys sonuçları .....	46
Tablo 4.4. Rezid miktarı.....	51

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$\gamma$	: Aktivite katsayısı
$X_i$	: Bileşenin mol fraksiyonu
$a_{ij}$	: Enerji, (cal/gmol)
$K$	: Enerji, (cal/gm)
$\omega$	: Kat sayı
$a$	: Kohezyon faktörü
$T$	: Sıcaklık, (K)
$n$	: Toplam bileşen sayısı

### Kısaltmalar

API	: American Petroleum Institute (Amerika Petrol Enstitüsü)
ASTM	: American Society for Testing and Materials (Amerika Malzeme Test kurumu)
LLE	: Liquid-Liquid Equilibrium (Sıvı-Sıvı Denge)
LPG	: Liquefied Petroleum Gas (Sıvılaştırılmış petrol gazı)
NRTL	: Non Random Two Liquid
TBD	: Thousand Barrel Day ( Bin Varil Gün )
TBP	: True Boiling Point (Gerçek Kaynama Noktası)
VLE	: Vapor-liquid Equilibrium (Buhar-sıvı Dengesi)
VLLE	: Vapor-liquid liquid Equilibrium (Buhar-sıvı sıvı dengesi)



# ASPEN HYSYS İLE HAM PETROL DAMITMA ÜNİTESİNİN SİMÜLASYONU

## ÖZET

Petrol Rafinerileri çok uzun bir süreden beri dünyada akaryakıt ve kimyasal maddelerin başlıca üretim yerleridir. Rafinerilerin yaptığı en önemli işlemlerinin başında ham petrolün damıtılmasıdır. Ham petrol damıtılmasında ham petrol içinde bulunan çok çeşitli hidrokarbon bileşikleri, kaynama aralıklarına göre belirli kesimlere ayrılır. Bu ham petrol kesimlerinin her biri, rafinerilerin pazarladığı benzin, dizel v.b. ürünleri üreten, üretim ünitelerine besleme akımı olarak beslenir.

Bu tez çalışmasında ATAŞ rafinerisinde yapılan çeşitli test-run çalışmalarından elde edilen saha değerleriyle, ASPEN Hysys programı kullanılarak yapılan simülasyon değerleri karşılaştırılmıştır. Aspen Hysys Simülasyon programında çeşitli termodinamik modeller denenememiştir. Peng Robinson hal denklemi modeli ile test-run sonuçları hata sınırları içerisinde olumlu sonuçlar vermiştir.

Kerkük ham petrolü ile ATAŞ ham petrol kulesinde 370 °C giriş sıcaklığında farklı ham petrol debileriyle (50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 TBD (bin varil/gün) Aspen Hysys programı kullanılarak simülasyon çalışması yapılmıştır. 50 TBD(bin varil/gün) altında kulenin çalışmadığı test edildi, 100 TBD(bin varil/gün) üzerindeki şarjlarda Kerkük haptrolüyle 110 TBD(bin varil/gün) ye kadar çalışılabildiği görülmüştür. Bu değerlerin rafinerinin fiili çalışma kapasiteleriyle uyumlu olduğu bulunmuştur. 100 TBD şarj sabit tutularak ham petrol fırını giriş sıcaklığı 360 °C, 370 °C ve 380°C olmak üzere farklı sıcaklıklarda ham petrol damıtma kulesinin simülasyonu yapılmıştır. Sıcaklık arttıkça resid miktarının azaldığı ve beyaz ürün miktarının arttığı görülmüştür. Simülasyonda gasoil'in renginin kararması ölçü olarak tespit edilemediği için, rafineri tecrübesiyle tespit edilen 370 °C ham petrol kulesi giriş sıcaklığının yerinde olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Aspen Hysys, Damıtma, Optimizasyon, Simülasyon, Test-run.

## **SIMULATION OF CRUDE OIL DISTILLATION UNIT BY ASPEN HYSYS**

### **ABSTRACT**

Petroleum Refineries are the place which fuel and chemical components are produced. One of the most important process in the refinery is distillation. In the distillation of crude oil, a wide variety of hydrocarbon compounds contained in crude oil are separated by certain cuts according to their boiling point range.

In this thesis study, the simulation values obtained by using the ASPEN Hysys program were compared with the field values obtained from the various test-run studies performed in the ATAŞ refinery. Several thermodynamic models have been tested in the Aspen Hysys Simulation program. The Aspen Hysys program was used to simulate different crude oil throughput (50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 TBD)) at the inlet temperature of 370 °C of ATAŞ crude oil distillation tower with Kirkuk crude oil.

It has been tested that crude oil tower does not operate under 50 TBD (thousand barrels/day), and according to our test the tower work till 100 to 110 TBD. It is found that these values are compatible with the actual working capacity of the refineries.

The distillation tower was simulated at different temperatures, including the inlet temperature of the crude oil furnace at 360 °C, 370 °C and 380 °C, keeping the 100 TBD flow rate constant. As the temperature increased, the amount of resid was decreased and it is concluded that the entrance temperature of the 370 °C crude oil tower detected by the refinery experience is in place.

**Keyword:** Aspen Hysys, Distillation, Optimization, Simulation, Test-run.

## GİRİŞ

Ham petrol esas itibariyle içerisinde çok çeşitli hidrokarbon bileşiği bulunan, normal şartlarda sıvı olan bir karışımdır. Normal şartlarda gaz olan metan, etan, propan gibi organik gazlar ham petrol içerisinde çözülmüş halde bulunur. Normal şartlarda katı olan bazı hidrokarbonlarda yine ham petrol içinde çözülmüş olarak bulunur. Ayrıca ham petrol içerisinde az miktarda da kükürt, azot, oksijen bileşikleri ve vanadyum, nikel, arsenik gibi çeşitli ağır metaller bulunur. Bazı inorganik tuzlarda ham petrol içerisinde de askı halinde veya ham petrol içerisindeki süspansiyon halindeki suyun içinde çözülmüş olarak bulunabilir. Ham petrolün özellikleri oldukça karmaşıktır. Ham petroler genellikle çıkarıldıkları bölgenin adıyla anılır. Belirli bir coğrafik bölgeden çıkartılan ham petrol farklı özellikleri sahiptir. Bu nedenle yeryüzündeki yüzlerce rafineriden hiç biri diğerine benzemez.

Ham Petrol rafinerileri genellikle basit rafineriler (yakıt rafinerileri), karmaşık rafineriler ve madeni yağ rafinerileri olarak üç gruba ayrılır. Ham petrolün işlenmesinde genel yöntem önce standart damıtma yapılır. Ham petrolden elde edilen damıtık ürünler, kaynama aralıklarına göre çeşitli kesimlere ayrılır. Bu kesimler istenen amaca uygun olarak farklı rafinerilerde farklı bir şekilde yapılır.

Ham petrol damıtma kolonundan elde edilen damıtık kesimler genel olarak nafta kerosin, gasoil adlarıyla çekilir. Nafta, kerosin ve gas oil yoğunluklarına göre ağır ve hafif adları altında iki farklı akım olarak da çekilebilir. Kolonun dibinden çekilen buharlaşmayan kısma resid adı verilir. Ham petrol kolonundan çekilen kesimler daha sonra farklı fiziksel ve kimyasal işlemlerle, saflaştırılır, dönüştürülür ve rafinerinin pazarladığı benzin, motorin, jet yakıtı v.b. belirli standartlarda ürünlere dönüştürülür.

Ham petrol damıtılması, neredeyse tüm rafinerilerde önemli bir işlemdir. Ham petrol damıtma, ham petrol içindeki hidrokarbonların kaynama noktalarına göre ayrılması işlemidir. Ham petrolün işlenmesi ve çeşitli ürünün üretilmesi oldukça karmaşık prosesdir. ASPEN HYSYS ve ASPEN PLUS proses simülasyon, tasarım ve proses optimizasyon için çok güçlü bir programdır. Ham petrol ayırma prosesinde

optimizasyonu, günümüzde yüksek enerji maliyeti ve kaliteli petrol ürünleri gereksinimi nedeniyle rafinerilerde önemli hususlardan biridir. Bilgisayar simülasyonlarını kullanarak proses optimizasyonu imkanı sağlar. Bu çalışmanın amacı, ATAŞ Rafinerisi ham petrol damıtma ünitesinde Kerkük ham petrolüyle yapılan test-run sonuçlarıyla ASPEN HYSYS simülasyonu sonuçlarının karşılaştırılması ve damıtma kolonunun çalışma koşullarının optimizasyonunun yapılmasıdır.



## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Ham Petrolün Oluşumu

Petrol sözcüğü Latince taşıyağı anlamına gelir. Petrol, hidrojen ve karbondan oluşur ve basit bir formülü yoktur. Normal şartlarda gaz, sıvı ve katı hallerinde olabilir. Ham petrolerin fiziksel özellikleri birbirinden oldukça farklıdır. Ham petroler genellikle çıkarıldıkları coğrafi bölgenin adını alır. Aynı ham petrol bölgesinden çıkartılan ham petrolerin özellikleri zamanla değişebilir. Hafif ham Petroler genelde sarı, yeşil veya açık kahverengi renkli, ağır petroler ise siyah ve koyu kahverengi renklidir.

İnsanlık çok eski zamanlardan beri petrolü kullanır. Eski medeniyetler petrolün farklı özelliklerini, yapışkanımsı ve su geçirmez gibi özellikleri keşfetmişler ve bundan faydalanmışlardır. Sümerler beş bin yıl önce, duvar ve döşemelerde kullandıkları mozaiklerin içine asfaltla dolgular yapmışlardır. Mısırlılar savaş arabalarını asfalt ile yağlanmışlar ve piramitlerin inşasında kullanmışlardır.

Petrol sanayii, 1859'da ilk ticari kuyu açma çalışmalarıyla başlamış ve iki yıl sonra petrol kerosin elde edilmiştir. Petrol rafinasyonu, ilk operasyon olan basit damıtmadan bugünün karmaşık proseslerine gelinceye kadar proses ve teknoloji geliştirme bakımından, sağlık ve güvenlik ihtiyacı için pek çok sayıda araştırma ve geliştirme çalışması yapıldı [1].

Petrolün oluşmasıyla ilgili çeşitli görüşler vardır, petrolün organik veya inorganik esaslı mı olduğu, esas ne tür elementler ile oluştuğuna dair 1800'lü yıllardan bu yana bilimsel araştırmalar ile incelenmektedir. Geçmişten bu zamana kadar gelen bu tartışmalar, hala az sayıda da olsa karşıt görüşlerde olanlar bulunmasına rağmen, organik köken teorisinin kabul edilmesiyle sonlanmış [2]. Ham petrol organik kökenine dayalıdır, bunu İlk önce Berthelot (1866) önermiş ve Mendelejev (1877 ve 1902) tarafından bu teori desteklenmiştir. Laboratuvar ortamında Metan, asetilen ve benzol gibi maddeleri elde eden araştırmacılar doğadaki petrolün de yeraltında

kimyasal reaksiyonlar ve volkanik olaylarla oluştuğunu belirtmişlerdir. Bazı bilim adamları ham petrolün biyokütle kökenli (hayvansal ve bitkisel kökenli) olduğunu kabul edilmektedir. Petrol topraklarında çok fazla kömür bulunmaması, kalkerlerde karasal bitkilerden elde edilen yağın yokluğunun, linyitten türetilmiş asfalt ve petrol arasındaki kimyasal farklılıkların petrol üretiminde karasal bitkilerin önemli bir etkisi olmadığını göstermektedir.

## 1.2. Ham Petrolün Özellikleri

Ham petrolün dökme özelliklerinin (bulk) ve çeşitli kesimlerinin özelliklerinin belirtilmesi amacıyla her ham petrol için verilerin derlendiği, ham petrol değerlendirme raporları (crude assay) hazırlanır ve yayınlanır [2].

Tablo 1.1. Ham petrol özelliklerinin belirlenmesinin amacı [2]

Özellik	Kullanımı
API Gravitesi	Ham petrol fiyatı
Viskozite ve akma noktası	Depolama ve nakliye
Kükürt muhtavasası	Proses ve çevre talepleri
Artık (bakiye ) karbon	Asfalt ve fuel-oil potansiyeli
Tuz, azot ve ağır metaller (Nikel ve vanadyum)	Proses
Hafif hidrokarbonlar (light ends)	Depolama, nakliye ve proses

Tablo 1.2. Tipik bir ham petrolün kimyasal bileşimi

Element	%
Karbon	84
Hidrojen	12
Kükürt	0 - 3
Azot	0 - 1
Ağır metaller	0 – 0,1

Hemen hemen her ham petrol içerisinde değişen yüzdelerde kükürt vardır. Ham petrol içerisindeki kükürt genellikle serbest olarak değil hidrojen sülfür ve çeşitli organik bileşikler halinde bulunur ve karmaşık bir yapı arz eder. Hidrojen sülfür gaz halinde ve son derece zehirli bir bileşik olduğu için, ham petrol petrol kuyusundan

çıkartıldıktan hemen sonra ayrılır. Kükürt bileşikleri çeşitli korozyona, pis koku ve rafineri akımları içinde istenmeyen reaksiyonlara ve reaktörlerde katalizör zehirlenmelerine neden olur. Bu nedenle ham petrol kesimleri içindeki kükürdü gidermek için çeşitli kimyasal prosesler geliştirilmiştir.

### **1.3. Petrol ve Petrol Ürünlerinin Laboratuvarında Yapılan Damıtması**

Belirli miktarda bir sıvı damıtma kabının içine konur kaynatılarak belirli bir kısmı buharlaştırılır ve buharlaşan kısım yoğunlaştırılır. Kabin dibinde kalan sıvı ve buharların yoğunlaştırılmasından elde edilen sıvı farklı bileşimdedir. Ham petrol ve ürünlerinin özelliklerini belirlemek için laboratuvarında cam kaplar içinde yapılan damıttır. Ham petrol içerisindeki kimyasal maddeleri tek tek ayırmanın pratik olarak ayırımı imkânsızdır. Bu nedenle ham petrol ve ürünlerin kaynama aralıklarını belirlemek ve tasarım için gerekli bilgileri elde etmek için laboratuvarında Şekil 1.1’de görüldüğü gibi iki türlü damıtma ekipmanı kullanılarak Damıtma yapılır [3].

#### **a) Gerçek kaynama noktası (True boiling point, TBP)**

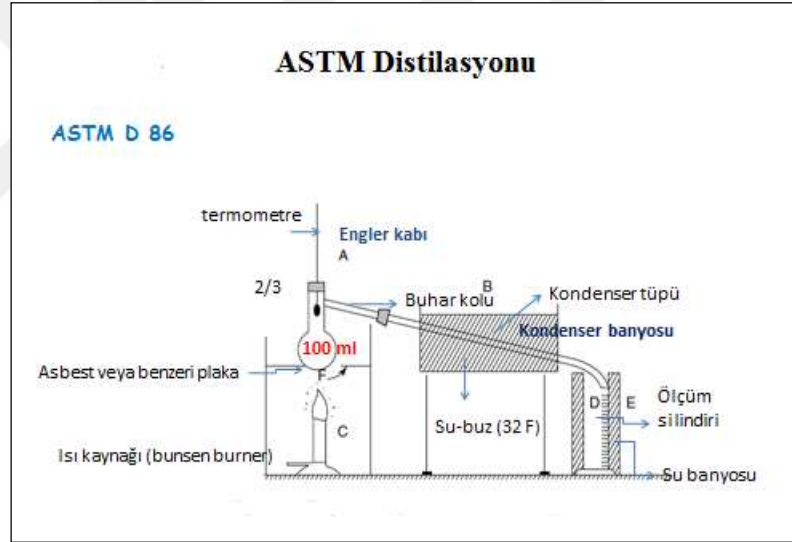
Çok fazla ayırma basamağı ve yüksek bir riflaks oranı ile ham petrol içindeki bileşenler birbirinden ayrılır. Bu damıtma türü çok zaman aldığı için pek uygulanmaz. TBP Damıtması ham petrolün ve ham petrolden elde edilen çeşitli kesimlerin özelliklerinin belirlenmesinde kullanılır [3].

#### **b) Denge buhar ayırma damıtması (Equilibrium flash distillation)**

Besleme akımı belli bir sıcaklığa kadar bir ısıtma sarmalı içinde ısıtılıp buhar ve sıvı fazlar iyi bir şekilde temas ettirilerek dengenin kurulması sağlanır. Daha sonra bu karışım bir kapta sıvı ve buhar kısımlarına ayrılarak buharlaşan kısmın yüzdesi belirlenir. Bir damıtma eğrisi elde edilinceye kadar çeşitli sıcaklıklarda deney tekrar edilir. Eğer besleme akımı gaz ise soğutulmuş kısmen yoğunlaştırılır. Daha sonra soğutma sıcaklığı değiştirilerek deney tekrar edilir. Örneğin belli bir ham petrol veya ham petrol fraksiyonu bir ısıtma koili içinden geçirilerek kapalı bir kap içerisine püskürtülür. Ayrılan buhar miktarının yüzdesi bulunur.

#### 1.4. ASTM Damıtması

Şekil 1.1’de görülen ve boyutları ASTM tarafından belirlenerek standartlaştırılmış bir damıtma sisteminde farklı bir petrol fraksiyonunun 100 ml si damıtılır. Toplamda kabın içinde toplanan tepe ürününün her 10 ml sinde tepe sıcaklığı okunarak damıtma grafiği çizilir. Bu model damıtma metodu en yaygın kullanılan yöntemdir. Kaynama aralığı tayini için örnek sıvının tamamının tepeden çekilinceye kadar kaynaması sürdürülmektedir ve sıvı kaynadıkça buharlaşır ve tepe kısmından geçer ve soğutularak yoğunlaşması gerçekleşir. İlk çıkan sıvının damlacıkları yoğunlaştıktan sonra sıvının ilk kaynama noktası kayıt edilir. Ve sıvının son damlasının kaynayıp buharlaşan noktayı son kaynama noktası adı verilir [4].



Şekil 1.1. ASTM D-86 damıtma [5]

Bu analiz bize şu bilgileri sağlamaktadır.

- 1) Ham petrolün ilk kaynama noktasının sıcaklığı.
- 2) Ham petrolün son kaynama noktasının sıcaklığı.
- 3) Ham petrolün kalitesi, hafif ve ağır ürünlerin dağılımı.

#### 1.5. Ham Petrolün Fiziksel Özellikleri

Hidrokarbon özellikleri bağlı oldukları sınıfa ve karbon yapısına göre değişir fiziksel özellikleri, alevlenme noktası, ısı değeri, akma noktası, uçuculuk, kaynama noktası,



buhar basıncı, donma noktası özellikleri ham petrol ve ürünleri için çok önemli performans ölçütleridir.

Tablo 1.3’de normal şartlarda gaz olan, ham petrol içerisinde çözülmüş olan hafif hidrokarbon bileşikleri görülmektedir.

Tablo 1.3. Tipik bir ham petrolün hafif hidrokarbon bileşikleri [7]

	Genel formül	Yapısal formül	Molekül ağırlığı	Kaynama Aralığı °C	Özgül ağırlık $d_4^{15}$
Metan	C	C	16,0	-161,5	0,260
Etan	CH <sub>4</sub>	C-C	30,1	-88,8	0,377
Propan	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C-C-C	44,1	-42,1	0,508
n-butan	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C-C-C-C	58,1	-0,5	0,586
İzobutan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	$\begin{array}{c} C \\   \\ C-C-C \end{array}$	58,1	-11,7	0,563
n-pentan	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	C-C-C-C-C	72,1	+36,1	0,631
n-heptan	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	$\begin{array}{c} C-C-C-C-C- \\ C \end{array}$	100	98,4	0,688

### 1.5.1. Yoğunluk

Yoğunluk, bir maddenin kütle ve hacminin oranıdır. Ham petrolün yapısı hakkında bilgiler veren farklı yoğunluk ölçme metotları vardır. Bunlardan biri olan API (American Petroleum Institute) rafinasyonda yaygın olarak kullanılır. API çeşitli ham petrolerin viskozitelerine göre SI (International System) sınıflandıran bir metot adıdır. Bu metotta, ağırlık ve hacim birimiyle ifade edilen yoğunluk yerine spesifik gravite değerlerinin fonksiyonu olan API gravite dereceleri esas alınmıştır. Sıcaklık aynı olmak şartıyla Spesifik ağırlık bir elementin belirli bir hacminin ağırlığının aynı hacimdeki suyun ağırlığına oranıdır. API, Spesifik graviteye çevrilir [7].

$$\text{spes.gravite} \left( \frac{60}{60} \text{ } ^\circ\text{F} \right) = \frac{\rho_{\text{ör}}(60^\circ\text{F})}{\rho_{\text{su}}(60^\circ\text{F})} \quad (1.1)$$

$$\text{API} = \frac{145,5}{\text{Spes.gravite} \left( \frac{60}{60} \text{ } ^\circ\text{F} \right)} - 131,5 \quad (1.2)$$

API ağırlığı değeri yükselince ham petrolün değeri artar. Dünyada bulunmuş en ağır petrol 5-7 API ve en hafif ham petrol ise 57 API olarak dokümanlara geçmiştir bu değerler tablo 1.4'te gösterilmiştir.

Tablo 1.4. Ham petrol için API sınıflandırma sistemi [7]

API Derecesi	Tanım	Viskozite	Renk	Ana bileşimi
0 – 22,3	ağır	Çok viskoz	koyu	asfalt
22,3 – 31,3	orta	Orta	kahve	Benzin+dizel
31,3 - 47	hafif	akışkan	Açık sarı	Kondensat/benzin

### 1.5.2. Akma noktası

Aynı grupta olan hidrokarbonların bileşiklerin donma noktaları karbon sayısı ile bağlantılıdır karbon sayısı arttıkça donma noktası da artar, fakat bileşiğin molekül şekli önemlidir. Parafinler ve süstitüe olmamış aromatik hidrokarbon aynı sayılı diğer bileşiklerden daha yüksek sıcaklıklarda donar [6].

### 1.5.3. Kükürt içeriği

Ham petrolün değerini düşüren özelliklerin başında ham petrolün içerdiği kükürt miktarı gelmektedir. Ham petrolerin içerdiği kükürt miktarı genellikle %0,1 ile %3.5 arasında değişmektedir.

### 1.5.4. Su ve sediment

Ham petrolün içerdiği su ve sediment miktarının düşük olması arzu edilir. Su ve sediment miktarı fiyatlandırma sırasında düşülmür.

### **1.5.5. Buhar basıncı**

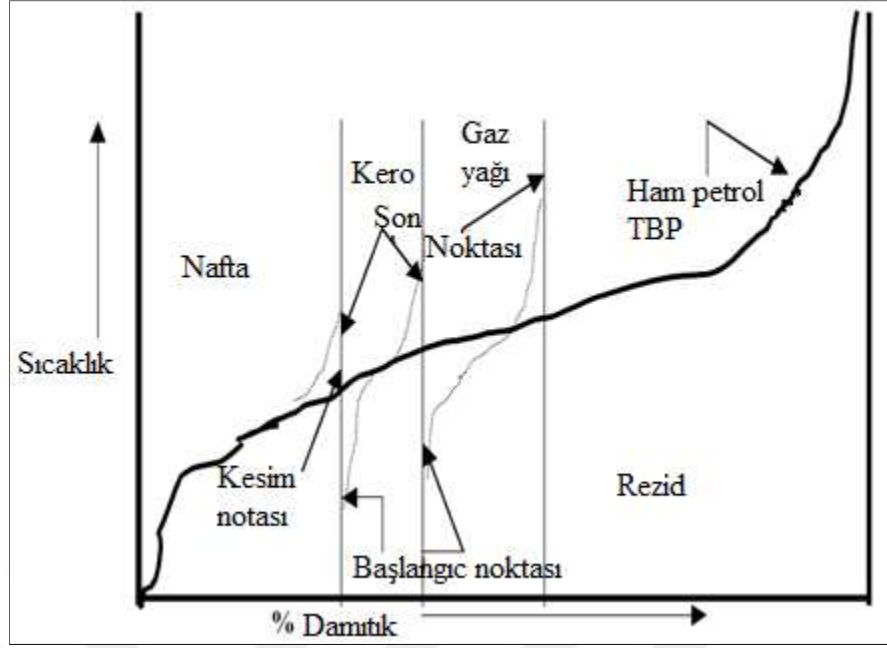
Saf bir maddenin buhar basıncı, belli bir sıcaklıkta sıvı ile dengelenen buhar basıncı olarak tanımlanır. Buhar basıncı sıcaklıkla orantılıdır, sıcaklık artıkça buhar basıncı da artar ve basınç dış basınca eşit olduğunda (atmosferik basınç) kaynamaya başlar. Petrol, fraksiyonlarda çok farklı hidrokarbonların bir karışımıdır ve saf bir madde gibi davranmaz ve karışımdaki her hidrokarbon farklı buhar basıncına sahiptir.

