

Kömürden Amonyak Üretimi

Kimya sanayiinin hammadde ihtiyacı, 1950 yıllarında başlıca kömürden sağlanıyordu. Daha sonraki yıllarda artan hammadde ihtiyacı, ilk sırada petrol ürünleri ile karşılanmaya başlanmıştır. 1970 yılında dünya organik kimya sanayii % 90 oranında petrol ve doğal gazla dayandırılmıştır. 1973 yılında Batı Almanya'da bu oran % 95 değerine çıkmıştır.

1973 Yılı sonbaharında ortaya çıkan petrol krizi sonucu, geçen sürede ham petrol fiyatı yaklaşık olarak 3 kat artmıştır. Ham petrol fiyatında ortaya çıkan bu büyük artış, kömürün kimya sanayiinde tekrar geniş ölçüde ham madde olarak kullanılabileceği konusunda tartışmaları başlatmıştır.

1 — DÜNYADA AMONYAK ÜRETİMİ

1.1. Dünyada Amonyak Üretimi ve Kullanılan Hammaddeler

Amonyak Sentezinin tarihi, yüzyılımızın başlarında Haber ve Bosch'un ilk defa ekonomik olarak hidrojen üretimini, hidrojen ve azottan da direkt

olarak amonyak üretimini gerçekleştirmesiyle başlamıştır.

Dünya amonyak üretimi, İkinci Dünya Savaşına kadar her on yılda yaklaşık % 50, İkinci Dünya Savaşından sonra başlangıçta % 100, daha sonraki yıllarda ise daha da fazla oranda artmıştır.

ÇİZELGE 1 — Son Yıllardaki Dünya Amonyak Üretimi

Yıllar	1961/1962	1966/1967	1971/1972
Saf Azot (Milyon ton)	15,6	31,7	51
Amonyak (Milyon ton)	18,9	38,5	62

Amonyak sentezi teknolojisinde, hidrojen kaynağı olarak her türlü hidrokarbonlu bileşikler kullanılabilir. Hidrojen ayrıca suyun elektrolizi ile elde edilmektedir. Azot kaynağı ise havadır.

Amonyak üretimi, 1960 yıllarından sonra, başlıca doğal gaz ve naftaya dayandırılmıştır. Diğer hammaddelerin kullanımında artış olmamıştır.

ÇİZELGE 2 — Amonyak Üretiminde Kullanılan Hammaddeler (1000 Ton Azot)

Yıllar	1961/1962	%	1966/1967	%	1971/1972	%
Kok Fırını Gazları ve Kömür	2.800	18	4.100	13	4.600	9
Nafta	2.050	13	4.750	15	10.700	21
Doğal Gaz	7.800	50	18.400	58	32.100	63
Diğer Petrol Ürünleri	2.950	19	4.450	14	3.600	7
T O P L A M	15.600	100	31.700	100	51.000	100

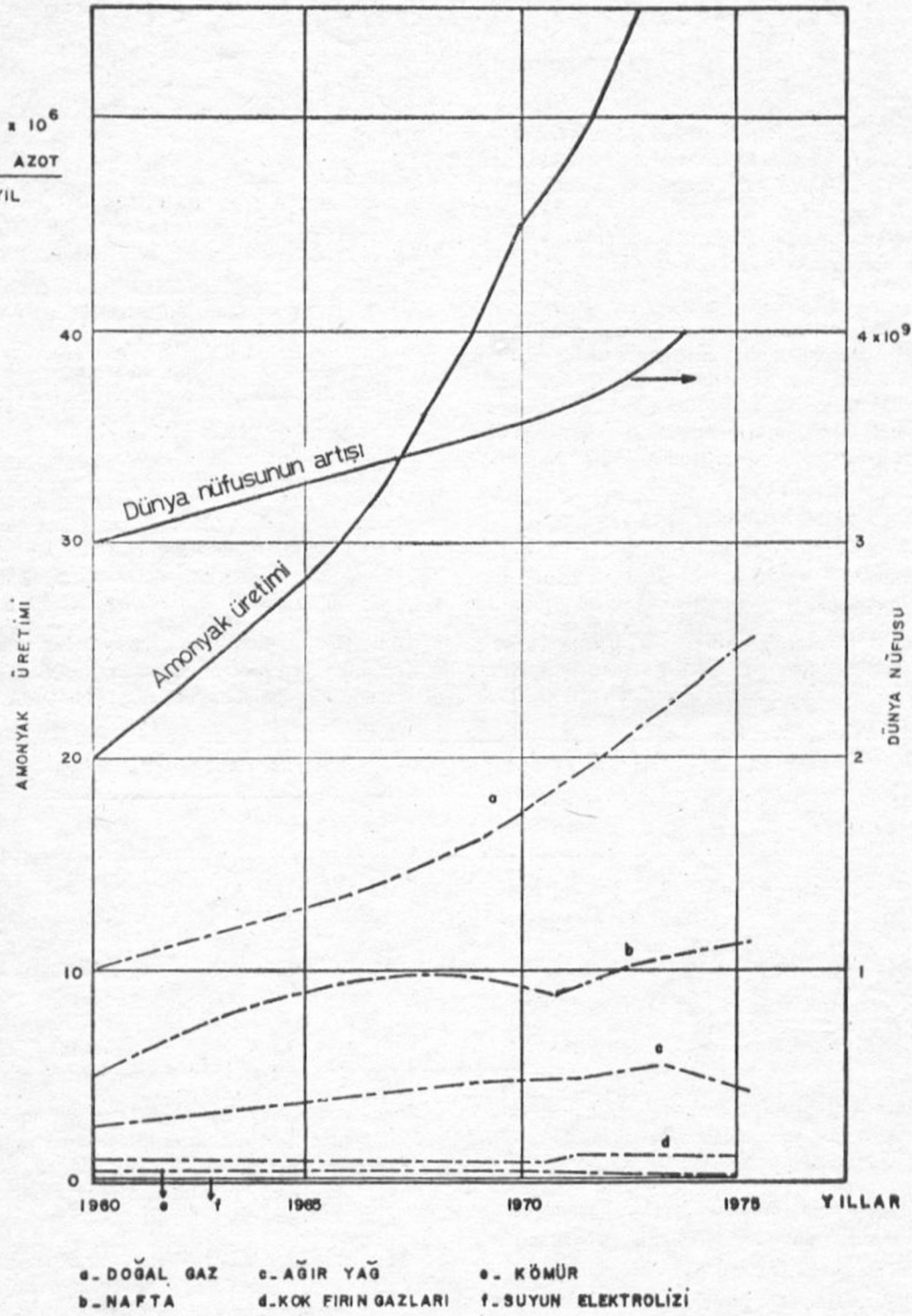
1961/1962 döneminde, ham madde kullanımı içinde, nafta ve doğal gaz toplamı % 63, 1971/1972 döneminde ise % 84 oranında olmuştur.

