

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

KİMYA TEKNOLOJİSİ

**ETİLEN TÜREVLERİ VE PROSESLERİ
524KI0121**

Ankara, 2012

-
- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
 - Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
 - **PARA İLE SATILMAZ.**

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	iii
GİRİŞ	5
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	7
1. ETİLEN VE TÜREVLERİ	7
1.1. Proses Akım Şemaları ve Kullanım Sembolleri.....	7
1.2. Etilen.....	9
1.2.1. Özellikleri	9
1.2.2. Üretim Yöntemi -Teknoloji	9
1.2.3. Kullanıldığı Yerler.....	14
1.3. Polietilen	14
1.3.1. Polietilen (Alçak Yoğunluk, AYPE)	15
1.3.2. Polietilen (Lineer Alçak Yoğunluk, LAYPE).....	18
1.3.3. Polietilen (Yüksek Yoğunluk, YYPE).....	19
UYGULAMA FAALİYETİ	23
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	27
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	29
2.ETİLENGLİKOL–ETİLENOKSİT (EG–EO).....	29
2.1. Mono Etilen Glikol (MEG).....	29
2.1.1. Fiziksel Özellikleri.....	29
2.1.2. Kimyasal Özellikleri.....	30
2.1.3. Kullanıldığı Yerler.....	30
2.1.4. İnsan Sağlığına Etkileri.....	30
2.2. Di Etilen Glikol (DEG).....	30
2.2.1. Fiziksel Özellikleri.....	31
2.2.2. Kullanıldığı Yerler.....	31
2.3. Etilen Oksit (EO, C ₂ H ₄ O)	31
2.3.1. Fiziksel Özellikleri.....	32
2.3.2. Etilen Oksidin Kullanıldığı Yerler.....	32
2.3.3. Etilen Oksidin İnsan Sağlığına Etkileri	32
2.3.4. Yüzey Aktif Maddeleri.....	32
2.3.5. Özellikleri	33
2.3.6. Üretim Yöntemleri.....	33
2.3.7. Kullanıldığı Yerler.....	33
UYGULAMA FAALİYETİ	35
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	39
ÖĞRENME FAALİYETİ-3	42
3. VİNİL KLORÜR – VİNİL ASETAT	42
3.1. Vinil Klorür Monomer (VCM).....	42
3.1.1. Ürünün Tanımı	42
3.1.2. Özellikleri	42
3.1.3. İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri.....	43
3.1.4. Üretim Yöntemi – Teknoloji	43
3.2. Polivinil Klorür (PVC).....	46
3.2.1. Sektörün Tanımı ve Ürünün Özellikleri	46
3.2.2. Kullanım Alanları	47

3.2.3. Üretim Yöntemi –Teknoloji	48
3.3. Vinil Asetat	51
3.3.1. Özellikleri ve Üretim Yöntemleri	51
3.3.2. Kullanıldığı Yerler.....	51
3.4. Polivinil Asetat (PVA).....	52
3.4.1. Özellikleri ve Üretim Yöntemleri	52
3.4.2. Kullanıldığı Yerler.....	52
UYGULAMA FAALİYETİ	53
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	57
ÖĞRENME FAALİYETİ-4	60
4. ETANOL LİNEER ALKOLLER.....	60
4.1. Etanol (Etilalkol).....	60
4.1.1. Özellikleri	60
4.1.2. Üretim Yöntemleri.....	61
4.1.3. Kullanıldığı Yerler.....	62
4.1.4. Asetaldehit (Etanal)	62
4.1.5. Özellikleri ve Üretim Yöntemleri	62
4.1.6. Kullanıldığı Yerler.....	63
4.1.7. Asetik Asit	63
4.2. Lineer Alkoller.....	64
4.2.1. Üretim Yöntemleri.....	64
4.2.2. Kullanıldığı Yerler.....	64
4.2.3. Lineer Alkol Esaslı Deterjan Aktif Maddeleri.....	65
UYGULAMA FAALİYETİ	66
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	68
MODÜL DEĞERLENDİRME	70
CEVAP ANAHTARLARI.....	74
KAYNAKÇA	77

AÇIKLAMALAR

KOD	524KI0121
ALAN	Kimya Teknolojisi
DAL	Petrol - Petrokimya
MODÜL	Etilen Türevleri ve Prosesleri
MODÜLÜN TANIMI	Petrokimya proseslerinde etilen ve türevlerinin proses akım şemaları, üretim yöntemleri, özellikleri ve kullanım alanları ile ilgili bilgilerin verildiği öğrenme materyalidir.
SÜRE	40 /16
ÖN KOŞUL	
YETERLİLİK	Etilenden üretilen maddeleri incelemek
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Bu modülle gerekli ortam sağlandığında kurallara uygun olarak petrokimya proseslerinde etilen ve türevlerinin proses akım şemalarını, üretim yöntemlerini, özelliklerini ve kullanım alanlarını inceleyebileceksiniz. Amaçlar 1. Yüksek yoğunluk polietilenin ve alçak yoğunluk polietilenin proseslerini üretime hazırlayarak ekipmanları devreye alabileceksiniz. 2. Etilen oksit ve etilen glikol prosesini üretim için hazırlayabileceksiniz. 3. Vinil klorür üretimi için prosesi hazırlayabileceksiniz. 4. Etilenden etanol eldesini yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Sınıf, atölye, laboratuvar, işletme, kütüphane, bilgi teknolojileri ortamı (internet), kendi kendinize veya grupla çalışabileceğiniz tüm ortamlar Donanım: Okul veya sınıf, bölüm kitaplığı, VCD, DVD, projeksiyon, bilgisayar ve donanımları, bilgisayar, uygun program, lateks deposu, lateks kurutucu, buffer tankı, suger hopperi bilgisayar, etilen ve oksijen, reaktör, absorber ünitesi, buhar jeneratörü, etilen, kompresör, soğutucu, separatör, LP hopperi, booster
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Petrolün yan ürünü olan naftanın yaşantımızla ne kadar iç içe olduğunu modülün içeriğinde öğreneceksiniz. Örneğin, evimizdeki pencereden su içtiğimiz şişeye, giyindiğimiz elbiseden kullandığımız temizlik ürünlerine kadar hayatımızın içindedir.

Bu modül, en yaygın petrokimya ürünü olarak tanımlanan etilen ve türevlerini kapsamaktadır. Etilenin ham maddesi de naftadır. Ancak en çok kullanılan petrokimya maddelerinin kökenleri veya bu maddelerden elde edilebilecek türevler ile üretim için gerekli ham maddeler ve üretim sonucu oluşabilecek yan ürünleri de kapsayan maddelerle ilgili bilgiler mevcuttur. Bu bilgilerden ilk öğrenecekleriniz proses üretim şemasındaki ünitelerin sembolleridir. Bununla beraber en çok kullanılan kimyasal madde olan etilenin özellikleri, üretim şekilleri, türevleri ve birlikte kullanıldıkları alanları öğreneceksiniz.

Bu modülü başarıyla bitirdiğinizde, etilen ve türevlerinin proses üretim akım şemalarını, fiziksel özelliklerini, üretim teknolojilerini, sağlığını etkilerini ve kullanım alanlarını çok daha iyi anlayabileceksiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Petrokimya prosesi etilen ünitesinde elde edilen etilenin türevlerinden polietilenle ilgili bilgi ve üretim deneyimine sahip olabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

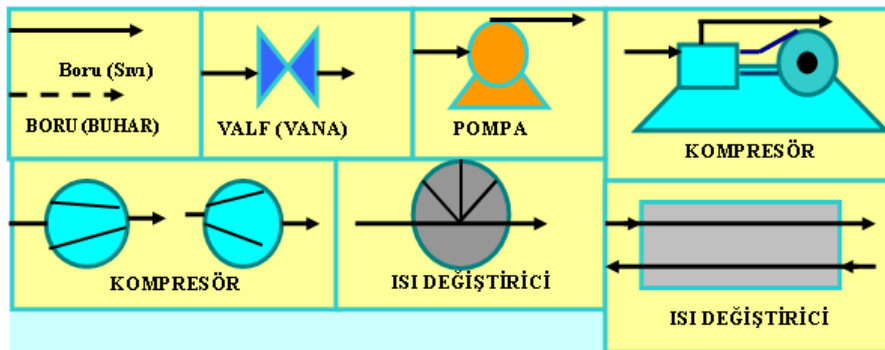
- Etilen üreten ülkeleri ve Türkiye'nin üretimdeki yerini araştırınız.
- Alçak yoğunluk polietilen ile YYPE arasındaki farkı araştırınız.
- Etilen üretiminde kullanılan ham madde yüzdelerini araştırınız.
- Petrokimya sanayinin başlıca ham maddelerini araştırınız.

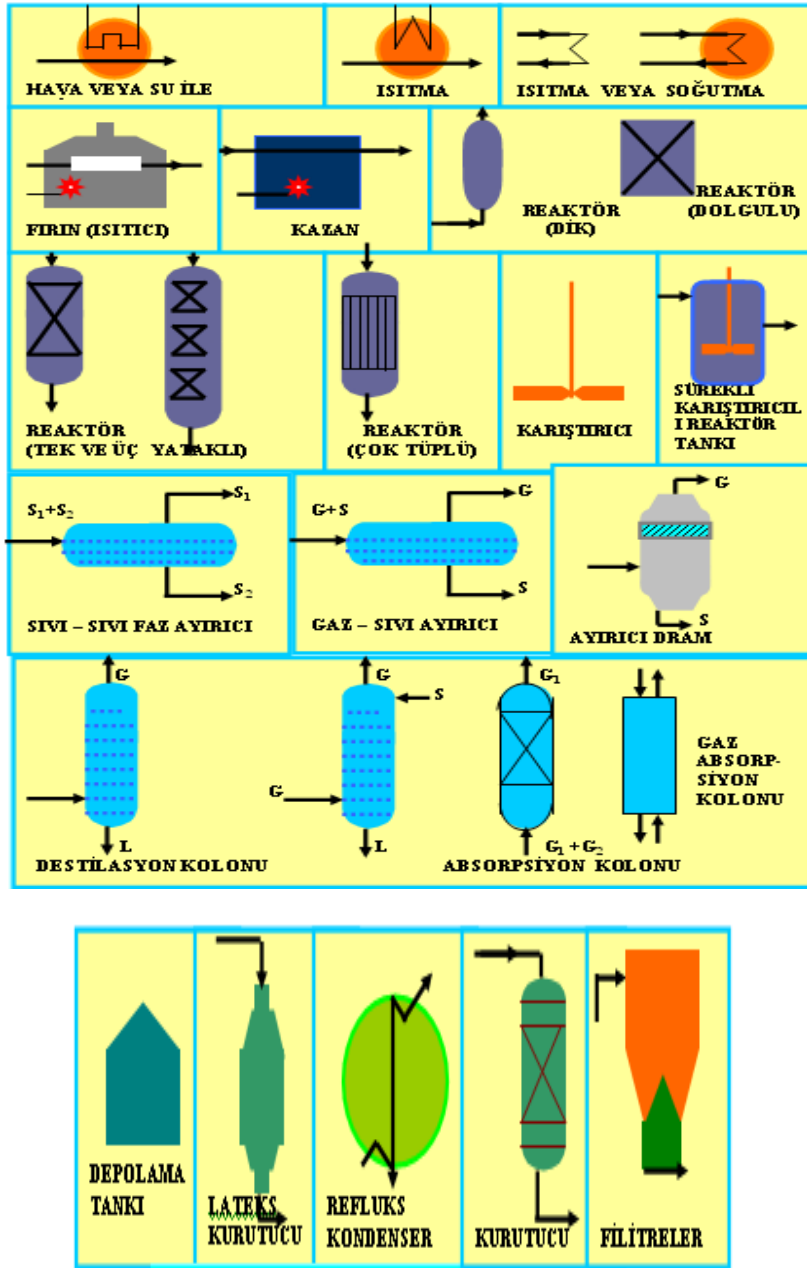
1. ETİLEN VE TÜREVLERİ

Etilen ve türevlerinin üretiminde kullanılan birimlerde karşılaşılabilecek akım şemalarının ve sembollerinin anlamlarının bilinmesi gerekir.

1.1. Proses Akım Şemaları ve Kullanım Sembolleri

Proses ve operasyonları göstermek için genellikle basitleştirilmiş akım şemaları hazırlanır. Akım şemaları proses ve operasyonlarının sadece önemli kısımlarını göz önüne serer. Akım şemalarında yer alan boru, pompalar ve bağlantı elemanları; kullanılan ham maddeler ve ara ürünler proses ve operasyon cihazlarının dış görünüşleri ile az çok endüstride kullanılanlara benzer. Bu amaçla kullanılan semboller az çok standart bir durum almıştır. Aşağıda bazı akım sembolleri mevcuttur.





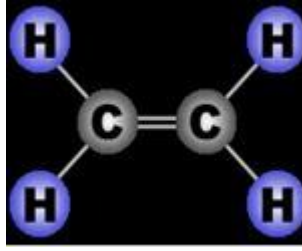
Şekil 1.1: Proses akım şemasının sembolleri

1.2. Etilen

Petrokimya sektörü, ham madde olarak rafinerilerde üretilen naftayı kullanır. Nafta işlenerek petrokimya sanayinin temel başlangıç ham maddesi olan etilen üretilir.

1.2.1. Özellikleri

Etilen alkenler sınıfının ilk üyesi olan renksiz bir gazdır. Doymamış bir hidrokarbon olup karbonlar arasında çift bağ vardır. Formülü C_2H_4 ve açık yapı formülü Şekil 1.2'deki gibidir. Reaksiyon verme kabiliyeti oldukça yüksektir. % 3 ile % 34 oranında etilen ihtiva eden hava karışımı patlayıcıdır. Zehir etkisi azdır. Fakat çok yüksek dozu şüursuzluk meydana getirir. Suda, alkolde ve eterde az miktarda çözünür.



Şekil 1.2: Etilen formülü ve uzayda dizilişi

Donma noktası	- 169 °C
Kaynama noktası	- 103, 9 °C
Alevlenme noktası	- 100,55 °C
Özgül ağırlığı (g/l)	0,610 (0 °C da)
Kendiliğinden tutuşma noktası	542,78 °C
Kritik basınç	50,61 atm.
Kritik sıcaklık	9,2 °C

Tablo 1.1: Etilenin fiziksel özellikleri

1.2.2. Üretim Yöntemi -Teknoloji

Dünya standartlarındaki bir etilen fabrikası yılda 1.000.000 ton civarında etilen üretir ve orta büyüklükteki birçok rafineriden daha büyüktür. Ham madde seçimi etilen fabrikalarının yatırımında, işletilmesinde, ürün dağılımında ve etilen veriminde önemli rol oynar. Nafta ve gaz yağı gibi ağır ham maddelerin kullanımı, eşit miktardaki etilen üretimi için gerekli olan besleme miktarını artırır. Bunun yanında besleme ne kadar ağır olursa yan ürün miktarı da o kadar çok olur. Parçalama ortamı ve fırın tasarımı da verimi etkileyen diğer etkenlerdendir. 100 ton etilen ürünü için kullanılan ham madde ve oluşan yan ürün miktarları ham madde türlerine göre ürün dağılımı tablosunda verilmiştir.

Kuzey Amerika ve Orta Doğu ülkeleri, etilen üretim endüstrilerini doğal gaz üzerine kurarken, Batı Avrupa ve Uzak Doğu'da naftaya dayalı olarak kurulmaktadır. Türkiye'deki

etilen fabrikasında ham madde olarak nafta kullanılmaktadır. Petrokimya sanayi için gerekli olan etilen ve propilenin başlıca üretim kaynağı etan, propan, bütan, nafta ve gaz yağı gibi hidrokarbonların buharla yüksek sıcaklıkta parçalanması prosesi olmakla birlikte propilen üretimi için rafinerilerin FCC üniteleri önemli bir kaynak oluşturmaktadır.

Ürün Adı	Ham Madde Türü				
	Etan	Propan	Bütan	Nafta	Gas Oil
Ham madde	124,2	234,7	247,3	294	363,4
Hidrojen	7,2	3,8	3	2,5	2,7
Metan	8,7	65,2	55	46,6	40,4
Etilen	100	100	100	100	100
Propilen	2,4	36,6	41	42,2	53,4
C ₄	3,2	10	25,3	27,7	34,2
Ham benzin	2	15,6	16,6	62,2	66,8
Fuel oil	-	2,2	4,2	11,1	63,8
Etilen verimi (%ağırlık)	80,5	42,6	40,4	34	27,5

Tablo 1.2: Ham madde türlerine göre ürün dağılımı (100 ton elde etmek için)

Doğal gaz kaynağı bulunmayan ve ham madde yönünden sıvı petrol fraksiyonlarına bağımlı olan Batı Avrupa ve Japonya gibi ülkeler uzun dönemde temin güvencesi, fiyat ve teknolojik uygunluk yönlerinden en elverişli petrol fraksiyonunu seçmek durumundadır. Bu ülkeler parçalama tesislerini başlangıçta, genel olarak, en uygun petrol fraksiyonu olan ve bol miktarda bulunan naftaya dayalı olarak kurmuşlardır.

Ancak 1973 petrol krizinden sonra ham petrol fiyatlarının art arda artışlar göstermesiyle petrol rafineleri, artan benzin talebini karşılamak için naftanın büyük bölümünü benzine dönüştürme yoluna gitmiş, petrokimya sanayinde parçalama tesisleri için ham madde kaynağı olarak naftanın yanı sıra daha ağır petrol fraksiyonu olan gaz yağına yönelmek durumunda kalmıştır. Bugün kurulmakta olan modern parçalama tesislerinin çoğunda ham madde esnekliği vardır. Bu yeni tesisler sadece naftayı değil aynı zamanda propan/bütan (LPG) ve gaz yağını işleyebilecek esneklikte dizayn edilmektedir. Etilen ve propilen üretimi için kraking tesislerinde ham madde olarak kullanılabilen hidrokarbonların tümü göz önüne alınırsa kraking işlemi aşağıdaki gibi özetlenebilir.

<u>Ham maddeler</u>	<u>Ürünler</u>
Hidrokarbonlar	→ Etilen
Etan	→ Propilen
Propan	→ C ₄ Karışımı (bütan, LPG, bütadien, bütilen)
Nafta	→ Yakıt gazı (metan, hidrojen)
Gaz yağı	→ Piroliz benzini
Fuel	→ Oil (aromatik yağ)

Isısal parçalama (kraking) işleminde proses şartları genellikle en yüksek verimle etilen elde etmek üzere düzenlenirse de belirli sınırlar içinde bu şartların değiştirilmesiyle parçalama işlemi esnasında etilenin yanı sıra oluşan propilen ve bütadien verimini artırmak da mümkün olmaktadır. Reaksiyon şartları ve parçalama ürünlerinin kompozisyonu, kullanılan ham maddenin cinsine göre de farklılıklar göstermektedir.