Bir maddenin kaynama noktası, sıvının buhar basıncının sıvıyı atmosferik basınca eşit olduğu sıcaklıktır [6] ve sıvı buhar haline dönüşür.

### **1.5.6. Gerçek kaynama noktası eğrisi (TBP)**

Gerçek kaynama noktası eğrisi, Ham petrolün içinde bulunan saf elementlerin kaynama noktasının grafiğidir. Eskiden bu grafikler laboratuvarlarda üretiliyordu, damıtma cihaz ve 100 dan fazla denge aşamaları kullanarak , ama şimdi bu eğri, kütle spektrometresi ile üretilmektedir, damıtma metotlarından çok daha hızlı ve daha doğru yöntemlerle. Şekil 1.2’de TBP ile sıcaklık bağlantısı gösterilmiştir.

Her bir ham petrolün kendine has moleküler ve kimyasal özellikleri vardır. Bu farklılıklar, ham petrol kalitesinde önemli farklara neden olur. Ham petrol tayini, esasen ham petrolün fiziksel ve kimyasal testlerle değerlendirilmesidir. Ham maddenin son kullanımı için uygunluğu hakkında bilgi veren ve ham maddenin ticari değerinin tahmin edilmesine yardımcı olan verileri sağlar. Kesim noktası, tüm ham petrolün TBP eğrisindeki sıcaklık olarak tanımlanır.



Şekil 1.2. Tipik bir ham petrol tbp eğrisinin [6]

### 1.5.7. Viskozite

Viskozite bir akışın karşında gösterdiği direnç ölçüsüdür ve viskozite sıcaklıkla ters orantılıdır yani sıcaklık arttıkça viskozite azalır. Viskozitesi genelde akışkanın molekül ağırlığına bağlıdır, viskozite hidrokarbon gruplarına çok bağlı değildir, aynı karbon sayılı komponentlerden naftenlerin viskozitesi diğer aromatik ve parafinlere göre biraz daha yüksek viskoziteye sahiptir [7].

## 1.6. Hampetrolün Bileşemi

### 1.6.1. Hidrokarbonlar

Hidrokarbonlar, hidrojen ve karbondan oluşan organik komponentlerdir. Genelde bu hidrokarbonlar dört ana sınıfta ayrılır: Aromatik, Parafinik, Olefin ve Naftan.

Ham petrol, ta 60'a kadar karbon içeren ve hidrojen karbon çok karmaşık moleküllerden oluşmaktadır. Hidrokarbonların özellikleri, hidrojen, karbon sayısına ve bunların arasındaki bağların şekillerine göre belirlenmektedir [7].

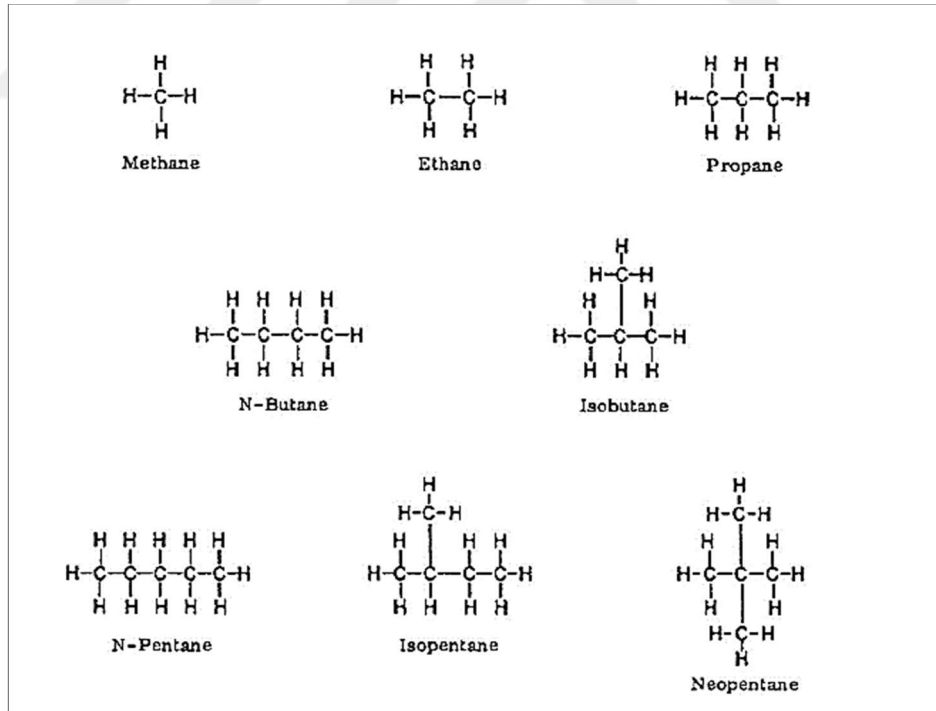
Genellikle, dört atoma kadar karbon içeren hidrokarbonlar gaz formında bulunmakta; 5-19 atomlu karbondan oluşan hidrokarbonlar sıvı şeklinde, 20 ve daha fazla atomlu karbondan oluşan hidrokarbonlar katıdır. Rafinasyonda, ham petrolün farklı kesimlere

ayırarak ve bunların kalitesini yükseltmek için farklı kimyasal maddeler, katalizörler, ısı, basınç uygulanır.

### 1.6.2. Parafinik hidrokarbonlar

Ham petrolün içinde bulunan parafinik hidrokarbon bileşikleri serisi  $C_nH_{2n+2}$  genel bir formülüyle gösterilmektedir. Bu hidrokarbonlar iki şekilde, düz zincir veya dallanmış halde bulunmaktadır.

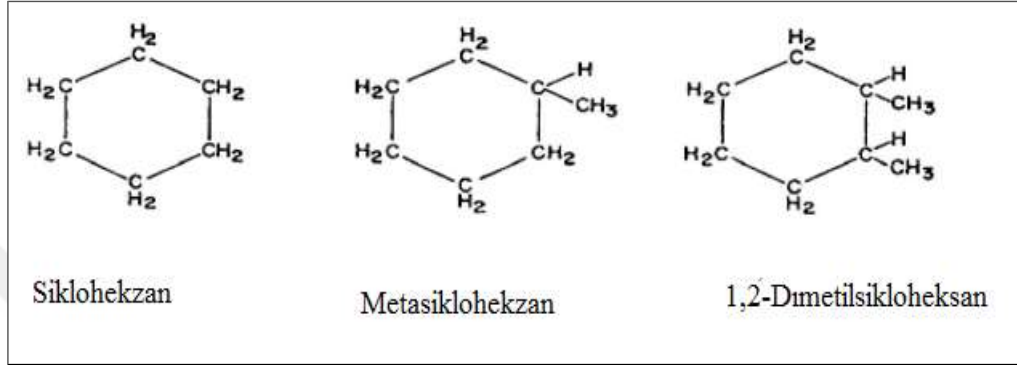
En basit parafin metan(  $CH_4$  ), ve çok hafif normal parafin molekülleri gazlarda ve vakalarda (mumlar) bulunmaktadır. 1-4 atomlu karbon gazları içerirler ve 5-6 atomlu karbon ) pentan ve heksan sıvıdır. Parafin hidrokarbonların dörtten fazla karbondan oluşan bu hidrokarbonlar izomerik yapıda bulunabilir, karbon sayısı aynı olan parafin hidrokarbonlar fakat karbonların düzenlenmeleri farklı olduğuna çok değişik kimyasal ve fiziksel özellikleri gösterebilir. Şekil 1.3'de farklı hidrokarbonların yapısı gösterilmiştir [2].



Şekil 1.3. Ham petrolün içinde bulunan parafinler [6]

### 1.6.3. Naftenik hidrokarbonlar

Bu hidrokarbonların ana formülü  $C_nH_{2n}$  şeklindedir ve bu hidrokarbonlar bütün ham petrol ürünlerinde bulunabilirler. Ancak bazı hafif ham petrol hariç, çoğunlukla beş veya altı karbonlu atom, tek halkalı naftenler şeklindedirler [1]. Şekil 1.4'te gösterilmiştir.

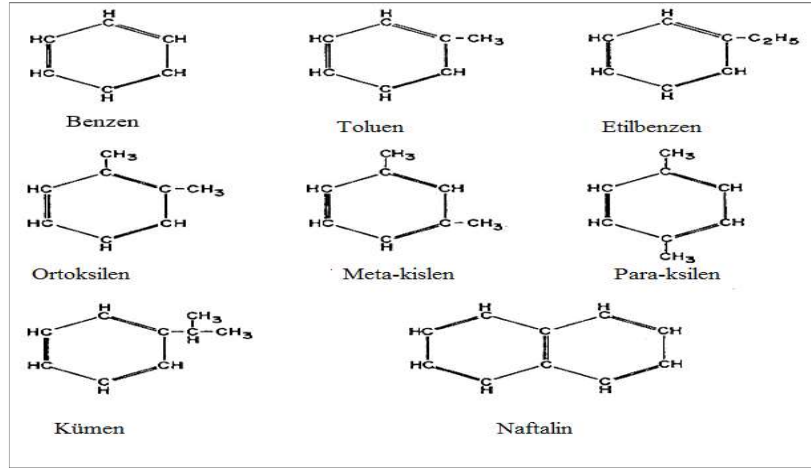


Şekil 1.4. Naftenik hidrokarbonlar [7]

### 1.6.4. Aromatik hidrokarbonlar

Aromatik Hidrokarbonların gurubu kimyasal ve fiziksel olarak Parafinler ve naftenlerden çok farklıdır. Aromatik hidrokarbonların komponentlerinde karbon atomları halka halinde farklı bağlarla bağlanmışlardır. Aromatik hidrokarbonlar doymuş çok kararlı komponentlerdir. Aromatik hidrokarbonların ana formülü  $C_nH_{2n-6}$ 'dır ve bu hidrokarbonların en sade bileşiği, benzenin formülü  $C_6H_6$ 'dır. Aromatik hidrokarbonların gurubu Şekil 1.5'te gösterilmiştir.

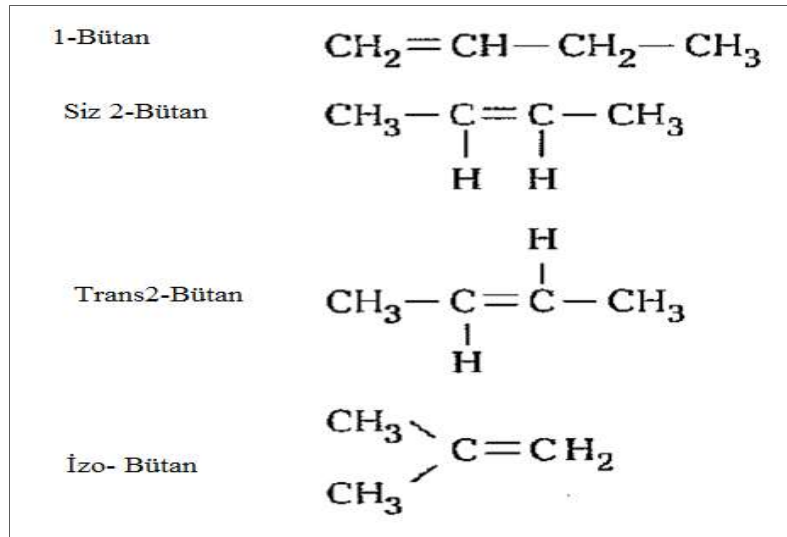
Aromatik hidrokarbonlar sınıfında olan bir hidrokarbonun en önemli özelliği çözünürlüğüdür [15].



Şekil 1.5. Aromatik hidrokarbonlar [7]

### 1.6.5. Alkenler

Bu hidrokarbonların kaba formülleri  $C_nH_{2n}$ 'dir, mono-olefinlerdir ve zincirde tek karbonlu çift bağı içerir ve en basit hidrokarbon alken etilendir. Bir çift bağla bağlanmış ve iki atomlu ile dört atomlu hidrojen halinde bulunabilir. Parafinik hidrokarbonlarda olduğu gibi dört veya fazla karbon atomdan oluşan olefinler yapısal izomerleri oluşturur Genellikle olefinler ham petrolün içinde çok az miktarda bulunur. Bu hidrokarbonlar ısı ve katalitik parçalanma süreci esnasında meydana gelirler. Alkenler çeşitleri Şekil 1.6'de gösterilmiştir.

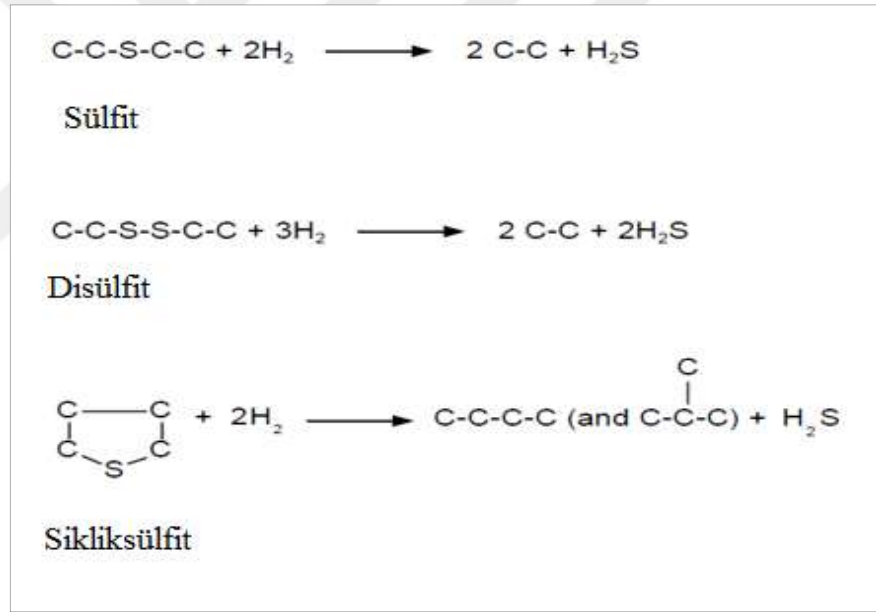


Şekil 1.6. Alkenler

## 1.7. Hidrokarbon Olmayan Bileşikler

### 1.7.1. Kükürt bileşikleri

Ham petrolün bulunduğu bölgeye göre kükürt bileşiklerinin miktarı % 2-6 arası değişir. Bir ham petrolün acı (sour) olduğu onun içindeki çözülmüş kükürt bileşiklerinin miktarına göre sınıflandırılır yani, %1'den fazla çözülmüş hidrojen sülfür içeren hampetrol acı olarak sınıflandırılır. Hidrokarbon yapısında bulunan kükürt bileşiklerinin çok rahatsız edici kokuları vardır. Bu bileşikler aynı anda çok tehlikelidir ve rafinasyon esnasında da sorun çıkarırlar. Bu yüzden ham petrol farklı işlemlerden geçerek kükürt miktarı mümkün olduğu ölçüde düşürülür. Benzin ve Dizelin içinde 10 ppm veya daha düşük kükürt bileşiği bulunur. [8,10]. Kükürlü bileşiklerin çeşitleri Şekil 1.7'de gösterilmiştir.



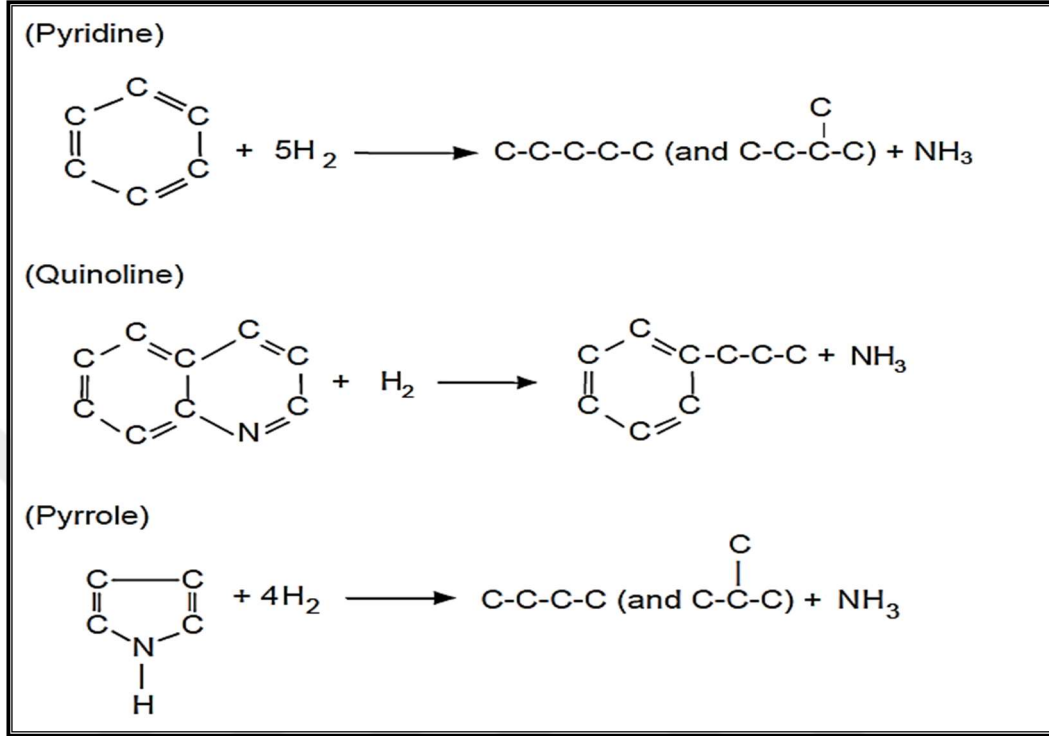
Şekil 1.7. kükürt içerikli bileşimler ve bunların uzaklaştırılması

### 1.7.2. Azotlu bileşikler

Ham petrolün yapısında bulunan azotlu bileşiklerin miktarı oldukça azdır ( ağırlıkça % 0,1 civarında). Azotlu bileşikler ısıya karşı dayanıklı oldukları için hafif kesimlerde az, kaynama noktası yüksek olan kesimlerde daha fazla bulunur. Hidrokraking ve katalitik kraking proseslerinde azotlu bileşiklerin bozulmasıyla amonyak ve siyanürler meydana gelir [9]. Meydana gelen bileşikler katalizörlerin zehirlenmesine ve bozulmasına neden olur. Bu nedenle katalitik proseslere verilen akımlar önce



hidrotreating prosesinden geçirilerek azot içeren bileşikler zararsız seviyelere düşürülür[10]. Bu hidrokarbon grubu şekil 1.8’de gösterilmiştir.



Şekil 1.8. Azotlu bileşikler [10]

## 1.8. ATAŞ Ham Petrol Damıtma Ünitesi Ekipmanları

### 1.8.1. Ham petrol damıtma ünitesinin tanıtımı

ATAŞ ham petrol ünitesi esas itibarıyla, ham petrol ve ürün depolama tankları, çeşitli pompa, ısı değiştiriciler, bir tuz giderici, bir ham petrol ısıtma fırını, bir ham petrol damıtma kolonu, çeşitli dram ve stripperlerden oluşmaktadır. Bir ham petrol damıtma ünitesinde ham petrol işleyebilmek için gerekli ekipmanları ve yardımcı birimleri şu şekilde sıralayabiliriz [14].

- Depo tankları
- Ham petrol Pompları
- Isı değiştiricileri
- Tuz giderici
- Ham petrol fırını
- Damıtma kulesi

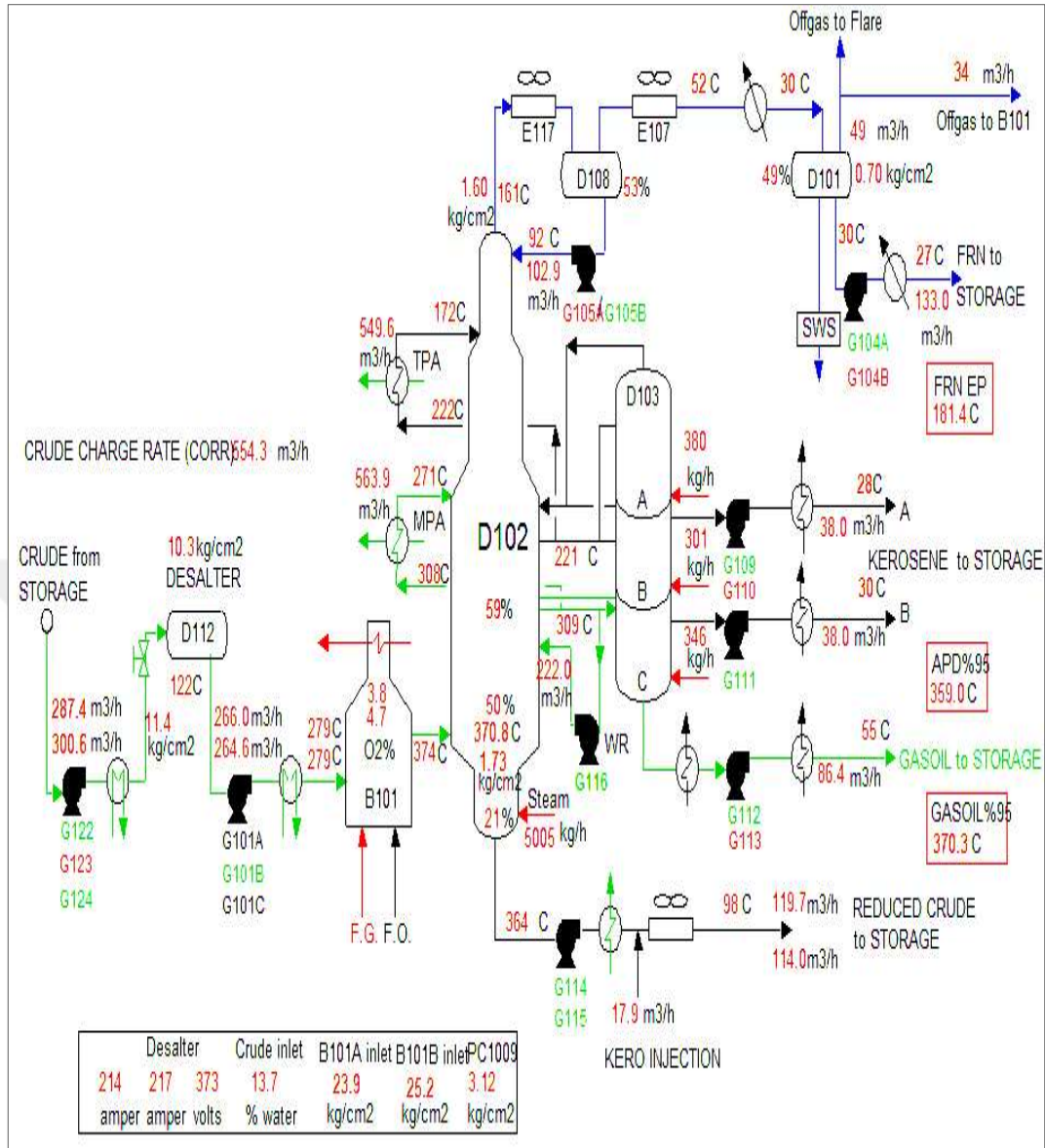
- Tepe buharları yoğurturucusu
- Tepe dramı
- Stripperler
- Çeşitli kontrol ekipmanları
- Atık üniteleri (alev bacası, Acı su ünitesi, API Separatörü)

ATAŞ Ham petrol ünitesinin basit bir akım diyagramı Şekil 1.9'de görülmektedir.