Doğal gaz ve nafta birbiri yerine kullanılabilir ham maddelerdir. Geçen yıllarda, hammaddenin ekonomik olarak sağlanması durumuna göre, birçok tesis doğal gazdan nafta veya naftadan doğal gaz bazına çevrilmiş veya her iki ham maddeyi kullanabilecek şekilde planlanmıştır.

Son 10 yılda kok fırını gazlarından amonyak üretimi yapacak yeni tesisler kurulmamıştır. Önümüzdeki yıllarda kok fırını gazlarından amonyak üretiminin, genel üretim içinde oran olarak gerileyeceği beklenmektedir.

Son yıllarda BASF ve VEBA Şirketleri tarafından ağır yağları hammadde olarak kullanan 2 büyük tesis kurulmuştur. Önümüzdeki yıllarda, ağır yağların hammadde olarak kullanılmasında artış beklenmektedir.

ŞEKİL:1 DÜNYA AMONYAK ÜRETİMİ VE KULLANILAN HAMMADDELER



KÖMÜRÜN KOKLAŞTIRILMASI VEYA GAZLAŞTIRILMASI BAZINA GÖRE KURULU AMONYAK TESİSLERİ

YIL	SAHİBİ			HAM MADDE	GAZLAŞTI- RICI TİPİ	KAPASİTE Ton NH ₃ /gün
1926	GEWERKSCHAFT MONT-CENIS	Uhde	Almanya	Kok Fırını gaz	Kok fırını	100
1928	HIBERNIA A.G.	»	Almanya	»	»	130
1928	MEKOG	»	Hollanda	»	»	60
1928	ONIA	BASF	Fransa	»	»	50.000ton N/yıl
1929	HIBERNIA A.G.	Uhde	Almanya	»	»	165
1930	MINES DE LENS	»	Fransa	»	»	80
1932	CHINA NATIONAL RAILWAYS	»	Çin	»	»	150
1933	VICTOR CHEMISCHE WERKE A.G.	»	Almanya	»	»	40
1936	TAKI SEIHISHO	BASF	Japonya	»	»	10.000tonN/yıl
1937	CHINA NATIONAL RAILWAYS	Uhde	Çin	»	»	130 (tevsi)
1937	NIHON SUIO	»	Japonya	Kömür	Döner tip jeneratör	80
1937	TEIKOKU KOATSU	»	Japonya	»	»	40
1937	NITROGEN FERTILIZERS	»	İngiltere	Kok fırını gaz.	Kık fırını	40
1937	YAHAGI KOGYO	BASF	Japonya	»	Winkler	10.000ton N/yıl
1938	NIPPON KASEI	»	»	»	»	17.000 »
1938	DAI NIHO	»	»	»	Kok fırını	11.000 »
1938	NITTO KAGAKU	»	»	»	»	11.000 »
1939	VICTOR CHEMISCHE WERKE A.G.	Uhde	Almanya	»	»	140
1940	OSTERREICHISCHE STICKOFF WERKE	BASF	Avusturya	»	»	50.000 tonN/yıl
1949	SEFANİTRO	«	İspanya	»	»	39.000 »
1950	TYPPI OY	Uhde	Finlandiya	Kömür	Totzek	60
1951/54	FABRIKA AZOTNIH	BASF	Yugoslavya	Linyit	Winkler	8.000 ton N/yıl
1955/56	RUHRÖL GmbH	«	Almanya	Kok fırını gaz.	Kok fırını	50.000 »
1955/56	CALVO SOTELO	«	İspanya	Linyit	Winkler	15.000 »
1955	HIBERNIA AG	Uhde	Almanya	Kok fırını gaz.	Kok fırını	125 (tevsi)
1955	JUTE MILS	«	Hindistan	Kömür	Döner tip jeneratör	40
1955	KRUPP	«	Almanya	»	»	160
1955	TYPPI OY	«	Finlandiya	Ağır yağ veya kömür	Totzek	60 (tevsi)
1955	HIDRO NİTRO ESPANDA S.A.	«	İspanya	Kömür (Antrasit)	Döner tip jeneratör	20
1958	MINISTRI OF COMMERCE KOREA	«	Kore	»	Basıncılı çalış- an jenerat.	146
1959	HİNDİSTAN STEEL LTD.	«	Hindistan	Kok fırını gaz.	Kok fırını	464
1960/61	AZOT SANAYİİ	BASF	Türkiye	Linyit	Winkler	119
1962	SİDERURGİCA S.A.	Uhde	İspanya	Kok fırını gaz.	Kok fırını	160
1963	CHEMİCAL FERTILIZER LTD.	«	Tayland	Linyit	Totzek	100
1963	COMLEXE INDUSTRIEL DE AN-HOA	«	Vietnam	Kömür (Antrasit)	Döner tip jeneratör	120
1965	EMPRESA NACIONAL SİDERURGİCA S.A.		İspanya	Kok fırını gaz.	Kok fırını	160
1968	AZOT SANAYİİ	KOPPERS	Türkiye	Linyit	Koppers. Totzek	340