1.2.2.1. Kraking Prosesi

Parçalama prosesinde gaz veya buhar hâline getirilmiş hidrokarbonlar su buharı ile seyreltilmiş olarak 800 – 860 °C sıcaklıktaki fırınlar içinde bulunan boş tüpler içinden reaksiyon süresi bir saniyenin altında olacak şekilde süratle geçirilir. Fırından çıkan parçalanmış gazlar, içerdikleri olefinlerin (alken) indirgenerek etan, propan gibi istenmeyen yan ürünlere dönüşmesini önlemek için buhar üretimine de elverişli olan bir soğutma sisteminde ani olarak soğutulur. Bu soğutma sisteminde açığa çıkan ısı ile proses içinde kullanılan yüksek basınçlı buhar üretilmektedir. Soğutma sisteminden çıkan gaz karışımı fuel-oilin dip ürün olarak ayrıldığı ilk ayırma kolonuna gönderilir.

İlk ayırma kolonunun tepesinden çıkan gaz karışımı, kademeleri arasında soğutma esanjörleri bulunan 4 veya 5 kademeli bir kompresör sisteminde yaklaşık 40 kg/cm² basınca kadar sıkıştırılır. Kompresör sistemi içinde asidik gazlar giderildikten sonra kademeler arasında soğutulan ve çoğunlukla yüksek molekül ağırlıklı hidrokarbonlardan oluşan kondensatlar, bir seri destilasyon kolonundan oluşan ayırma sistemine gönderilir. Kompresör sisteminden çıkan ve düşük molekül ağırlıklı hidrokarbonlardan oluşan gaz karışımı ise kurutucularda kurutulduktan sonra etilen-propilen soğutucu akımlarıyla soğutulan bir soğutma sistemine gönderilir ve hidrojen ile metan dışındaki ürünler sıvılaştırılır. Metan ve hidrojenden oluşan gaz karışımı ise metan - hidrojen ayırma sisteminde, asetilen hidrojenlendirme prosesinde kullanılan % 95 (mol olarak) saflıkta hidrojen ile yakıt gazı olarak kullanılan metana ayrılır.

Soğutucu sisteminden çıkan sıvı ürünler metandan tümüyle arıtılmak üzere metan ayırma kolonuna gönderilir. Bu kolondan tepe ürünü olarak çıkan metan yakıt gazına ilave edilirken sıvı dip ürün etan ayırma kolonuna gönderilir. Etan ayırma kolonunun tepe ürünü olarak çıkan etan karışımı (etan, etilen ve asetilen), önce hidrojenlendirilerek içerdiği asetilen, etilene dönüştürülür ve asetileni giderilmiş etan karışımı daha sonra etilen kolonuna gönderilir. Etilen kolonunun tepesinden polimer saflıkta etilen alınırken (hacimce minimum % 99,9) etandan oluşan dip ürün de yeniden parçalanmak üzere fırınlara geri gönderilir. Etan ayırma kolonunun dip ürünü ise kompresör sisteminden gelen kondensatlarla birleştirilerek propan ayırma kolonuna gönderilir. Bu kolonun tepe ürünü olan propan karışımı, önce içinde bulunan metil asetilen ve propadieni, propilen dönüştürmek için hidrojenlendirilir ve propilen kolonuna gönderilir. Propilen kolonunun tepesinden polimer saflıkta propilen (Hacimce minimum % 99,5), ortasından kimyasal saflıkta propilen alınırken dip ürün olan propan parçalanmak üzere fırına geri döner. Propan ayırma kolonunun dip ürünü, bütan ayırma kolonuna gönderilir ve bu kolonda tepe ürünleri olarak bütan karışımı, dip ürünü olarak kızdırma benzini alınır.

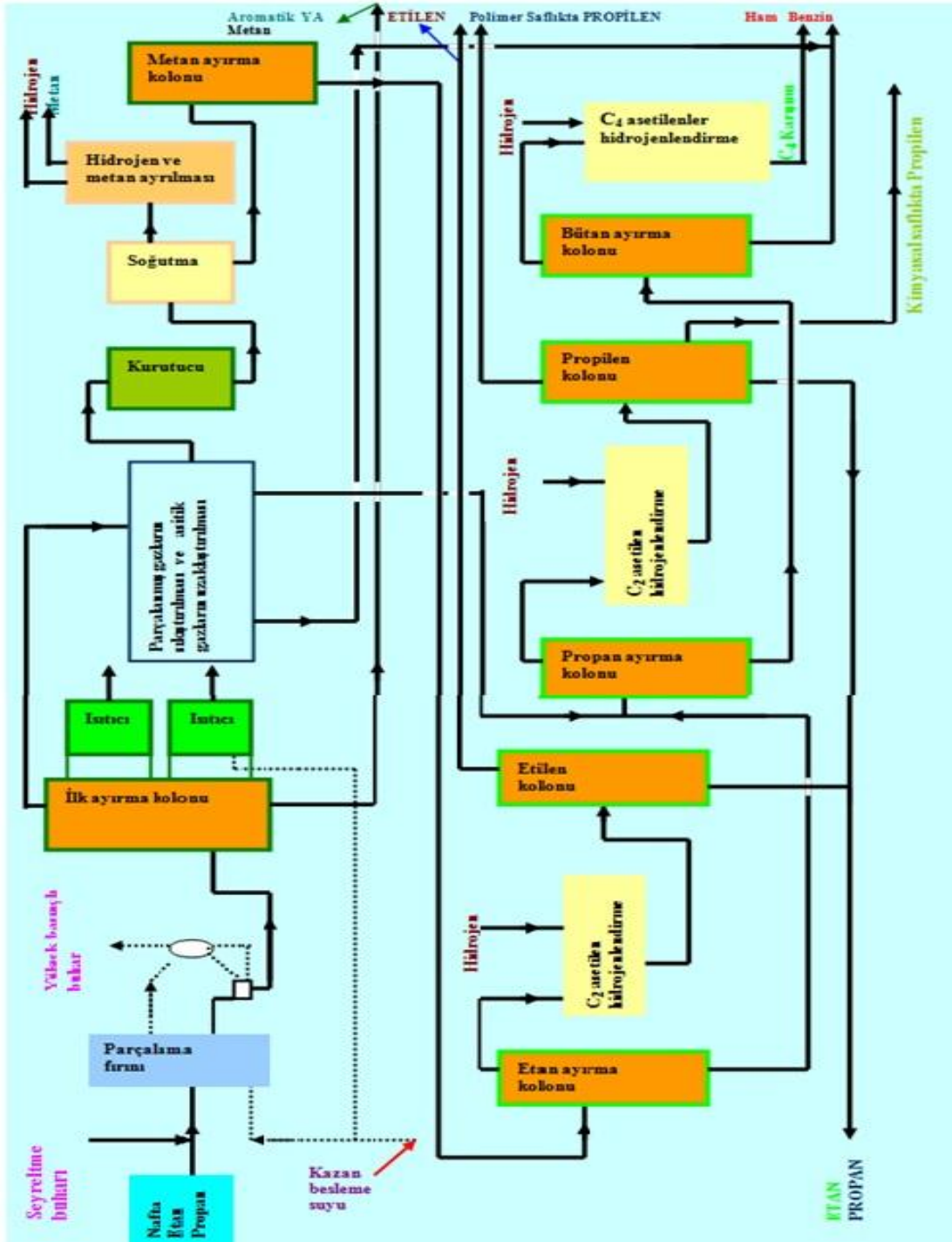
Parçalama işleminde etilen ve propilen gibi düşük molekül ağırlıklı olefinlerin verimi, reaksiyon basıncının düşürülmesiyle artmaktadır. Ancak tesislerin düşük basınç altında çalışmaları tesis içine hava sızıp patlayıcı karışım oluşmasına neden olduğundan tesis basıncını atmosferik basıncın altına düşürmek yerine, hidrokarbonların kısmi basıncını azaltmak amacıyla su buharı ile seyreltme yoluna gidilir. Su buharı doğrudan reaksiyona girmemekte ancak hidrokarbonların kısmi basıncını düşürerek parçalama dengesini olefin üretimi yönüne kaydırmaktadır. Bunun yanı sıra su buharı ısı iletiminin homojenliğini sağlamakta ve ekipmanda tıkanmalara yol açan karbon oluşturucu koklaşma reaksiyonlarını azaltmaktadır. Isısal parçalama işleminin kimyası son derece karmaşıktır. Parçalama işlemi esnasında düşük molekül ağırlıklı olefin verimini artıran zincirleme parçalama ve hidrojenasyon reaksiyonları oluşmaktadır. Bunun yanı sıra asetilen serisi moleküllerin oluşmasına yol açan ileri derecede dehidrojenasyon reaksiyonları meydana gelmektedir.

Yüksek molekül ağırlıklı hidrokarbonların ve koklaşmanın oluşmasına yol açan kondenzasyon ve polimerizasyon reaksiyonları, aromatiklerin oluşmasına yol açan siklizasyon reaksiyonları gibi olefin verimini düşürücü nitelikte olan yan reaksiyonlarda oluşmaktadır.

Besleme maddesinin ağırlığı yükseldikçe reaksiyonların karmaşıklığı artmakta ve olefin verimi (özellikle etilen verimi) azalmaktadır. Bunun yanı sıra bir miktar metan ve hidrojen ile yan reaksiyonlar sonucunda az miktarda çeşitli yüksek moleküllü hidrokarbonlar oluşmaktadır.

Propan ve n-bütan kullanılması hâlinde etilen verimi azalmakta, etilenin yanı sıra önemli miktarda propilen ve yine yan reaksiyonlar sonucu etan ham maddesine oranla daha fazla yüksek moleküllü hidrokarbonlar meydana gelmektedir.

Nafta ve gaz yağı kullanılması hâlinde ise etilen verimi oldukça düşmekte, buna karşın yüksek moleküllü hidrokarbonlar ve aromatikler artmaktadır. Bu nedenle nafta veya gaz yağına dayalı parçalama tesislerinin ekonomik oluşu yan ürünlerinin değerlendirilmesine sıkı sıkıya bağlıdır.



Şekil 1.3: Kraking proses akım şeması

1.2.3. Kullanıldığı Yerler

Polietilen, polipropilen, etilenoksit, etilendiklorit, etilenglikol, vinil asetat, etilklorür, etilenklorhidrin, asetaldehit, lineeralkoller, stiren, polistren, PVC, SBR, polyester reçineleri, trikloroetilen gibi maddelerin üretiminde kullanılır. Ayrıca soğutucu olarak kaynak ve metal kesme işlemlerinde ve meyvelerin sarartılmasında da kullanılır.



Resim 1.2: Etilen ürünleri

1.3. Polietilen

Çok çeşitli ürünlerde kullanılan bir termoplastiktir. İsmi monomer hâldeki etilenden alır, etilen kullanılarak polietilen üretilir. Plastik endüstrisinde genelde ismi kısaca **PE** olarak geçer. Etilen molekülü C_2H_4 , aslında çift bağ ile bağlanmış iki CH_2 den oluşur $(CH_2=CH_2)_n$. Polietilenin üretim şekli, etilenin polimerizasyonu ile olur. Polimerizasyon işlemi radikal polimerizasyon, anyonik polimerizasyon, iyon koordinasyon polimerizasyonu ve kationik polimerizasyon metodlarından biri ile olabilir. Bu metodların her biri farklı tipte polietilen üretimi sağlar.



Resim 1.3: Alçak yoğunluk polietilen üretimi

1.3.1. Polietilen (Alçak Yoğunluk, AYPE)

93 °C'nin üzerinde bazik organik çözücülerde çözünebilir. Oda sıcaklığında çözünürlüğü yoktur.

Özgül ağırlığı	0,915 – 0,925 g/ml
Kristalinin erime noktası	110 – 130 °C
Gerilme kuvveti	600 – 2300 psi
Darbe dayanımı	Kırılma yok

Tablo 1.3: Polietilen (alçak yoğunluk polietilen) fiziksel özellikleri

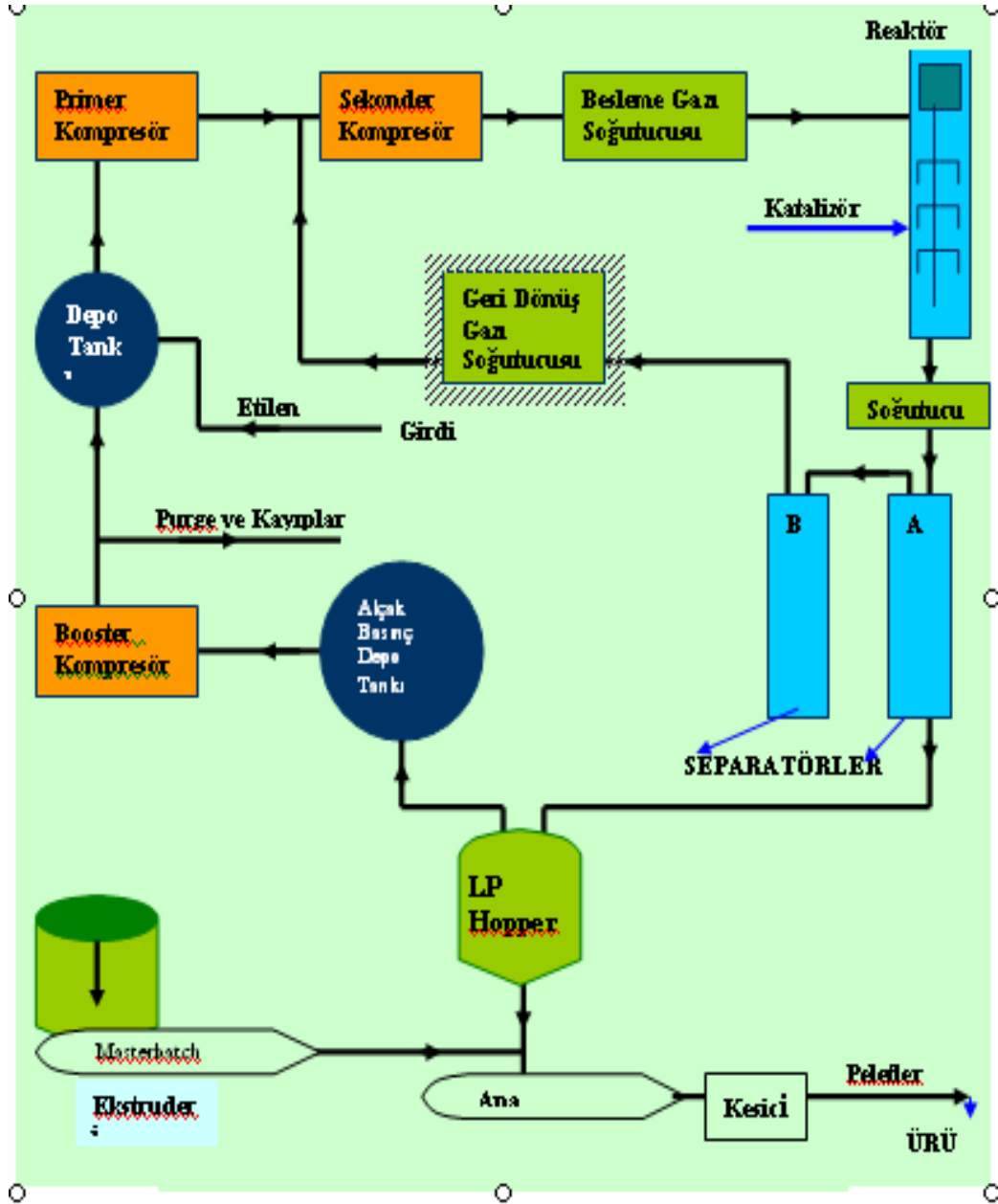
1.3.1.1. Üretim Yöntemi -Teknoloji

Alçak yoğunluk polietilen (AYPE), yaygın olarak 1200–2650 kg/cm² basınç altında ve 170 – 300 °C sıcaklık aralığında serbest radikallerin reaksiyon başlatıcı etkisi ile etilenin polimerizasyonu sonucu elde edilmektedir.

Alçak yoğunluk polietilen (AYPE) üretiminde başlıca iki yöntem kullanılmaktadır:

➤ **Otoklav reaktör üretim prosesi**

Polimerizasyon reaksiyonu, içinde bir karıştırıcısı olan 2200 atm basınca dayanıklı silindirik bir reaktörde gerçekleştirilir. Reaktörün üst bölümünde 170 °C olan reaksiyon sıcaklığı alt bölme doğru 300 °C'ye kadar yükselir. Etilen gazının reaktörde kalış süresi 30 saniye, dönüşüm oranı ise % 20'dir. Reaktörden çıkan gaz-polimer karışımının sıcaklığı 260 °C'ye, basıncı ise 300 atm'e düşürülerek polimerin gazdan ayrılması sağlanır. Etilen gazı geri besleme hattı ile tekrar reaktöre verilir. Polimer ise ekstrudere gönderilir ve pelet hâde elde edilir.



Şekil 1.4: Alçak yoğunluk polietilen (AYPE) üretim prosesi (otoklav reaktör)

Dünyadaki alçak yoğunluk polietilen (AYPE) kapasitesinin % 35 - 40'ında bu proses kullanılmaktadır. Otoklav reaktörlü üretim prosesi dünyada daha çok yüksek oranda vinil asetat içeren EVA kopolimeri ile ekstrüzyon kaplamaya uygun alçak yoğunluk polietilen (AYPE) türlerinin üretiminde kullanılmaktadır.