Ham petrol kolonu içinde 35 tepsi bulunan yaklaşık 40 m yüksekliğinde dört farklı çap değerine sahiptir. Kolonun tepesinden nafta ve yoğunlaşmayan uçucu gazlar çıkmaktadır. Kolonun yan kısımlarından yukardan aşağı sırasıyla, hafif nafta, ağır nafta, gasoil ve kolon dibinden resid çekilmektedir.

Ham petrol tanklarından alınan ham petrol, birbirinin simetriği iki ısı değiştirici treninden geçtikten sonra, tuz gidericiye (desalter) girmektedir. Tuzu giderilen ham petrol daha sonra tekrar ikiye ayrılarak çeşitli ısı değiştiricilerden geçer ve yaklaşık 250 °C de ham petrol fırınına girmektedir. Bu fırından 370 °C çıkan ham petrol, kolonun flaş bölgesine beslenmektedir. Flaş bölgesinin alt bölmesi resid stripper olarak adlandırılmaktadır. Bu bölgeye 320 °C civarında kızgın su buharı verilmekte ve resid içerisinde kalması muhtemel hafif ürünler sıyrılmaktadır. Kolonun 6. Tepsisi dolgulu tepsidir. Bu tepsi overflaş nedeniyle yukarı sürüklenen rezidin tutulması ve damıtık ürünün rengini bozmasını önlemektedir. Ham petrol kolonunun diğer tepsileri vanalı tepsidir.

Ham petrol kulesinin yan tarafında birbirinden bağımsız üst üste yerleştirilmiş, hafif kerosin, ağır kerosin ve gasoil stripperleri bulunmaktadır. Bu stripperlere ham petrol kolonundan gelen akım srippere üstten girer, alt taraftan kızgın buhar verilir. Stripperlerden çıkan buharlar, çekildikleri tepsinin bir üstündeki tepsiye geri döner. Strip edilen akımlar duruma göre kero, jet A1, gasoil üretimi işlemleri için başka ünitelere beslenir.



Şekil 1.9. Ataç rafinerisinin şeması [14]

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI

Rafineri işlemleri sırasında, enerji kullanımı ve ürün geri kazanımı arasında güçlü bir enerji alışverişi vardır. Proses optimizasyonu proses'te kullanılan enerjinin tasarrufu ve verimini artırmak için yapılan bir çalışmadır. Prosesin daha etkili bir şekilde çalışması ve prosesin işletilmesinde etkili olan parametrelerin belirlenmesi için pek çok deneysel ve modelleme çalışması yapılmaktadır. Bu çalışmalar oldukça maliyetlidir ve zaman alır. Günümüzde proses optimizasyonu daha hasas ve hızlı bir şekilde bilgisayar ortamında yapılmaktadır [15].

Literatürde distilasyon prosesinin simülasyonu ile ilgili yapılan çeşitli çalışmalar mevcuttur. Ancak distilasyon prosesinin simülasyonu ve optimizasyonu konularındaki çalışmalar oldukça sınırlıdır. Türkiye'de ise destilasyon ile ilgili çalışmalar mevcuttur ancak hampetrol distilasyon ünitesinin optimizasyonunun Aspen Hysys ile ilgili yapılmış kapsamlı çalışmalar yoktur. Çalışmamız bu konuda yapılan ilk örnek olacaktır [16].

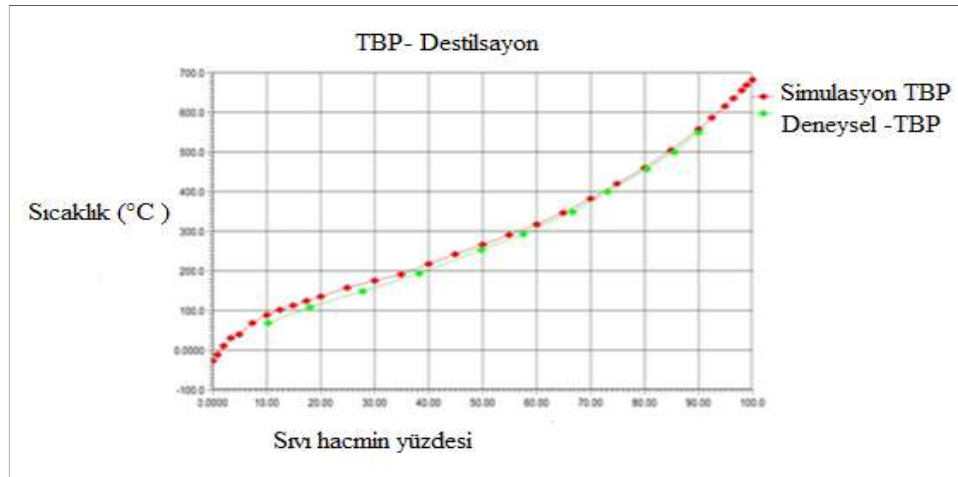
Giwa ve Karacan'ın yaptığı çalışmada (2012), Etil asetat'ın reaktif paketli damıtma ünitesinin simülasyonu ve optimizasyonu incelemiştir [17].

Bu çalışmalarda Optimizasyon için üç farklı algoritma kullanılmıştır: Fletcher-Reeves, Quasi-Newton Ardışık Kuadratik Programlama (SQP) algoritmalarıdır. Optimizasyonun amacı distilat'ın akışımında etil asetatın mol fraksiyonunun maksimuma çıkarılmasıdır. Aspen Hysys'te kullanılan aynı parametreleri laboratuvarında denenmiştir. Bu değerler oldukça birbirine yakın ve iyi bir sonuç vermiştir. Bu çalışmada elde edilen değerler Tablo 2.1'de yer almaktadır.

Tablo 2.1. Optimum parametreler [17]

Parametre	Sabit drum	Fletcher-Reeves	Quasi-Newton	SQP
Riflaks oranı (kmol recycle/ kmol distillate)	1,0000	2,8995	3,0881	2,6103
Besleme oranı (Ml asetik asit/ ml etanol)	1,0000	3,3251	3,4565	2,0011
Isıtıcı (Kj/s)	0,2500	0,1076	0,0951	0,1070
fonksiyon	0,7132	0,7628	0,7624	0,7608
Üst segment sıcaklığı (°C)	74,5338	74,3335	74,3356	74,3260

Al Muamri'in (2017) yaptığı çalışmada Libyada'ki bir rafinerinin vakum ünitesinin simülasyonu Unisim yazılımıyla yapmıştır. Bu çalışmada gerçek kaynama noktası (TBP) karşılaştırması yapılmıştır deneysel ve simülasyon arasındaki farkın az olduğunu belirtmiştir [18].



Şekil 2.1. Gerçek kaynama noktasının karşılaştırması [18]

Bu çalışmada atmosferik destilasyon ünitesin'den çıkan ağır kesim (residue) hacmi 31,9 % vakum ünitesinde besleyerek hafif kesimleri ayırmıştır.

Dilmaç (2011) yaptığı çalışmada TÜPRAŞ İzmit Rafinerisi'nin ham petrol damıtma kolonlarından olan "plant-5" incelenmiş, SimSci Pro/ II 8.2 proses simülasyon yazılımını kullanarak gerçek çalışma şartlarındaki simülasyon yapılmıştır [19]. Ham petrol rafinerilerinde çoğunlukla enerjinin yoğun olarak kullanıldığı üretimler yer alır. Bu üretimlerde enerji tüketimi ve enerji kayıpları çoktur. Ham petrol rafinerilerinde termal enerjinin büyük bir kesimi rafinerinin ilk ünitesi olan ham petrol damıtma kolonunda kullanılır. Bu çalışmada destilasyon ünitesinin termodinamik analizleri yapılarak iyileştirilmeleri ve enerji tasarrufu ve dolayısıyla maliyeti düşürme çalışmaları yapılmıştır [19].

Demir (2013) yaptığı çalışmada dinamik kütle ve enerji dengesi, esas kinetik ve temel termodinamik eşitlikleri kurularak, denge modellerini incelemiştir. İlk olarak Dinamik model 3 raflı bir kulede, MATLAB programını kullanarak test yapmıştır. Aynı şekilde denge modellerini kullanarak 3,5,10 raflı kulelerde MATLAB programı vasıtasıyla test edilmiştir [20].

Qasim'in ve arkadaşlarının (2016) çalışmalarında sentez gaz üretiminin optimizasyonu incelenmiştir. Bu çalışmada, Reaktör uzunluğu ve çıkan ürün oranının farkı, Reaktör boyutu, molar ve sıcaklık arasında değişimleri aspen hysys simülasyonu vasıtasıyla bulmuştur. Ayrıca Reaktör boyutuna ve sıcaklığa göre optimizasyon çalışması yapılmıştır [21].

Shankar ve arkadaşları (2015) destilasyon kolonun analiz ve simülasyonunu incelemişler, damıtık (distilled) ve sıcaklık arasındaki farkı, proses'ten çıkan fraksiyonların proses sıcaklığın arasındaki maksimum farkı bulmuşlardır [22].

Iyodo ve arkadaşlarının (2018) vakum destilasyonun simülasyonunu yapmışlar, bu çalışmada 7500 Ton/saat atmosferik destilasyon'dan çıkan ağır kesim (residue) besleme akımı olarak beslemişler,7500Ton/saat'lik bir akım için 8 raflı bir kolonun uygun olduğunu belirtmişler, Aspen Hysys yazılımıyla simülasyon yapılmıştır. Proses için basınç 27,58 kPa ve sıcaklık 397,20 °K olarak seçildi. Simülasyon gerçekleştirildikten sonra 618,42 Ton/saat hafif vakum gazoöl (LVGO), 5335,40 Ton/saat ağır vakum gazoöl (HVGO) ve 1546,18 Ton/saat kalıntı bulmuşlar [23].

### 3. SİMÜLASYON ÇALIŞMASI ASPEN HYSYS

Simülasyon işlemi, fizibilite çalışmalarından başlayarak, prosesin tüm aşamasında önemli bir rol oynamaktadır. Simülasyon ayrıntılı mühendislik tasarımı, personel eğitimi ve tesis işletiminde önemli kolaylıklar sağlar. Simülasyon çalışmaları, proses mühendislerinin, imalat sistemlerinin işleyişi hakkında fikir sahibi olmaları için vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir. Simülasyon modelleri, birçok proses endüstrisinde gerçek zamanlı optimizasyonda kanıtlanmış büyük bir öneme sahiptir. Sade ve basit proseslerden karmaşık proseslerin matematiksel olarak modelleyebilme imkanını varıyor. (Speed UP) olarak bilinen ilk denklem tabanlı simülatör, Sargent ve Westerberg tarafından önerildi. Günümüzde teknoloji bilgi, modelleme simülasyon alanında çok önemli gelişmeler olmaktadır. Simülasyonlar, proses modeline göre genel olarak yataşkın durum ve Dinamik Durum şekilde sınıflandırılır. Yataşkın durum( steady state) tesislerin proses tasarımı için yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde bir takım ticari proses simülatörleri mevcuttur. Bu işte, Aspen HYSYS analiz edilen proseslerin hem yataşkın hemde dinamik durum, simülasyonu için kullanılır. Aspen HYSYS, kararlı durum tasarımından çevrimdışı mühendislik çalışmalarına, çevrimiçi işletme modellerinde kullanılır. Bir tesisin tüm yaşam döngüsü boyunca modelleme uygulamaları ile desteklenir. Damıtma, kimyasal reaksiyonlar, ısı transferi işlemleri, dönen ekipman, kontrolör ve yataşkın durum ve dinamik ortamlarda mantıksal işlemler de dahil olmak üzere kapsamlı bir bir işletim modelleri kütüphanesi sunmaktadır [24].

Aşağıdaki amaçlar için simülasyon kullanılabilir;

- Grafik ve tablo çizmek
- Hassasiyet performansı ve (study case ) çalışmaları
- Ekipmanların boyutlandırılması ve değerlendirilmesi
- Deneysel veri düzeltme
- Saf, karışım bileşen analizi ve özellikleri
- Proses optimizasyonu

- Fizikokimyasal özelliklerin tahmini ve regresyonu
- Proseslerin dinamik analizi

Aspen hysys proses simülatörüdür endüstride yaygın olarak kullanılıyor özellikle proses tasarım, kontrol optimizasyonu ve proje izleme aşamalarında. Aspen hysys'nin en önemli uygulamaları, petrol ve gaz prosesleri, rafineriler ve bazı hava ayırma endüstrileri için uygundur [20].

### **3.1. Simülasyonun Kullanımı**

Proses simülasyonu, kimya mühendisleri için çok önemli bir araçtır. Bu program ile çok karmaşık problemlerin kısa sürede çözülmesi sağlanmaktadır.

Proses simülasyonun çok farklı kullanımları mevcuttur. Tipik kullanım alanları;

- Daha iyi bir enerji kullanımı
- Kirlenici olabilecek atık akımlarının işletme maliyetini ve emisyonunu en aza indirmek
- Ürün ve proses verimliliğini arttırmak
- Proses kontrol edilebilirliğini arttırmak
- Proses tasarım öğretiminin ilerletilmesi[22]

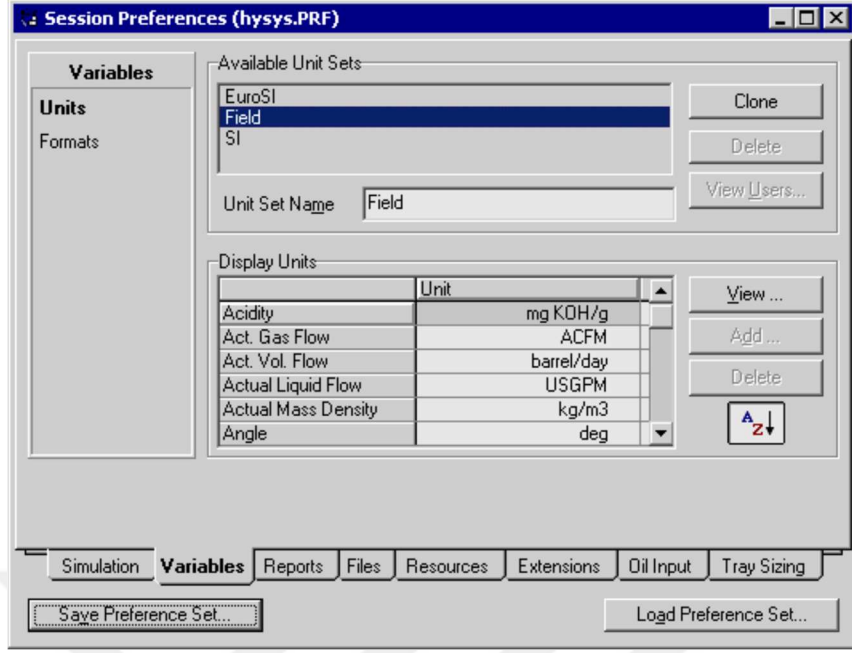
#### **3.1.1. Yatışkın durum simülasyonu**

Kararlı durum simülasyonları, kimyasal prosesin tasarımı, analizi ve optimizasyonu için kapsamlı bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca, malzeme ve enerji dengeleri açısından proses akış diyagramları için veri sağlarlar. Yatışkın hal modelleri, modelli sistemin elemanları arasındaki ilişkileri tanımlayan denklemleri kullanır ve sistemin dengede olduğu bir durum bulmaya çalışır. Bu nedenle bu modeller zamandan bağımsızdır. Bu modeller, kavramsal tasarım, fizibilite çalışmaları, ayrıntılı mühendislik ve sistemin geçici davranışını değerlendirmek için kullanılır. Dinamik simülasyonlar için yapılacak çalışmaların ilk aşamalarında kullanılır[26].

#### **3.1.2. Birim seçmesi**

ASPEN HYSYS 'te genelde tüm birimler sistemde mevcut ve bu birimlerin birbirine değiştirebilme imkanına sahiptir veya ayrı birimler oluşturulabilir [23]. Aspen Hysys'te birim seçimi aşağıdaki Şekil 3.1'de gösterilmiştir.





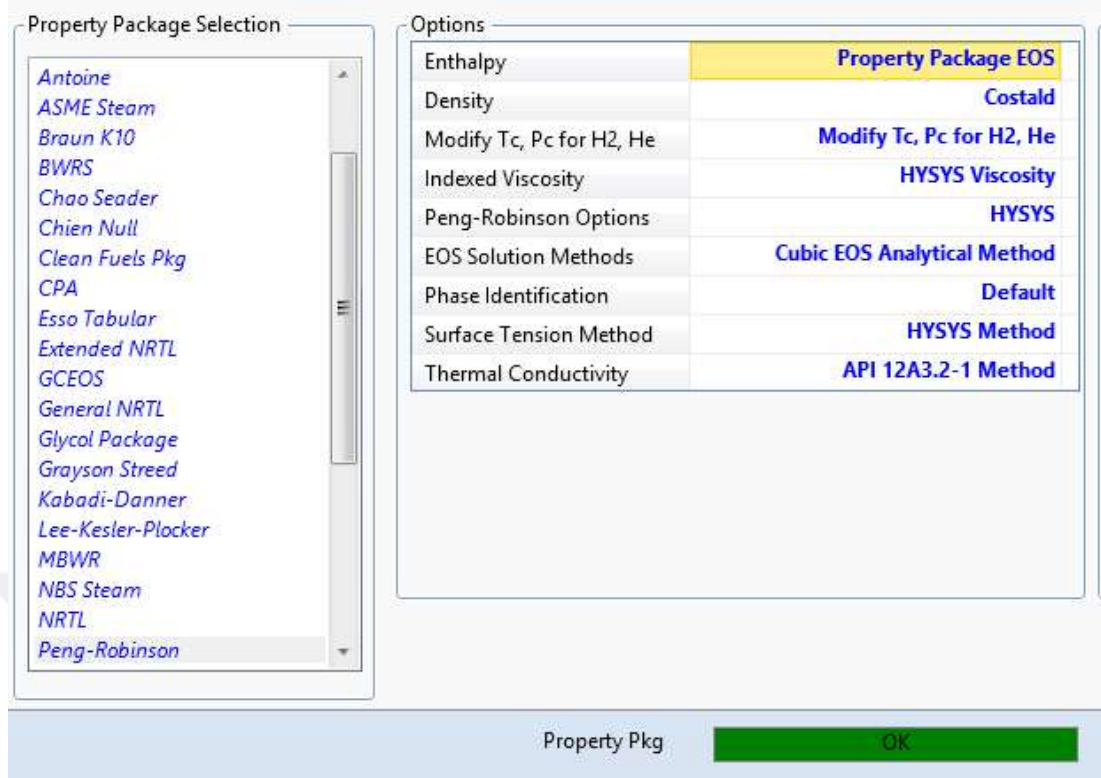
Şekil 3.1. Birim seçimi [26]

### 3.1.3. Hal denklemi

ASPEN HYSYS'te tüm saf bileşimlerin fiziksel özelliğine göre hal denklemi seçilir. Hal denklemi seçtikten sonra sistemin tanımlamasına izin verir. Bir hal denkleminin seçiminde dört önemli ölçüt vardır.

- Bilginin kolay oluşturulması ve değiştirilmesi için, ilgili tüm bilgiler tek bir yerde tanımlanır.
- Her hangi bir simülasyon için Hal denklemleri sistemden seçilebilir ve yeni bir hal denklemi olarak sisteme dışardan tanımlayabiliriz.
- Hal denklemine bazı değişiklikler yaparak çok karmaşık hal denklemi halinde gelebilir.
- Birçok hal denklemi aynı simülasyon için kullanılabilir.

Gaz, petrol, petrokimya uygulamaları için “Peng Robinson” hal denklemi genelde tercih ediyorum 3.2’de gösterilmiştir. Bu hal denkleme, bir faz, iki faz ve üç fazlı sistemler için yüksek verimlilik ve güvenilirlik’te sahiptir. Bu nedenle bu sistemlerde yaygın olarak kullanılır [22].



Şekil 3.2. Hal denklem seçmesi [21]

Tez kapsamında yapılan çalışmada PR(Peng-Robinson) hal denklemi ve NRTL denklemi kullanılmıştır. Peng-Robinson (PR) modeli, hidrokarbon sistemlerdeki sıvı yoğunluk ve Buhar Sıvı denge (VLE) hesaplamaları için kullanılır. Peng Robinson modeli, ideal olmayan sistemlerin tahmini için geliştirilmiştir. Bununla birlikte, ideal olmayan sistemlerin bulunduğu durumlarda Aktif Modellerin kullanılması önerilir. Peng-Robinson (PR) hal denklemi, özellikle tek, iki veya üç fazlı sistemleri yüksek verimlilik ve güvenilirlik ile çözer ve çok çeşitli koşullar için geçerlidir:

- Sıcaklık Aralığı 273- 1000 ° C
- Basınç Aralığı <100,000 kPa veya 15,000 psia

Petrol, Gaz veya Petrokimyasal uygulamalar için, Peng-Robinson (PR) genellikle tavsiye edilmektedir. Peng-Robinson (PR) hal denklemi genellikle aşağıdaki simülasyonlar için kullanılmaktadır[28,30].

- TEG Dehidrasyon
- Aromatik ile TEG Dehidrasyonu
- Kriyojenik Gaz İşleme
- Hava Ayırımı

- Atmosferik Ham petrol kulası
- Vakum Kuleleri
- Yüksek H2 Sistemleri
- Rezervuar Sistemleri
- Hidrat İnhibisyonu
- Ham Petrol Sistemleri

### 3.1.3.1. Peng-obinson hal denklemleri

Peng-Robinson (PR) hal denklemleri bazı özel bileşenlerin arasındaki etkileşim parametreleri için uygulanır. bu anahtar bileşenler: He, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>O, CH<sub>3</sub>OH, EG, DEG, ve TEG.

HYSYS'te Peng-Robinson (PR) denklemleri için kullanılan fonksiyonlar [25].

$$P = \frac{RT}{v-B} - \frac{a}{v(v+b)+b(v-b)} \quad (3.1)$$

$$Z^3 - (1-B)Z^2 + (A-2B-3B^2)Z - (AB-B^2-B^3) = 0 \quad (3.2)$$

Burada :

$$A = \frac{ap}{(RT)^2}$$

$$B = \frac{bp}{RT}$$

$$b = \sum_{i=1}^N X_i \left( 0,77796 \frac{RT_{ci}}{P_{ci}} \right)$$

$$a = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left[ \left( 0,457235 \frac{(RT_{ci})^2}{P_{ci}} \right) a_i \left( 0,457235 \frac{(RT_{cj})^2}{P_{cj}} \right) a_j \right]^{-0,5} \left( 1 - k_{ij} \right)$$

$$a_i^{0,5} = 1 + m_i (1 - T_{ri}^{0,5})$$

$$m_i = 0,37464 + 1,5422\omega_i - 0,26992\omega_i^2 \quad (3.3)$$

### 3.1.3.2. NRTL hal denklemi

(NRTL) denklemi Wilson denkleminin bir uzantısıdır. Buhar sıvı dengesi (VLE), sıvı sıvı dengesi (LLE) ve (VLLE) buhar sıvı sıvı dengesinin faz davranışlarını temsil edebilmektedir. NRTL hal denkleminin özelliği, ideal olmayan kimyasallarla, kimyasal sistemler ve alkilleme için kullanılmaktadır.

NRTL denklemi, basit van Laar ve Margul denklemi üzerinde hiçbir etki sağlamamaktadır. Ancak ideal olmayan ve kısmen karışmayan sistemler için NRTL denklemi, deneysel verilerin elde etmesi için iyi sonuç sağlamaktadır [30].