Güney Afrika ve Hindistan'da kömür bazına dayalı, 1000 ton amonyak/ gün kapasiteli, 4 tesisin kuruluşu bitmiştir. Bu tesislerin tam kapasite ile devreye girmesi, kömürden amonyak üretiminde 1 ilâ 1,2 milyon ton/yıl artış sağlayacaktır. Son yıllarda dünyada hakim olan görüş, hızla artan petrol ve doğal gaz fiyatları karşısında kömürün amonyak üretiminde ham madde olarak, tekrar önem kazanacağı şeklindedir. Ancak, aynı kapasiteli kömüre dayalı bir tesisin sabit yatırım tutarı yaklaşık 2 kat olmaktadır. Bununla birlikte, uygun fiyat ve kalitenin sağlanması, yerli ham maddenin kullanılması, kuruluş yerinin özellikleri gibi etkenler dikkate alınırsa, kömür diğer amonyak ham maddeleri ile rekabet edebilir ola-

rak, görülmektedir.

1.2. Kullanılan Kömür Kaliteleri

Antrasitten, linyite kadar olan değişik kalitede kömürler, amonyak hammaddesi olarak kullanılmaktadır.

Son yıllarda Hindistan ve Güney Afrika'da kurulan 1000 ton/gün gibi büyük kapasiteli tesislerde kullanılan kömürler taş kömürü kalitesindedir.

Kullanılan linyitler hakkında bir görüş vermesi amacı ile Türkiye, İspanya ve Yunanistan'da amonyak üretiminde kullanılan linyitlerin analizlerinden bazı değerler aşağıda verilmiştir;

ÇİZELGE 3 — Amonyak Üretiminde Kullanılan Linyit Bileşimleri

Element	Kütahya/Türkiye		Puentes/İspanya		Ptholemais/Yunanistan	
	Külsüz ve susuz kömürde %	Susuz kömürde %	Külsüz ve susuz kömürde %	Susuz Kömürde %	Külsüz ve susuz kömürde %	Susuz Kömürde %
C	63.98	44.79	62.45	49.8	66.18	54.72
H	6.15	4.30	4.53	3.6	4.81	3.95
S	4.00	2.80	2.38	1.9	1.24	1.02
N	0.87	0.61	0.76	0.6	1.73	1.41
O	25.00	17.50	29.83	23.8	26.04	21.43
Kül	—	30.00	—	20.3	—	17.47
Toplam	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

1.3. Amonyak Üretimi Teknolojisi

Gazlaştırma proseslerine geçmeden önce, amonyak üretiminde kullanılan ham maddeler ve amonyak üretiminin aşamalarına kısaca değinmek te yararlı olacaktır.

Amonyak üretimi iki aşamada olmaktadır.

1 — Sentez gazı üretimi

2 — Amonyak sentezi

Sentez gazı 3/1 oranında H_2/N_2 karışımıdır. Sentez gazının elde edilmesinde, işlemlerin çok büyük bir kısmı, gerekli hidrojenin istenilen saflıkta elde edilmesi için yapılmaktadır.

H_2 kaynağı olarak

- Linyitten - Antrasite kadar değişik özellikte kömürler,
- Kok fırını gazları
- Ağır Yağlar,
- Nafta,
- Doğal gaz,

f) Su (elektroliz yoluyla) kullanılmaktadır.

Azot, hava ayırma tesislerinden, azot gazı olarak alınmakta veya reformerlere verilen havadan sağlanmaktadır.

Gazlaştırıcılardan çıkan ham gaz, amonyak sentezi aşamasına dek, başlıca

— H_2S , COS den arıtma,

— CO_2 den arıtma,

— Metanlaştırma veya sıvı azotla yıkama,

— Sentez basıncına sıkıştırma

işlemlerinden geçirilmektedir.

Elde edilen sentez gazı, proseslere göre değişik basınç ve sıcaklıklarda, katalizör üzerinden geçirilerek amonyak elde edilir.