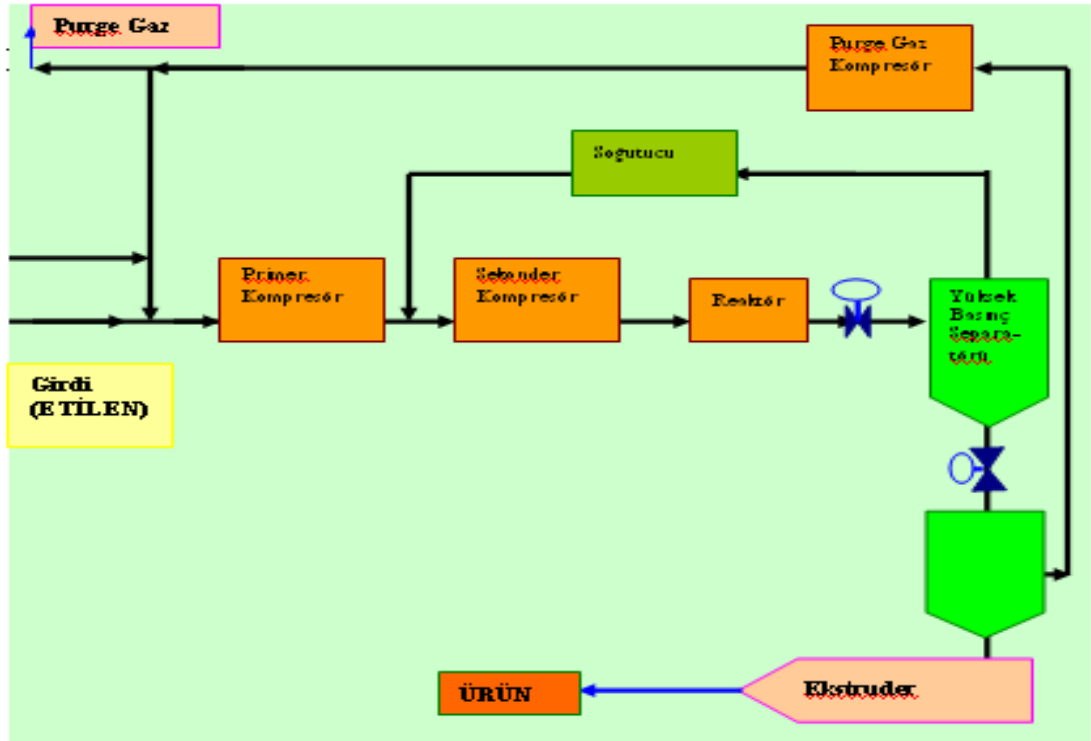
➤ Tubuler reaktör üretim prosesi

Bu prosesi otoklav reaktörlü alçak yoğunluk polietilen (AYPE) üretim prosesinden ayıran en önemli fark, kullanılan reaktör tipinden kaynaklanmaktadır. Bu süreçte kullanılan reaktörler fabrika üretim kapasitesine göre 800–2500 metre uzunluğunda, 1"-3" çapında boru demeti şeklinde reaktörlerdir. Reaktör çalışma basınçları 2500–2650 atm, çalışma sıcaklığı ise 170–300 °C civarındadır. Dönüşüm oranı ürün cinsi ve reaksiyon şartlarına bağlı olarak % 27 – 37 arasındadır.

Prosesle taze etilen ve geri dönüş hatlarından gelen etilen, primer ve sekonder kompresörlerle reaksiyon basıncına sıkıştırılır ve reaktöre beslenir. Reaktörde oluşan polimer yüksek ve alçak basınç separatörlerinde ayrılır. Her iki separatörden çıkan reaksiyona girmemiş gaz geri dönüş hatlarına verilir. Alçak basınç separatöründen alınan erimiş polimer ekstrudere beslenir ve polimer peletleri silolara transfer edilir.

Bu prosesle genellikle dar molekül ağırlığı dağılımına sahip alçak yoğunluk polietilen (AYPE) üretilmektedir.

Dünyadaki alçak yoğunluk polietilen (AYPE) kapasitesinin % 60-65'inde bu proses uygulanmaktadır. Petrokimya tesisi Aliğa, Alçak Yoğunluk Polietilen (AYPE) fabrikasında bu proses kullanılmaktadır.



Şekil 1.5: Tubuler reaktör AYPE üretim prosesi

1.3.1.2. Kullanıldığı Yerler

Ağır hizmet torbaları yapımında ve seralık film üretiminde, gıda ürünlerinde paketlenme filminde, kâğıt kaplamalarda, varil ve benzeri taşıma kaplarında, iç kaplama malzemesi olarak tel ve kablo kaplamalarında kullanılır. Ayrıca oyuncak, çöp torbası, elektrik yalıtımı ve şişe yapımında kullanılır.

1.3.2. Polietilen (Lineer Alçak Yoğunluk, LAYPE)

Alçak basınç altında elde edilen alçak yoğunluk polietilen (AYPE), düz bir ana zincir boyunca düzenli dallanmalardan oluşan bir molekül yapısına sahip bulunduğundan (YYPE gibi) lineer alçak yoğunluk polietilen (LAYPE) adı ile anılmaktadır.

Lineer alçak yoğunluk polietilen (LAYPE), bir termoplastik olup alçak yoğunluk polietilen (AYPE)' in kullanıldığı birçok uygulama alanlarında AYPE yerine veya AYPE ile harmanlanarak kullanılır. LAYPE molekül zincirinde kısa dallanma sayısı AYPE'ye göre çok daha az olup, bu yapı LAYPE'ye yüksek gerilme, delinme ve yırtılma dayanımlığı sağlar.

Bugün Türkiye'de petrokimya tesisi bünyesinde kurulu, üretim yapan üç adet AYPE tesisi mevcut olup LAYPE üreten tesis bulunmamaktadır.

Özgül ağırlığı	0,918 – 0,940
Kristalinin erime noktası	122 – 124 °C
Gerilme kuvveti	1900 – 4000 psi
Darbe dayanımı	1.0 kırılmaz ft – lb /in /notch

Tablo 1.5: Polietilen (LAYPE) fiziksel özellikleri

1.3.2.1. Üretim Yöntemi -Teknoloji

Lineer alçak yoğunluk polietilen (LAYPE), etilenin polimerizasyonu esnasında bütün, 4-metil,1-penten, hegzan veya okten gibi alfa olefinlerin, ürüne AYPE'ye benzer yoğunluk ve YYPE'ye benzer lineerlik vermek üzere eklenmesiyle üretilir. Gaz-faz, slurry ve çözelti prosesleri lineer alçak yoğunluk polietilen üretiminde kullanılan başlıca proseslerdir. LAYPE üretim proseslerinin çoğunda YYPE'de üretilebilmektedir.

Bugün piyasada mevcut proseslerde genellikle, yüksek yoğunluk polietilen üretim ünitelerinde lineer alçak yoğunluk polietilen de üretilebilmektedir.

1.3.2.2. Kullanıldığı Yerler

Lineer alçak yoğunluk polietilen (LAYPE)'in en önemli kullanım alanı film uygulamalarıdır. Aynı mukavemetteki filmlerin daha az malzeme kullanılarak daha ince üretilmesi lineer alçak yoğunluk polietilenin en önemli avantajlarından biri olarak görülmektedir. Ancak LAYPE, tek başına kullanıldığında klasik işleme makinelerinde

modifikasyona ihtiyaç duyulduğundan LAYPE'nin normal AYPE ile % 30'a varan parçalarının film üretiminde kullanılması en yaygın üretim alanı olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca lineer alçak yoğunluk polietilenden normal polietilende olduğu gibi boru üretim ve kablo kaplama gibi alanlarda da yararlanılmaktadır. Çevresel etkilerle çatlama özelliği nedeniyle LAYPE'den çeşitli şişe, bidon, konteyner gibi eşyalar da üretilmektedir.

1.3.3. Polietilen (Yüksek Yoğunluk, YYPE)

Yüksek yoğunluk polietilen fabrikasında ana ürün olan YYPE ile birlikte yan ürün olan low polimer de üretilmektedir. Low polimer üretim miktarı YYPE türlerine göre değişmekle beraber yaklaşık olarak kullanılan etilenin % 1,5 – 2,0 oranındadır.

Elektrik direnci yüksek, hidrofobik bir polimerdir. Film hâlinde gaz geçirgenliği vardır. Nitrik aside karşı dayanıksızdır. 60 °C'nin altında çözücülerin büyük bölümünde çözünmez. Suya ve inorganik tuzların sudaki çözünürlüklerine dayanıklıdır.

Özgül ağırlığı	0,941 – 0,965
Kristalinin erime noktası	120 – 140 °C
Gerilme kuvveti	3100 – 5500 psi
Darbe dayanımı	0,5 – 20 ft – lb /in /notch

Tablo 1.4: Polietilen (YYPE)'in fiziksel özellikleri

1.3.3.1. Üretim Yöntemi -Teknoloji

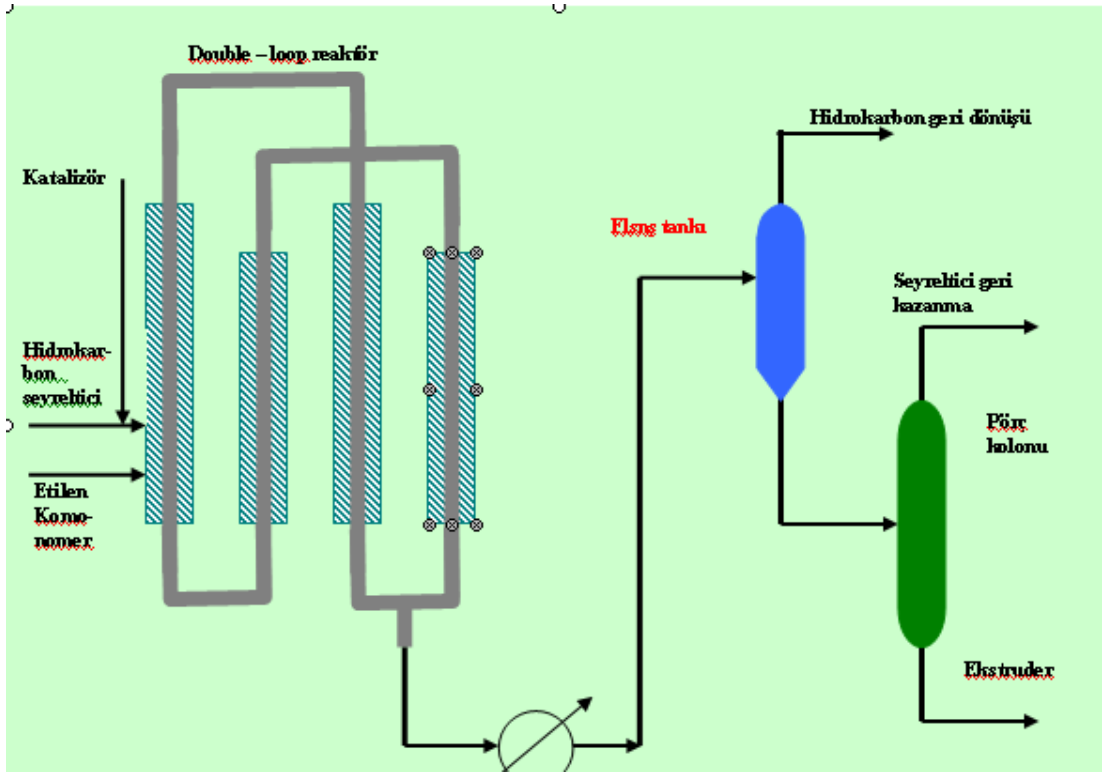
Yüksek yoğunluk polietilenin (YYPE) teknolojisine ait gelişmeler son yıllara kadar devam etmiş ve konu ile ilgili olarak çok sayıda patent yayımlanmıştır. Teknolojik araştırma faaliyetlerinin şu alanlarda yoğunlaştığı gözlenmiştir:

- Polimerin bünyesinde önemsiz ölçüde kalıntı bırakan çok yüksek aktiviteli katalizörlerin geliştirilmesi ve böylece reaksiyon sonrası katalizör kalıntısı ayırma işlemlerinin kaldırılması,
- Katalizör bileşimi ve reaktör koşullarını değiştirmek suretiyle ürün özelliklerinin kontrolü,
- Tek hat kapasitelerinin yükseltilmesi.

Yüksek yoğunluk polietilenin (YYPE) üretim teknolojisinde katalizörler konusunda çok sayıda patent yayımlanmış olmasına rağmen ticari olarak yaygın şekilde kullanılan katalizörler, krom esaslı ve titanyum/alkil alüminyum esaslı katalizör sistemleri olmak üzere iki tiptir. Bugün için en çok kullanılan proses, titanyum /alkil alüminyum katalizör sistemidir. Sıvı faz proseslerinin çoğunda reaksiyon sonrası ayırma işlemini gerektirmeyen yüksek aktiviteli katalizör sistemleri kullanılmaktadır.

Bugün için yüksek yoğunluk polietilenin (YYPE) üretiminde kullanılan prosesleri reaksiyon sistemleri bakımından üç grupta toplamak mümkündür:

- **Polimerin erime noktasının çok altında kalan sıcaklıklarda, bir slurry (çamur) hâlinde olduğu sıvı faz prosesi:** Ziegler tipi katalizör sistemi kullanılarak dar molekül ağırlığı dağılımına sahip ürünler ve Phillips'in krom katalizörleri kullanılarak ise geniş molekül ağırlığı dağılımına sahip ürünler üretilebilmektedir. Proseste inert bir hidrokarbona katı fazdaki katalizörler eklenir ve oluşan süspansiyon etilen ve bir komonomerin beslendiği reaktöre gönderilir. Polimerizasyon sonucu oluşan slurryden polimer ürün ayrılır, içindeki hidrokarbon kalıntısı azotla uzaklaştırılır ve ekstrudere gönderilir. Tek geçişte etilen dönüşümü % 97'nin üzerindedir. Metalosen katalizörlerin kullanımıyla slurry, loop prosesinde lineer alçak yoğunluk polietilenin de (LAYPE) üretilebildiği belirtilmektedir.



Şekil 1.6: Phillips slurry prosesi

- **Polimerin erime noktasının çok altında kalan sıcaklıklarda katı tanecikler hâlinde olduğu gaz faz prosesi:** Gaz faz prosesinde etilen, komonomer, hidrojen ve azot karışımının bulunduğu akışkan yataklı bir reaktörde polimerizasyon gerçekleştirilir. Katalizör reaktöre enjekte edilir. Reaktörden çıkan gazla birlikte taşınan küçük polimer tanecikleri bir siklonda tutularak reaktöre geri gönderilir. Reaksiyona girmemiş gaz soğutulur, sıvı hidrokarbon ayrılır ve basınçlandırılarak reaktöre geri gönderilir. Sıvı hidrokarbon ise nozul sistemin üzerinden reaktöre pompalanır. Sıvı buharlaşırken polimerizasyon ısısını da aldığı için reaktörden ısı uzaklaştırılmasındaki limitler azalmış olur (condensing mode). Toz hâlindeki polimer reaktörden yatay bir boşaltım sistemiyle çekilir, gaz alınır ve ekstrudere



Resim 1.5: YYPE fabrikası





1.3.3.2.Kullanıldığı Yerler



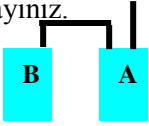
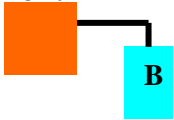

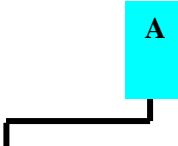



Çeşitli oyuncaklarda, mutfak eşyasında, enjeksiyonla kalıplama uygulamalarında, deterjan ve çamaşır suyu şişelerinin yapımında, gıda maddeleri başta olmak üzere çeşitli ambalajlarda; ağır hizmet torbaları, şerit, iplik, halat yapımında, boru imalatında, kablo kaplamalarında ve izolasyon maddesi olarak kullanılır.

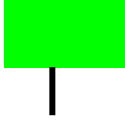




UYGULAMA FAALİYETİ

Yüksek - alçak yoğunluk polietilen ve alçak yoğunluk polietilen proseslerini üretime hazırlayıp ekipmanları devreye alınız.

Kullanılacak araç ve gereçler: Bilgisayar, etilen, kompresör, soğutucu, separatör, LP hopperi, booster

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Bilgisayarı hazırlayınız.	➤ Laboratuvar önlüğünüzü giyerek çalışma masanızı düzenleyiniz. ➤ Bilgisayarın fişini prize dikkatlice takınız.
➤ Uygun programı seçiniz.	➤ Çizimde ve şekilde yardımcı olacak program seçiniz.
➤ Etilen besleme noktasını belirleyiniz (ürün transferi noktası).	➤ Etilen besleme noktasını belirlerken dikkat ediniz.
➤ Etilen besleme noktasını boruyla depo tankına bağlayınız. 	➤ Boru kalınlıklarının aynı olmasına dikkat ediniz (2 ½ nk). ➤ Akış ok yönlerine dikkat ediniz.
➤ Depo tankını primer kompresöre bağlayınız. 	➤ Depolama tankının üstünden çıkış veriniz.
➤ Primer kompresörü sekonder kompresöre bağlayınız. 	➤ Bağlantıyı şekildeki gibi yapınız.
➤ Sekonder kompresörü besleme gazı soğutucusuna bağlayınız. 	➤ Soğutucunun ismini yazınız.

<p>➤ Besleme gazı soğutucusunu reaktöre bağlayınız.</p> 	<p>➤ Reaktöre katalizör girişi bağlayınız. ➤ Akış ok yönlerine dikkat ediniz.</p>
<p>➤ Üçlü reaktörü soğutucuya bağlayınız.</p> 	<p>➤ Reaktör çıkış bağlantısına dikkat ediniz.</p>
<p>➤ Soğutucuyu iki ayrı separatörlere (A – B) bağlayınız.</p> 	<p>➤ Şekildeki gibi bağlantı yapınız. ➤ Sembolleri şekildeki gibi çiziniz.</p>
<p>➤ B separatörünü geri dönüş gaz soğutucusuna bağlayınız.</p> 	<p>➤ Akış yönlerini belirtiniz.</p>
<p>➤ Geri dönüş gaz soğutucusunu primer ile sekonder kompresörlerinin arasına bağlayınız.</p> 	<p>➤ Bağlantı akış okunun sağında olmasına dikkat ediniz.</p>
<p>➤ A separatörünü LP hoppera bağlayınız.</p> 	<p>➤ Bağlantıyı şekildeki gibi çiziniz.</p>
<p>➤ LP hopperi giriş noktasından alçak basınç depo tankına bağlayınız.</p> 	<p>➤ Bağlantıyı şekildeki gibi çiziniz. ➤ Akış yönlerini belirtiniz. ➤ LP hopperi,  şeklinde çiziniz. ➤ Şeklin içine ismini yazınız.</p>
<p>➤ Alçak basınç depo tankını booster kompresörüne bağlayınız.</p> 	<p>➤ Şekilleri akım sembollerine uygun çiziniz.</p>

<p>➤ Booster kompresörünü depolama tankına bağlayınız.</p> 	<p>➤ Bağlantıyı şekildeki gibi yapınız.</p>
<p>➤ Booeter kompresörü ile depolama tankı arasında purge ve kayıplar için çıkış bağlayınız.</p>	<p>➤ Çıkışın oktan önce olmasına dikkat ediniz.</p>
<p>➤ LP hopperi ana ekstrudere bağlayınız.</p> 	<p>➤ LP hopperi,  şeklinde çiziniz.</p> <p>➤ Şeklin içine ismini yazınız.</p> <p>➤ Ana ekstruderi sembolü şekildeki gibi çiziniz.</p>
<p>➤ Masterbatch ekstruderi LP hopper ile ana ekstrudere bağlayınız.</p> 	<p>➤ Bağlantı HP hopper akış okunun altında olmasına dikkat ediniz.</p>
<p>➤ Ana ekstruderi kesiciye bağlayınız.</p> 	<p>➤ Kesiciyi şekildeki gibi çizip adını içine yazınız.</p>
<p>➤ Akış şemasının yazıcıdan çıktısını alınız.</p>	<p>➤ Akış şemasındaki akış yönlerini ve sembollerini kontrol ettikten sonra yazdırınız.</p>
<p>➤ Rapor olarak teslim ediniz.</p>	<p>➤ Hangi ürünün proses akım şeması olduğunu yazınız.</p> <p>➤ Aldığınız notlardan faydalanarak raporunuzu yazınız.</p>

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri **Evet**, kazanamadığınız becerileri **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. İş önlüğünüzü giyip masanızı hazırladınız mı?		
2. Bilgisayarı hazırladınız mı?		
3. Uygun programı seçtiniz mi?		
4. Etilen besleme noktasını belirlediniz mi?		
5. Etilen besleme noktasını boruyla depo tankına bağladınız mı?		
6. Depo tankını primer kompresöre bağladınız mı?		
7. Primer kompresörü sekonder kompresöre bağladınız mı?		
8. Sekonder kompresörü besleme gazı soğutucusuna bağladınız mı?		
9. Besleme gazı soğutucusunu reaktöre bağladınız mı?		
10. Üçlü reaktörü soğutucuya bağladınız mı?		
11. Soğutucuyu iki ayrı seperatörlere (A – B) bağladınız mı?		
12. B separatörünü geri dönüş gaz soğutucusuna bağladınız mı?		
13. Geri dönüş gaz soğutucusunu primer ile sekonder kompresörlerinin arasına bağladınız mı?		
14. A separatörünü LP hoopera bağladınız mı?		
15. LP hopperi giriş noktasından alçak basınç depo tankına bağladınız mı?		
16. Alçak depo basınç tankını booster kompresörüne bağladınız mı?		
17. Booster kompresörünü depolama tankına bağladınız mı?		
18. Booeter kompresörü ile depolama tankı arasında purge ve kayıplar için çıkış bağladınız mı?		
19. LP hopperi ana ekstrudere bağladınız mı?		
20. Masterbatch ekstruderi LP hopper ile ana ekstrudere bağladınız mı?		
21. Ana ekstruderi kesiciye bağladınız mı?		
22. Akış şemasını yazıcıda yazdırdınız mı?		
23. Akış şemasını rapor olarak teslim ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

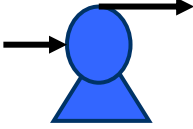
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Proses ve operasyonlarını göstermek için genellikle basitleştirilmiş şemaları hazırlanır.
2. AYPE üretimi için kullanılan organik büyük çoğunluğu yurt dışından ithal edilmektedir.
3. Polietilen çok çeşitli ürünlerde kullanılan bir 'tir.
4. Polietilenin üretim şekli, etilenin ile olur.
5. Polietilen 93 °C üzerinde organik çözücülerde çözünebilir.