NRTL aşağıdaki hesaplama metodunu için kullanır:

Sıvı için:

- NRTL denklemi buhar-sıvı dengesi.
- Cavalt yöntemiyle Entalpi ve Entropi.

Buhar için:

- İdeal gaz, RK, Peng Robinson ve SRK yöntemleri buhar – sıvı dengesi için.
- Entalpi ve Entropi için İdeal Gaz, RK, Virial, Peng Robinson ve SRK yöntemleri.

Wilson denkleminde olduğu gibi, NRTL denklemi termodinamikte üçlü ve yüksek düzende olan sistemlerde “Binary” dengesini kullanarak parametrelere kullanılır. HYSYS'deki NRTL denklemi, için beş ayarlanabilir parametre (sıcaklık bağımlı ve bağımsız) içerir. NRTL, Wilson ve van Laar denklemlerinin avantajlarını birleştirir.

Renon kavramı 1986 yıllarında NRTL denkleminin türetilmesinde kullanıldı. Renon denklemi Wilson denklemine göre karışabilir sistem içinde geçerlidir. NRTL Gibbs enerjisi için:

$$\frac{g^E}{RT} = X_1 X_2 \left( \frac{\tau_{21} G_{21}}{X_1 + X_2 G_{12}} + \frac{\tau_{12} G_{12}}{X_2 + X_1 G_{21}} \right) \quad (3.4)$$

Burada;

$$\tau_{12} = \frac{g_{12} - g_{22}}{RT} \quad \tau_{21} = \frac{g_{21} - g_{11}}{RT} \quad (3.5)$$

$$G_{12}=\exp(-\alpha_{12}\tau_{12}) \quad G_{21}=\exp(-\alpha_{12}\tau_{21}) \quad (3.6)$$

Denklem (3.6)'dan aktivite katsayıları ;

$$\ln \gamma_1 = x_2^2 \left[ \tau_{21} \left( \frac{G_{21}}{x_1 + x_2 G_{21}} \right)^2 + \frac{\tau_{12} G_{12}}{(x_2 + x_1 G_{12})^2} \right] \quad (3.7)$$

$$\ln \gamma_2 = x_1^2 \left[ \tau_{12} \left( \frac{G_{12}}{x_2 + x_1 G_{12}} \right)^2 + \frac{\tau_{21} G_{21}}{(x_1 + x_2 G_{21})^2} \right] \quad (3.8)$$

## 3.2. Proses Tanımı

### 3.2.1. Ham petrolün atmosferik basınçta damıtması

Ham petrol ünitesinin görevi, ham petrolü kaynama aralıklarına göre ayırmak ve diğer rafineri ünitelerinin amacına uygun besleme akımı sağlamaktır. Ham petrol bir dizi ısı değiştiriciden geçirilerek 110-120 ° C ye kadar ısıtılır ve bir tuz giderici ye beslenir. Tuzu giderilen ham petrol ikinci dizi Isı değiştiricilerden geçerek ön ısıtması yapılır ve 24 ısı değiştiriciden geçerek ta 240-260 ° C ye kadar ön ısıtması yapılır.

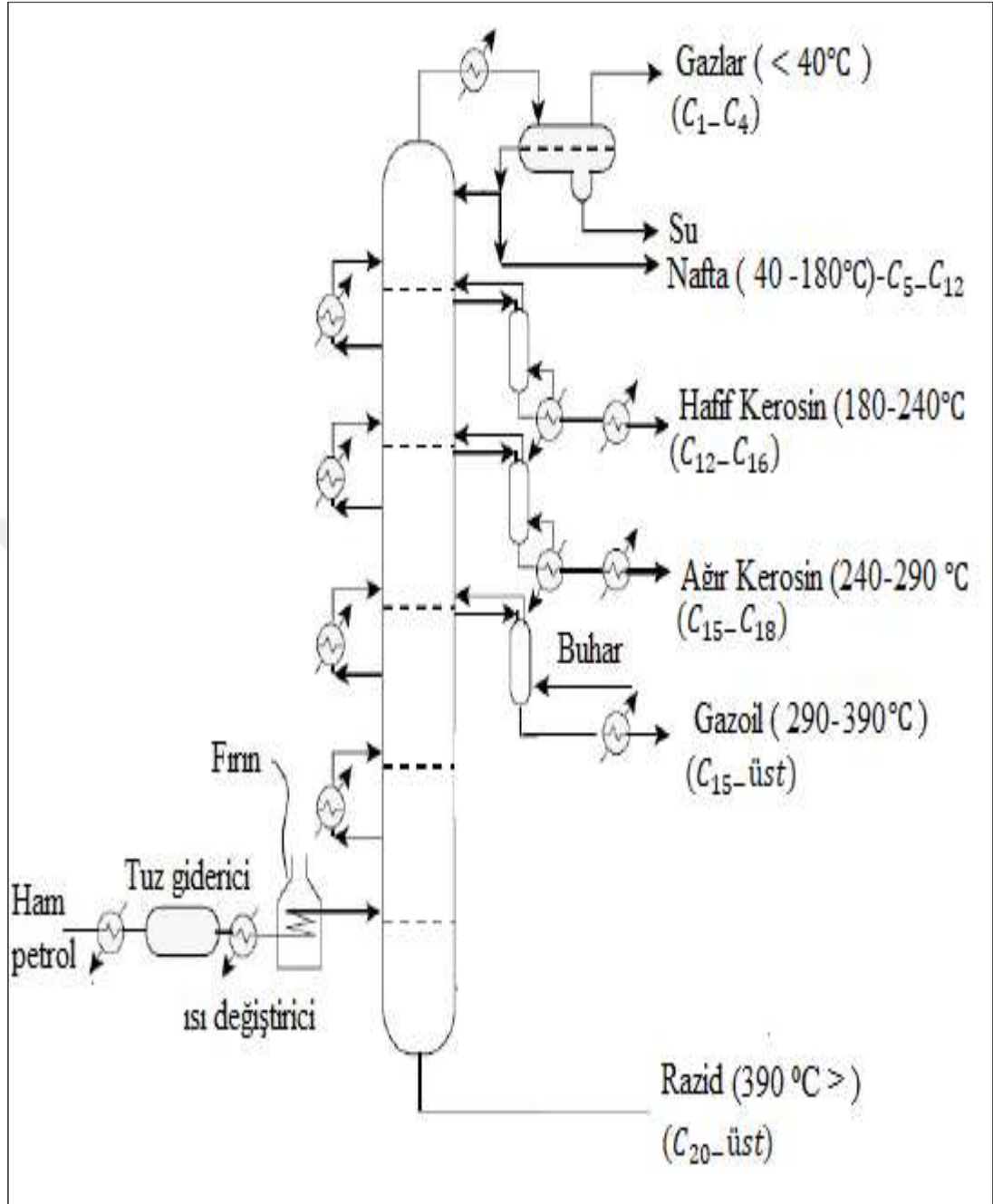
Ön ısıtması yapılan ham petrol ya doğrudan ham petrol fırınına beslenir (F-100), ya da bir ön damıtma (preflash) kolonuna beslenir. Ön damıtma kolonunda buharlaşan kısım ayrıldıktan sonra, buharlaşmayan kısım ham petrol fırınına beslenir. Fırın 365 °C ye kadar ısıtılır. Ham petrol,  $662 \frac{m^3}{h}$  debi ile 5atm basınç ve 365 °C sıcaklıktaki kolonun flaş bölgesine girer. Ham petrol kolonun flaş bölgesinde ham petrolün önemli bir kısmı buharlaşır. Buharlaşmayan kısım flaş bölgesinden kolonun dibine doğru akar. Kolonun dibinden buharlaşmayan resid adı verilen bakiye çekilir.

Buharlaşarak kolonun üst tarafına yükselen kısım tepe ve çeşitli iç riflaks akımlarıyla soğutulur, kolon içerisinde tedrici bir sıcaklık dağılımı sağlanır. Ham petrol damıtma kolonunda hafifi ve buhar basıncı yüksek olan hidrokarbon bileşiklerinin oluşturduğu kesimler kolonun tepesinden çekilir. Ağır ve buhar basıncı düşük olan hidrokarbonlar kolonun yan tarafının üst, orta ve alt kısımlarından çekilir. Bu şekilde yapılan ham petrol damıtmasına (straight run fractions) denir.

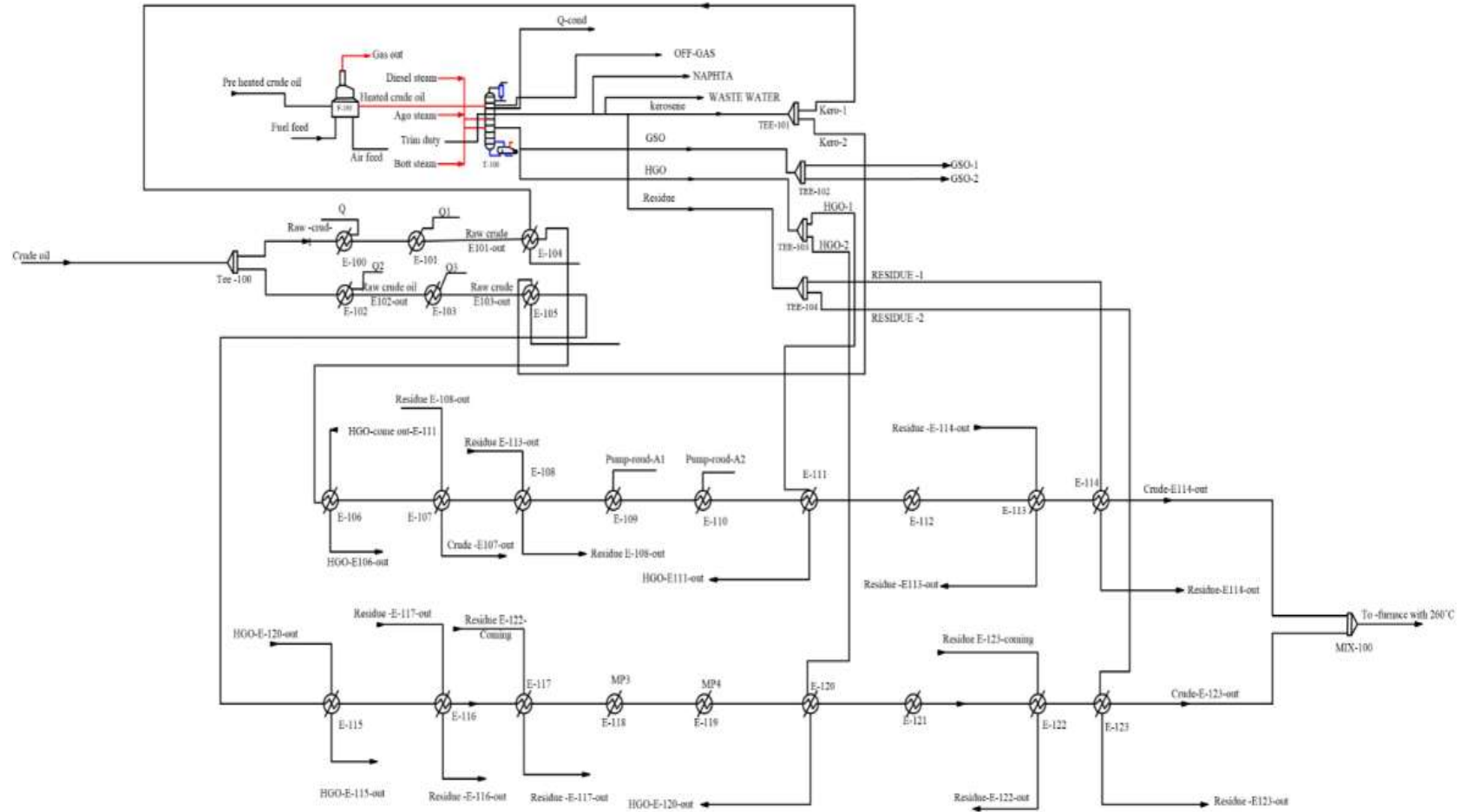
Ham petrol fırınının amacı ham petrol kolonundan damıtık ürün olarak çekilen besleme akımı miktarını buharlaştırmaktır. Fırın çıkış sıcaklığı o şekilde ayarlanır ki, fırında buharlaşan miktar, kolondan çekilen akımların toplamından yüzde birkaç oranında (tipik olarak % 2-10 )daha fazla bir miktardır. Bu fazla miktara overflaş denir. Overflaş damıtık ürün içerisine ağır rezid ürün dağılmasını ifade eder. Bu kesimlerin %95 noktasını arttırır. Hafif ürünler kolon içerisinde yükseldikçe, farklı noktalardan yan akım çekişleri yapılır. Yan akım çekiş noktası çekilen ürünün kaynama aralığını belirler. Ham petrol damıtma kolonlarının en önemli özelliklerinden biri de, bu kolonlarda yan soğutma ya da iç riflaks adı verilen akımların olmasıdır. Bu akımlar pek çok ön ısıtma ısı değiştiricilerinde sıcak taraf akışkanı olarak kullanılır ve ısı enerjisi kazanımını sağlar. Kolonun içinde aşağıdan yukarı doğru yükselen buhar sıcaklığı iç riflakslarla düşürüldüğü için buhar akışı azalır.

Kolonun tasarımı sırasında üretilecek ürün ve rafineri ekonomisi göz önüne alınarak pek çok farklı noktadan yan akım çekiş ve konfigurasyonu yapılabilir. Yan akımların tipik olarak D-86 %5 noktası düşüktür. Bunun anlamı çekiş yapılan yan akımların içlerinde hafif gazlar bulunmaktadır. Hafif bileşenler kolon içerisinde yükselir. Buhar basıncı düşük olanlar kolon tepe dramından sıvı olarak çekilir. Bu dramın sıcaklığı genellikle 30-65 °C aralığında değişir. Yoğunlaşmayan gazlar tepe dramının üst kısmından gaz olarak çıkar. Bu gazlar genel olarak alev bacasında veya proses fırınlarında yakılır.

Kolon dibinden çekilen rezid ya akma noktası, viskozite v.b. özellikleri uygun katkı maddeleri katılarak fuel-oil olarak pazarlanır. Pek çoğu rafineride rezid vakum kolonuna verilerek tekrar kesimlere ayrılır. Distilasyon ünitesinden çıkan ürünlerin sıcaklık aralığı ve karbon sayı ayrıntılı olarak Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Atmosferik kolon'dan çıkın kesimler



Şekil 3.4. Aspen hysys ham petrol akış şeması



### 3.3. Test-Run Amacı

Test run ATAŞ Rafinerinde Kerkük ham petrollüyle yapıldı. Test-run'nın öncelikli amaç rafineri işletmesinde temel kuralları belirlemek, belirlenen kurallara göre standart verim cetvelleri hazırlamak, rafineri ortaklarının üretim planlarını bu verim cetvellerine yapmalarını sağlamak ve rafineri ortaklarının rafineriye getirdikleri ham petrolerin işlenmesiyle elde edilen ürünlerin adil bir dağıtımını yapmaktır.

Test-run'nın ikincil amacı rafineri ekipmanlarını maksimum ve minimum operasyon sınırlarını çalıştırarak rafineri yakıt ve kayıplarını belirlemektir. Laboratuvarda yapılan TPB analiziyle sahada yapılan analizler arasında bir korelasyon yaparak, yalnız TBP değerleri bilinen ham petrolerin verim cetvellerini, rafineri yakıtlarını, satılabilir ürünlerin cins ve miktarlarını belirlemektir. Tespit edilen koşullara uyularak standart verim cetvelleri hazırlanır.

Test-run şartları uzun vadeli üretim planlarına göre rafinerinin optimum şarjı ve işlenecek ham petrolerin cinsi belirlenir. Bu plana göre en fazla işlenecek ham petroler ve o ham petrole göre test-run şartları belirlenir. Rafineri işletmeciliğinde amaç üretim planlarında talep edilen ürünleri maksimum marjini verecek şekilde gerçekleştirmektir.

Rafineri Marjini Ürün satılabilir ürünlerin fiyatı ile satış fiyatlarının çarpılmasıyla elde edilen gelirden ham petrol giderlerinin çıkartılmasından elde edilen değerdir.

Rafinerinin alınan ham petrolün fiyatına bir etkisi yoktur. Bu fiyat uluslararası afişe fiyatlara göre serbest piyasada belirlenir. Ham petroler ileri vadeli olarak alınır. Bir kargo ham petrol en az 40 gün önceden alınır. Türkiye Brent ham petrolünü referans olarak almaktadır. Alış fiyatı olarak yükleme tarihinden itibaren beş günlük Brent ham petrolünün ortalaması alınır. Buna afişe fiyat farkı eklenir. Örneğin Ural Ham petrolü üreticisi fiyatını Brent-0.8 usd fob veya Brent +1.15 usd cif olarak ilan eder. Alıcı alındığı tarihte Brent ham petrolünün fiyatının ne olduğunu bilmemektedir. Yükleme tarihi geldiğinde Brent ham petrolünün 5 günlük ortalaması alınır. Buna 1.15 usd eklenerek cif fiyat bulunur.

Yine rafinerinin ürünlerin satış fiyatlarına da bir etkisi yoktur. Bu fiyatlar uluslararası piyasa fiyatlarına göre bir koridor içinde belirlenir. Sonuç olarak ham petrolün alış fiyatı bilinmemekte, ham petrol rafineriye getirilip işlendikten sonra kaçta satılacağı

bilinmemektedir. Ayrıca ham petrol dolar ile alınmakta, işlendikten sonra ürünler türk lirasıyla satılmaktadır. Burada kur farkı önemli bir risk oluşturur. Ayrıca ham petrolün alınmasıyla ürüne dönüştürülüp satılması arasında bir zaman farkı vardır. Ürün satıldığı zaman ham petrol fiyatları değişmiş olur. Rafineri işlenen ham petrolden katma değeri yüksek ürünler elde ederek, yakıt ve kayıpları minimumda tutarak rafineri marjını arttırabilir.

Buna göre yaz ve kış mevsimi standartlarına uygun ürünleri, minimum benzin veya maksimum benzin operasyonuna göre belirlemektir. Jet yakıtı gibi katma değeri yüksek ürünler üretmek karlılığı arttırır. Rafineri Ünitelerin yetenekleri test edilir. Örneğin standartlara uygun üretme yeteneğini kayıp etmeden, ham petrol kulesinden çekilebilecek maksimum nafta veya minimum nafta test edilir. Yine benzer şekilde kuleden çekilebilecek ve dizelin son noktasını bozmayacak ve renk kararması olmadan maksimum gasoil miktarı test edilir. Kule dibinden çekilecek reşidin akma ve donma noktaları, viskozite değerleri soğuduğu zaman boru içinde donmayacak özellikte olmasına özen gösterilir.

### **3.3.1. Test-run yapılışı**

Test-run çalışmaları 662,4 m<sup>3</sup>/h (100,000 V/G) debili ve Hafif Uçları ( Normal şartlarda gaz olan, ama ham petrol içerisinde çözülmüş halde bulunan bileşenler) analiz edilerek, ham petrol ünitesinden çekilen ürünlerin TSE standartlarında belirtilen tüm analizleri akredite ATAŞ laboratuvarında yapılmıştır.

Test-run Kerkük ham petrolü ile 5 gün boyunca çalışarak yapılmıştır. Çalışma sırasında kolon tepe dramından çıkan gazların kimyasal bileşimini belirleyen analizler Tablo 3.1'de verilmiştir. Tepe dramından Nafta, damıtma, kolonundan yan akım olarak çekilen hafif kerosin, ağır kerosin, gasoil ve kolonu dibinden çekilen rezidin çeşitli kalite kontrol analizleri yapılmıştır. Test-run sırasında rafinerinin mevsimsel olarak değişen çeşitli ürün taleplerini karşılamak için hazırladığı üretim planlarını göz önüne alınarak rafinerinin üretim yetenekleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu amaçla test-run süresi boyunca, belirli zaman aralıklarında kolonun çalışma şartları (tepe, üst, orta ve dip riflaks oranları, nafta, kero ve gasoil çekiş debileri sıralı ve kademeli olarak değiştirilmiştir. Farklı zaman ve şartlarda kolondan çekilen akımların özelliklerinden, kolondan çekilemeyen ara ayar kesimlerin özellikleri karşılaştırma yöntemiyle hesaplanarak belirlenmiştir. Örneğin FRN nın son noktası birinci periyotta

160 °C, ikinci gün 180 °C olacak şekilde çalışma şartları belirlendi. Karşılaştırma yöntemiyle AA-1 (160-180 °C) ara akımın özellikleri belirlenmiştir.

Tablo 3.1. Kerkük ham petrolü Hafif Uçlar

Hafif Uçlar	%Vol	m3/h	Ton/h	gr/cm3
C1	0,00	0,00	0,0	0,2484
C2	0,02	0,13	0,1	0,4254
C3	0,41	2,72	1,4	0,5083
iC4	0,48	3,18	1,8	0,5625
nC4	1,52	10,07	5,9	0,5825
Toplam	2,43	16,10	9,1	

Tablo 3.2. Ham petrol kolonundan test-run sonuçlarına göre elde edilebilecek ana ve ara kesimlerin verimleri

Ham Petrol Kesimleri	ASTM Son Noktası, °C	TBP Kesim noktası, °C	gr/cm3	m3/h	Ton/h	%Vol	Yığılımlı Vol %
Hafif Uçlar				16,1	9,1	2,4	2,4
Nafta (FRN)	159,4	136,7	0,7243	146,2	105,9	22,1	24,5
Ara Geçiş kesimi-1	193,7	165,0	0,7892	18,3	14,5	2,8	27,3
Hafif Kerosin	234,5	198,4	0,7981	45,7	36,5	6,9	34,2
Ağır Kerosin	260,3	232,1	0,8157	62,5	51,0	9,4	43,6
Ara Geçiş Kesimi-2	287,6	258,7	0,8427	23,2	19,5	3,5	47,1
Gasol	360,8	332,4	0,8502	86,1	73,2	13,0	60,1
Ara Geçiş Kesimi-3	391,1	353,0	0,9160	12,9	11,8	2,0	62,0
Rezid			0,9720	251,4	244,4	38,0	100,0
Toplam				662,4	565,8	100,0	

Tablo 3.3. Ürün miktarları

Ham Petrol Kesimleri	ASTM Son Noktası, °C	TBP Kesim noktası, °C	gr/cm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /h	Ton/h	%Vol	Yığılımlı Vol %
Hafif Uçlar				16,1	9,1	2,4	2,4
Nafta (FRN)	193,7	165,0	0,7243	164,5	120,4	24,8	27,3
Hafif Kerosin	234,5	198,4	0,7981	45,7	36,5	6,9	34,2
Ağır Kerosin	287,6	258,7	0,7981	62,5	51,0	9,4	43,6
Gasoil	391,1	353,0	0,8557	122,2	104,6	18,5	62,0
Resid			0,9720	251,4	244,4	38,0	100,0
Toplam				662,4	565,8	100,0	

Tablo 3.2. ve 3.3'te maksimum yaz benzini, kerosin, motorin ve minimum resid üretim ilkesine göre ham petrol çekişleri verilmiştir.

Türkiye'de üretilen akaryakıt spesifikasyonları yaz ve kış mevsimine göre farklılık gösterir. Altı ay (Mayısı-Ekim) yaz, Nisan ve Kasım geçiş ayları ve Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında kış speklerine göre üretim yapılır. Hangi mevsime göre üretim yapılacaksa, ham petrol kulesinde nafta, kero ve gasoil son noktaları ona göre ayarlanır.

Rafinerinin işletme şartları, mevsime ve piyasanın talebine göre değişen üretim planlarında öngörülen ürünleri üretmektir. Üretim planında çok çeşitli senaryolar bulunmaktadır. Bunların bazıları aşağıdadır.