1.4. Kömür Gazlaştırma Yöntemleri

Kimya Sanayiinde, 1910 yılından sonra, amonyak ve metanol sentezi için sentez gazı ve 1930 yılından sonra da yakıt üretimi için hidrojene olan gerek-

sinmenin artması ile, gazlaştırma proseslerinin gelişimi sürecine girilmiştir.

Bu gelişme, 1950 yıllarında, daha ucuz petrol ürünleri ve doğal gazın kullanılmasıyla durgun bir devreye girmiştir.

Gazlaştırma Prosesleri

- 1 — Parça yakıtların gazlaştırılması
- 2 — İnce taneli yakıtların gazlaştırılması
- 3 — Kömür tozunun gazlaştırılmasında kullanılan prosesler olarak sınıflandırılabilir.

1 — Parça Yakıtların Gazlaştırılması

En geliştirilmiş yöntem LURGI - Basınçlı gazlaştırma prosesidir. Parça şeklindeki kömürler, gazlaştırıcıya, sabit yatak içinde (25 bar civarında) basınç altında gazlaştırılırlar. Gazlaştırma 1200°C nin altındaki sıcaklıklarda yapılmaktadır.

Gazlaştırıcıların kapasitesi 35.000 - 50.000 Nm³/s değerlerindedir.

2 — İnce Taneli Yakıtların Gazlaştırılması

Bu tür yakıtlar içinde en geliştirilmiş olanı, WINKLER yöntemidir. İnce öğütülmüş kömürler, gazlaştırıcıya buhar ve oksijen verilerek, akışkan yatakta, külün erime sıcaklığının altında gazlaştırılır. Gazlaştırıcıların kapasitesi 50.000 Nm³/s değerine kadar çıkmaktadır.

3 — Kömür Tozunun Gazlaştırılması

En çok kullanılanı KOPPERS-TOTZEK Yöntemidir. Kömür tozları, içine buhar katılmış oksijenle, püskürtme memeleri önündeki, tepkime alevi içinde gazlaştırılırlar. Linyitten-taş kömürüne dek olan bütün kömürler gazlaştırılabilir. Yardımcı donatım ve ham gaz işleme tesislerinde uygun değişiklikler yapıldıktan sonra, aynı gazlaştırıcıda fuel-oil, nafta, doğal gaz veya kok fırını gazları, kömür yerine kullanılabilir.

Büyük gazlaştırıcılar 4 adet gazlaştırma başlığı ile donatılmışlardır ve 50.000 Nm³ (CO+H₂)/saat gazlaştırma kapasitesine erişmektedirler.

Son 20 yılda, büyük, teknik gazlaştırma tesisleri, başlıca, LURGI ve KOPPERS-TOTZEK Yöntemine göre kurulmuştur.

1.5. Değişik Ham Madde Bazlarına Göre Amonyak Tesisi Yatırım Tutarı :

1000 Ton/gün kapasiteli, değişik hammadde bazlarına dayalı amonyak tesislerinin yatırım tutarı, 1974 yılı Almanya fiyatları ile (Üretim Üniteleri sınırı içindeki üniteleri kapsayacak şekilde) Çizelge 4 de verilmiştir.

Kömür bazına dayalı bir amonyak tesisinin fiyatı görüldüğü gibi, nafta bazına göre kurulmuş bir tesisten yaklaşık 2 kat daha pahalıdır.

Gemlikte kurulacak 1000 t/gün kapasiteli amonyak tesisinin yaklaşık bir milyara çıkacağı tahmin edilmektedir. (Yardımcı tesisler, lojmanlar, içari binalar, faizler ve diğer giderler ile birlikte) Yeni kurulacak Gemlik amonyak tesisinin yatırım masrafı esas alındığında, kömür bazına göre kurulacak 1000 ton/gün kapasiteli bir amonyak tesisinin sabit yatırım tutarının yaklaşık 2 milyar liraya çıkacağı söylenebilir.

1.6. Amonyak Maliyeti

Yurdumuz koşulları dikkate alındığında, amonyak maliyetleri nafta ve kömür kullanımlarına göre karşılaştırılırsa:

Dünya nafta fiyatı	100	\$/ton
Dünya amonyak fiyatı F.O.B.	96.75	\$/ton
C.I.F. (Samsun)	130	\$/ton
Kömür (Kütahya-Seyitömer) (Fabrika teslim)	60	TL/ton
Kütahya Azot İşletmelerinde Amonyak Maliyeti (I. İşl.)	2.901	TL/ton
(1974 Yılı değerleri) (II. İşl.)	2.844	TL/ton
1975 Yılı programına göre amonyak maliyeti	3.000	TL/ton

Amonyak fiyatı hatırlanacağı gibi birkaç yıl önce 480 \$/ton değerine dek yükselmiştir.