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

6.



Proses akış şemasında kullanılan sembolün adı aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Kompresör
- B) Pompa
- C) Valf
- D) Dram

7.



Sembolün adı aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Ayırıcı
- B) Dram
- C) Reaktör
- D) Kazan

8.

- Aşağıdakilerden hangisi etilenin kimyasal formülüdür?
- A) $\text{CH}_2=\text{CH}_2$
 - B) CH_3-CH_3
 - C) CH_2-CH_2
 - D) $\text{CH}\equiv\text{CH}$

9. Petrol fiyatlarının artması nafta ile üretim yapan ülkelerde etilen üretimini aşırı derecede etkilemesinin sebebi aşağıdakilerden hangisidir?
A) Naftadan motorin üretilmesi
B) Naftadan benzin üretiminin normalden ucuz olması
C) Artan benzin talebinin etilenden karşılanması
D) Artan benzin talebinin naftadan karşılanması
10. Aşağıdakilerden hangisi etilenin kullanıldığı alanlardan değildir?
A) Metal kaynağı
B) Soğutma
C) Meyve sarartma
D) Kauçuk
11. Polietilenin ham maddesi aşağıdakilerden hangisidir?
A) Toluen
B) Etilen
C) Benzen
D) Propilen
12. Aşağıdakilerden hangisi AYPE'nin kullanıldığı alanlardan değildir?
A) Ağır hizmet torbalarının yapımında
B) Bulaşık deterjanlarının imalatında
C) Tel metal kabloların kaplanması
D) Gıda ürünlerinin paketlenmesinde
13. Aşağıdakilerden hangisi YYPE'ye ait özelliklerden değildir?
A) Elektrik direnci yüksektir.
B) Nitrik aside karşı dayanıklıdır.
C) Film hâlinde gaz geçirgenliği vardır.
D) Suya ve inorganik tuzların sudaki çözünürlüğüne dayanıklıdır.
14. Aşağıdakilerden hangisi YYPE' nin üretim bölümlerinden katalist hazırlamada kullanılan katalizördür?
A) Titanyum tetra klorür (TiCl₄)
B) Sodyum hidroksit (NaOH)
C) Stiren
D) Alüminyum klorür (AlCl₃)

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Petrokimya prosesi etilen ünitesinde elde edilen etilen türevlerinden, etilen glikol ve etilen oksit ile ilgili bilgi ve üretim deneyimine sahip olabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Dünyada yaygın olarak kullanılan shell prosesine mono etilen glikol (MEG) girdilerini araştırınız.
- Türkiye'deki mono etilen glikol (MEG) ihtiyacını ve üretim miktarını araştırınız.
- Dünyada etilen glikol ve etilen oksit üretimindeki ilk beş ülkeyi araştırınız.
- Etilen oksidin sağlığa etkilerini araştırınız.

2. ETİLEN GLİKOL – ETİLEN OKSİT (EG – EO)

Etilen glikol; mono etilen glikol ve di etilen glikol olmak üzere iki farklı şekilde elde edilir.

2.1. Mono Etilen Glikol (MEG)

Sektörün ana ürünü mono etilen glikol (MEG) glikollerin en küçük bileşiğidir. Kapalı formülü $C_2H_6O_2$ (CH_2OH)₂ ve açık formülü $HO-CH_2-CH_2-OH$ şeklindedir.

2.1.1. Fiziksel Özellikleri

Mono etilen glikolün fiziksel özellikleri aşağıdaki tabloda gösterilmiş olup renksiz, kokusuz, berrak ve şurup kıvamında çok nem çekici bir sıvıdır. Polar solventler olan su, alkol, eter ve asetonda kolayca çözünür, apolar olan benzen, toluen, diklor etan ve kloroformda az çözünür.

Özellikler	Birim	Değer
Molekül ağırlığı	g/mol	62,07
Donma noktası	⁰ C	- 13
Kaynama noktası	⁰ C	197,2
Yoğunluk	g/cm ³	1,1130
Parlama noktası (kapalı kap)	⁰ C	116
Alevlenme noktası	⁰ C	120
Viskozite (20 ⁰ C)	cp	20,9
Kendiliğinden tutuşma noktası	⁰ C	432
Isı iletkenliği (20 ⁰ C)	dyn/cm	0,00069
Koku		Kokusuz

Tablo 2.1: Mono etilen glikolün fiziksel özellikleri

2.1.2. Kimyasal Özellikleri

Glikollerin kimyasal özellikleri alkollere benzer. Reaksiyonları sonucunda esterler, asetaller, ketaller, aldehitler vb. türevler meydana gelir. Esterleşme reaksiyonları ticari bir önem taşır. Bu reaksiyonlar organik veya inorganik asitler ile ya da asit anhidritleri ile olur.

2.1.3. Kullanıldığı Yerler

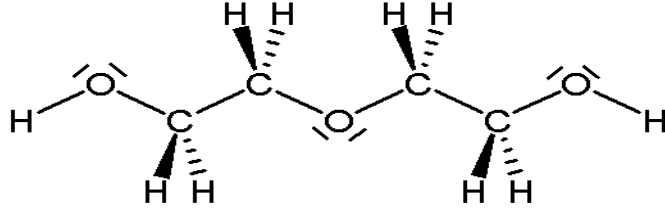
Mono etilen glikol suyun donma noktasını düşürdüğünden suyla karışımı donmaya karşı ideal bir koruma sağlar. Bu özelliğinden dolayı üretilen mono etilen glikolün en az % 20'si ticari adı antifriz olan ürün için kullanılır. Ancak ticari antifrizlerin içine korozyona karşı koruyucu inhibitörler konur. Su ile % 60 oranındaki karışımı donma noktasını - 55 ⁰C kadar düşürür. Üretilen mono etilen glikollerin % 70 ise polyester elyaf imalinde kullanılır. Diğer % 10'luk bölümü ise fren sıvısı, glikol di asetat imalinde, dinamit imalinde, selüloz boya, reçine, ester, eter, matbaa mürekkebi, yapıştırıcı karışımlar için çözücü olarak ve endüstriyel soğutma sistemlerinde kullanılır.

2.1.4. İnsan Sağlığına Etkileri

Zehirleyici etkileri yoktur. Fazla miktarda yutulması hâlinde kişi kusturulur. Deriyle temasta kaşıntı yapar.

2.2. Di Etilen Glikol (DEG)

Mono etilen glikol üretimi esnasında 1/10 oranında oluşan ve ticari değeri olan bir organik bileşiktir. Kapalı formülü C₄H₁₀O₃ tür. Solvent, yumuşatıcı (mantar, tutkal, kazein, kâğıt imalinde), boya mürekkebi, uçaklarda donmaya karşı önleyici sprej yapımında, demiryollarında ve nem çekici özelliğinden dolayı gazların kurutulmasında kullanılır. Di etilen glikolün molekül formülü;



şeklinde dir.

2.2.1. Fiziksel Özellikleri

Özellikler	Birim	Değer
Molekül ağırlığı	g/mol	106,12
Kaynama noktası	⁰ C	244,8
Donma noktası	⁰ C	- 10,45
Yoğunluk	g/cm ³	1,118
Tutuşma noktası	⁰ C	225
Alevlenme noktası	⁰ C	120
Viskozite (20 ⁰ C)	mpa.s	36
Yüzey gerilimi	N/m ³	4,85
Buhar basıncı (20 ⁰ C)	pa	2,7

Tablo 2.2: Di etilen glikolün fiziksel özellikleri

Renksiz, hemen hemen kokusuz, viskoz bir sıvıdır. Aşırı ölçüde nem çekici olup suyun donma noktasını düşürücü etkisi vardır. Korozif değildir. Su, etil alkol, aseton, eter ve etilen glikol ile karışabilir. Benzen, toluen ve karbon tetra klorür ile karışmaz.

2.2.2. Kullanıldığı Yerler

Di etilen glikolün yaklaşık % 35'i polyester reçine ve poliüretan için poliöl üretiminde ara madde olarak kullanılır. % 15'i etilen oksit ile reaksiyona sokularak tri etilen glikole dönüştürülür. %10'u tekstilde yağlama ve yumuşatma ajanı olarak kullanılır. %10'u doğal gaz dehidrasyonunda, kalan kısmı ise plastikleştirici, yüzey aktif madde imalatında ve antifriz karışımlarında kullanılır.

2.3. Etilen Oksit (EO, C₂H₄O)

Mono etilen glikol üretiminin ara kademesini oluşturan sulu etilen oksit (EO) saflaştırılmayıp (Etilen glikol fabrikasında saf etilen oksit üretimi yapılmamaktadır. Üretimin tamamı saflaştırılmadan glikollara dönüştürülmektedir.) hidroliz reaksiyonu ile glikollara dönüştürülür. Kolayca açılabilen halkalı (siklik) yapısıyla bir radikal gibi hareket edebilen son derece aktif bir bileşiktir. Bu niteliğinden dolayı birçok kimyasal ürünün, örneğin; etilen glikollar, etanol aminler, yüzey aktif maddelerin elde edilmesinde ana veya ara madde olarak kullanılır.

2.3.1. Fiziksel Özellikleri

Özellikler	Birim	Değer
Molekül ağırlığı	g/mol	44,03
Kaynama noktası (760 mmHg)	⁰ C	10,05
Donma noktası	⁰ C	-111,3
Yoğunluk	g/cm ³	0,8975
Tutuşma noktası	⁰ C	429
Alevlenme noktası (açık kapta)	⁰ C	-20
Viskozite (0 ⁰ C)	cp	0,31

Tablo 2.3: Etilen oksidin fiziksel özellikleri

Oda sıcaklığında renksiz ve hafif kokulu bir gazdır. Düşük sıcaklıklarda sıvıdır. Her oranda su, alkol, eter ve çoğu organik solventle karışır. Etanol, di metil eter ve di metil ketonda kolayca çözünür. Buharları yanıcı ve patlayıcıdır.

2.3.2. Etilen Oksidin Kullanıldığı Yerler

Etilen oksidin, azot, karbondioksit veya di kloroflorometan gibi gazlarla meydana getirdiği patlayıcı olmayan, karışımları mükemmel bir dezenfeksiyon maddesidir. Bu özelliğinden dolayı tıbbi malzemelerin sterilizasyonunda kullanılır. MEG ve DEG'den başka tri etilenglikol (TEG) ve polietilen glikol eldesinde kullanılır. Diğer etilen oksit çıkışlı etoksilat ürünleri, etilen karbonat, etilen glikol eterleri ve etanol aminlerdir. Etanol aminlerin kullanım alanları ise biyolojik olarak parçalanabilen deterjanlar, emülsifer ve dispersantlar, noniyonik yüzey aktif maddeler, solventler, fren sıvıları, kükürt dioksit, hidrojen sülfür ve merkaptanların doğal veya rafineri gazlardan ayrılması ve saflaştırılması gibi çok geniş bir yelpaze oluşturur.

2.3.3. Etilen Oksidin İnsan Sağlığına Etkileri

Solunması hâlinde; solunum yolları, merkezî sinir sistemi, akciğer, karaciğer, yumurtalık ve böbreklerde bozukluklara sebep olur. Sıvı etilen oksidin cilt ve gözle temas etmesi hâlinde ise çok şiddetli yanıklara sebep olur. İnsan sağlığı için, dünyada etilen oksit üreticisi ülkelerin kabul ettiği TLV (insan sağlığı için tehlikeli alt sınır) değeri 1 ile 10 ppm arasında değişmektedir. Bazı ülkelerde bu değer 0,5 ppm'ye kadar indirilmiştir.

2.3.4. Yüzey Aktif Maddeleri

Temizlik maddelerinin girdileri olarak kullanılan poli alkollerdir.

2.3.5. Özellikleri

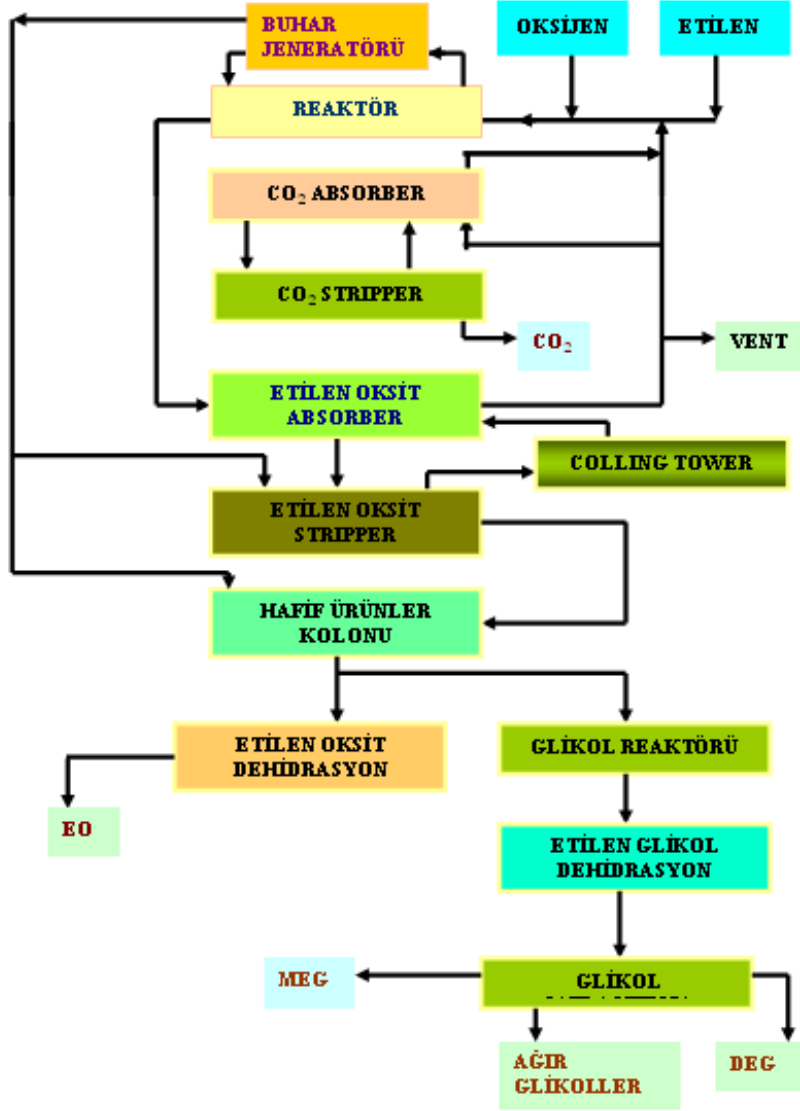
Alkol etoksilatlar, noniyonik deterjan aktif maddesi grubuna girer. En önemli özellikleri biyolojik olarak parçalanabilir olmalarıdır. Özellikle yağ lekelerini giderme güçleri yüksektir. Düşük köpük yapma özelliğine sahiptir.

2.3.6. Üretim Yöntemleri

Deterjan formülasyonlarında kullanılan noniyonik yüzey aktif maddeler, alkol veya alkil fenollerin etilen oksit ile edoksiyonu ile elde edilir. Edoksiyon derecesine bağlı olarak değişik ürünler meydana gelir. Edoksiyon derecesi istenen ürünün özelliğine bağlı olarak her mol alkol için 3 ile 20 mol etilen oksit arasında değişir. Elde edilen etoksilatlar daha sonra sülfatlanarak anyonik yüzey aktif madde olarak kullanılabilir.

2.3.7. Kullanıldığı Yerler

Toz çamaşır deterjanı, bulaşık deterjanı ve şampuan üretiminde, düşük köpük yapma özellikleri nedeniyle otomatik çamaşır makinesi deterjanlarında diğer aktif maddelere ilave olarak kullanılır.



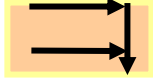
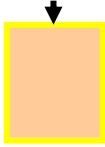

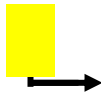

Şekil 2.1: EO/EG fabrikası proses akım etilen oksit-etilen glükol prosesini üretim için hazırlayınız.