1. Yaz mevsimi, maksimum benzin, gazyağı ve motorin ve fuel oil üretimi
2. Yaz mevsimi, maksimum benzin, Jet-A1 ve motorin ve fuel oil üretimi
3. Kış mevsimi, maksimum benzin, gazyağı ve motorin ve fuel oil üretimi
4. Kış mevsimi, minimum benzin, gazyağı ve motorin ve fuel oil üretimi
5. Kış mevsimi, minimum benzin, Jet A1 ve motorin ve fuel oil üretimi

Üretim planında ön görülen ürünleri üretmek üzere ara akımlar bir alt veya bir üst ana kata katılacak şekilde kolon şartları ayarlanır.

Test run sırasında resid bölümüne 6200 kg/gün ve diğer yan çekicilerden hafif kerosine 220 kg/gün, ağır kerosine 220 kg/gün ve gasoile 230 kg/gün kızgın buhar verilmiştir.

### 3.4. Ham Petrol Ünitesi Ön Isıtma Sisteminin Simülasyonu

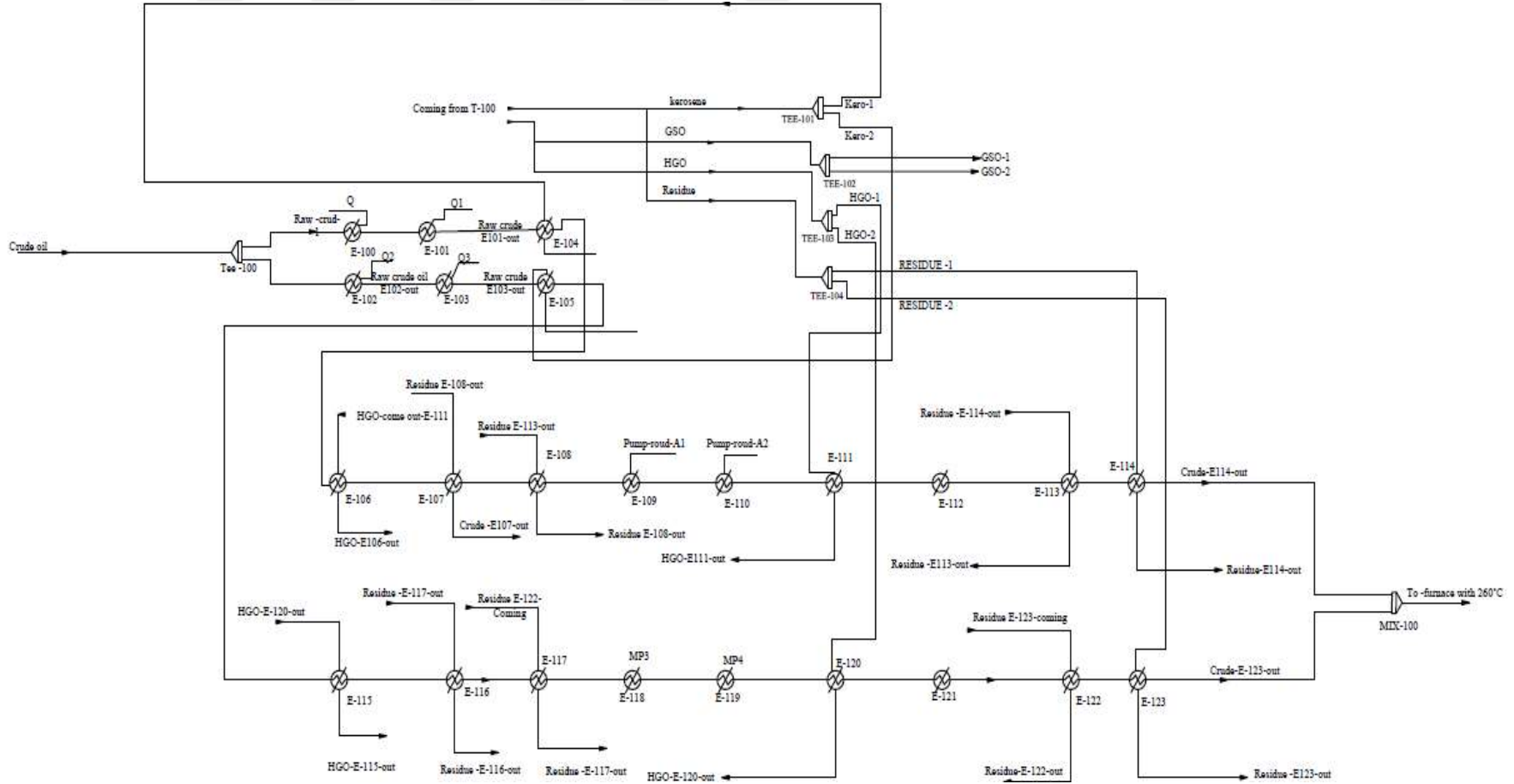
Ham petrol ünitesine ham petrol birbirine paralel her biri 350 m<sup>3</sup>/h debiyle beslenmektedir. İki farklı hat olmasının birkaç nedeni bulunmaktadır. Sistemin iki şarj pompası ve bu pompaların her ikisini de yedekleyebilen bir üçüncü pompa bulunmaktadır. Ayrıca rafinerinin olağan durumlar dışında 50000 V/G yarı kapasiteyle buharla çalışmasına imkan verecek şekilde tasarlanmıştır. Her hat üzerinde bir dizi ısı değiştirici bulunmaktadır. Ham petrol tanklarından çekilen ham petrol önce bir dizi ısı boru demeti ve kovandan oluşan ısı değiştiriciden geçirilerek 105-110 °C ısıtılır. Bu ısıtıcılar normal çelik ısıtıcılardır. Boru demetinin içinden ham petrol, dışından nafta geçirilir.

Ham petrol sıcaklığı 105-110 °C ulaştığı zaman ham petrol bir karıştırma vanasından geçer. Bu sırada hattın içine su basılır. Su ile ham petrolün iyi bir şekilde karışması sağlanır. Ham petrolle su birbiri içinde çözünmez. Su zerrecikler halinde ham petrol içinde dağılır. Ham petrol içerisinde süspansiyon halinde askıda bulunan tuz zerrecikleri suyun içinde çözünür. Ayrıca NaCl, MgCl ve benzeri inorganik tuzlar suda daha çok çözüldüğü için su fazına geçer. Bu karışım tuz giderici adı verilen bir drama beslenir. Su zerrecikleri ham petrol içerisinde viskozite etkisi nedeniyle dibe çökerek ayrılmaz. Su zerreciklerin birleşerek daha büyük damlacık haline getirilmesi halinde bu damlacıklar dramın dibinde toplanır ve dışarıya atılır. Su zerreciklerinin birleşerek damlacık haline gelmelerini hızlandırmak için, tuz giderme dramı (desalter) içinde birbirine paralel büyük elektrotlar yerleştirilmiştir. Bu elektrotlara doğru akım verildiği zaman elektrotların biri pozitif, diğeri negatif yüklenir.

İçerisinde tuz çözülmüş olan su zerrecikleri ya pozitif, ya da negatif yüklü olur. Hangi yükle yüklenmiş olursa olsun, elektrotlardan birine gider ve zerrecikler damlacık haline gelir ve dram dibine çöker. Tuz gidericiden çıkan ham petrol akımı tekrar ikiye ayrılır. Burada Kerosin, iç riflaklar, gazoil ve en sonunda resid ile ısıtılır. Isı değiştiricilerde temel prensip kirli olan akım ısı değiştirici boru demetinin içinden geçer. Nispeten temiz olan akım boru demeti dışından geçer. Boru demetlerinin içlerini temizlemek daha kolaydır. Isı değiştiricilerde sıcaklık 200 °C üzerine çıktığı zaman çelikten yapılmış klasik boru demetli ısı değiştiriciler yerine özel Ni-Cr çelikten yapılmış yüzer kafalı (floating head) ısı değiştiriciler kullanılır. Bu çalışmada ATAŞ

rafinerisinde kullanılan ısı değiştircilerin gerçek A, U değerleri kullanılarak Şekil 3.5’de görülen sistemin simülasyonu yapıldı. Ham petrol sıcaklığı 25  C olarak alındı. Yapılan simülasyonda fırın giriş sıcaklığının 270  C olduğu görüldü. Bu değerinde test run sırasındaki 256  C değerle uyumlu olduğu görüldü. Aradaki farkın ısı değiştircilerdeki kirlenmelerden kaynaklandığı söylenebilir.





Şekil 3.5. Aspen Hysys yapılmış ham petrolün ön ısıtma hatı

### 3.5. Destilasyon Kolonu Simülasyonu (Aspen Hysys )

Ham petrol kolonu 35 tepsi,3 yan çekici (stripper) bu yan çekiciler (Lt. kerso side stripper (SS9, Ağır Kero SS, Gasoil SS) ve üç iç riflaksdan (PA-1-Q-Cooler, PA-2-Q-Cooler PA-3-Q-Cooler) oluşmaktadır. Simülasyonu yapılan damıtma kolonun ayrıntılı bir görünümü Şekil 3.6. da gösterilmektedir. Bu tepsi, ham petrolün yanı sıra giriş beslemeleri ve ürünlerin geçiş yollarıdır. Ham petrol 370 °C, 2.74 atm distilasyon kolonuna beslenir. Ham petrol kolonunda, Yoğuşmayan gazlar (Off gas), Nafta (FRN), hafif kerosin( LT. KERO), ağır kerosin (HV. KERO), Gasoil ve Resid'e ayırır. Yan çekicilerde (stripper) olarak buhar kullanılmaktadır. Proses ünitelerinin kuruluş amacı çekilen kesimleri fraksiyonlarını saflaştırmak için kurulur. Ham petrol kulesinden çekilen fraksiyonların içinde bazı hafif fraksiyonlar karışıyor ve yan çekicilere buhar vererek hafif fraksiyonları buharlaştırır ve distilasyon kolonuna geri gönderilir. Tepsilerin verimi Tablo 3.4 ve Tablo 3.5'de de görüldüğü üzere %10-90 arasında kullanılmıştır.

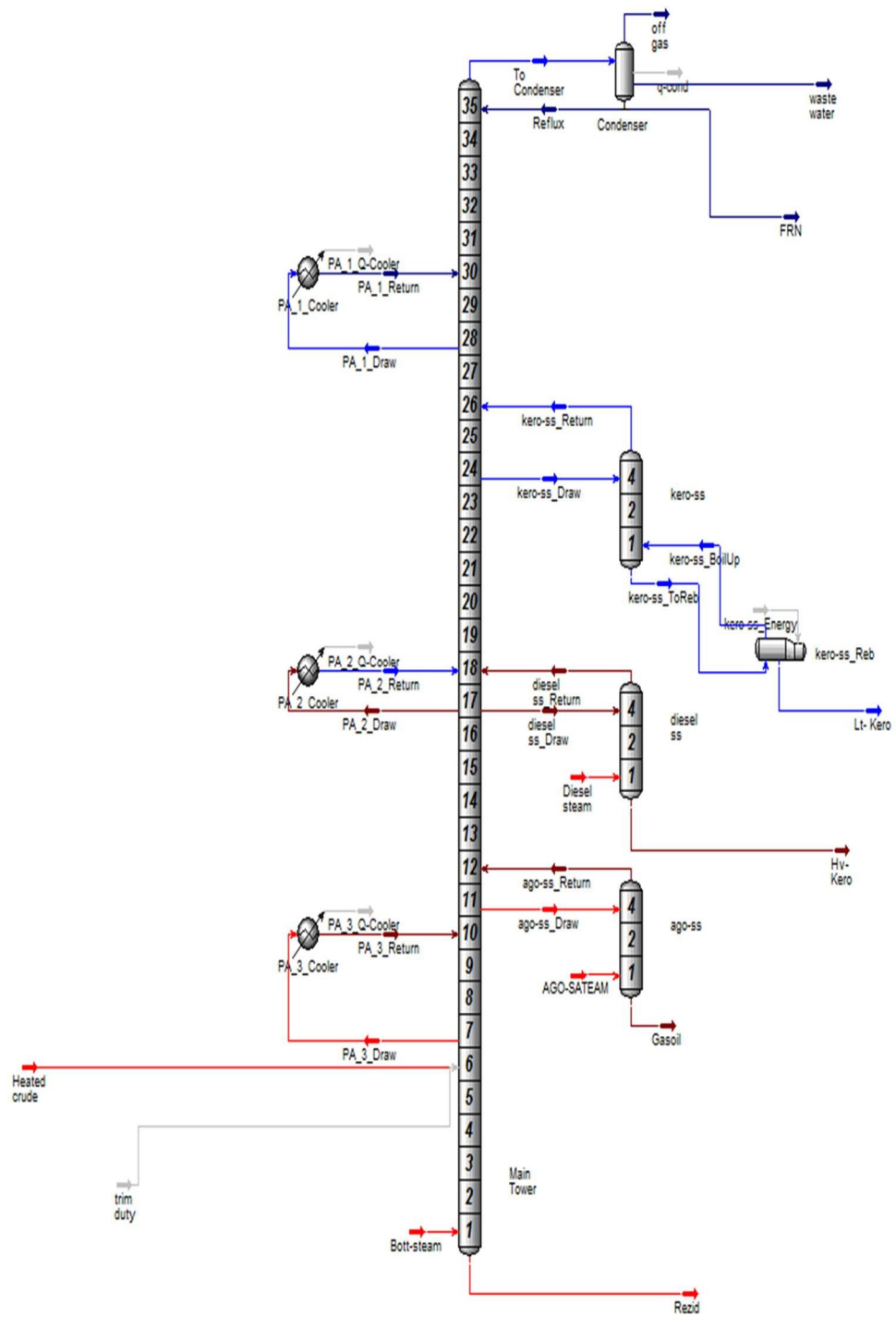
Tablo 3.4. İç Riflaklar

Reflux (pump round)	Çekiliş tepsisi	Dönüş tepsisi	Akım (kgmol/h)	Duty (kcal/h)	Çekiliş sıcaklık °C	Dönüş sıcaklık °C
PA-1	28	30	2376	-1,387e+007	165,7	67,77
PA-2	17	18	1031	-8,826e+00+6	251,3	165,7
PA-3	7	10	373,3	-8,826e+006	341,1	268,2

Tablo 3.5. Yan çekiciler ( strippers)

Yan çekiciler (strippers)	Tepsi sayısı	Çekiliş tepsisi	Dönüş tepsisi
Hafif kerosin (Lt.kero)	4	24	26
Ağır kerosin (hv.kero)	4	17	18
Gazoil	4	11	12





3.6. Ham petrol kolonun Aspen Hysys'te, sümülasyon şeması

Ham petrol tanktan çekildikten sonra farklı eşanjörlerden geçerek ta 250-260 °C kadar ön ısıtması yapılır. Ön ısınmadan sonra fırına gönderiliyor ve burda 370-375 °C ısındıktan sonra atmosferik distilasyon kolonuna şarj edilir. Tablo 3.6’de ham petrol ısıtma fırınından çıkıştaki 374 °C daki tipik şartları verilmiştir. Şarj miktarı sabit tutularak Fırın çıkış sıcaklığı değiştirilirse, basınçta doğal olarak değişmektedir.

Tablo 3.6. Ham petrol ısıtma fırın çıkış şartları

Kerkük Ham Petrol		
Sıcaklık	374	°C
Basınç	2,7	atm
Hacim akışı	662	m <sup>3</sup> /h
Molar Akışı	3786	Kgmol /h

Tablo 3.7. Kerkük ham petrolün TBP’si

TBP Cut point API (°C)	Total distillate (%wt)	Total distillate (%vol)
40,0	0,9	3,5
50	4,2	6,0
60	4,4	6,2
70	7,8	10,7
80	8,2	11,1
90	8,9	12,0
100	12,3	16,2
110	13,3	17,3
120	15,4	19,7
130	17,4	22,2
140	19,2	24,1
150	21,0	26,1
160	24,0	29,6
170	25,3	30,9
180	26,3	32,0
190	28,1	33,9
200	29,9	35,9
210	31,7	37,8
220	33,5	39,8
230	35,3	41,7
240	37,1	43,6

Tablo 3.7. (Devem) Kerkük ham petrolün TBP'si

250	38,8	45,4
260	40,6	47,3
270	42,4	49,1
280	44,1	50,9
290	45,9	52,7
300	47,6	54,5
310	49,4	56,3
320	51,2	58,0
330	52,9	59,8
340	54,7	61,5
350	56,5	63,2
360	58,2	64,9
370	59,9	66,6
380	61,6	68,2
390	63,2	69,7
400	64,8	71,2
410	66,4	72,7
420	67,9	74,2
430	69,4	75,6
440	70,9	76,9
450	72,3	78,3
460	73,8	79,6
470	75,1	80,8
480	76,5	82,1
490	77,8	83,3
500	79,2	84,6
510	80,4	85,7
520	81,6	86,8
530	82,7	87,8
540	83,8	88,8
550	84,9	89,7
600	89,6	93,8

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

Aspen hysys ile yapılan bu tez çalışmasında Kerkük hampetrolü ile ATAŞ ham petrol kulesinde 370 °C giriş sıcaklığında farklı ham petrol debileriyle (50, 60, 70, 80, 90,100 TBD (bin varil/gün) simülasyon çalışması yapılmıştır. 50 TBD (bin varil/gün) altında kulenin çalışmadığı test edildi, 100 TBD (bin varil/gün) üzerindeki şarjlarda Kerkük ham petrolüyle 110 TBD (bin varil/gün) ye kadar çalışılabildiği görülmüştür. Bu değerler rafinerinin fiili çalışma kapasiteleriyle uyumlu olduğu bulunmuştur. 100 TBD de farklı giriş sıcaklıklarında simülasyonu yapılmıştır. 100 TBD şarj sabit tutularak ham petrol fırını giriş sıcaklığı 360 °C, 370 °C ve 380°C de simülasyonu yapılmıştır. Sıcaklık arttıkça resid miktarının azaldığı ve beyaz ürün miktarının arttığı görülmüştür. Simülasyonda gas oil'in rengin kararması ölçü tespit edilemediği için, rafineri tecrübesiyle tespit edilen 370 °C ham petrol kulesi giriş sıcaklığının yerinde olduğu görüşündeyiz. Kerkük ham petrolünden farklı bir ham petrol işlendiği zaman Gas oil son noktasının 390 °C tutulması ve renk kararması olmadığı durumlarda sıcaklığın 380 °C ye kadar kademeli olarak çıkarılması beyaz ürün verimini arttıracak, dolayısıyla rezid miktarını azaltarak rafineri karlılığını olumlu yönde etkileyecektir. Aşağıda ayrıntılı olarak anlatıldığı gibi Ham petrol kulesi giriş sıcaklığı 370 °C de ve şarj 100 TBD de yapılan test sonuçlarıyla ASPEN HYSYS simülasyon sonuçları karşılaştırılmıştır.

TSE Standartlarına göre üretilecek olan ürünlerin özellikleri göz önüne alınarak Nafta, kero ve gasoil'in alevlenme noktası, son noktası, damıtma özellikleri kriterleri temel özellikler olarak baz alınmıştır. Bu kriterler göz önüne alınarak çeşitli şartlar altında kulenin simülasyonu yapılmıştır. Simülasyon yaparken yapılması gereken en önemli iş uygun bir termodinamik model seçmektir. Aspen Hysys'te çok çeşitli hal denklemleri vardır. Bu modellerin seçimi oldukça önemlidir. Termodinamik sistemlerde model seçiminin sonucun üzerine çok önemli bir etkisi vardır. Hidrokarbon karışımları ve ham petrol kesimleri için Peng-Robinson hal denklemleri iyi sonuç vermektedir. Hal denklemleri genel olarak saf bileşenlerin kritik sıcaklık, kritik basınç, asentrik faktör v.b. özelliklerine dayanır. Bunlara ek olarak karışımın bileşenlerinin etkileşim parametrelerini de bilmek gerekmektedir. Korelasyona

dayanan yaklaşım ölçülen buhar basıncına, çeşitli kesimler için ampirik korelasyon için ölçülen verilere dayanır. Ham petrolün doğasının karmaşık olması ve kimyasal bileşiminin belli olmaması nedeniyle diğer proseslere göre daha karmaşık bir durum meydana getirir.

Çok çeşitli işletme operasyon senaryolarında modelin geçerli olmasını sağlamak için, mümkün olduğu kadar fazla proses verilerini toplamak gerekir. Ham petrol kolonunun normal operasyonu sırasında pek çoğu durumda ayrıntılı veri toplamak ya mümkün değildir ya da çok pahalıdır. Bir model geliştirirken çok ayrıntılı veri gereksinimi duymayan genel olarak işletme senaryolarını temsil edebilir ve öngörebilir olmalıdır. Ham petrolün kolonu modelinin başarısında en önemli faktör besleme akımının hassas bir şekilde temsil edilmesidir. Ham petrol besleme akımını temsil etmek için iki yol var.

Birinci yol ham petrol ünitesine beslenen akımın veya akımı oluşturan ham petrolerin ayrıntılı kesimleri ve kesimlerin özelliklerini içeren analiz raporlarının (crude assay') ayrıntılı bir şekilde mevcut olmasıdır. Bu yöntem özellikle işlenen ham petrol tiplerinin sayısının az olması halinde tercih edilir. Bu yöntem kullanıldığı zaman, ham petrolün ayrıntılı damıtma değerleri ve yoğunluk dağılımı elde edilebilmektedir.

İkinci yolda ise çok sayıda ham petrol getirilir ve aynı depolama tanklarına doldurulur. Pratik olarak hangi tankta hangi ürünün olduğunu bilmek mümkün değildir. Ayrıca çok farklı ham petroleri karışık olarak işlemenin duruma göre çok yararları olabilir. Örneğin ham petrolün birinin API gravitesi, yüksek, diğeri düşük olabilir. Yine benzer şekilde yüksek kükürtlü ve düşük kükürtlü ham petroleri birlikte işlemek yararlı olabilir. Bu durumda kuleden çekilen hampetrol kesimlerinin özellikleri ayrıntılı olarak ölçülür. Bu ürünler hesapla karıştırılarak ham petrol kulesine beslenen karışımın (sentetik hampetrol) bileşimi geri hesaplamayla bulunmaktadır. Ham petrol kolonunda 35 tepsi bulunmaktadır. Bu tepsilerin hepsi elek tepsi (sieve trays) olup sadece 8. si dolgulu tepsi'den (packing trays) oluşmaktadır. Ham petrol 6.ci tepside beslenir. Kolonun içindeki basınç kule içindeki ürünün buhar basıncı tarafından oluşturulması nedeniyle, kule içindeki sıcaklık değiştikçe basınç da değişmektedir. Kule içindeki test run sırasındaki basınç ile simülasyon sırasındaki basınç birbirine çok yakın olduğu görüldü. Bu değer ortalama olarak kolonun üs basıncı 2,050 atm ve

dip basıncı 2,850 dir. Ham petrol kolonunda basınç kolon boyu ile değişir. Tablo 4.1 de simülasyon sonucunda elde edilen kolonun en düşük ve en yüksek basınçları görülmektedir.