ÇİZELGE 4 — Amonyak Tesislerinin Yatırım Masrafları

Yatırım Masrafları	Doğal Gaz (Katalitik parçalanma)	Nafta (Katalitik parçalanma)	Ağır Yağlar (Kısmi Oksidas- yon)	Taş Kömürü (Basınçlı Gazlaştırma)
— Toplam Yatırım (DM)	100.10 ³	105.10 ³	140.10 ⁶	210.10 ⁶
— Ton NH ₃ başına Yatırım (DM)	303	318	424	635

Gazlaştırma Prosesleri

YAKIT (HAM MADDE)	KÖMÜRLEŞME DERECEŞİ TANE İRİLİĞİ (mm)	KÖMÜRLEŞMİŞ AZ KÖMÜRLEŞMİŞ PARÇA (8 - 50 mm)	AZ KÖMÜRLEŞMİŞ OLDUKÇA KÖ- MÜRLEŞMİŞ İNCE TANELİ (1-8mm)	İYİ KÖMÜRLEŞMİŞ TOZ (0-1mm)
DİĞER REAKSİYONLARA GİRENLERİN HAREKET YÖNÜ		TERS AKIM		PARALEL AKIM
GAZLAŞTIRMA SİRASINDA HAMMADENİN DURUMU		SABİT YATAK	AKIŞKAN YATAKLI	KATI_GAZ, TOZ BULUTU, KARIŞIM (SİKLO)
GAZLAŞTIRICI İÇİNDE YAKIT MADDESİNİN (HAMMADDE) KİSMEN YAKILMASIYLA ISICA BESLEME	DEVAMLİ HAVA AKIMI	İZGARALI JENERATÖR + YAŞ TABLALI JENERATÖR +	WINKLER ++ WINKLER_FLESC (1) BASF_ FLESC_DEMAG (1)	WIRBELKAMMER RUHRGAS +
	DEVAMLİ OKSİJEN AKIMI	YAŞ TABLALI JENERATÖR + İZGARALI JENERATÖR +	WINKLER ++ BASF_ FLESC_DEMAG	KOPPERS_TOTZEK ++ BABCOCK VE WILCOX / DU PONT +
	DEVAMLİ OKSİJEN AKIMI (BASINÇ ALTINDA)	LURGI_BASINÇLI JENERATÖRÜ ++		TEXACO
	YAKMA YATAĞINDA, KESİKLİ OLA RAK HAVA VE ISI BESLEMELİ	KOK_ / KÖMÜR_ SU GAZI JENERATÖRÜ +		
HAM MADDENİN BİR KISMININ VEYA DİĞER BİR YAKITIN GAZLAŞTIRMA ODASININ DIŞINDA YAKILMASIYLA ISICA BESLEME	DİŞAN ISITMA	DIDIER_BUBIAG KOPPERS_(JAPON) +	FUEL_RESEARCH, (LONDRA)	
	HAREKETLİ ISI BESLEMESİ a) KATI ISI TAŞIYICILARLA		ICI (2)	LURGI_RUHRGAS (3)
	b) GAZ ISI TAŞIYICILARLA	PINTSCH + HILLEBRAND KOPPERS_ SCHWARZHEIDE +		SCHMALFELD + LUTZKENDORF (4)
	c) SIVI ISI TAŞIYICILAR			RUMMEL_OTTO METODU +
1) YAKIT MADDESİNİN YİĞİLME HAZIRLIĞI AKIŞKAN YATAK İÇİNDE GAZLAŞTIRMA SABİT YATAK İÇİNDE YUKARIDAN AŞAĞIYA DOĞRU 2) ISICA BESLEME KATI_GAZ KARIŞIMINDA KİSMEN YANMAYLA, GAZLAŞMA AKIŞKAN YATAK İÇİNDE 3) ISI DEĞİŞİMİ TERS AKIM HALİNDE 4) ISICA BESLEME BİRLEŞTİRİLMİŞ ++ BÜYÜK İŞLETMELER (GÜNÜMÜZDE ÜRETİMDEDİR) + ENDÜSTRİ ÇAPINDA DENENMİŞTİR				

ÇİZELGE 5 — Değişik Hammadde Bazlarına Gö re Amonyak Maliyeti

		Doğal Gaz Katalitik Parçalanma		Nafta Katalitik Parçalanma		Ağır Yağlar Kısmı Oksidasyon		Taş Kömürü Basıncılı Gazlaştırma		Linyit Basıncısız Gazlaştırma	
YATIRIM TUTARI (330.10^3 t NH_3 /yıl)	DM ve DM/t NH_3 /yıl	100.10 ⁶	303	105.10 ⁶	318	140.10 ⁶	424	210.10 ⁶	635	210.10 ⁶	635
İŞLETME SERMAYESİ (330.10^3 t NH_3 /yıl)	DM ve DM/t NH_3 /yıl	12.10 ⁶	36	15.10 ⁶	45	15.10 ⁶	45	25.10 ⁶	75	25.10 ⁶	75
AMONYAK MALİYETİ	Birim Fiyat	DM/t NH_3	%	DM/t NH_3	%	DM/t NH_3	%	DM/t NH_3	%	DM/t NH_3	%
HAM MADDE MASRAFI (Fabrika Teslim) TOKETİM:											
DOĞAL GAZ 8,5.10 ⁶ Kcal/t NH_3	30 DM/10 ⁶ Kcal	255	71								
NAFTA 0,85. t/t NH_3	390 DM/t			332	75						
AĞIR YAĞ 1,03. t/t NH_3	185 DM/t					190	57				
TAŞ KÖMÜRÜ 7000 Kcal/kg 1,7 t/t NH_3	130 DM/t							221	46		
LİNYİT 2500 Kcal/kg 6,5 t/t NH_3	25 DM/t									162,5	39
SU, YARDIMCI MADDE, İŞLETME MALZEMESİ İŞLETME SERMAYESİ FAİZİ		20	6	23	5	27	8	35	7	35	8
İŞÇİLİK MASRAFI		10	3	10	2	15	5	70	15	70	17
YATIRIMA BAĞLI MASRAFLAR (Amortisman, Tamir, Bakım vb.)	(Yıllık % 24)	73	20	76	18	102	30	152	32	152	36
TOPLAM	—	358	100	441	100	334	100	478	100	419,5	100