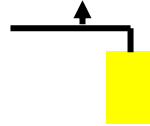
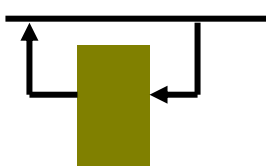
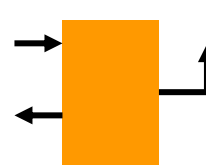
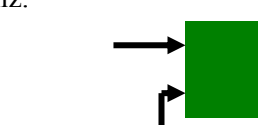
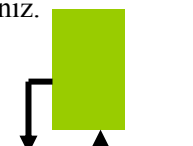
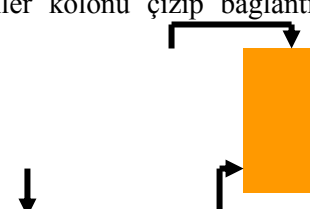
UYGULAMA FAALİYETİ

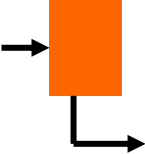

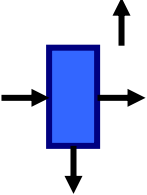
UYGULAMA FAALİYETİ

EO – EG prosesini üretim için hazırlayınız.

Kullanılacak araç ve gereçler: Bilgisayar, etilen ve oksijen, reaktör, absorber ünitesi, buhar jeneratörü

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Bilgisayarı hazırlayınız.	➤ Laboratuvar önlüğünüzü giyerek çalışma masanızı düzenleyiniz. ➤ Bilgisayarın fişini prize takarken dikkatli olunuz.
➤ Uygun programı seçiniz.	➤ Çizim ve şekilde yardımcı olacak program seçiniz.
➤ Çizim sayfasını yatay olarak hazırlayınız.	➤ Çizimi istenilen formatta hazırlayınız.
➤ Sayfanın sol üst noktasından oksijen ve etilen girişlerini çizin. 	➤ Sembollerin konu anlatımında çizildiği gibi olmasına dikkat ediniz. ➤ Sayfanın sol üst noktasını ürün girişi olarak çizin ve buraya ürünlerin adını yazınız. ➤ Boru kalınlıklarının aynı olmasına (2 ½ nk) dikkat ediniz. ➤ Akış ok yönlerine dikkat ediniz.
➤ Etilen ve oksijeni reaktöre bağlayınız. 	➤ Reaktörü sembolü ile çizin.
➤ Reaktörün soluna buhar jeneratörü çizip bağlantısını yapınız. 	➤ Buhar sembolünü dikdörtgen olarak çizin.
➤ Buhar jeneratörünü reaktöre bağlayınız. 	➤ Buhar jeneratörünün reaktöre uygun şekilde bağlantısını yapınız.
➤ Reaktörü etilen oksit absorber ünitesine bağlayınız. 	➤ Arada, iki sistem sığacak şekilde boşluk bırakınız. ➤ Etilen oksit absorberini dikdörtgen olarak renkli çizin.

<p>➤ Etilen oksit absorber ünitesini etilen ve oksijen ürün girişine bağlayınız.</p> 	<p>➤ Şekildeki gibi vent çıkış çiziniz. ➤ Okun üzerine venti yazı ile yazınız, şekil çizmeyiniz. ➤ Oklara ve yönlerine dikkat ediniz.</p>
<p>➤ Reaktörün sağına CO₂ absorber ünitesi çiziniz.</p> 	<p>➤ Giriş bağlantısını etilen oksit absorberden ürün hattına giden bağlantıdan yapınız. ➤ Çıkışı şekildeki gibi yapınız. ➤ CO₂ absorberi dikdörtgen olarak ve renkli çiziniz. ➤ Şeklin içine adını yazınız.</p>
<p>➤ CO₂ absorberin sağına CO₂ stripper ünitesi çizip bağlantısını yapınız.</p> 	<p>➤ Giriş çıkışları absorbe ile stripper arasında yapınız. ➤ Şekildeki gibi sağda CO₂ çıkış çiziniz. ➤ CO₂ stripper dikdörtgen şeklinde ve renkli çiziniz. ➤ Şeklin içine adını yazınız.</p>
<p>➤ Etilen oksit absorberin sağına etilen oksit stripper ünitesi çizip bağlantısını yapınız.</p> 	<p>➤ Buhar jeneratörünü etilen oksit strippere bağlayınız.</p>
<p>➤ Etilen oksit stripper ile etilen oksit absorber "colling tower" ünitesi çizip bağlantısını yapınız.</p> 	<p>➤ Üniteyi iki ünitenin üst orta noktasına çiziniz. ➤ Bağlantıları şekildeki gibi yapınız. ➤ Bağlantıların üst üste gelmemesine dikkat ediniz. ➤ Üniteyi dikdörtgen şeklinde çizip ismini içine yazınız.</p>
<p>➤ Etilen oksit stripper ünitesinin sağına hafif ürünler kolonu çizip bağlantısını yapınız.</p> 	<p>➤ Etilen oksit stripperden hafif ürün kolonuna bağlantıyı şekildeki gibi kısa bağlantıdan yapınız. ➤ Uzun bağlantıyı buhar jeneratöründen yapınız. ➤ Kolonu sembolü ile gösteriniz.</p>

<p>➤ Hafif ürünler kolonun sağına etilen oksit dehidrasyon ünitesi çizip bağlantısını yapınız.</p> 	<p>➤ Boş olan çıkışa EO (etilen oksit) yazınız. ➤ Şekli renkli ve dikdörtgen olarak çiziniz.</p>
<p>➤ Hafif ürünler kolonu ile etilen oksit dehidrasyon ünitesi arasındaki bağlantıdan hat ayırıp glikol reaktörünü çizip bağlantısını yapınız.</p> 	<p>➤ Reaktörü sembolü ile çiziniz. ➤ Bağlantıların şekildeki gibi olmasına dikkat ediniz.</p>
<p>➤ Glikol reaktörünün sağına etilen glikol dehidrasyonu ünitesi çizip bağlantısını yapınız.</p>	<p>➤ Etilen glikol dehidrasyon ünitesini renkli ve dikdörtgen olarak çiziniz. ➤ Bağlantının yönünü belirleyiniz.</p>
<p>➤ Etilen glikol dehidrasyonu ünitesini glikol saflaştırma ünitesine bağlayınız.</p> 	<p>➤ Ürünlerin isimlerini kısaltılmış hâlleri ile yazınız.</p>
<p>➤ Akış şemasını yazıcıda yazdırınız.</p>	<p>➤ Mümkünse renkli olarak çıktı alınız.</p>
<p>➤ Akış şemasını rapor olarak teslim ediniz.</p>	<p>➤ Hangi ürünün veya ürünlerin proses akım şeması olduğunu yazınız. ➤ Aldığınız notlardan faydalanarak raporunuzu yazınız.</p>

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri **Evet**, kazanamadığınız becerileri **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. İş önlüğünüzü giyip bilgisayarınızı hazırladınız mı?		
2. Bilgisayarınızı açtınız mı?		
3. Uygun programı seçtiniz mi?		
4. Etilen ve oksijenin besleme noktalarını belirlediniz mi?		
5. Ham madde noktalarını boruyla reaktöre bağladınız mı?		
6. Reaktörün soluna buhar jeneratörü ünitesi çizip bağlantı yaptınız mı?		
7. Buhar jeneratörü ünitesini reaktöre bağladınız mı?		
8. Reaktörü etilen oksit absorber ünitesine bağladınız mı?		
9. Etilen oksit absorber ünitesini etilen ve oksijen ürün girişine bağladınız mı?		
10. Reaktörün sağına CO2 absorber ünitesi çizdiniz mi?		
11. CO2 absorberin sağına CO2 stripper ünitesi çizip bağlantısını yaptınız mı?		
12. Etilen oksit absorberin sağına etilen oksit stripper ünitesi çizip bağlantısını yaptınız mı?		
13. Etilen oksit stripper ile etilen oksit absorber colling tower ünitesi çizip bağlantısını yaptınız mı?		
14. Etilen oksit stripper ünitesinin sağına hafif ürünler kolonu çizip bağlantısını yaptınız mı?		
15. Hafif ürünler kolonunun sağına etilen oksit dehidrasyon ünitesi çizip bağlantısını yaptınız mı?		
16. Hafif ürünler kolonu ile etilen oksit dehidrasyon ünitesi arasındaki bağlantıdan hat ayırıp glikol reaktörünü çizip bağlantısını yaptınız mı?		
17. Glikol reaktörünün sağına etilen glikol dehidrasyonu ünitesi çizip bağlantısını yaptınız mı?		
18. Etilen glikol dehidrasyonu ünitesini glikol saflaştırma ünitesine bağlayıp ürünleri yazdınız mı?		
19. Akış şemasının yazıcıdan çıktısını aldınız mı?		
20. Akış şemasını rapor olarak teslim ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Glikollerin kimyasal özellikleribenzer.
2. Etilen glikol suyun düşürdüğü için karışım olarak kullanılır.
3. Di etilen glikolün % 15'i etilen oksit ile reaksiyona girerek dönüştürülür.
4. Mono etilen glikol üretiminin ana kademesini oluşturan sulu etilen oksidin saflaştırılmayıp hidroliz reaksiyonu ile dönüştürülür.

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

5. Aşağıdakilerden hangisi etilen glikolün formülüdür?
A) $\text{CH}_2 - \text{OH}$
B) $\text{C}_2\text{H}_4 - \text{OH}$
C) $(\text{CH}_2 - \text{OH})_2$
D) $(\text{CH} - \text{OH})_2$
6. Aşağıdakilerden hangisi etilen glikolün fiziksel özelliklerinden değildir?
A) Nem çekicidir.
B) Su, alkol ve asetonda çözünmez.
C) Benzen, diklor etan ve kloroformda az çözünür.
D) Renksiz, kokusuz şurup kıvamında bir şuruptur.
7. Aşağıdakilerden hangisi mono etilen glikolün insan sağlığına etkileri arasında yer almaz?
A) Zehirleyici etkisi yoktur.
B) Fazla miktarda yutulması kusmaya neden olur.
C) Buharı, bulanık görmeye neden olur.
D) Deriye temasta kaşıntı yapar.
8. Mono etilen glikol üretimi esnasında 1/10 oranında oluşan ve ticari değeri olan organik bileşik aşağıdakilerden hangisidir?
A) Etilen oksit
B) Di etilen glikol
C) Etilen glikol
D) Tri etilen glikol

9. I. Renksiz - hemen hemen kokusuz
II. Viskoz, aşırı ölçüde nem çekici
III. Suyun donma noktasını düşürme etkisi olan
IV. Korozif olmayan
Bu özellikler aşağıdaki maddelerden hangisine aittir?
A) Tri etilen glikol
B) Etilen oksit
C) Di etil glikol
D) Etilen
10. Aşağıdakilerden hangisi etilen oksidin kimyasal formülüdür?
A) CH_3O
B) $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$
C) $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$
D) $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$
11. Aşağıdakilerden hangisi etilen oksidin patlayıcı olmayan gazlarla oluşturduğu dezenfeksiyon maddesi karışımında yer almaz?
A) Azot
B) Karbondioksit
C) Dikloroflorometan
D) Kloroform
12. Aşağıdakilerden hangisi etilen oksidin insan sağlığına etkileri arasında yer almaz?
A) Midede kasılma ve bulantı yapar.
B) Göze ve cilde sıvı hâlde teması şiddetli yanıklara neden olur.
C) Solunması ile sinir sisteminin bozulmasına sebep olur.
D) Solunum yolları bozukluğu yapar.
13. Aşağıdakilerden hangisi etilen glikolün üretim yöntemlerinden değildir?
A) Etilen oksitin hidrasyonu
B) Bölümlü otoklav
C) Etilenin oksitasyonu
D) Sentez gazından
14. Etilen glikol fabrikasının uygulama prosesi shell direkt oksitasyon reaktöründe % 14 olarak kullanılan katalizör aşağıdakilerden hangisidir?
A) Ag
B) NaOH
C) K_2CO_3
D) NaCl

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Petrokimya prosesi etilen ünitesinde elde edilen etilen türevlerinden vinil klorür-vinil asetat ile ilgili bilgi ve üretim deneyimine sahip olabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Vinil klorürün dış ticaret değerini araştırınız.
- Türkiye’de vinil klorür sektörünün rekabet gücünü araştırınız.
- Yangın söndürmede kullanılan kuru kimyasal tozları araştırınız.

3. VİNİL KLORÜR – VİNİL ASETAT

3.1. Vinil Klorür Monomer (VCM)

Vinil klorür monomer (VCM)’in özellikleri aşağıda anlatılmıştır.

3.1.1. Ürünün Tanımı

Vinil klorür monomer (VCM), poli vinil klorürün ham maddesidir. Normal şartlar altında renksiz bir gazdır. Basınç altında sıvı olarak depolanır. VCM petrokimya sektöründe PVC’nin ana ham maddesidir. Ülkemizde üretilen VCM’nin tamamı bu amaçla tüketilir. Kimyasal formülü; $CH_2 = CHCl$ ’dir.

3.1.2. Özellikleri

Kolaylıkla sıvılaştırılabilen bir gazdır. Alkolde ve eterde çözünür. Havaıyla karışımında patlama ihtimali % 4 – 22’dir.

Özellikler	Birim	Değer
Molekül ağırlığı	g/mol	62,50
Kaynama noktası	$^{\circ}C$	- 13,9
Donma noktası	$^{\circ}C$	- 153,7
Yoğunluk	g/cm ³	0,911
Tutuşma noktası	$^{\circ}C$	472
Alevlenme noktası	$^{\circ}C$	- 78
Viskozite (0 $^{\circ}C$)	cp	0,24 (sıvı)
Buhar basıncı	mmHg	2.300

Tablo 3.1: Vinil klorürün fiziksel özellikleri

3.1.3. İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

Vinil klorür monomer (VCM)in beyin ve karaciğer üzerinde kanserojen etkisi olduğu yönünde bazı şüpheler bulunmaktadır. Deri ile temas ettiğinde tahriş edicidir. Vinil klorür monomere maruz kalma limitleri, 1 ppm (8 saat) ve 5 ppm (5 dakika) olarak belirlenmiştir.

3.1.4. Üretim Yöntemi – Teknoloji

Vinil klorür monomer (VCM) üretim yöntemleri başlıca üç grupta toplanmaktadır:

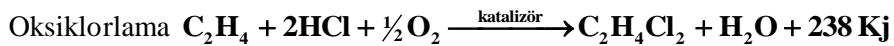
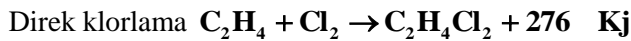
- Asetilen bazlı teknoloji
- Etilen bazlı teknoloji
- Etan bazlı teknoloji

Ticari olarak vinil klorür monomer (VCM) ilk defa 1930'larda HCl ile asetilenin reaksiyonundan elde edilmiştir. 1950'lerde ise etilenin bollaşması sonucu, etilen bazlı prosesler geliştirilmiştir. 1998 sonu itibariyle dünyada mevcut VCM kapasitesinin % 94'ünü etilen bazlı prosesler oluşturmaktadır.

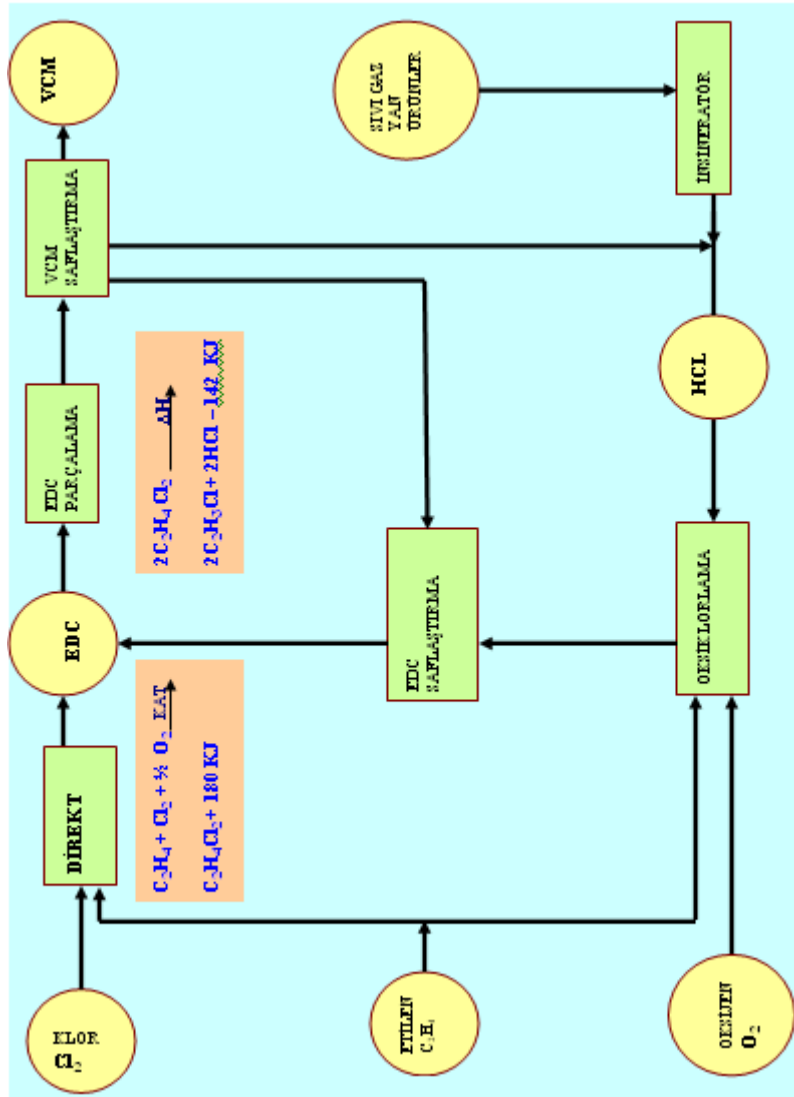
Etan bazlı teknoloji ise gelişim aşamasında olup 1999 yılı sonlarında pilot tesislerde yapılan denemelerden iyi sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir.

Dünyada yaygın olarak kullanılan etilen bazlı teknolojiye VCM ürünü, 1,2- Di klor etanın (EDC) pirolizi ile elde edilir. EDC ise etilenin direkt klorlanması veya oksiklorlanması yoluyla elde edilir. Direkt klorlama ve oksiklorlama üniteleri, piroliz ünitesi için gerekli EDC'yi sağlar. EDC'nin pirolizinde açığa çıkan HCl oksiklorlama ünitesinde tekrar kullanılır. Ayrıca EDC saflaştırma ünitesinin de ortak kullanıldığı “dengelenmiş proses” ile ham madde ve tesislerin en ekonomik kullanımı sağlanabilmektedir.

VCM sentezi:



Tepkimelerine göre gerçekleşir.



Şekil 3.1: Dengelenmiş proses ile VCM üretimi

Direkt klorlama genellikle sıvı fazda yapılmaktadır. Yüksek sıcaklık (HTC) ve düşük sıcaklık (LTC) alternatifleri bulunmaktadır. 1980'lerden itibaren kurulan hemen hemen bütün ünitelerde HTC prosesi kullanılmıştır.