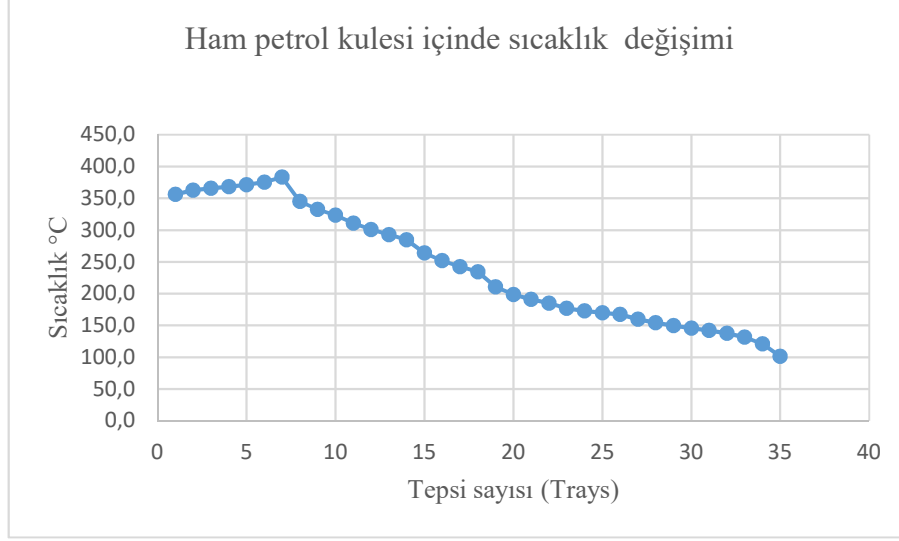
Tablo 4.1. Aspen Hysys ile elde edilmiş kolonun tepe ve dip basınçları

Kolonun üst basıncı	Kolonun dip basıncı
1,4 atm	2,4atm
2 atm	2,8 atm

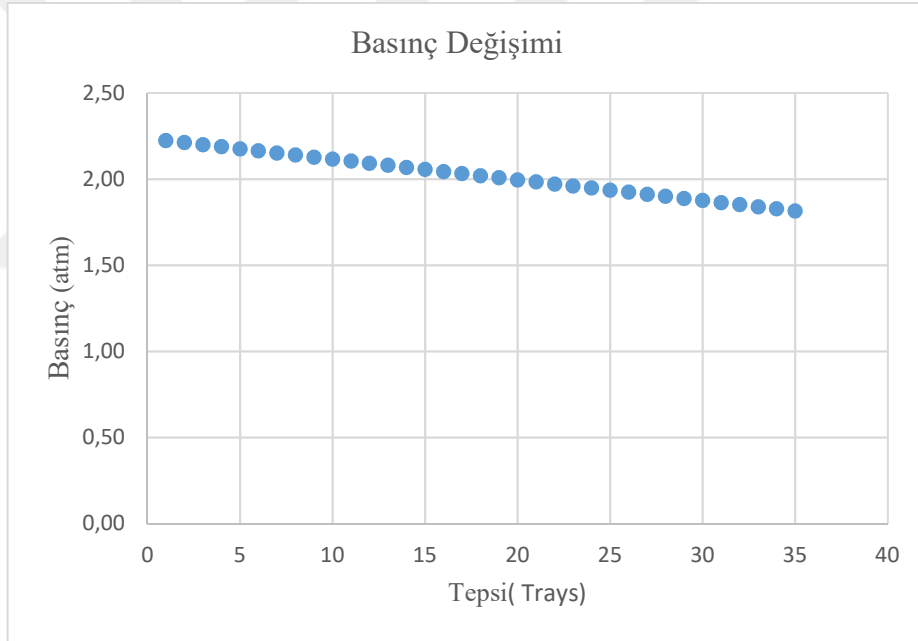
Ham petrol 374 °C ısıdıktan sonra kolona beslenir. Ham petrol kulesinin tepesinden nafta tepe riflaks olarak verilir. Kulenin yan taraflarında iç riflakslar çekilir. Ham petrol kulesinin üst yan tarafından üst riflaks akımı (Top pump around, TPA), ortasından orta riflaks akımı (mid pump around) ve alt tarafından dip riflaks akım çekilmektedir. Simülasyon sırasında ham petrol kolonundan çekilen tepe ve iç riflaks oranları değiştirilerek kule içindeki sıcaklık profili ayarlanmaktadır Bu simülasyonda 3 iç riflaks vardır, birincisi tepe riflaksı 28 den çekilip 30. Tepsieye, ikincisi orta riflaks tepsi 17 den çekilip 18 tepsieye beslenmekte ve üçüncüsü dip riflaks ise 7.ci tepside çekilip 10. tepsieye verilmiştir. Ham petrol ünitesinde üç yan buhar stripperi bulunmaktadır. Bu stripperlerin her birinde 4 tepside oluşmaktadır.

ASPEN-HYSYS programında çok çeşitli tepsi çeşitleri (sieve trays, bubble captrays, nutter-BDH, Nutter-BDP, Ballast-V1, Ballast-V4, Flex-AO, FLEXA14, FLEX-A16, FLEX-A18, FLEX-T14, FLEX-T16, FLEX-T18, FLEX-S) yer almaktadır. Rafineride genelde kabarcık tipi (bubble cups trays), vana tipi (valve trays) tepsiler kullanılmaktadır. Çünkü bu tepsilerin avantajı farklı sıvı ve buhar için kullanılabilir düşük sıvı miktarı ve çok sayıda tepsisi veya geniş çaplı kolonları için kullanılır temizlenmesi kolay [23]. Bu tepsilerden rafineride bulunan tepsi tipleri simülasyonda kullanılmıştır.

Destilasyon kulesinde tepsilerin büyük önemi var çünkü tepsilerin modeli oldukça önemlidir ve çıkan ürünlerin kalitesini etkiler. şekil 4.1'de kulenin içinde bulunan tepsilerdeki sıcaklık değişimi, şekil 4.2'de ise basınç değişimi tepsilere göre gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Sıcaklık değişimi tepsilere göre.



Şekil 4.2. Basınç değişimi tepsilere göre.

Ham petrol kolonu minimum 353°C ve maksimum 390 °C sıcakla çalışmaktadır ve bu sıcak aralıklarında simülasyon yapılmıştır.

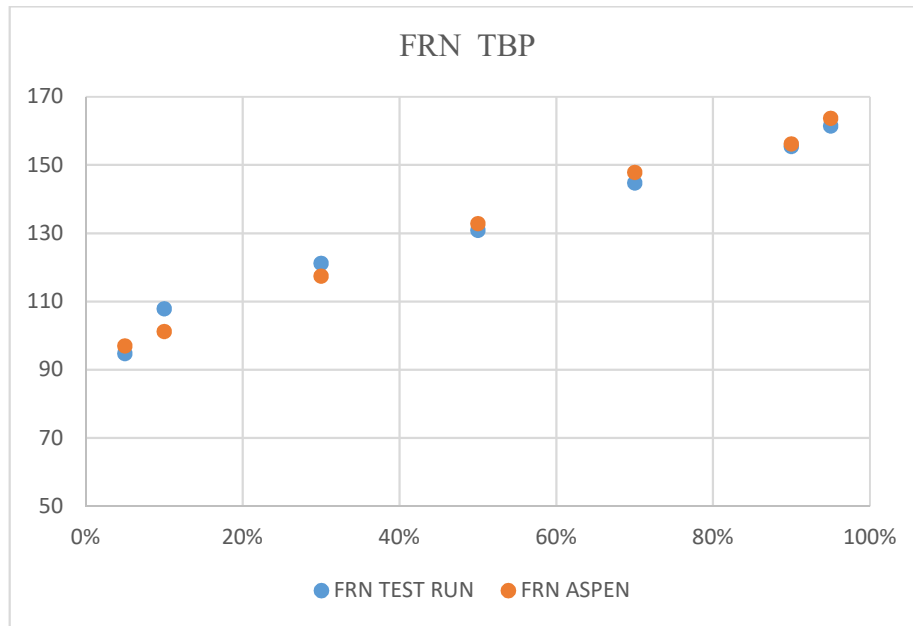
Test-run sırasında farklı üretim planı senaryolarına göre yapılan çalışmalar Aspen Hysys programında sınıandı. Yukarıda belirtilen birinci senaryoya göre yapılan test run sonuçları ve aynı senaryoya göre yapılan simülasyondan elde edilen sonuçlar sırayla Tablo 4.2, 4.3 ve Şekiller 4.3-4.6'de görülmektedir. Bu değerler karşılaştırıldığı zaman %2 fark ile saha değerine yakın sonuçları bulunmuştur.

Tablo 4.2. Test-run sonuçları

Test-run sonuçları				
verim%	FRN	Hafif Kerosin	Ağır Kerosin	Gazoil
5%	94,7	155,4	212,8	275,3
10%	107,8	170,1	222,6	290
30%	121,2	178	231,8	309,7
50%	130,8	187,3	241,1	322
70%	144,7	193,8	250,5	340
90%	155,4	202,3	264,2	360,2
95%	161,4	212,7	270,1	381,4

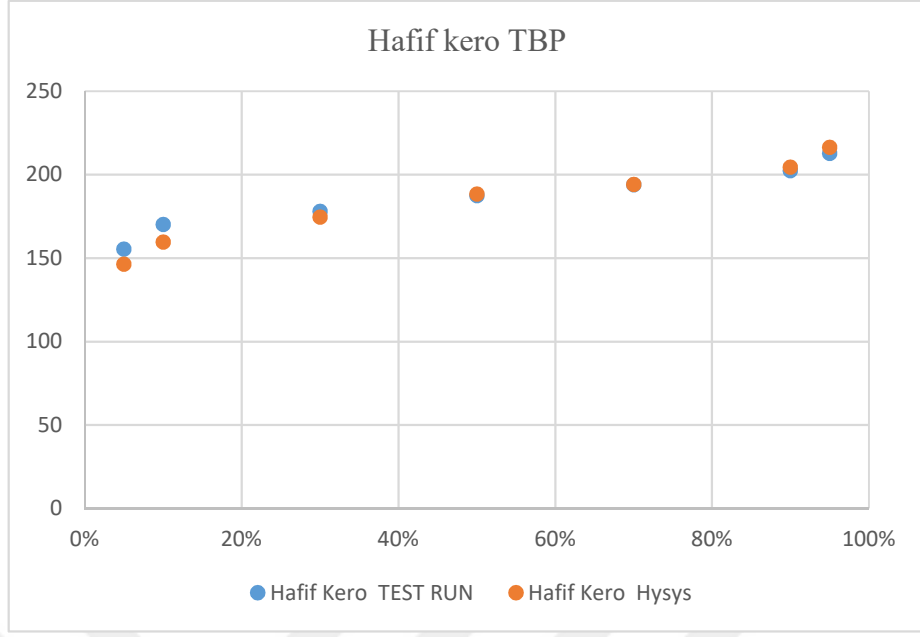
Tablo 4.3. Apen Hysys sonuçları

Aspen Hysys sonuçları				
Verim%	FRN	Hafif Kerosin	Ağır Kerosin	Gazoil
5%	97	146,4	209,3	268,9
10%	101,2	159,5	219,5	292,5
30%	117,4	174,5	235,8	319,3
50%	132,8	188,3	248,7	332,5
70%	147,8	194,1	261,1	352,8
90%	156,1	204,5	273,6	370,1
95%	163,6	216,3	280,6	385,3

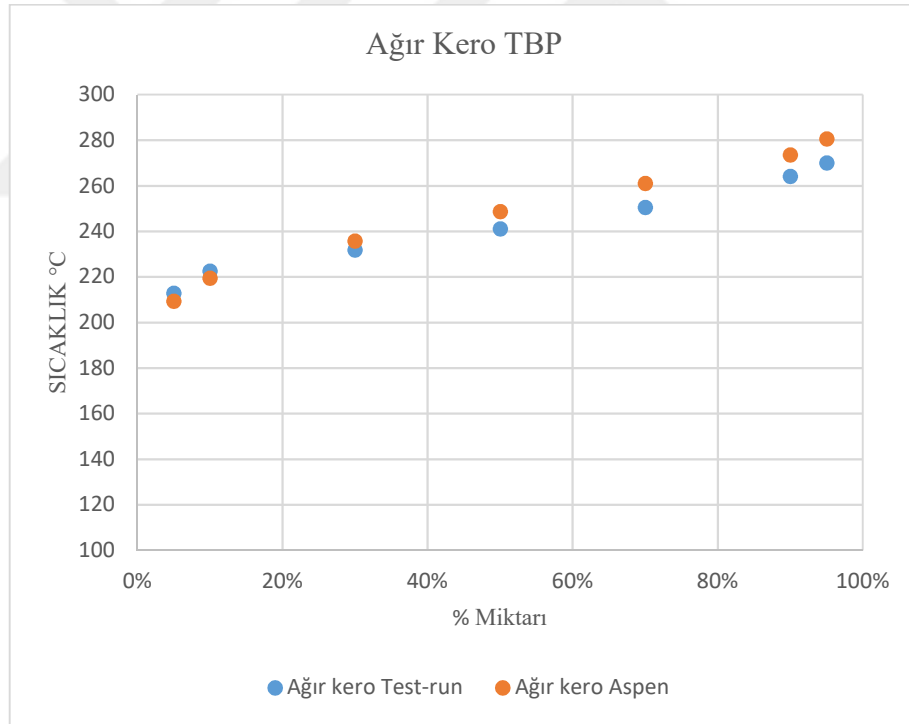


Şekil 4.3. Nafta Test Run ve Aspen Hysys karşılaştırılması

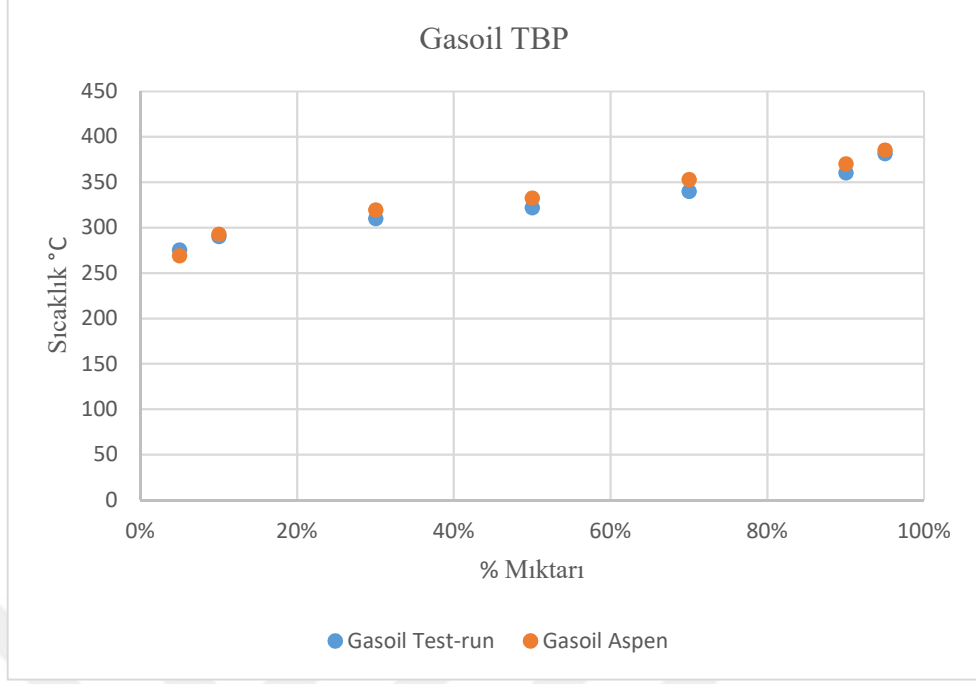




Şekil 4.4. Hafif kero Test Run ve Aspen Hysys karşılaştırılması



Şekil 4.5. Ağır kero Test Run ve Aspen Hysys karşılaştırılması



Şekil 4.6. Gasoil Test Run ve Aspen Hysys karşılaştırılması.

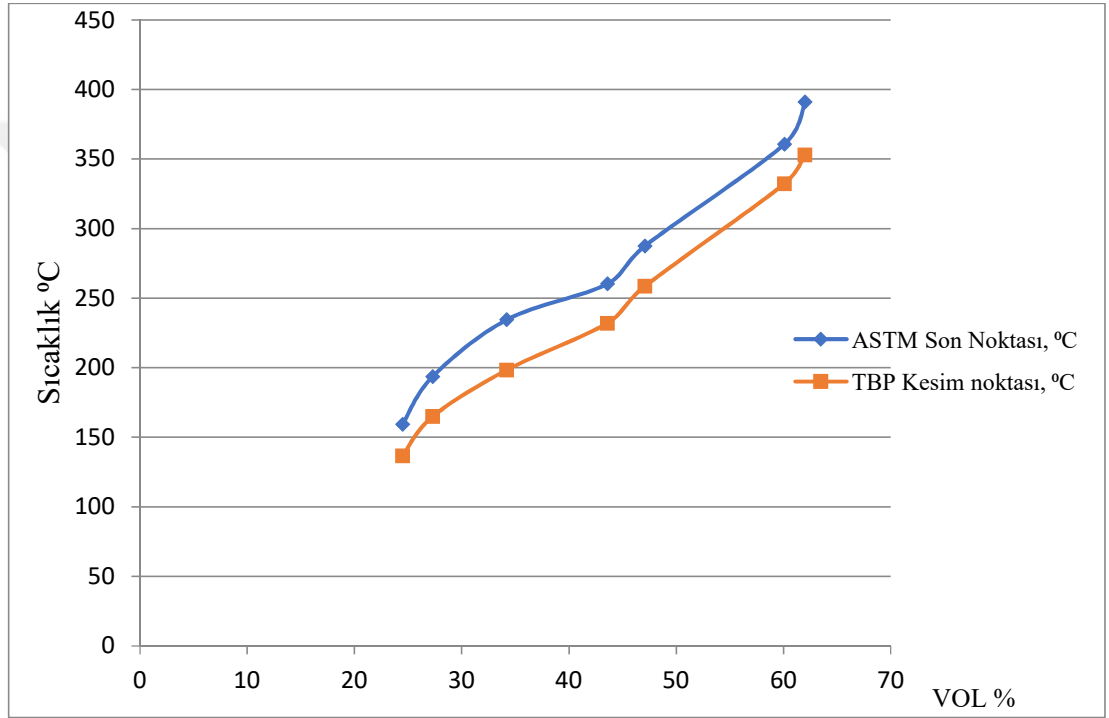
Aspen Hysys'te distilasyon kolonunun verimliliğini üçlemek için farklı akışlar ile test edilmiştir. Bu test sonucunda minimum akış 60000V/Gün ve maksimum 110000 V/Gün bulunmuştur. Aspen Hysys simülasyon sonuçları eklerde bulunmaktadır.

#### 4.1. TBP ve ASTM Değerlerinin Karşılaştırması

Laboratuvarında yapılan TBP değerlerinin analizinde reflaks oranının çok yüksek olması, sıcaklık ve basıncın çok iyi kontrol edilmesi nedeniyle saha değerlerine göre çok daha iyi bir ayırım yapılmaktadır. Örneğin laboratuvarında TBP cihazının (10 litrelik cam balonlu yüksek reflaks oranı olan distilasyon cihazı) tepe sıcaklığı 180 °C ve Ürün toplama kabındaki ürün miktarı 2,8 litre ise Kesim noktası 180 °C olan ürünün verimi %28 dir. Aynı %28 verimi ham petrol kulesinden çekebilmek için sıcaklığı örneğin 200 °C çıkartmak gerekir. Çünkü ham petrol kulesinde reflaks oranı düşük ve aynı zamanda tepsilerde mükemmel bir buhar sıvı dengesi oluşmaz.

TPB cihazında istenirse her 1 °C aralıkla, damıtılan miktar tespit edilebilir. Halbuki ham petrol kulesinde biri tepe ürün ve üçü yandan çekilen ürünlerin olduğu hatlardan numune alabilir ve ürün çekebilirsiniz. Karşılaştırmanın zorluğu burada yatmaktadır. TBP cihazından istediğiniz kadar ölçüm alınabilir. Kuleden dört noktadan ölçüm alınabilir.

Ayrıca sahadaki ham petrol kulesinden numune alıp analiz yapmak son derece sınırlıdır. Sahadan alınan numunelerin ASTM damıtmalarıyla, TBP değerleri şekil.. de karşılaştırıldı. Laboratuvarda elde edilen bir ürün veriminin aynısını elde etmek için daha yüksek bir sıcaklıkta çekiş yapmak gerekmektedir. Örneğin Şekil 4.7’de görüldüğü gibi %34 yığılımlı verim elde etmek için TBP de 198 °C sıcaklıkta kesim yapmak gerekirken, ham petrol kulesinde aynı verim 235 °C de elde edilmektedir.



Şekil 4.7. TBP ve ASTM verimlerinin karşılaştırılması.

#### 4.2. Standart Verim Cetvellerinin Hazırlanması ve Önemi

Ham petrol standart verim çizelgeleri, bir rafineride belirlenmiş standart üretim şartları altında, belli bir ham petrolün tek başına işlendiği zaman, elde edilen ürünlerin dağılımını veren çizelgelerdir. Standart verim çizelgeleri rafinerilerin finansal planlarının ve üretim planlarının hazırlanmasının esasını oluşturur. Bir rafinerinin birden fazla ortağı varsa ve her ortak farklı ham petroler getirirse ürünleri adil bir şekilde dağıtmak için Standart verim cetvelleri hazırlanır ve kullanılır. Ayrıca ham petrolün marjinin hesaplanması, üretim planlarının yapılması için standart verim cetvelleri hazırlanır. Standart verim cetvelleri mevsimsel ürün standartlarına göre

hazırlanır. Talebe göre üretim Maksim benzin (doğal olarak minimum dizel) veya minimum benzin (doğal olarak maksimum dizel) ilkesine göre hazırlanır.

Bu anlamda çeşitli ortakları olan bir rafineriyi, çeşitli ortakları olan bir un değirmeni benzemek çok uygun olur. Eşit hisseye sahip iki ortaklı (A,B) bir değirmeni düşünelim. Ortaklardan A, A tipi buğday getirsin. Ortak B, B tipi buğday getirsin. Değirmeni değirmenci D işletmektedir.

A ve B tipi buğdaylardan elde edilen un ve kepek yüzdeleri birbirinden farklı olduğunu ve değirmenin kapasitesinin 100 ton/gün olduğunu kabul edelim.

Değirmenin birinci işletme rejimi şu şekilde olabilir. Her ortağın buğday, un ve kepek depoları ayrı olur. A Buğdayını A deposunda, B Buğdayı B deposunda depolanır. Benzer şekilde ürünler Un ve kepek her ortağın kendi deposunda depolanır.

Buğday değişimi sırasında ürünlerin karışmadığını kabul edersek, Değirmenci belirli bir süre örneğin 12 saat A buğdayını öğütür. 12 saat B buğdayını öğütür. Ürünler kendi depolarında depolanır. Her ortak kendi ürününü sevk eder.

Bu işletme rejimi oldukça zahmetli ve pahalı bir yöntemdir. Bunun yerine ikinci bir işletme rejimi kullanılabilir.

Buğdaylar ve buğdaylardan elde edilen un ve kepek yüzdesi farklıdır. Buna karşın A ve B buğdaylarından elde edilen un ve kepek aynı özelliklere sahiptir.

Bu durumda bir gün %100 A buğdayı işlenir. Un ve kepek yüzdesi bulunur. İkinci gün B buğdayı aynı şartlarda işlenir un ve kepek yüzdeleri bulunur. A ve B buğdaylarının belirlenen şartlarda verimleri belli olduğu için artık ayrı depolara gerek yoktur. A ve B buğdayları aynı depoda karışık olarak depolanır. Çıkan ürünler A ve B nin verimlerine göre dağıtılır.

Bu çizelgeler kısa ve uzun erimli üretim planlarının hazırlanması ve üretimden elde edilen ürünlerin ortaklar arasında adil bir şekilde dağıtılabilmesi için gereklidir.