Amonyakın ani olarak düşen fiyatının, petrole yapılan son % 10 oranındaki zamdan sonra, amonyak piyasasında yeni dalgalanmaların olmasıyla tekrar yükseleceği ve artık fazla değişiklik göstermeyeceği zannedilmektedir. Bu durumdan sonra, dünya amonyak fiyatı ile yurdumuzda kömürden üretilen amonyak fiyatı arasında pek fazla bir fark kalmayacaktır.

Yeni bir devalüasyondan sonra ise, kolaylıkla rekabet edebilir bir duruma gelinecektir.

Değişik ham madde bazlarına göre amonyak maliyeti, Çizelge-5 de gösterilmiştir. Çizelge 1974 yılı Almanya fiyatlarına göre düzenlenmiştir. Ham madde olarak gösterilen kömür taşkömürüdür. Yurdumuz koşullarını da dikkate alarak, linyitten amonyak maliyetini vermek üzere, linyitten amonyak üretiminin maliyeti de çizelgeye eklenmiştir.

Kütahya Azot İşletmelerine fabrika teslimi 60 TL/ton fiyatıyla Seyitömer linyitleri verilmektedir. Linyit verilme koşulları ve taşıma masrafları dikkate alınarak, linyitin tonu 150 TL. kabul edilmiştir. Ham madde fiyatının 25 DM/ton olacağı

varsayılarak hesaplama yapılmıştır. Hesaplama taş kömürünün basınçlı gazlaştırılması ile amonyak üretimi yapılması durumu için, yatırım ve işletme masrafları kullanılmıştır. Linyit kullanılması durumu için yatırımın ve işletme masraflarının biraz daha büyük olabileceği dikkate alınır sa, linyitten amonyak maliyeti, nafta bazına dayalı amonyak maliyeti seviyesinde olacağı anlaşılmaktadır.

1.8. Amonyak Üretimi İçin Tipik Tüketim Değerleri

Modern büyük tesisler, madde ve enerji akımının birleştirilmiş bir sistemi olarak plânlanmışlardır. Üretim sırasında açığa çıkan ısı, aşırı ısıtılmış yüksek basınçlı buhar elde etmekte ve büyük makinelerin türbinlerle çalıştırılmasında kullanılmaktadır. Küçük makineler ve işletmeye alma döneminde çalıştırılması gereken makineler elektrik motorları ile çalıştırılmaktadır. Gerekli elektrik enerjisi, genellikle bir jeneratörde üretilmektedir. Bu enerji için az miktarda ek yakıt gerek-mekte ve bu yatırımı arttırmaktadır.

ÇİZELGE 6 — Bir Ton Amonyak Üretimi İçin Gerekli Tüketim Değerleri

Proses	Ham Madde ve Enerji (Kal)	Elektrik (kws)	Kazan Besleme Suyu (m ³)	Soğutma Suyu (m ³)
— Suyun Elektrolizi	—	10.000	1,8	150
— Kok Fırını Gazları	2000 Nm ³ H ₂	1.200	—	150
— Kömür Gazlaştırma ((Basıncısız)	14,0.10 ⁹	—	1,7	500
— Kömür Gazlaştırma (25 Bar)	11,6.10 ⁹	—	2,25	400
— Ağır Yağların Gazlaştırılması	9,8.10 ⁹	—	2,7	300
— Nafta	8,8.10 ⁹	—	2,8	200
— Doğal Gaz	8,5.10 ⁹	—	2,8	175

2 — YURDUMUZDA AMONYAK ÜRETİMİ

Yurdumuzda amonyak üretimi, 1961 yılı Ekim a-

yında Kütahya Azot İşletmelerinin çevreye alınması ile başlamıştır.

ÇİZELGE 7 — Kurulu ve Kurulacak Olan Amonyak Tesisleri

A d ı	İşletmeye Alınma Tarihi	Kapasite Ton/gün	Ham Madde
— Kütahya Azot İşletmeleri	Ekim - 1961	119	Linyit
— Kütahya Azot İşletmeleri, Tevsi Tesisleri	Eylül - 1963	340	Linyit
— İGSAS	1976 ortası	1000	Nafta
— Gemlik Amonyak Tesisi, DPT'na sunulmuş olan projeler	1978 sonu	1000	Nafta
— IV Gübre Kompleksi Amonyak Tesisi	1979 sonu	950	Nafta
— Mersin Amonyak Tesisi	1980 başı	800	Nafta