Etilenin oksiklorlanması genellikle gaz fazda hava veya oksijen kullanılarak yapılmaktadır. 1990'dan sonra kurulan hemen hemen tüm oksiklorinasyon üniteleri oksijen bazlıdır. Birçok hava bazlı ünite de oksijen bazlıya dönüştürülmektedir.

EDC pirolizi 500 –550 °C sıcaklıkta ve 1– 40 kg/cm² basınçta 10-20 saniyelik ortalama reaktörde kalma zamanıyla (residence time) yapılmaktadır. EDC dönüşümü, kok ve yan ürün oluşumunu kontrol edebilmek için geçiş başına % 50–65 arasındadır.

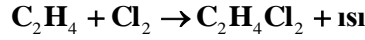
Etilen bazlı VCM teknolojisi olgun bir teknoloji olup gelişmeler, daha çok ham madde ve enerji verimliliği ile proses güvenilirliğini artırmakta, çevre ve emniyet konularında yoğunlaşmaktadır.

Aliğa kompleksi VCM ünitesinde “dengelenmiş proses” kullanılmaktadır. Yarımca kompleksi VCM fabrikasında ise direkt klorlama ünitesi, oksiklorlama ünitesi ve diğer bütün üniteler kapatılmıştır.

Aliğa kompleksi, etilen, klor ve hava kullanarak polimerizasyon için gerekli saflıkta vinil klorür (VCM) üretir. Proseste üç ana reaksiyon vardır. Fabrika, bu üç reaksiyona bağlı olarak dört ana üniteye ayrılmıştır. Bunlar:

➤ **Direkt klorlama**

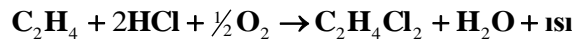
Gaz hâlindeki klor ve etilen, reaktörde atmosfer basıncına yakın basınçta ve 90 °C’de reaksiyona girerek sıvı EDC oluştururlar. Ürün saf EDC özelliğindedir.



Reaksiyon ısısı üretilen EDC’nin buharlaşmasıyla ortamdaki uzaklaştırılır. Yan ürünler 1.1.2-triklor etan, hidrojen klorür ve etil klorürdür. Yan ürün oluşumunu engellemek için sıvı fazda bir miktar demir III klorür bulundurulur.

➤ **Oksi klorlama**

Piroliz ünitesinde yan ürün olarak elde edilen hidrojen klorür, etilen ve oksijen bakır esaslı katalist mevcudiyetinde, akışkan yataklı bir reaktörde 3,5 kg/cm²g basınç ve 220 °C sıcaklıkta EDC vermek üzere reaksiyona girerler.



Reaksiyon ısısı buhar üretimi vasıtasıyla ortamdaki uzaklaştırılır. Beslenen etilenin ancak % 92’si EDC’ye dönüşür. Direkt klorlama ünitesine göre yan ürün oluşumu fazladır. Bu nedenle ürün ham EDC özelliğindedir ve saflaştırma ünitesinden geçirilir.

➤ **Piroliz (termal kraking)**

VCM ve HCl üretimi için EDC bir fırında yüksek alaşımli tüplerde 500 °C’de parçalanır. Saf EDC buharlaştırıldıktan sonra fırına beslenir. EDC’nin parçalanma oranı yaklaşık % 55’tir. Fırın gazları yaklaşık 40 °C’ye soğutulur. Soğutulan ve kısmen yoğunlaştırılan ürünler önce bütadien arıtma dramına ve sonra HCl kolonuna gönderilir. Kolonun tepesinden alınan HCl, oksiklorlamaya beslenir. Kolonun alt ürünü olan EDC+VCM karışımı, VCM ayırma kolonuna verilir, bu kolonun üstünden alınan VCM alümina yataklı bir kolondan geçirilerek HCl ile diğer safsızlıklardan temizlenir ve küresel depolama tanklarına gönderilir. VCM kolonunun altından alınan EDC ise direkt klorlamanın EDC saflaştırma bölümüne beslenir.

➤ EDC saflaştırma

Oksiklorlama kurutma kolonundan gelen EDC, piroliz gazları arıtma ünitesinden geri gelen EDC ile karışır ve tepe basıncı 0,2 kg/cm² olan hafif hidrokarbonları ayırma kolonuna beslenir. Kolonun tepesinden safsızlık olarak çıkan hafif hidrokarbonlar, organik depolama tanklarına gönderilir. Ayrıca bir kısmı kolonun tepesine riflaks olarak verilir. Hafifleri ayırma kolonunun dibinde sadece ağır hidrokarbonları içeren EDC kalır. EDC pirolizden gelen bir akım ile ağır hidrokarbonları ayırma kolonuna beslenir. Kolon dip ısıtıcısında kirlenmeleri azaltmak için düşük basınç ve sıcaklıkta çalıştırılır. Dip sıcaklığı 115 °C, dip basıncı 0,8 kg/cm² dir. Tepe basıncı ise 0,2 kg/cm² dir. Kolon tepesinden alınan saf EDC kondense edilerek kolon tepe dramında toplanır. Bir kısmı riflaks olarak kolona verilirken kalanı ürün olarak saf EDC tanklarına gönderilir.

Girdiler	Miktarı
Etilen (Ton)	0,468
Klor (Ton)	0,594
Oksijen (Ton)	0,132
Kostik soda (% 50) (Ton)	10,0079
Amonyak (Ton)	0,0014
Elektrik (KWh)	86
Soğutma suyu (m ³)	235
Proses suyu (m ³)	0,95
Buhar	1,9

Tablo 3.2: Birim üretim girdileri (dengelenmiş proses, etilen, klor ve O₂den 1 ton VCM için)

3.2. Polivinil Klorür (PVC)

Vinil klorürün polimerleşmesi ile oluşan polivinil klorür (PVC) önemli bir plastik ham maddesidir.

3.2.1. Sektörün Tanımı ve Ürünün Özellikleri

Vinil klorür monomerin (VCM) basınç, sıcaklık ve katalizörlerin etkisinde polimerizasyonu ile PVC ürünü toz hâlinde elde edilmektedir.

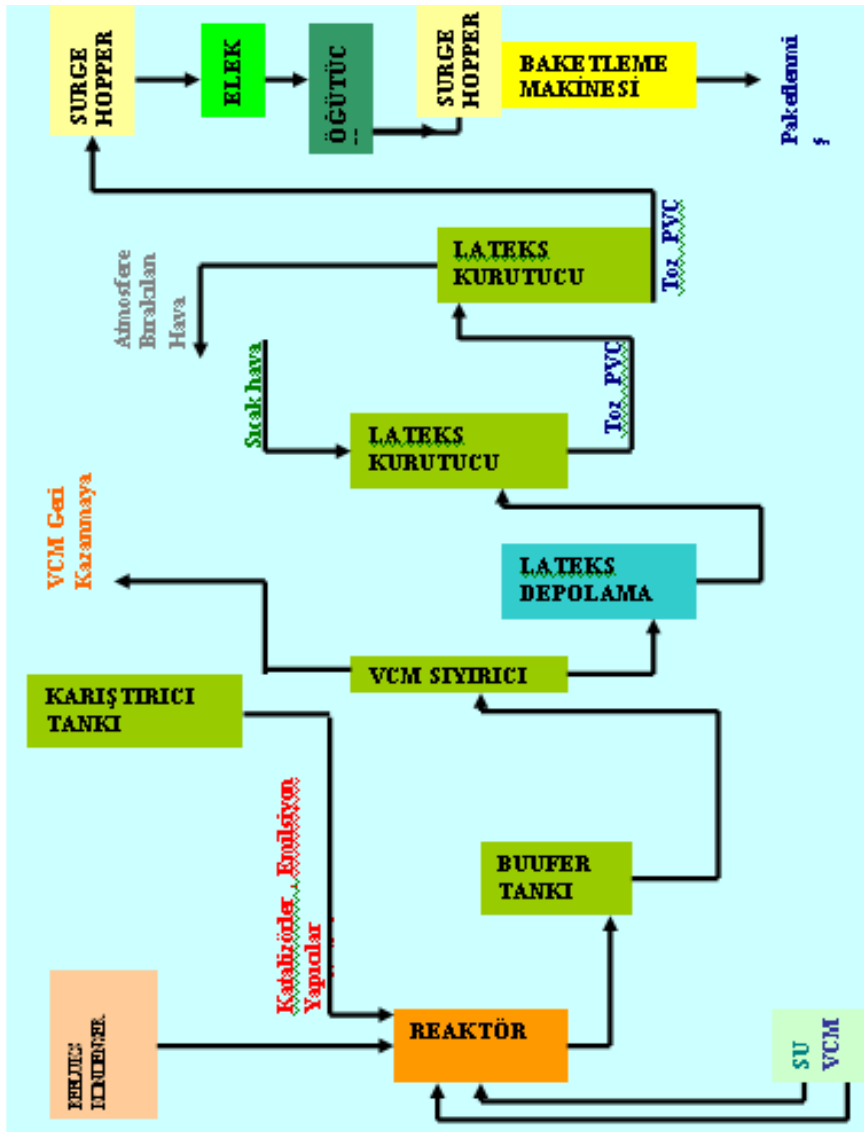
Özellikler	Birim	Değer
Yoğunluk (20 °C)	g/cm ³	1.35
Erime Sıcaklığı	°C	100
Gerilme Mukavemeti	Mpa	55
Uzama	%	15

Tablo 3.3: Polivinil klorürün fiziksel özellikleri

PVC ürünü beyaz renkli, şekilsiz tozdur. Kendi monomerinde çözünmeyen tek polimer olup nitrobenzen, siklohegzanaon ve tetrahidrofuranda çözünür. Seyreltik asit ve bazlara karşı dirençli olup konsantr nitrik asit ve kromik asitten etkilenir. Flordan ve hidroflorik asitten daha fazla etkilenir.

3.2.2. Kullanım Alanları

PVC'nin son kullanıcılarına göre dağılımları; % 39 boru ve bağlantı elemanı, % 20 profil ve boruluk, %18 film ve sheet, % 8 kablo kılıflama, % 3 şişelik, ayakkabı ve kâğıt imali ve tekstil şeklindedir.



Şekil 3.2 : Emülsiyon polimerizasyonu prosesi ile PVC üretim akım şeması

3.2.3. Üretim Yöntemi –Teknoloji

Polivinil klorür üretiminde ticari olarak dört polimerizasyon proses tekniği kullanılmaktadır. Bu proses teknikleri:

- **Kütle polimerizasyonu:** VCM taşıyıcı ortam olarak kendisi kullanılarak polimerize edilir. Bu proses, süspansiyon polimerizasyon prosesinde kullanılan serbest radikal başlatıcılar kullanılarak genellikle iki kademedede gerçekleştirilir. Birinci kademedede, yüksek hızda karıştırılan bir otoklavda tane büyüklüğü, ikinci kademedede, düşük hızda karıştırılan bir otoklavda molekül büyüklüğü artırılır.

Polimerizasyon düşük bir dönüşüm oranında durdurulur ve polimer monomeren ayrılır. Monomer geri döndürülür. Ürün granül hâindedir.

Kütle polimerizasyonu prosesinin avantajı, düşük utilite giderine sahip olması ve kurutma bölümüne ihtiyaç göstermemesidir. Prosesin dezavantajı ise esnek olmamasıdır.

- **Emülsiyon polimerizasyonu:** Polimerizasyon; genellikle VCM, demineralize su, suda çözünen bir başlatıcı (persülfat, hidrojen peroksit gibi) ve emülsiyon yapıcı (sabun gibi) maddeleri içeren ceketli karıştırıcılı otoklavlarda kesikli (batchwise) veya sürekli (continuous) olarak gerçekleştirilir.

Polimerizasyon sonunda otoklav, ince PVC taneciklerinin sudaki dispersiyonundan oluşan bir emülsiyon içerir. Lateks şeklinde adlandırılan bu emülsiyondaki PVC taneciklerinin çapı genel olarak 0,1–2 mikrometre arasındadır. PVC atomizer tipi kurutucuda sıcak hava ile kurutularak sudan ayrılır.

Polimerizasyon aşamasında kullanılan emülsiyon yapıcıların çoğu üründe kalır. Bunlar belli koşullarda ürüne daha iyi termal stabilite ve daha kolay işlenebilirlik gibi özellikler kazandırır.

Emülsiyon polimerizasyon prosesinde bir metreküp reaktör hacminde yılda 250 ton ürün düzeyinde bir verimliliğe ulaşabildiği belirtilmektedir.

Emülsiyon polimerizasyonu ile üretilen ürünler genellikle değirmenlerden geçirilerek öğütülür ve pasta olarak satılır. Emülsiyon PVC türleri daha çok duvar kâğıtları, yer karoları, suni deri imalatı gibi alanlarda ve otomobillerde gövde altı örtüsü olarak kullanılmaktadır.

- **Mikro süspansiyon polimerizasyonu:** Polimerizasyon aşağıdaki maddeleri içeren bir otoklavda gerçekleşir:
 - VCM
 - Demineralize su
 - Monomerde çözünen bir başlatıcı
 - Emülsiyon yapıcı

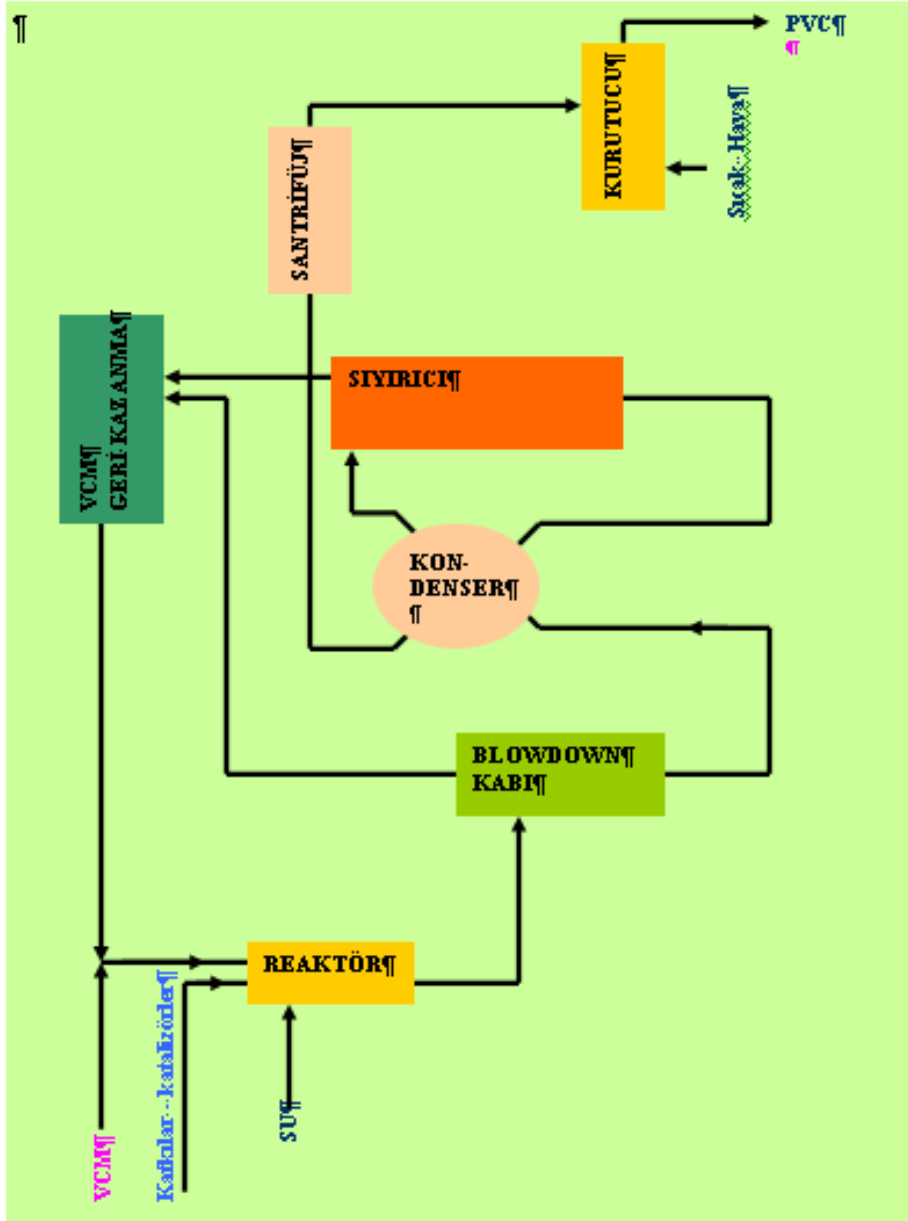
Karışım bir homojenizerden geçirildikten sonra reaktöre beslenir. Polimerizasyon sonunda otoklav, suda ince PVC taneciklerinin oluşturduğu süspansiyon içerir. Lateks olarak adlandırılan bu sıvıdaki PVC taneciklerinin büyüklüğü genellikle 3 mikrometredir. Son ürünü elde etmek üzere daha sonra yapılan işlemler, emülsiyon polimerizasyonu prosesinde yapılanların aynıdır.

- **Süspansiyon polimerizasyonu:** Süspansiyon polimerizasyonu soğutma sistemleriyle donatılmış, karıştırıcılı reaktörlerde kesikli olarak gerçekleştirilir.

Başlıca ham madde ve yardımcı maddeler şunlardır:

- VCM,
- Demineralize su,
- Monomerde çözünen bir başlatıcı (organik peroksit gibi),
- Süspansiyonun stabilitesini artırmak ve PVC'nin kalitesini kontrol etmek için yüzey aktif maddeler ve kolloidler (polivinil alkol, selüloz derivatları gibi),
- Ürünün kalitesini artırmak için diğer katkıları.

Kolloidlerin türüne, dozajına ve reaktörün karıştırma koşullarına bağlı olarak monomer damlacıkları aglomere olur. İstenilen dönüşüm oranına ulaşıldığında (% 85-95) reaksiyon durdurulur. Oluşan ürün "slurry" olarak adlandırılırken PVC taneciklerinin sudaki süspansiyonundan kalan VCM ayrılır. VCM'in ayrılması ya reaktörün kendisinde ya da reaktör ile sıyırıcı arasında yer alan bir blowdown tankında yapılır. Arta kalan VCM, sıyırıcıda buharla alınır. Slurry, santrifüj ve kurutma işlemlerinden geçirildikten sonra elenir ve paketlenir. PVC'nin ortalama tanecik büyüklüğü yaklaşık 125 mikrondur. Süspansiyon prosesinde kullanılan reaktör hacimleri 20 –200 m³ arasında olabilmektedir. Optimum reaktör büyüklüğü kapasiteye ve istenilen tür sayısına bağlıdır. Süspansiyon prosesinin avantajı ölçek ekonomisi ve esnekliktir. Reaktörde açık veya kapalı reaktör teknolojileri kullanılmaktadır.