Ham petrolerin API gravitesi, viskozitesi, kükürt yüzdesi v.b. gibi bazı temel özellikleri, diğerlerine göre farklı bakımlardan öne çıkabilir. Örneğin bir ham petrolün API gravitesi fiyatını etkiler. Buna karşın viskozitesi ve akma noktası, depolama ve

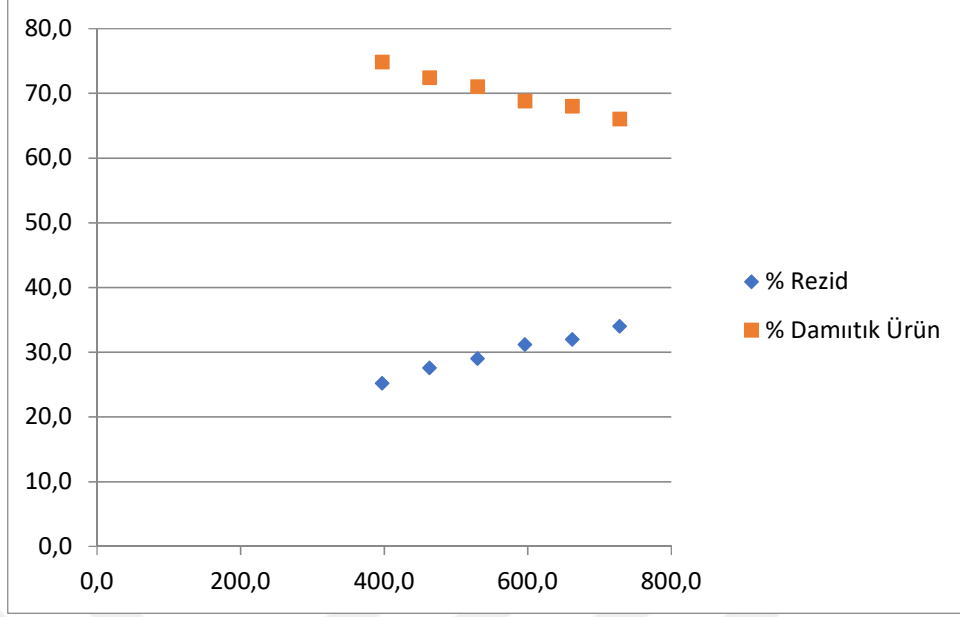
nakliyesini etkiler. Kükürt yüzdesi ise işletme şartlarını ve çevreye etkisini belirler. Piyasa talebi veya mevsimsel nedenlerle ham petrol ve ürün fiyatları sürekli olarak değişir. Alınacak ham petrolün seçimi veya alınan bir ham petrolden üretilecek ürünlerin belirlenmesi karlılığı önemli ölçüde etkiler. Bir rafineri için iyi ve karlı olan bir ham petrol, bir başka rafineri için tam tersi olabilir. Bir ham petrolün ekonomik değeri, o ham petrolden elde edilecek ürünlerin satış değerleriyle ham petrolün rafineriye geliş maliyeti arasındaki farka göre belirlenir. Gros marjın adı verilen bu farka göre ham petroler ekonomik bakımdan sıralanır. Gros marjın hesapları sürekli güncel tutulur. Ham petrol alımları ve ürün satış fiyatları bu hesaplara göre belirlenir.

Rafinerilerde bakiyenin (Resid) miktarı az olması istenmektedir çünkü çıkan hafif kesimlerin miktarı oldukça önemlidir çıkan hafif kesimleri daha değerli fraksiyonlar yapılır. Ham petrolde distilasyonunda çıkan rezid çıkarı önce vakum ve daha sonra craking bölümlere gönderilerek hafif ürünler yapılır bu prosesler oldukça maliyetlidir.

Tablo 4.4. Rezid miktarı

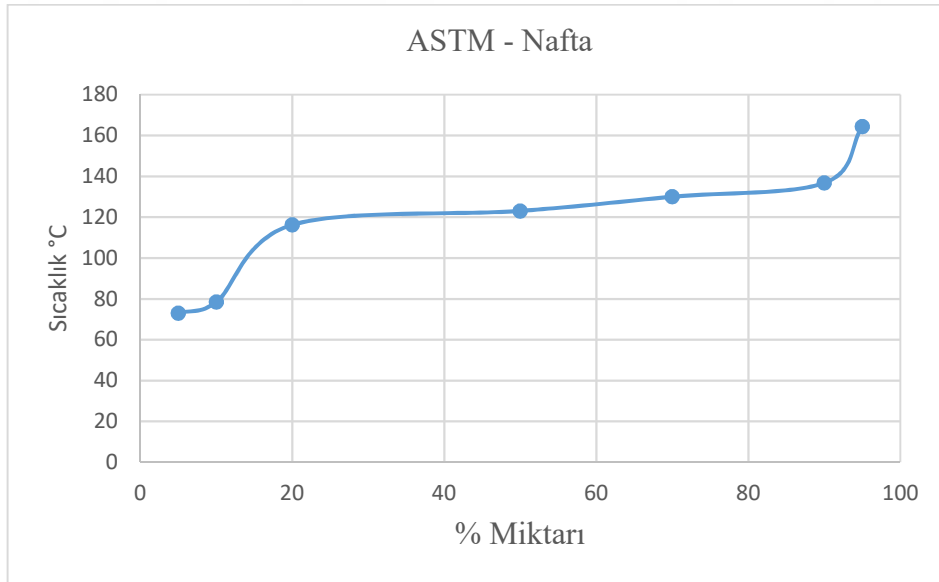
Ham petrol Şarjı, m <sup>3</sup> /h	% Rezid	% Damıtık Ürün
397	25,2	74,8
463	27,6	72,4
530	29,0	71
596	31,2	68,8
662	32,0	68
728	34,0	66

Şekil 4.8’de destilasyon kulesinden çıkan rezid ve lift (hafif ürün) göstermektedir, lift ürünler çok değerli oldu için her zaman bu ürünlerin fazla olması istenir bu sebeple farklı çalışmalar yapılmaktadır.

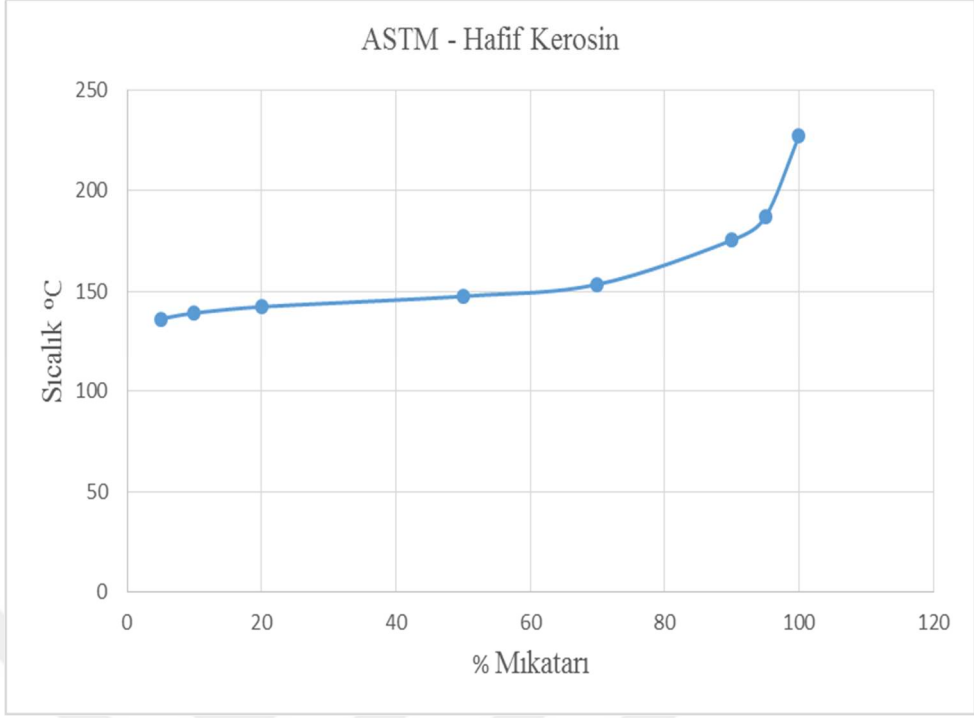


Şekil 4.8. Kolon şarj analizi

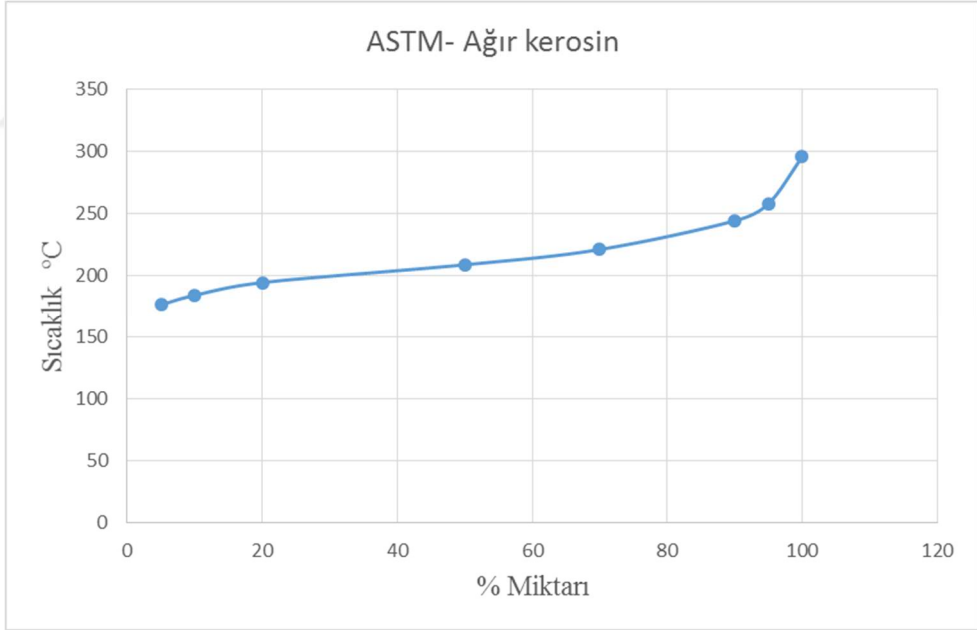
ASTM tablo ve grafiklerinden oldukça önemlidir proses hakkında bilgi elde edebiliriz. Bu tablolar hafif ürünlerin sıcaklığa göre damıtık hacimlerini gösterir, şekil 4.10'de naftanın ASTM grafiğini göstermektedir.



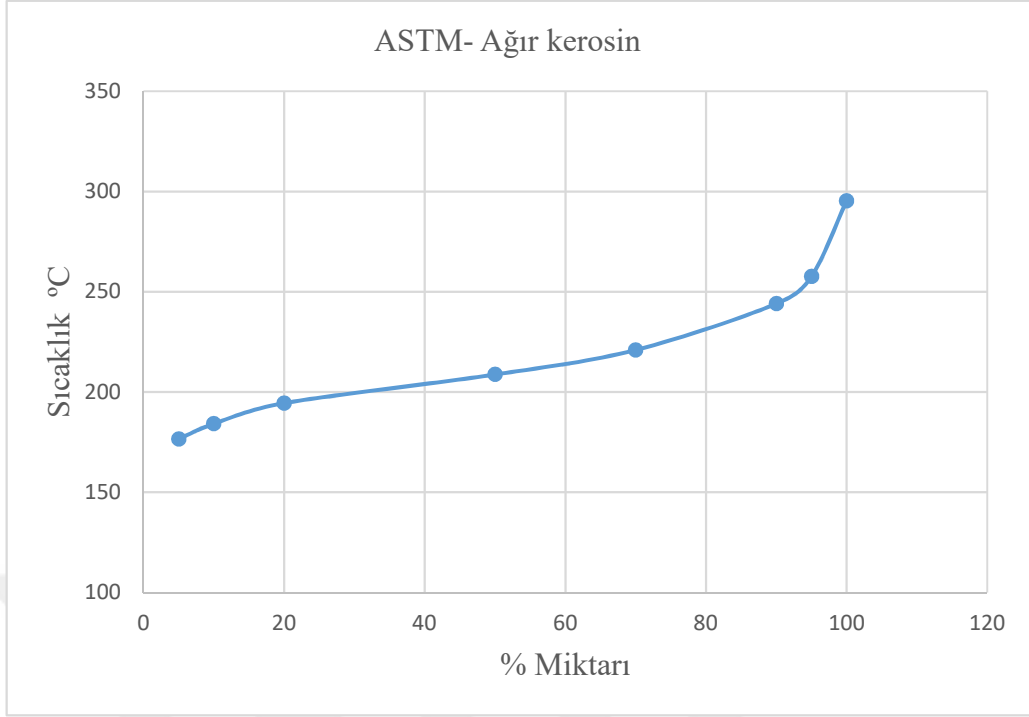
Şekil 4.9. Nafta ASTM



Şekil 4.10. Hafif kerosin ASTM distilasyonu



Şekil 4.11. H.v, kero (ağır kero ) ASTM distilasyonu



Şekil 4.12. Gasoil ASTM grafiği



## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Test-run ve simülasyon uygulamalarından temel kural olarak çıkan sonuçlar:

1) Test-run ve Aspen Hysys simülasyonu ile rafinerinin dizayn değerlerinin 50.000 V/G ile 100000 V/G aralığında çalışabileceği görülmüştür. Bu değerlerin daha önceki yıllarda rafineride yapılan gerçek uygulama değerleriyle uyumlu olduğu görüldü. Simülasyon ham petrol kulesinin 110000 V/G de çalışabileceğini de göstermektedir. Ancak Dizelin renk standardının bozulacağı saha çalışmalarında görülmüştür. Dizelin renginin kararmasını simülasyon ile tespit etmek imkanı yoktur.

2) Kerosin veya jet üretilmediği zaman Dizel kuleden çekilen Hafifi kero, Ağır kero ve Gasoil çekişlerinin karıştırılmasıyla yapılmaktadır. Bu durumlarda gasoil'in son noktasını 405 °C kesmek, verimi arttırmak mümkün olduğu tespit edildi. Dizelin içinde hafif kesimlerin bulunması stripping etkisi yapmaktadır. Gasoil son kesim noktası 405 °C olmasına rağmen, kero ve gasiol paçallandıktan sonra, Dizelin son noktası 390 °C nin altına inmektedir.

3) Standart verim cetveli hazırlanırken önce Fuel oil standartlara uygun hale getirilir. Fuel oil akma noktası, viskozitesi ve alevlenme noktası ayarlanır. Bu ayarlama yapılırken önce kerosin ile paçallanır. Alevlenme noktasını bozmayacak kadar kerosin katılır. Bu değer hacimce %10 olarak denemelerle bulundu. Daha sonra viskozite ve akma noktasını istenen değere getirmek için gasoil katılır.

4) Şarj arttıkça kuleden çekilen beyaz ürün yüzde olarak azalmakta ve resid artmaktadır. Şarj ne kadar yüksek olursa işlenen birim hampetrol başına düşen yakıt ve işletme giderleri azalmaktadır. Satılabilir ürün arttıkça rafinerinin karlılığı artmaktadır.

5) Düşük şarjlarda Gasoilin son noktası, reşidin viskozitesi yükselmekte ve akma noktası artmaktadır. Residin viskozitesi çok yüksek olduğu zaman içerisine maksimum %5 civarında on-line kerosin injekte etmek operasyonu kolaylaştırır. Ürün parçalamalarında da zaman kazandırmaktadır.

6) Rafineri ortaklarının getirdikleri ham petrolün TBP değerleri ile ham petrol kulesinin ASTM değerleri arasında korelasyon yapılırken aynı değerler kullanılmalıdır.

7) Standart verim cetvellerinin hazırlanmasında aynı temel kurallar kullanılması zorunludur. Standart verim cetvellerinden sapan her ürün miktarı, yakıt ve kayıplar cetvellerdeki oranlara göre dağıtılmalıdır.

Üretim planlarının hazırlanması:

Rafinerilerin birincil amaçları iç ve dış pazarda müşterilerinin taleplerini karşılamaktır. Müşterilerin talepleri aylık ve mevsimsel bazda belirlendikten sonra bu talepleri karşılayacak ve tedarik edilebilecek ham petroler belirlenir. Burada öncelik talebi karşılamak, daha sonrada rafineri marjının maksimum yapacak üretim rejimini seçmek ve katma değeri yüksek olan ürünleri üretmektir. Üretilen ürünler ortakların talepleri göz önüne alınarak rafinerinin optimum işletme şartları belirlenir.

Ortakların karlılıklarıyla rafinerinin karlılığı çoğunlukla birbirleriyle örtüşmez. Örneğin ortaklardan biri maksimum dizel, bir diğeri maksimum benzin ve bir üçüncüsü, maksimum jet yakıtı, minimum benzin ve mümkün olduğu kadar çok dizel üretimi talep edebilir. Burada ortakların optimum ham petrol bileşimiyle rafinerinin optimumu çakışmaz.

Rafineri ortakların maksimum marjını veren ham petroleri optimize eder ve ham petrol teslim ve ürün çekiş programlarını ve şartları belirler.

Rafineriler belirli API gravitesi aralıktaki ham petroleri işleyecek şekilde tasarlanır. Örneği karlı olmasına rağmen rafineri dizayn değerlerinden çok farklı olan ham petroleri işleyemez. Örneği ham petrol gravitesi çok düşük olursa, ham petrol kulesinin alt tarafı şişer. Selleme (flooding) olur. Kulenin üst tepsileri kurur. Buna karşın API grvitesi çok yüksek olan hafif ham petrol işlenmek istendiği zaman yine ters bir durum olur. Kulenin üst tarafındaki tepsilerde selleme olur.

Ama rafineri ham petrol tedarikini ve zamanlamayı o şekilde ayarlayabilir ki, ağır ve hafif ham petroleri birlikte işleyerek bu sorunun üstesinden gelir ve rafineri marjını arttırır.

Yine benzer şekilde yüksek kükürtlü ve düşük kükürtlü ham petroleri aynı anda işleyerek yakıt tasarrufu sağlayarak satılabilir ürünleri arttırabilir. Yakıtın azalması ayrıca ödenen yakıt vergilerinde azalma sağlar. Rafineriler ne kadar az yakıt yakarlarsa o kadar az vergi öderler.

Simülasyonla optimum stok kontrolü:

Rafineri stokları işlenen ham petrolün cins ve miktarı, üretilen ürün miktarları belli olduğu için, ürün çekişlerinde bu programa girilerek rafinerinin optimum operasyon stokları, ölü stokları ve maksimum stok kapasitesi bir bütün olarak takip edilebilir. Bu şekilde stok maliyeti azaltılır. Özellikle ham petrol tedarikinde karşılaşılan süresterya ödemelerinin önüne geçilir

Simülasyonun ile üretim planların anlık değerlendirmesi:

Yukarda ayrıntılı olarak anlatıldığı gibi rafineri işletmeciliği oldukça karmaşıktır. Rafineri işletmeciliğinde amaç planda belirtilen ürünleri üretmek ve rafineri marjını maksimum yapmaktır. Pek çok parametreye bağlı olan rafineri marjını maksimum yapmak için çeşitli verim tabloları oldukça büyük bir öneme sahiptir. Rafinerilerin ünitelerinin simülasyonu yapmak büyük yararlar sağlar. Aspen Hysys ile Mersin Rafinerisinin ham petrol ünitesinin simülasyonu yapılmıştır. Kerkük ham petrolüyle yapılan test run değerleriyle, ham petrolün TBP ve ASTM değerleri arasında çizilen korelasyon değerleri kullanılarak oldukça uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. Rafineri ham petrol kulesinin çalışabileceği minimum şarj (40000 V/G) ve maksimum şarj miktarı 100.000 V/G simülasyonda görüldü. Bu değerler rafinerinin gerçek test değerleriyle de uyumludur. Ham petrol fırın çıkış sıcaklığının 370 °C nin üzerine çıkartılmasının dizel verimini arttırdığı görüldü. Ancak burada dizelin renk skalasında sorun olacağı tahmin edilmektedir. Dizelin renginin tutup tutmayacağına simülasyonla görme imkanı yoktur. Rafinerinin tüm ünitelerinin simülasyonunu yapmak, ürünleri on-line blend etmek (parçalamak) rafineri işletmesine büyük kolaylık sağlar.

Rafinerinin tüm ünitelerinin simülasyonunu yapmak, ürünleri on-line blend etmek (parçalamak) rafineri işletmesine büyük kolaylık sağlar. Ürünlerin test edilerek onaylanması hızlanır. Tutulan stoklar azalır. Rafinerinin marjı ve brüt karı simülasyonla takip edilerek daha hızlı, daha doğru kararlar verilerek hem planlanan ürün üretilir hem de anlık, günlük ve periyodik dönemlerdeki karlılık maksimum yapılır. Planla

gerçekleşen karlılık ve üretilen ürün miktarları arasında bağlantı köprüsü kurulur. Plana göre veya bir önceki döneme göre üretim arttıysa ve azaldıysa nedeni açıklanabilir. Yine benzer şekilde karlılığın plandan neden saptığı açıklanabilir.



## KAYNAKLAR

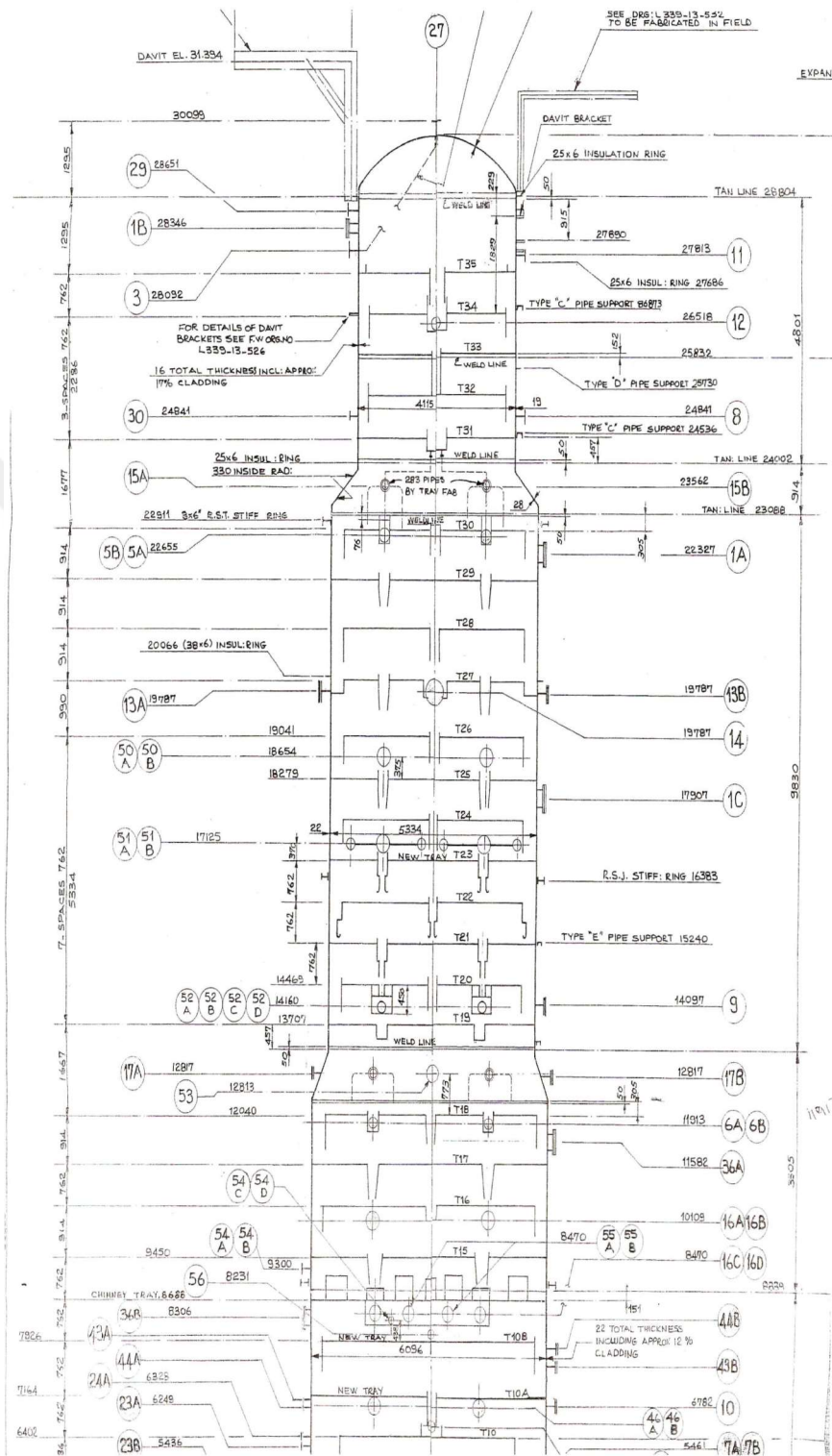
- [1] Ham petrol nedir, [http://www.petrol.itu.edu.tr/question/faq\\_t.html](http://www.petrol.itu.edu.tr/question/faq_t.html), (Ziyaret Tarihi: 10.4.2017).
- [2] Beşergil B., *Petrokimya Teknolojisi*, Ege Üniversitesi Basım evi, İzmir, 2008.
- [3] Beşergil B., *Petrol, Petrol Kimyası*, Ege Üniversitesi Basım evi, İzmir, 2008.
- [4] Lei Z., Chen B., Ding Z., *Special Distillation Processes*, 1th ed., Elsevier., 2005.
- [5] Bozdağ O., Distilasyon, *Ataş Rafinerisi*, UCID-12468, 35-45, 1996.
- [6] Gary J.H., Handwerk G.E., *Petroleum Refining Technology and Economics*, 4th ed., Marcel Dekker Inc, New York, 2001.
- [7] Jones D.J.S., Pujad'O P.R., *Handbook of Petroleum Processing*, 2ed ed., Springer, Netherlands, 2006.
- [8] Aggour M., Abdel Al H.K., Fahim M.K., *Petroleum and Gas Field Processing*, Marcel Dekker, Inc., USA, 2003.
- [9] Tissot B.P., Welte D.H., *Petroleum Formation and Occurance*, 2ed ed., Springer-Verlag, Berlin, 1984.
- [10] Fahim M.A., Alsahhaf T.A., Elkilani A., *Fundamentals of Petroleum Refining*, 1th ed., Elsevier B.V., Netherlands, 2010.
- [11] Karadağ Ö., Tüpraş'ta Otomatik Benzin Paçalı Sistem Modellemesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimler Esititüsü, İstanbul, 2008, 507031222.
- [12] Smith C.L., *Distillation Control*, John Wiley & Sons Inc., Canada, 2012.
- [13] Wauquier J.P., *Crude Oil Petroleum Products Prcess Flowsheets*, 3rd ed., Technip, Paris, 1994.
- [14] Bozdağ., O., *Ataş Rafineri Eğitim Notları*, Ataş Rafinerisi, UCID-12469, 120-140, 2003.
- [15] Xin x Z. F., *Energy and Process Optimization for the Industries*, 1th ed., John Wiley & Sons Inc, Canada, 2014.
- [16] Yela S., Framework For Operability Assessment Of Production Facilities An Appllication Unit Of A Crude Oil Refinery, Master Thesis, Institute of Science, Kakatiya University, 2009.