ÇİZELGE 8

Y I L L A R	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
GAZ AMONYAK (TON)	28946	40154	42624	42076	43984	43986	40892	73048	110518	104241	119890	89660	96632
SIVI AMONYAK (TON)	76	79	110	154	141	154	212	265	283	341	433	516	626
BUHAR (TON)	177 500	202 102	230 147	209 700	195 800	199 170	366 853	403 350	408 075	1047 272	1307 616	1113 210	1323 280
KÖMÜR (TON)	197 603	251 902	262 814	266 865	269 764	283 700	474 570	589 400	775 055	737 709	828 215	679 072	765 230
ELEKTRİK (KWH) X 1000	110 689	132 522	139 172	134 404	136 104	138 498 611	221 168	260 201	324 634	313 689	331 959	263 807	294 606
TON KÖMÜR / TON AMONYAK	6.81	6.28	6.15	6.32	6.11	6.43	11.55	8.04	6.99	7.05	6.89	7.53	7.87

NOT: 1968-1969 YILLARINDA TEVSI TESİSLERİNİN İŞLETMEYE ALINDIĞI VE İŞLETME GÜÇLÜKLERİNİN GİDERİLDİĞİ YILLAR OLDUĞU İÇİN KÖMÜR TÜKETİMİ 1155 TONA SÇRAMIŞTIR.

2.1. Kütahya Azot İşletmelerinde Gazlaştırma ve Amonyak Üretimi Yöntemleri :

İlk kurulan amonyak tesisinde, Seyitömer Linyitleri 2 adet Winkler Jeneratöründe gazlaştırılmakta, Haber-Bosch metoduna göre amonyak elde edilmektedir.

Tevsi tesislerinde, linyitler 4 adet Koppers-Totzek gazlaştırıcısında gazlaştırılmaktadır. 450 atü basınçta Casale metoduna göre amonyak sentezi yapılmaktadır.

2.2. Amonyak Üretiminde Kullanılan Kömür Miktarı

Kütahya Azot İşletmelerinde yılda 800.000 ton civarında kömür kullanılmaktadır. Değişik yılların ortalamasına göre, ton amonyak için kullanılan kömür miktarı 6,5 tondur. Değerler Çizelge 8 de görülmektedir.

2.3. Amonyak Üretiminde Kullanılan Kömür Kalitesi

ÇİZELGE 9 — Kütahya Tevsi Tesisleri Mukavelesinde Verilen Değerlere Göre

Kömür kalitesi	Alt değeri	Tipik değeri	Üst değeri
Nem	40	33	24
Kül (susuz kömürde)	35	30	25
Kükürt (susuz ve külsüz kömürde)	6	4	2
Alt ısı değeri (Kkal/kg)			
(susuz ve külsüz kömürde)	6000	6200	6700
Hard grove İndeksi	40	30	26
Susuz ve Külsüz Kömürün Elemanter Analizi (Ağırlık % si)			
C (Organik)	61.54	63.98	67.39
H	6.09	6.15	6.98
S (yanabilir)	6.00	4.00	2.00
N	0.21	0.87	1.09
O	26.16	25.00	22.54
T O P L A M	100.00	100.00	100.00
Külün yumuşama noktası (°C)	1300	1180	1050
Külün erime noktası (°C)	1400	1240	1100
Külün akma noktası (°C)	1450	1390	1300

1971 - 1974 yılları arasında, Kütahya Azot İşletmelerinde kullanılan Seyitömer linyit kömürünün kül ve nem durumları Çizelge 10 da görülmektedir. (Yıllık ortalama yüzde değerleri)

ÇİZELGE 10 — Kütahya Azot İşletmelerinde Kullanılan Kömürün Kül ve Nem Durumu;

1971	1972	1973	1974
Kül Nem	Kül Nem	Kül Nem	Kül Nem
31,0 36,2	31,8 36,9	32,1 37,7	31,6 37,6

Kül ve nemin ortalama değerleri, tablodan da görüleceği gibi, mukavelede belirtilen tipik değerlerin üzerinde olmuştur.

2.4. Düşük Kaliteli Kömürün Amonyak Üretimine Etkileri

Kütahya Azot İşletmelerinde üretimi etkileyen başlıca unsurlardan birisi de, kömür kalitesinin düşük olmasıdır. Meydana gelen başlıca arızalar şöyle sıralanabilir:

- 1 — Sevk sistemlerinde güçlükler,
- 2 — Kömür kurutucularının istenilen kapasite ile çalıştırılmaması,
- 3 — Buhar üretiminde düşüklük, veya buhar üretiminin yapılamaması,
- 4 — Winkler jeneratörlerinde, gazlaştırıcı iç yüzeyinin curufla kaplanması, oksijen ve buhar memelerinin tıkanması, kül atma sistemlerinde arızalar.

Koppers-Totzek jeneratöründe, kül atma sistemlerinde arızalar,

Gazlaştırıcının erimiş kül çıkışında tıkanmalar.

İşletme raporlarının incelenmesinden elde edilen sonuçlara göre, düşük kaliteli kömür nedeniyle, son yıllardaki yıllık gübre üretim kaybı 6-10 milyon TL. sı, düşük kaliteli kömür nedeniyle fazla kömür kullanma miktarı, 100.000 ton ve paraca değeride 5-6 milyon TL. olmuştur.

Düşük kaliteli kömür kullanılması zorunluluğu, yukarıda belirtilen masrafların yanısıra ayrıca aygıtların normalden daha hızla aşınmalarına neden olmakta, tamir-bakım ve işçilik giderlerini arttırıcı rol oynamaktadır.