Şekil 3.3: Süspansiyon polimerizasyonu prosesi ile PVC üretim akım şeması

Açık reaktör tipinde reaktörler her “batch”ten sonra açılmakta ve gerekliyse temizlenmektedir. Kapalı reaktör teknolojisinde, reaktörde polimer depozitlerinin oluşumu engellenmekte ve böylece her “batch”ten sonra reaktörün açılma ihtiyacı ortadan kalkmaktadır. Reaktörlerin açılmadan 400 “batch”in üzerinde çalıştırabildikleri belirtilmektedir. Süspansiyon prosesinde bir metreküp reaktör hacminde yılda 600 ton ürün düzeyinde bir verimliliğe ulaşılabildiği belirtilmektedir. Süspansiyon polimerizasyonu ile üretilen ürünler daha çok boru, kablo, kapı pencere imali ile enjeksiyon ve şişirme kalıplama

uygulamalarında kullanım alanı bulmaktadır. Süspansiyon polimerizasyon prosesi dünyada en çok kullanılan PVC üretim yöntemidir (dünya kapasitesinin yaklaşık % 80'i). Yarımca'da bulunan PVC fabrikasında emülsiyon ve süspansiyon prosesleri, Aliğa'da bulunan PVC fabrikasında ise sadece süspansiyon prosesi kullanılmaktadır.

Girdiler	Miktarı (Kg)
VCM	1.009
Kostik Soda	3,54
HCl (% 100)	1,71
AA – EGDA Kopolimer	1,15
Soğutma Suyu (m ³)	28
Elektrik (KWH)	371
Buhar	660
Proses Suyu (m ³)	2,3

Tablo 3.3: Birim üretim girdileri (1 ton süspansiyon PVC için)

3.3. Vinil Asetat

Kapalı formülü C₄H₆O olan vinil asetatın açık formülü CH₂ = CH – CO – CH₃ ile gösterilir.

3.3.1. Özellikleri ve Üretim Yöntemleri

Renksiz bir sıvıdır, suda çözünmez. Vinil asetat; asetik asit ve etilenin, asetik asit ve asetilenin, etan ve asetik asidin reaksiyonlarıyla çözünür.

Özellikler	Birim	Değer
Yoğunluk (20 °C)	g/cm ³	0,9345
Donma noktası	°C	-100,2
Kaynama noktası	°C	73
Alevlenme noktası (açık kap)	°C	-1,1
Kendiliğinden tutuşma noktası	°C	426,6

Tablo 3.3: Vinil asetatın fiziksel özellikleri

3.3.2. Kullanıldığı Yerler

Polivinil asetat, polivinilalkol, polivinilbütiral, polivinilchlorür – asetat reçinelerinin yapımında kullanılmaktadır.

3.4. Polivinil Asetat (PVA)

Polivinil asetat (PVA), vinil asetatın polimerleşmesi ile oluşan bir polimerdir. Poli vinil asetatın özellikleri, üretim ve kullanım yöntemleri aşağıda açıklanmıştır.

3.4.1. Özellikleri ve Üretim Yöntemleri

Renksiz ve kokusuzdur. Suda, benzinde, yağlarda çözünmez. Düşük moleküllü alkollerde, esterlerde, benzende, klorlu hidrokarbonlarda çözünür.

Özellikler	Birim	Değer
Yoğunluk (15 °C)	g/cm ³	1.19
Kristalin erime noktası	°C	Yok
Gerilme kuvveti	psi	4100 – 7100
Darbe dayanımı	Joule/m	102

Tablo 3.3: Polivinil asetatın fiziksel özellikleri

Polivinil asetat;

- Vinil asetatın çözelti polimerizasyonu metoduyla,
- Vinil asetatın süspansiyon polimerizasyonu metoduyla,
- Vinil asetatın emülsiyon polimerizasyonu yöntemleriyle üretilir.

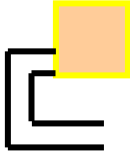



3.4.2. Kullanıldığı Yerler

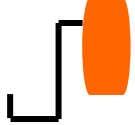
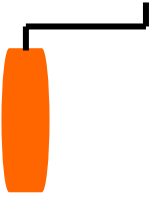

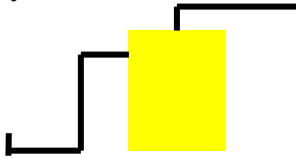
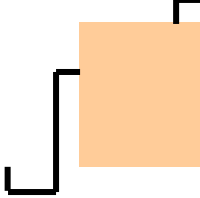

Kâğıt, ağaç, porselen, metal, cam yapıştırıcılarının imâlinde, kâğıt kaplamada, tekstilde, polivinil alkol ve asetatların eldesinde kullanılır.




UYGULAMA FAALİYETİ

Vinil klorür üretimi için proses hazırlayınız.

Gerekli malzemeler: Bilgisayar, uygun program, lateks deposu, lateks kurutucu, buffer tankı, sugar hopperi

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Bilgisayarı hazırlayınız.	➤ Laboratuvar önlüğünüzü giyerek çalışma tezgâhınızı düzenleyiniz. ➤ Bilgisayarın fişini prize takarken dikkatli olunuz.
➤ Uygun programı seçiniz.	➤ Çizimde ve şekilde yardımcı olacak program seçiniz.
➤ Çizim sayfasını yatay olarak hazırlayınız.	
➤ Sayfanın soluna reaktör çiziniz.	➤ Sembollerin konu anlatımında çizildiği gibi olmasına dikkat ediniz. ➤ Sayfanın sol ortasına çiziniz. ➤ Boru kalınlıklarının aynı olmasına (2 ½ nk) dikkat ediniz. ➤ Akış ok yönlerine dikkat ediniz.
➤ Reaktöre VCM ve su girişini bağlayınız. 	➤ Reaktörü sembolü ile çiziniz. ➤ Ürün giriş yönlerini okla belirleyiniz. ➤ Alt su üst VCM girişidir.
➤ Reaktöre üstten refluks kondensere bağlayınız. 	➤ Bağlantıyı dik olarak bağlayınız.
➤ Reaktöre üst sağdan karıştırıcı tankı bağlayınız. 	➤ Bağlantıyı şekildeki gibi yapınız. ➤ Borunun üzerine katalizör, emülsiyon yapıcılar ve katkıları yazınız.
➤ Reaktörü buffer tankına bağlayınız. 	➤ Buffer tankını dik olarak çiziniz. ➤ Tankın içine buffer yazınız. ➤ Borunun üzerine lateks yazınız.

<p>➤ Buffer tankını VCM sıyırıcısına bağlayınız.</p> 	<p>➤ Sıyırıcıyı şekildeki gibi çizin. ➤ Oklara ve yönlerine dikkat ediniz.</p>
<p>➤ VCM sıyırıcısının üstünden çıkış çiziniz.</p> 	<p>➤ Çıkışa VCM geri kazanma yazınız. ➤ Çıkışı şekildeki gibi yapınız.</p>
<p>➤ VCM sıyırıcıyı lateks depolamaya bağlayınız.</p> 	<p>➤ Şeklin içine adını yazınız.</p>
<p>➤ Lateks deposunu lateks kurutucuya bağlayınız.</p> 	<p>➤ Lateks kurutucuya şekildeki gibi üstten sıcak hava girişi bağlayınız. ➤ Kurutucunun içine lateks yazınız.</p>
<p>➤ Kurutucuyu filtrelere bağlayınız.</p> 	<p>➤ Filtrelerin üstünden atmosfere hava çıkışı çiziniz. ➤ Hava çıkışının yönünü çiziniz. ➤ Filtreye giriş hattının üstüne toz PVC yazınız. ➤ Filtrenin altına toz PVC yazınız.</p>
<p>➤ Filtrelerin sağ üst köşesine surge hopper ünitesi çizip bağlantısını yapınız.</p> 	<p>➤ Super hopperi şekildeki gibi çiziniz. ➤ Akışı filtrenin tabanına degecek şekilde yapınız. ➤ Akış yönü belirtiniz.</p>

<p>➤ Super hopperi eleğe bağlayınız.</p> 	<p>➤ Dikdörtgenin içine elek yazınız. ➤ Eleği şekildeki gibi dikdörtgen olarak çiziniz.</p>
<p>Eleği öğütücüye bağlayınız.</p> 	<p>➤ Eleği şekildeki gibi çizip içine adını yazınız. ➤ Akış yönlerini oklarla gösteriniz.</p>
<p>➤ Öğütücüyü ikinci bir surge hoppersine bağlayınız.</p>	<p>➤ Surge hopperi kuralına uygun olarak bağlayınız.</p>
<p>➤ Surge hopperi paketleme mekanizması ile birleştiriniz.</p> 	<p>➤ Paketleme mekanizmasını şekildeki gibi çizip adını içine yazınız. ➤ Okun altına elde edilen ürünün adını yazmayı unutmayınız. ➤ Proses şemasının adını ve yöntemini yazınız.</p>
<p>➤ Akış şemasını yazıcıda yazdırınız.</p>	<p>➤ Mümkünse renkli olarak çıktı alınız.</p>
<p>➤ Akış şemasını rapor olarak teslim ediniz.</p>	<p>➤ Hangi ürünün veya ürünlerin proses akım şeması olduğunu yazınız. ➤ Aldığımız notlardan faydalanarak raporunuzu yazınız.</p>

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri **Evet**, kazanamadığınız becerileri **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. İş önlüğünüzü giyip bilgisayarınızı hazırladınız mı?		
2. Bilgisayarınızı açtınız mı?		
3. Uygun programı seçtiniz mi?		
4. Sayfanın soluna reaktör çizdiniz mi?		
5. Reaktöre VCM ve su girişini bağladınız mı?		
6. Reaktöre üstten refluks kondensere bağlantı yaptınız mı?		
7. Reaktöre üst sağdan karıştırıcı tankı bağladınız mı?		
8. Reaktörü buffer tankına bağladınız mı?		
9. Buffer tankını VCM sıyırıcısına bağladınız mı?		
10. VCM sıyırıcısının üstünden çıkış çizdiniz mi?		
11. VCM sıyırıcısını lateks depolamaya bağladınız mı?		
12. Lateks deposunu lateks kurutucuya bağladınız mı?		
13. Kurutucuyu filtrelelere bağladınız mı?		
14. Filtrelerin sağ üst köşesine surge hopper ünitesi çizip bağlantısını yaptınız mı?		
15. Super hopperin eleğe bağlantısını yaptınız mı?		
16. Eleğin öğütücüye bağlantısını yaptınız mı?		
17. Öğütücüyü ikinci bir surge hoppersine bağladınız mı?		
18. Surge hopperini paketleme mekanizması ile birleştirdiniz mi?		
19. Akış şemasının yazıcıdan çıktısını aldınız mı?		
20. Akış şemasını rapor olarak teslim ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “**Ölçme ve Değerlendirme**”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Vinil klorür monomeri ham maddesidir.
2. Vinil klorür monomeri ülkemizde sadece tarafından üretilmektedir.
3. Ticari olarak vinil klorür monomeri ilk defa 1930'larda ile reaksiyonundan elde edilmiştir.
4. Etilen oksiklorlanması genellikle gaz fazında veya kullanılarak yapılmaktadır.
5. Gaz hâlindeki klor ve etilen, reaktörde atmosfer basıncına yakın basınçta ve 90 °C'de reaksiyona girerek sıvı oluşturur.
6. Vinil klorür monomerinin basınç, sıcaklık ve katalizörlerin etkisinde polimerizasyonu ile ürünü toz hâlinde elde edilmektedir.

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

7. Aşağıdakilerden hangisi vinil klorür monomerinin kısaltılmışıdır?
A) VCM
B) VKM
C) VCIM
D) CIM
8. Aşağıdakilerden hangisi vinil klorürün kimyasal formülüdür?
A) $\text{CH}_2 = \text{CH}_2\text{Cl}$
B) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{Cl}$
C) $\text{CH}_2 = \text{CHCl}$
D) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{Cl}$
9. I. Likit hâle gelen bir gazdır.
II. Alkol ve eterde çözünür.
III. Hava ile karışımında patlama ihtimali % 4 - 22'dir.
Yukarıdaki ifadelerden hangisi ya da hangileri vinil klorür monomerinin özelliklerindendir?
A) I - II
B) I - II - III
C) II - III
D) I - III

10. Vinil klorürü monomeri sentezi : $2 \text{C}_2\text{H}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \dots? \dots + \text{H}_2\text{O}$ tepkimesinde soru işaretli yere aşağıdakilerden hangisi yazılmalıdır?
A) $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$
B) $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}$
C) CH_2Cl
D) $\text{CH}_2 - \text{CHCl}$
11. Aşağıdakilerden hangisi vinil klorürü fabrikasına bağlı ana ünitelerden değildir?
A) Direkt klorlama
B) Oksiklorlama
C) EDC saflaştırma
D) Etilen saflaştırma
12. Kendi monomerinde çözünmeyen polimer aşağıdakilerden hangisidir?
A) VCM
B) YYPE
C) PVC
D) AYPE
13. Aşağıdakilerden hangisi PVC yangılarını söndürmekte kullanılan maddelerden değildir?
A) Su spreyi
B) CO_2
C) Kuru kimyasal toz
D) Su
14. PVC yandığında aşağıdaki maddelerden hangisi oluşmaz?
A) HCl
B) Cl_2
C) CO_2
D) Fosgen
15. PVC üretiminde emülsiyon polimerizasyonu aşağıdaki maddelerden hangisini içermez?
A) Vinil klorür monomer
B) Demineralize su
C) Suda çözünen başlatıcı
D) Emülsiyon yapıcı
16. PVC ile ilgili yapılan çevre çalışmalarında aşağıdakilerden hangisi çevreyi koruma ile ilgili değildir?
A) Geri döndürme
B) Yakma
C) PVC ham maddelerine dönüştürme
D) Toprağın altına depolama

17. Aşağıdakilerden hangisi vinil asetatın kullanıldığı alanlardan değildir?
- A) Lastik imalatında
 - B) Polivinil asetat üretiminde
 - C) Polivinil alkol üretiminde
 - D) Polivinil klorür – asetat reçineleri yapımında
18. I. Renksiz ve kokusuzdur.
II. Su, benzin ve yağda çözünmez.
III. Düşük molekülü alkollerde, benzende, klorlu hidrokarbonlarda çözünür.
Yukarıda sıralanan özellikler aşağıdaki maddelerden hangisine aittir?
- A) Etilen glikol
 - B) YYPE
 - C) Polivinil asetat
 - D) Vinil asetat
19. Aşağıdakilerden hangisi polivinil asetatın, vinil asetatın polimerizasyon yöntemiyle üretim yöntemlerinden değildir?
- A) Çözelti
 - B) Süspansiyon
 - C) Hidrojenasyon
 - D) Emülsiyon

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ- 4

AMAÇ

Petrokimya prosesi etilen ünitesinde elde edilen etanol ve lineer alkollerin türevleri ile ilgili bilgi sahip olabileceksiniz.

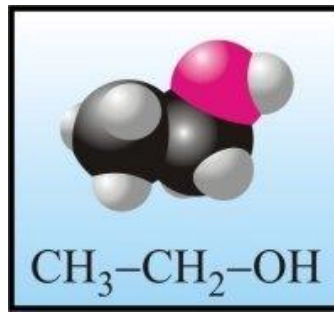
ARAŞTIRMA

- Etanolün yakıt olarak üretimini araştırınız.
- Biyo – etanol ile fosil yakıtları arasındaki farkı araştırınız.
- Bulduğunuz bölgede biyo yakıt üreten tesislerin üretim yöntemlerini araştırınız.
- Alkon ve oxo proseslerini araştırınız.
- Asetilenin elde ediliş tepkimelerini araştırınız.

4. ETANOL LİNEER ALKOLLER

4.1. Etanol (Etilalkol)

Etanol, alkoller grubunun ikinci üyesi olup sanayi için birçok ürünün ham maddesini oluşturur.



Şekil 4.1: Etanol

4.1.1. Özellikleri

Renksiz, uçucu ve yanıcı bir sıvıdır. Su, metil alkol, eter, kloroform ve asetonla karışabilir.

Kimyasal formülü C_2H_6O olup EtOH ya da C_2H_5OH olarak da ifade edilmektedir. Kullanılan adları; etanol, etil alkol, bitkisel alkol, hidroksitandır.

Özellikler	Birim	Değer
Yoğunluk (15,6 °C)	g/cm ³	0,816
Donma noktası	°C	-114
Kaynama noktası	°C	78,3
Alevlenme noktası (açık kap)	°C	12,7
Kendiliğinden tutuşma noktası	°C	422
Yüzey gerilimi (20 °C)	dyn/cm	22,3
Viskozite (20 °C)	cp	0,0141
Buhar basıncı (20 °C)	mmHg	43

Tablo 4.1: Etanolun fiziksel özellikleri

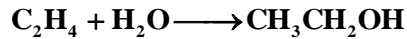
4.1.2. Üretim Yöntemleri

➤ Etilenin doğrudan katalitik hidrasyonu ile üretim

- Şekerce zengin melas gibi organik atıklardan fermantasyon yoluyla üretim
- Selülozun enzimatik hidrolizi ile üretim

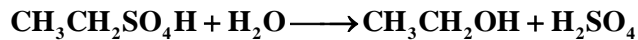
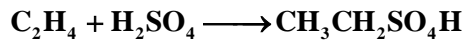
4.1.2.1. Etilen Hidrasyonu

Etanol, çoğunlukla petrokimyasal ham maddelerden etilenin asit-katalize hidrasyonu şeklinde elde edilir.



En yaygın katalist olan fosforik asit, diatomize toprak ya da mangal kömürü gibi gözenekli bir yüzeye emdirilir. Bu katalist ilk defa 1947'de, geniş çaplı etanol üretimi amacıyla, Shell Oil Company tarafından kullanılmıştır. Çoğunlukla metal oksitlerden oluşan katı katalistler de kimya kaynaklarında yer alır.

Daha eski bir yöntem, 1930'da, Union Carbide tarafından endüstriyel ölçekte denenmiş fakat daha sonra tamamen terk edilmiştir. Eten, konsantre sülfürik asit ile tepkimeye sokularak etil sülfat elde edilir ve daha sonra hidrolize edilerek etanol ve tekrar sülfürik asit elde edilir.



4.1.2.2. Fermantasyon

Alkollü içeceklerde kullanılan etanol ile yakıt olarak kullanılan etanol, fermantasyon yöntemi ile elde edilir. Bazı mayalar metabolize şeker, oksijenin yokluğunda etanol ve

karbondioksit üretir. Maya tarafından gerçekleştirilen kimyasal tepkimenin tamamı, aşağıdaki kimyasal denklem ile ifade edilir.



Mayalanma ile nispeten yoğun olmayan etanol konsantrasyonları elde edilir. Konsantre etanol çözeltileri, maya için toksiktir. Etanola en dayanıklı maya özü, hacimsel olarak en fazla % 25 etanolün içinde yaşayabilir.