- [17] Giwa A., Karacan S., Simulation and Optimization of Ethyl Acetate Reactive Packed Distillation Process Using Aspen Hysys, *Journal of Science and Technology*, 2012, **2**, 1-4.
- [18] Al Muamri., Modeling And Simulation Of A Vacuum Distillation Unit In An Oil Refinery, Yüksek Lisans Tezi, Atılım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara , 2017, 490353.
- [19] Dilmaç Ö. F., Bir Ham Petrol Destilasyon Ünitesinin Kullanılabilir Enerji Ve Termoekonomik Analizi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2011, 296896.
- [20] Demir B. F., Dynamic Modelling Of A Reactive Distillation Column, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013, 506111003.
- [21] Qasim F., Shin J. S., Jeong J. H., Park S. J., *An Optimization Study on Syngas Production and Economic Evaluation*, MATEC Web of Conferences, DOI: 10.1051/mateconf/201669 907001.
- [22] Shankar N., Aneesh V., Sivasubramanian V., *Aspen Hysys based Simulation and Analysis of Crude Distillation Unit*, International Journal of Current Engineering and Technology, 2015, **4**, 2347-516.
- [23] M. N. Idris., I. M. Idriss., H. M. Iyodo., *Simulation Studies on Vacuum Distillation Column (VDU) using the Application of AspenHysys v8.4*, International Journal of Engineering and Modern Technology, 2018, **4**, 2504-8856.
- [24] Luyben W.L., *Process Modeling, Simulation, And Control For Chemical Engineers*, 2nd ed., McGraw-Hill, New York, 1993.
- [25] Aspen HYSYS., *Unit Operations Guide, Aspen HYSYS Petroleum Refining*, Aspen Technology, Inc. 2011.
- [26] Prausnitz J.M., Lichtenthaler R.N., Azevedo E.G., *Molecular Thermodynamics Of Fluid-Phase Equilibria*, 3rd ed., Prentice-Hall, New Jersey, 1999.
- [27] Aspen HYSYS., *Tutorials & Applications.*, Aspen Technology, Inc, 2005.



**EKLER**

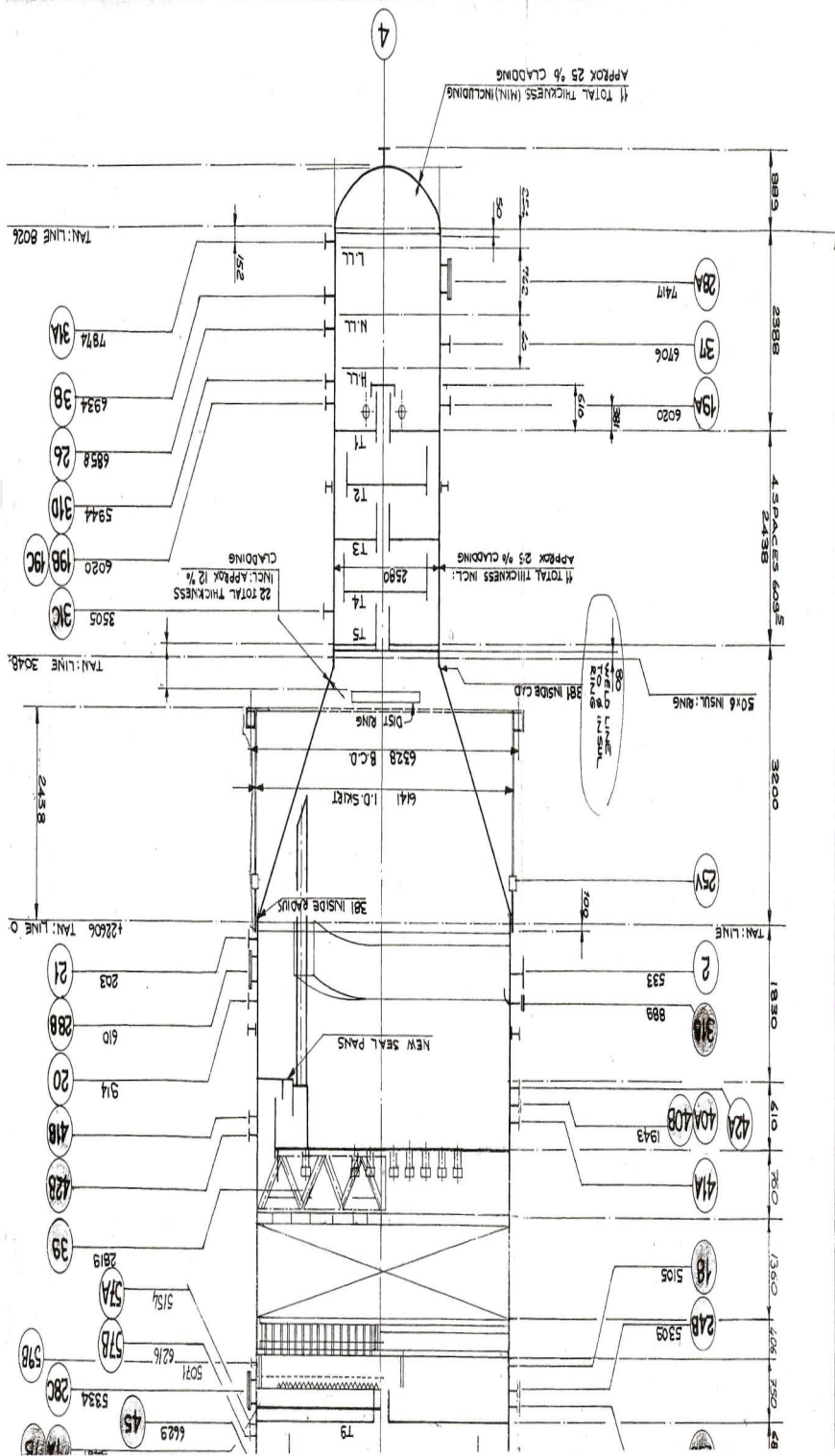
EK-A



Şekil A.1. Damıtama kolonun üste kısmı



Ek-B



Şekil B.1. Damıtama kolonun alt kısmı

5G-1A/B

NOTE (1)  
(1)

1 SERVICE: <b>CRUDE CHARGE PUMPS</b>		Information to be completed by: <input type="checkbox"/> Purchaser <input type="checkbox"/> Manufacturer	
2 No pumps required: - service: 1 - stand-by: 1		Operation: <input checked="" type="checkbox"/> Continuous <input type="checkbox"/> Intermittent - Working time by year, hr: _____	
3 Manufacturer: <b>WORTHINGTON</b>		Type/No. stage: <b>8 HNI - 19 DS / 1</b>	Serial No: <b>40306 / 307</b>
4 Driven by: <b>STEAM TURBINE</b>		Item: <b>5GT.1A/B</b>	Provided by: <b>EXISTING</b>
5		Item: _____	Provided by: _____
6 LIQUID		OPERATING CONDITIONS	
7 Name: <b>CRUDE OIL</b>		Capacity, m <sup>3</sup> /h: <b>336</b>	Temp. °C: Max: <b>+38</b> Min: <b>-6</b>
8 Pumping Temperature, °C: <b>25</b>		Normal: <b>547</b>	Rated: <b>547</b>
9 Normal (TP): <b>25</b>		Disch. Pres., kg/cm <sup>2</sup> : <b>25.14</b>	Rel. Hum. (%) Max: <b>88%</b> Min: <b>7%</b>
10 Relative Density @ TP: <b>0.8635</b>		Suit. Pres., kg/cm <sup>2</sup> : _____	Altitude, m: <b>3.5m</b>
11 Vapour Pres., kg/cm <sup>2</sup> @ TP: _____		Max: _____	<input type="checkbox"/> Indoor <input type="checkbox"/> Heated <input type="checkbox"/> Roof
12 Viscosity, cP @ TP: <b>3</b>		Diff. Pres., kg/cm <sup>2</sup> : <b>25.32</b>	<input type="checkbox"/> Outdoor <input type="checkbox"/> Unheated <input type="checkbox"/> Sun
13 Corrosion/Erosion Caused by: _____		Diff. Head, m: <b>293.2m</b>	Area Classification: <b>Class 1, gr. D, div. 2</b>
14		NPSH Available, m: _____	Remarks: <b>AVAILABLE UTILITIES;</b>
15		Hyd. Power, kW: <b>377.3</b>	<b>COOLING WATER: 30°C / ΔT: 8°C</b>
16		Max. allow. pres. at shut-off, kg/cm <sup>2</sup> : _____	<b>At 3.5 kg/cm<sup>2</sup>g. (design 7.0)</b>
17		Flow control range: <b>YES</b> Type: <b>FIG</b>	<b>LR STEAM: 148°C at 3.5 kg/cm<sup>2</sup>g</b>
18		Reacceleration/autom. start-up: <input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No	<b>(design = 6.4)</b>
19		Start-up with open-closed discharge: <input type="checkbox"/> Démarr. avec retour ouvert - fermé	<b>ΔP WATER MAXI = 0.7 kg/cm<sup>2</sup></b>
20 PERFORMANCE (TO BE COMPLETED BY MANUFACTURER)			
21 Proposal Curve No: <b>C-21495 (1975)</b>		Min. Continuous Flow, m <sup>3</sup> /h: _____	NPSH Required (m Water): _____
22 Speed, rpm: <b>23020 VARIABLE</b>		Thermal: _____	3 % Head Drop: _____
23 Efficiency, %: <b>65%</b>		Max. Head, Rated Imp., m: _____	Suction Specific Speed: _____
24 Rated Power, kW: <b>580</b>		Max. Power, Rated Imp., kW: _____	Capacity at best eff. point, m <sup>3</sup> /h: _____
25 Head ratio - Maxi/Rated Capacity: _____		Max. Head, Max. Imp., m: _____	Debit au point rendement max: _____
26 Head ratio - Maxi/Rated Impeller: _____		Max. Power, Max. Imp., kW: _____	Max. open time at shut-off, s: _____
27 Ratio imp. Diam./imp. eye area: _____		Abs. Power by oil pump/heater, kW: _____	Temps max. d'opér. à fermeture: _____
28 CONSTRUCTION (TO BE COMPLETED BY PURCHASER AND MANUFACTURER)			
29 NOZZLES: _____			
30 Suction: _____		FACE: <b>STAINLESS</b>	LOCATION: <b>TOP</b>
31 Discharge: _____		FACE: <b>STAINLESS</b>	LOCATION: <b>TOP</b>
32 Bal. Drum: _____		FACE: _____	LOCATION: _____
33 CASING Mounting: <input type="checkbox"/> Foot <input type="checkbox"/> Sur pieds		IMPELLER Diameter (mm): _____	BEARINGS (Type/No.): <b>2 RAW BALLS</b>
34 Centerline: <input checked="" type="checkbox"/> A l'axe <input type="checkbox"/> Bracket Support		Rated: <b>460</b> Max: <b>475</b> Min: <b>360</b>	PALIER/TYPE (No.): _____
35 Vertical: <input type="checkbox"/> In line <input type="checkbox"/> En ligne		Rotation (Viewed From CPLG): _____	Radial: <b>SKF 2314</b> Thrust: <b>SKF 314 BC</b>
36 Vertical Barrel: <input type="checkbox"/> Barrel vertical		<input type="checkbox"/> CW <input checked="" type="checkbox"/> CCW	Lubrication Type: _____
37 Casing thickness, mm: _____		Imp. Mounting: <input checked="" type="checkbox"/> Between Brgs <input type="checkbox"/> Overhung	<input type="checkbox"/> Grease <input checked="" type="checkbox"/> Ring Oil <input type="checkbox"/> Oil Mist
38 Corrosion allowance, mm: _____		Type: <input checked="" type="checkbox"/> Closed <input type="checkbox"/> Opened	<input type="checkbox"/> Flood <input type="checkbox"/> Flinger <input type="checkbox"/> Pressure
39 Surépaisseur de corrosion: _____		Disposition: <input type="checkbox"/> One way <input type="checkbox"/> Opposed	CLEARANCES: <b>Wear rings, mm: _____</b>
40 Note (1) See p. 3/3		1 <sup>st</sup> stage suction: <input type="checkbox"/> Single <input type="checkbox"/> Double	JELIX: _____
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			
80			
81			
82			
83			
84			
85			
86			
87			
88			
89			
90			
91			
92			
93			
94			
95			
96			
97			
98			
99			
100			

FOR 311,000 AF Rev. 00 (2/24)

Şekil C.1. Tipik bir pompa verileri

Ek-D

Workbook: T-100 (COL1)												
Material Streams										Fluid Pkg:		All
11	Name	Reflux	To Condenser	resid	naphta	off gas	Heated crude	waste water	Bott-steam	kero-ss_Draw	kero-ss_Return	
12	Vapour Fraction	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.8596	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	
13	Temperature (C)	48.06	114.9	357.7	48.06	48.06	376.0	48.06	190.0	186.0	187.2	
14	Pressure (atm)	1.341	1.817	2.225	1.341	1.341	2.700	1.341	10.21	1.949	1.949	
15	Molar Flow (kgmole/h)	5118	6939	745.4	1504	4.267e-004	3503	317.0	188.8	745.3	183.2	
16	Mass Flow (kg/h)	4.216e+005	5.512e+005	2.688e+005	1.239e+005	2.379e-002	5.962e+005	5710	3402	9.396e+004	2.124e+004	
17	Liquid Volume Flow (m3/h)	551.2	718.9	268.8	162.0	3.801e-005	662.4	5.722	3.409	111.7	25.63	
18	Heat Flow (kJ/h)	-9.266e+008	-1.015e+009	-3.826e+008	-2.723e+008	-55.88	-7.167e+008	-9.016e+007	-4.470e+007	-1.741e+008	-3.314e+007	
19	Name	kerosene	kero-ss_BoilUp	kero-ss_ToReb	diesel ss_Draw	diesel ss_Return	GSO	Diesel steam	ago-ss_Draw	ago-ss_Return	HGO	
20	Vapour Fraction	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	
21	Temperature (C)	195.1	195.1	191.3	251.3	242.6	224.4	148.9	308.5	298.1	269.9	
22	Pressure (atm)	1.949	1.949	1.949	2.033	2.033	2.033	3.402	2.105	2.105	2.105	
23	Molar Flow (kgmole/h)	562.1	198.7	760.7	746.5	255.1	566.9	75.54	199.5	127.9	134.5	
24	Mass Flow (kg/h)	7.272e+004	2.418e+004	9.690e+004	1.274e+005	2.851e+004	1.003e+005	1361	4.367e+004	1.414e+004	3.066e+004	
25	Liquid Volume Flow (m3/h)	86.12	28.94	115.1	144.0	32.71	112.6	1.364	47.46	15.48	33.11	
26	Heat Flow (kJ/h)	-1.331e+008	-3.726e+007	-1.782e+008	-2.149e+008	-5.622e+007	-1.766e+008	-1.796e+007	-6.704e+007	-3.157e+007	-5.044e+007	
27	Name	AGO-SATEAM	PA_1_Draw	PA_1_Return	PA_2_Draw	PA_2_Return	PA_3_Draw	PA_3_Return				
28	Vapour Fraction	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000				
29	Temperature (C)	148.9	165.7	67.77	251.3	165.7	341.1	268.2				
30	Pressure (atm)	3.402	1.901	1.901	2.033	2.033	2.153	2.153				
31	Molar Flow (kgmole/h)	62.95	2376	2376	1030	1030	737.1	737.1				
32	Mass Flow (kg/h)	1134	2.741e+005	2.741e+005	1.759e+005	1.759e+005	1.873e+005	1.873e+005				
33	Liquid Volume Flow (m3/h)	1.136	331.2	331.2	198.7	198.7	198.7	198.7				
34	Heat Flow (kJ/h)	-1.497e+007	-5.216e+008	-5.796e+008	-2.966e+008	-3.336e+008	-2.714e+008	-3.083e+008				

Şekil D.1. Aspen Hysys değerleri

**Ek-E**

Tablo E.1. Damıtma kolonun çıkış ürünleri (Aspen Hysys )

Product Stream 60000 V/G								
Name	Gass Prod	off gas	FRN	waste water	Rezid	LT.KERO	GASOIL	HV.KERO
Pressure [kPa]	152,0	135,8	135,8	135,8	225,5	197,5	213,3	206,0
Temperature [C]	630,5	59,6	59,6	59,6	514,5	303,5	479,2	374,3
Mass Flow [tonne/h]	130,6	0,0	129,3	5,8	28,3	78,3	29,0	92,9
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	157,0	0,0	115,0	5,8	100,0	71,0	25,0	86,0
Vapor / Phase Fraction	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-56358,2	-138628,6	-211383,3	-283531,8	-568052,5	-313396,2	-498545,3	-439477,9

**Ek-E**

Tablo E.2. Damıtma kolonun ıkış rnleri (Aspen Hysys )

Product Stream 70000 V/G								
Name	Gass Prod	Off Gas	FRN	Waste Water	Rezid	LT.KERO	GASOIL	HV.KERO
Pressure [kPa]	152,0	135,8	135,8	135,8	225,5	197,5	213,3	206,0
Temperature [C]	630,5	56,4	56,4	56,4	450,4	265,3	382,2	315,2
Mass Flow [tonne/h]	130,6	0,0	127,5	5,8	96,3	76,4	27,6	89,7
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	157,0	0,0	162,0	5,8	92,7	86,1	28,0	95,0
Vapor / Phase Fraction	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-56358,2	-136267,6	-199872,0	-283777,9	-547407,1	-286138,5	-459781,3	-392305,7

**Ek-E**

Tablo E.3. Damıtma kolonun ıkış rnleri (Aspen Hysys )

Product Stream 80000 V/G								
Name	Gass Prod	off gas	FRN	waste water	Rezid	LT.KERO	GASOIL	HV.KERO
Pressure [kPa]	152,0	135,8	135,8	135,8	225,5	197,5	213,3	206,0
Temperature [C]	947,5	51,8	51,8	51,8	418,9	220,4	342,7	265,7
Mass Flow [tonne/h]	130,6	0,0	131,5	5,7	168,1	74,1	46,0	117,0
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	157,0	0,0	170,0	5,8	164,2	86,1	48,0	128,0
Vapor / Phase Fraction	1,0	1,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-44828,4	-133177,6	-188129,4	-284137,5	-531796,0	-254278,9	-413335,0	-345482,0

**Ek- E**

Tablo E.4. Damıtma kolonun ıkış rnleri (Aspen Hysys )

Product Stream 900000V/G								
Name	Gass Prod	off gas	FRN	waste water	Rezid	LT.KERO	GASOIL	HV.KERO
Pressure [kPa]	152,0	135,8	135,8	135,8	225,5	197,5	213,3	206,0
Temperature [C]	630,5	51,8	51,8	51,8	430,0	220,5	355,8	270,3
Mass Flow [tonne/h]	130,6	0,0	131,5	5,8	154,4	74,1	48,3	128,4
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	157,0	0,0	170,0	5,8	150,2	86,1	50,0	140,0
Vapor / Phase Fraction	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-56358,2	-133179,7	-188122,6	-284137,4	-534529,8	-254252,4	-421568,4	-349919,4

**Ek- E**

Tablo E.5. Damıtma kolonun ıkış rnleri (Aspen Hysys)

Product Stream - 100000V/G								
Name	Gass Prod	off gas	FRN	waste water	Rezid	LT.KERO	GASOIL	HV.KERO
Pressure [atm]	1,5	1,3	1,3	1,3	2,2	1,9	2,1	2,0
Temperature [C]	630,5	48,1	48,1	48,1	418,4	195,7	316,6	228,2
Mass Flow [tonne/h]	130,6	0,0	123,9	5,7	205,6	72,7	93,9	100,3
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	157,0	0,0	162,0	5,7	201,9	86,1	100,0	112,6
Vapor / Phase Fraction	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-56358,2	-130965,4	-180937,2	-284426,1	-513364,9	-236535,4	-377504,9	-311222,2



**Ek – E**

Tablo E.6. Damıtma kolonun çıkış ürünleri (Aspen Hysys )

Product Stream 110000V/G								
Name	Gass Prod	off gas	FRN	waste water	Rezid	LT.KERO	GASOIL	HV.KERO
Pressure [kPa]	151,99	135,83	135,83	135,83	225,46	197,47	213,29	205,99
Temperature [C]	630,50	45,73	45,72	45,72	335,82	182,07	249,74	206,41
Mass Flow [tonne/h]	130,55	0,00	123,01	5,69	332,04	71,95	30,18	98,83
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	156,97	0,00	162,00	5,70	335,00	86,12	33,13	112,62
Vapor / Phase Fraction	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-56358,17	-129662,67	-177077,67	-284609,60	-500879,57	-226855,73	-347864,73	-292148,42

Ek- F



Şekil F.1. Kapaklı tepsi( valve tray)



Şekil F.2. Elek şekilli tepsi (Sieve tray)

## KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] **Delawery A. R., Bozdağ O., ATAŞ Rafinerisi ham petrol damıtma ünitesinde Kerkük ham petrolüyle yapılan test-run sonuçlarıyla ASPEN HYSYS simülasyonu sonuçlarının karşılaştırılması, 29. Ulusal Kimya Kongesi, Ankara, 10-14 Eylül 2017.**



## ÖZGEÇMİŞ

Ahmad Reshad Delawary 1991 yılında Sarepul’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Jowzijan’de tamamladı. 2008 yılında girdiği Jowzijan Üniversitede Kimya Mühendisliği bölümünü kazandı ve 2012 yılında mezun oldu.2012-2013 kadar CNPC(China National Petroleum Company)de çalıştı, 2014 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı.