Etanolun tahıl gibi nişastalı malzemelerden üretilebilmesi için nişastanın önce parçalanarak şekere dönüşmesi gerekmektedir. Biranın mayalandırılmasında bu geleneksel olarak taneciklerin filizlendirilmesi sonucu ya da malttan elde edilir. Filizlenme prosesi sırasında tanecikler, nişastayı parçalayarak şekere dönüştürecek enzimler üretir. Etanolün yakıt amaçlı üretilmesi sürecinde nişastanın glikoza hidrolize olması, sulandırılmış sülfürik asit ve fungal amilaz enzimleri uygulaması ile çok daha hızlı gerçekleştirilir.

Petrol fiyatlarının bu kadar yükselmesi ile saflaştırılmış etanol üretilmesi amacıyla etilen hidrasyonu, fermantasyondan daha ekonomik bir proses hâline gelmiştir. Petrol fiyatlarındaki artış, zirai ürün fiyatlarını da etkilediği için petrokimyasal etanol ile fermante edilmiş etanolün üretim maliyetlerinin karşılaştırılması güçleşmiştir.

4.1.3. Kullanıldığı Yerler

Reçineler, yağ asitleri, yağlar, hidrokarbonlar için çözücü olarak kullanıldığı gibi asetik aldehit, asetik asit, etilen, bütadien, 2 – etil hegzanol elde edilmesinde, ilaç sanayinde, antifriz ve antiseptik imalinde ve yakıt üretiminde kullanılmaktadır.

4.1.4. Asetaldehit (Etanal)

Aldehitlerin ikinci üyesidir.



Şekil 4.2: Asetaldehit

4.1.5. Özellikleri ve Üretim Yöntemleri

Renksiz, keskin kokulu, uçucu ve zehirleyici bir sıvıdır. Su, alkol, eter, benzen, toluen, ksilen, terebentin ve asetonla karışabilir. Su, alkol ve eterde çözünür.

Kimyasal formülü $\text{CH}_3 - \text{HC} = \text{O}$ şeklindedir.

Özellikler	Birim	Değer
Yoğunluk (18/4 °C)	g/cm ³	0,786
Erime noktası	°C	-123,5
Kaynama noktası	°C	20,2
Alevlenme noktası (- 40°C açık kap)	°C	12,7
Buhar basıncı (20 °C)	mmHg	740

Tablo 4.2: Asetaldehitin fiziksel özellikleri

- **Üretim yöntemleri**
- Etilenin bir kademe oksidasyonuyla,
 - Etilenin iki kademe oksidasyonuyla,
 - Etanolün oksidasyonuyla üretilir.

4.1.6. Kullanıldığı Yerler

Asetik asit, asetik anhidrit, n – bütanol, 2 – etil hegzanol, perasetik asit, pentaeritrol, aldol, piridin, kloral, 1,3 – bütilen glikol ve tri – metilol propan elde etmek için kullanılır.

4.1.7. Asetik Asit

Karboksilli asitlerin ikinci üyesi olan asetik asit sirkede bulunduğundan sirke asidi olarak da bilinir.

4.1.7.1. Özellikleri

Berrak, renksiz bir sıvıdır. Keskin sirke kokusundadır. Su, alkol, gliserol ve eterle karışabilir. Karbon di sülfürde çözünmez.

Kimyasal formülü **CH₃COOH** şeklindedir.

Özellikler	Birim	Değer
Yoğunluk (20/4 °C)	g/cm ³	1,0492
Erime noktası	°C	16,63
Kaynama noktası (765 mmHg)	°C	118
Alevlenme noktası (açık kap)	°C	43,33
Viskozite (20 °C)	cps	1,22
Kendiliğinden tutuşma noktası	°C	420

Tablo 4.3: Asetik asidin fiziksel özellikleri

4.1.7.2. Üretim Yöntemleri

- Metanolün düşük basınçta karbonilasyonu,
- Asetaldehitin hava ile oksidasyonu,
- n – bütanın oksidasyonu,
- n – bütlenin direkt oksidasyonu ile yapılır.

4.1.7.3. Asetik Asidin Kullanıldığı Yerler

Asetik anhidriti, selüloz, asetat, vinil asetat, asetik esterler, kloro asetik asit ve plastiklerin elde edilmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca ilaç sanayinde, böcek ilaçlarında, fotoğrafçılıkta ve tekstil sanayinde de kullanılmaktadır.

4.2. Lineer Alkoller

Lineer alkollerin üretim ve kullanım alanları aşağıda anlatılmıştır.

4.2.1. Üretim Yöntemleri

Lineer alkoller, $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{n(n=2-26)} - \text{CH}_2\text{OH}$ 'ya tekabül eden lineer parafinlerden veya doğrudan etilenden elde edilmektedir. Lineer parafinlerden çıkıldığında ya parafin doğrudan oksitlenerek ya da parafin dehidrojene edilip tekabül eden lineer alfa olefin elde edildikten sonra oxo prosesiyle lineer alkoller elde edilebilmektedir.

Birinci durumda sekonder alkoller elde edilirken ikinci durumda primer alkoller üretilmektedir. Ham madde olarak etilenden çıkılması hâlinde ya önce ara olefinler üretilip oxo prosesiyle tekabül eden alkol üretilmekte veya dört kademeli bir prosesle doğrudan etilenden çıkılmaktadır. Alfa prosesi denilen bu processte Ziegler tipi katalizörler kullanılmakta olup lineer alkol yanında ya alüminyum sülfat veya son düzenlemelere göre alüminyum oksit yan ürün olarak elde edilmektedir. Proses, katalizör oluşumu, polimerizasyon, oksidasyon ve hidroliz aşamalarından oluşmaktadır.

4.2.2. Kullanıldığı Yerler

Lineer alkoller biyolojik olarak parçalanabilir olduklarından $\text{C}_{12} - \text{C}_{16}$ aralığı, deterjan üretiminde kullanılır. $\text{C}_{10} - \text{C}_{12}$ aralığı plastikleştiricide, $\text{C}_{16} - \text{C}_{18}$ aralığı “yıkama giy” türü kumaş imalatında kullanılan reçinelerde, “modifier” daha yüksek alkoller ise yağlayıcı ve kalıplama yağı olarak kullanılır.

4.2.3. Lineer Alkol Esaslı Deterjan Aktif Maddeleri

➤ Özellikleri

Lineer esaslı deterjan aktif maddelerinin en önemli özelliği biyolojik olarak parçalanabilir olmasıdır. Alkol etoksilatlar noniyonik deterjan aktif maddesi grubuna girmekte olup özellikle yağ lekelerini giderme gücü yüksek olan bileşiklerdir. Etoksilasyon derecesini ayarlamak suretiyle kullanım amacına uygun farklı aktif maddeler üretmek mümkündür.

Lineer alkol sülfatlar çok iyi temizleme özelliklerine karşın suyun sertliğine duyarlıdır.

➤ Üretim yöntemleri

- Primer veya sekonder alkollerin etilen oksit ile etoksikasyonu ile elde edilir. Bu yolla elde edilenler lineer alkol etoksilatlarıdır.
- Bir önceki yöntemle elde edilmiş olan düşük molekülü etoksilatların kükürt trioksit veya klorosülfonik asit ile sülfonasyonu ile elde edilir. Bu yolla elde edilenlere lineer alkol etoksi sülfat adı verilir.
- Primer alkollerin kükürt trioksit veya klorosülfonik asit ile sülfolanması ile elde edilir. Bu gruba da lineer alkol sülfatlar adı verilir.

➤ Kullanıldığı yerler

Etoksilatlar düşük köpük yapma özellikleri nedeniyle otomatik çamaşır makinesi deterjanlarında diğer aktif maddelere ilaveden kullanılır. Ayrıca yukarıda sözü edilen diğer üç grup aktif madde toz deterjan, bulaşık deterjanı ve şampuan üretiminde kullanılır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Peroksidasyon prosesini devreye alınız.

Kullanılan araç gereçler: Bilgisayar, uygun program, yazıcı

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Bilgisayarı hazırlayınız.	➤ Laboratuvar önlüğünüzü giyerek çalışma tezgâhınızı düzenleyiniz. ➤ Bilgisayarın fişini prize takarken dikkatli olunuz.
➤ Etileni, sülfürik asitle tepkimeye sokunuz.	➤ Reaksiyon oluşumu sırasında dikkatli olunuz.
➤ Önce mono ve di etil sülfat ara bileşiğine dönüştürünüz.	➤ Ara ürünün oluştuğundan emin olunuz.
➤ Oluşan ara bileşiği hidrolizleyerek etanole dönüştürünüz.	➤ Tepkimenin hidroliz olmasına dikkat ediniz.
➤ Sülfirik asidi geri kazanınız.	➤ Geri kazanım olayını takip ediniz.
➤ Rapor yazarak teslim ediniz.	➤ Aldığımız notlardan faydalanarak raporunuzu hazırlayınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanmadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. İş önlüğünüzü giydiniz mi?		
2. Bilgisayarı hazırladınız mı?		
3. Etileni, sülfürik asitle tepkimeye soktunuz mu?		
4. Önce mono ve di etil sülfat ara bileşiğine dönüştürdünüz mü?		
5. Oluşan ara bileşiği hidrolizleyerek etanole dönüştürdünüz mü?		
6. Sülfürik asidi geri kazandınız mı?		
7. Rapor yazarak teslim ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Etanol, etilenin doğrudan katalitik ile elde edilir.
2.?..... + H₂O → CH₃CH₂OH tepkimesinde soru işaretli yere uygun bileşiği yazınız.
3. Lineer alkoller CH₃ ————— (CH₂)_n ————— CH₂OH'a tekabül eden lineer veya doğrudan etilenden elde edilmektedir (n= 2–26).

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

4. Aşağıdakilerden hangisi etalonun kimyasal formülü değildir?
A) C₂H₆O
B) C₂H₅-OH
C) CH₃-CH₂-OH
D) CH₂=CH-OH
5. I. Renksiz, uçucu ve yanıcıdır.
II. Su, alkol ve eterle karışır.
III. Donma noktası -114 ; kaynama noktası 78,3 °C'dir.
Yukarıdaki fiziksel özellikler aşağıdaki maddelerden hangisi için doğrudur?
A) Etanol
B) Etilen
C) Metanol
D) Bütanol
6. Aşağıdakilerden hangisi etanol ile aynı anlamı ifade eden adlardan değildir?
A) Etil alkol
B) Etilen
C) Bitkisel alkol
D) Hidroksitan
7. Aşağıdakilerden hangisi asetaldehitin üretim yöntemlerinden değildir?
A) Etilenin bir kademe oksitasyonu
B) n – bütanın oksitasyonu
C) Etilenin iki kademe oksitasyonu
D) Etanolun oksitasyonu
8. Aşağıdakilerden hangisi asetaldehitten elde edilmez?
A) Asetik asit
B) n – bütanol
C) Etilen
D) Piridin

9. Lineer parafinden lineer alkol aşağıdaki proseslerin hangisinden elde edilmektedir?
A) Oxo
B) Alfon
C) Süspansiyon
D) Emülsiyon
10. Lineer alkoller biyolojik olarak parçalanabilir olduklarından deterjan üretiminde de kullanılırlar. Aşağıdaki hangi karbon sayısı aralığı, deterjan üretiminde kullanılmaktadır?
A) C₈ – C₁₀
B) C₁₀ – C₁₂
C) C₁₂ – C₁₆
D) C₁₆ – C₁₈

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi etilene ait özelliklerden değildir?
A) Doymamış hidrokarbondur.
B) Karbonlar arasında çift bağ vardır.
C) Reaksiyon verme kabiliyeti oldukça düşüktür.
D) Su, alkol ve eterde az miktarda çözünür.
2. Bugün kurulmakta olan modern parçalama tesislerinin ham madde esnekliği vardır. Bu yeni tesisler sadece naftayı değil birkaç maddeyi işleyebilecek esneklikte kurulmaktadır. Aşağıdakilerden hangisi etilen üretiminde kullanılan ham maddelerden değildir?
A) C₃/C₄
B) Fueloil
C) LPG
D) Gaz yağı
3. Alçak yoğunluklu polietilenin kısaltılmış yazılım şekli aşağıdakilerden hangisidir?
A) APE
B) PE
C) AYPE
D) AYP
4. Aşağıdakilerden hangisi petrokimya tesislerinde kullanılan naftanın daha ucuz olarak üretimde kullanılmasını ifade etmektedir?
A) Petrokimya tesislerinde ham petrolün işlenip nafta elde edilerek kullanması
B) Yurt dışından alınan naftanın birkaç işlemden geçtikten sonra ham madde olarak kullanılması
C) Rafinerideki naftanın birkaç işlemden geçirilerek petrokimya tesislerine verilmesi
D) Rafinerilerde ham petrolden elde edilen naftanın direkt petrokimya sektörüne aktarılması
5. Aşağıdakilerden hangisi YYPE fabrikasının bölümlerinden değildir?
A) Katalist hazırlama
B) Ayırma ve kurutma
C) Hekzan geri kazanma
D) Kraking
6. Aşağıdakilerden hangisi YYPE'nin kullanım alanlarından değildir?
A) Mutfak eşyası imalatı
B) Deterjan ve çamaşır suyu şişelerinin imalatı
C) Ayakkabı tabanı imalatı
D) İplik yapımı

7. Petrokimya tesislerinde etilen, genelde aşağıdaki hangi ham maddeden elde edilir?
A) Benzin
B) Motorin
C) Benzen
D) Nafta
8. Etilen glikolun su ile % 60 oranında karışımı, suyun donma noktasını aşağıdaki değerlerden hangisine kadar düşürür?
A) - 55
B) - 40
C) - 25
D) - 10
9. Aşağıdakilerden hangisi di etilen glikolun organik formülüdür?
A) $\text{OH} - (\text{OCH}_2 - \text{CH}_2) - \text{OH}$
B) $\text{CH}_2 \text{CH}_2\text{O}$
C) $\text{OH}(\text{OCH}_2 - \text{CH}_2)$
D) $(\text{OCH}_2 - \text{CH})_2$
10. I. Buharı yanıcı ve bantlayıcıdır.
II. Su, alkol, eter ve çoğu organik asitlerle karışmaz.
III. Etanol, di metil eter ve di metil ketonda kolayca çözünür.
IV. Oda sıcaklığında renksiz ve hafif kokulu bir gazdır.
Yukardaki özelliklerden hangisi veya hangileri etilen oksidin fiziksel özelliklerinden değildir?
A) Yalnızca I
B) Yalnızca II
C) III ve IV
D) II - IV
11. Etilenin oksijenle 230°C ve 17 kg /cm^2 g basınçta Ag katalizörlüğünde aşağıdaki maddelerden hangisi oluşur?
A) Mono etilen glikol
B) Di etilen glikol
C) Karbondioksit ve su
D) Etilen oksit
12. Aşağıdakilerden hangisi vinil klorür üretim yöntemlerinden değildir?
A) Asetilen bazlı teknoloji
B) Propilen bazlı teknoloji
C) Etilen bazlı teknoloji
D) Etan bazlı teknoloji

13. Ünitedeki sıvı hâldeki EDC'nin buharlaştırılıp ortamdan uzaklaştırılması sonucu aşağıdaki hangi yan ürün elde edilmez?
- A) 1,1,2 tiri klor etan
B) 1,2 di klor etilen
C) Hidrojen klorür
D) Etilen klorür
14. Polivinilklorür üretiminde ticari olarak dört polimerizasyon prosesi tekniği kullanılmaktadır. Aşağıdakilerden hangisi bu tekniklerden değildir?
- A) Hacim
B) Kütle
C) Emülsiyon
D) Süspansiyon
15. PVC'yi ham maddelerine dönüştürmede içindeki kloru HCl'e dönüştürmek için yapılan çalışmalara aşağıdakilerden hangisi dâhil değildir?
- A) Pirolize
B) Gazlaştırma
C) Kurutma
D) Hidrojenasyon
16. Aşağıdakilerden hangisi vinil asetatın üretim teknolojilerinden değildir?
- A) Asetik asit ve etilenin reaksiyonuyla üretim
B) Etilen glikol ile asetik asidin reaksiyonuyla üretim
C) Asetik asit ve asetilenin reaksiyonuyla üretim
D) Etan ve asetik asidin reaksiyonuyla üretim
17. $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3 - CH_2 - OH + 2...?.....$ fermantasyon tepkimesinde soru işaretli yere aşağıdakilerden hangisi yazılmalıdır?
- A) CO_2
B) CO
C) O_2
D) H_2O
18. Aşağıdakilerden hangisi asetik asidin kullanıldığı alanlardan değildir?
- A) Selüloz eldesinde
B) Plastiklerin eldesinde
C) İlaç sanayinde
D) Lastik üretiminde

19. I. Asetaldehit
II. Asetik asit
III. Etilen
IV. Bütadien
V. 2 – etil hegzanol
Yukarıda verilenler, aşağıdaki maddelerin hangisinden kimyasal yolla elde edilir?
A) Metanol
B) Etanol
C) Papanol
D) Bütanol

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçiniz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ -1

1	akım
2	peroksitlerin
3	termoplastik
4	polimerizasyon
5	bazik
6	B
7	C
8	A
9	D
10	D
11	B
12	B
13	B
14	A

ÖĞRENME FAALİYETİ -2

1	alkollere
2	donma - noktası
3	tri etilen glikol
4	glikollere
5	C
6	B
7	C
8	B
9	C
10	B
11	D
12	A
13	B
14	A

ÖĞRENME FAALİYETİ -3

1	polivinilklorür
2	petkim
3	HCl ile C ₂ H ₂
4	hava - oksijen
5	EDC
6	PVC
7	A
8	C
9	B
10	A
11	D
12	C
13	D
14	B
15	C
16	D
17	A
18	C
19	C

ÖĞRENME FAALİYETİ -4

1	hidrodasyonu
2	C ₂ H ₄
3	parafinlerden
4	D
5	A
6	B
7	B
8	C
9	A
10	C

MODÜL DEĞERLENDİRME

1	C
2	B
3	C
4	D
5	D
6	C
7	D
8	A
9	A
10	B
11	D
12	B
13	B
14	A
15	C
16	B
17	A
18	D
19	B

KAYNAKÇA

- ÇATALTAŞ İ., **Sınav Stokiyometri**, İnkılap ve Aka Basımevi, İstanbul, 1972.
- Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, **Dokuzuncu Kalkınma Plânı (2007–2013) Kimya Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Petrokimya Çalışma Grubu Raporu**, Eylül, 2005.
- Özel İdare Komisyon Raporu, **Petrokimya Sanayi 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı**, Yayın No: DPT: 2563 - ÖİK: 579, Ankara, 2001.
- PETKİM, **Petrokimyasal Maddeleri Üretim Zinciri**, Petkim Araştırma Merkezi, 1991.