2.5. Amonyak Üretimi İçin İstenilen Kömür Kalitesi ve Miktarı

Kömür hakkında karar verilmesinde başlıca etkenler şunlardır :

- 1 — Isı değeri
- 2 — Rezerv miktarı
- 3 — Elemanter analizi
- 4 — Tane iriliği
- 5 — Rutubeti
- 6 — Kül miktarı
- 7 — Külün bileşimi ve erime noktası
- 9 — Öğütülebilme özelliği

2.5.1. Isı Değeri

Bu etkenler içinde en önemlisi kömürün ısı değeridir. Kömürün ısı değeri, başlıca, kömür içindeki karbon ve hidrojen içeriğiyle belirlenmekte, bunların oranı arttıkça ısı değeride artmaktadır.

Kömürün ısı değerinin yüksek olması, içindeki C, H içeriğinin yüksek ve kömürden elde edilecek gaz içindeki ($\text{CO} + \text{H}_2$) gazları oranının büyük olacağını, göstermektedir. Amonyak sentezi için gerekli H_2 gazı ise ($\text{CO} + \text{H}_2$) gaz karışımının bütünüyle H_2 ne çevrilmesi ile elde edilir.

Seyitömer linyitlerinin orijinal kömürde, alt ısı değeri 2500 Kkal/kg. dır. Kömür içindeki kül ve rutubetin standard değerleri olan % 30 kül % 33 rutubetin üzerine çıkması, belirtilen pekçok aksaklıklara neden olmaktadır. Belirtilen değerlerin üzerine çıktığında, kömür içindeki karbon ve hidrojen elementleri yüzdesi, dolayısıyla ısı değeri düşmektedir.

Elde edilen bilgilere göre, dünyada çok düşük ısı değerinde linyitlerle çalışan amonyak tesisleri mevcut değildir. Son yıllarda Hindistan ve Güney Afrikada kurulan 1000 ton/gün kapasiteli tesislerde taş kömürü kullanılmaktadırlar.

2500 Kkal/kg ısı değerinden daha düşük ısı değerinde kömürler kullanıldığında, daha fazla kömür kullanılacak, kömür hazırlama, kurutma, gazlaştırma, gaz temizleme ünitelerinin kapasiteleri daha yüksek, dolayısıyla yatırım daha yüksek olacaktır. Taş kömürü kullanılması durumu için bile, kömür bazına dayalı bir tesisin yatırım tutarı, nafta bazına dayalı bir tesisin 2 katı olmaktadır. Çok düşük ısı değerli kömürler kullanıldığında, yukarıda sayılan nedenler dolayısıyla yatırım, 2,5 katına dek çıkabilecektir.

Azot Sanayiinin, Kütahya Azot İşletmelerinde elde edilen bilgiler ve tecrübelerle dayanarak, amonyak üretiminde kullanılacak kömürlerin ısı değerinin 2500 Kkal/kg değeri ile sınırlandırılması ve daha düşük ısı değerine sahip kömürlerin, amonyak üretiminde kullanılması için uygun olmadığı görüşüne varılmıştır.

2.5.2. Rezerv Miktarı

Teknik literatürde verilen değerlere göre, kömürün basınçsız gazlaştırılması yönteminde, toplam proses + yakıt gereksinmesi olarak ton amonyak başına $14 \cdot 10^9$ kal gereklidir.

2500 Kkal/kg ısı değerinde kömür kullanıldığında; $14 \cdot 10^9 / 2500 \cdot 10^3 = 5,6 \cdot 10^6 \text{ kg.} = 5,6 \text{ ton}$ kömür kullanılmasıdır.

% 10 toleransı ile bu değer, yaklaşık 6,5 ton kömür/ton amonyak olarak varsayılabilir.

Kütahya Azot İşletmelerinde de ton amonyak başına kullanılan kömür miktarı, değişik yılların ortalaması olarak 6,5 tondur.

Amonyak sentezi teknolojisindeki son gelişmeler nedeniyle ekonomik alt kapasite sınırı, 600 t/gün

değerine yükselmiştir. Son zamanlarda amonyak tesisleri ise genellikle 1000 t/gün kapasitede kurulmaktadır.

600 t/gün kapasiteli, 2500 Kkal/kg. ısı değerinde kömür kullanılan bir amonyak tesisi için gerekli rezerv miktarı, (40 yıl üzerinden) hesaplanırsa;

$600 \times 6,5 \times 300 \times 40 = 46,8$ milyon ton, kömürdür.

Daha yüksek ısı değerince kömürler kullanıldığında, artan ısı değerine ters orantılı olarak, ton amonyak üretiminde kullanılabilirliğine ancak, yukarıda sayılan diğer etkenler incelendikten sonra kesin olarak karar verilebilecektir.

Diğer etkenler için, kesin sınırlayıcı değerler verme olanağı bulunmamaktadır. Teknolojik gelişmelere ve gazlaştırma yöntemlerindeki değişimlere bağlı olarak sınır değerleri çeşitlilik gösterebilir.

Daha önce, son zamanlarda kurulmakta olan büyük kapasiteli, kömür bazına dayalı amonyak tesislerinin (Güney Afrika ve Hindistan'da) ham madde olarak taş kömürünü kullanmak üzere projelendirilicikleri, İspanya ve Yunanistan'da amonyak üretiminde kullanılan linyitlerin kül yüzdesi bakımından, yurdumuzda kullanılan linyit kalitesinden daha iyi oldukları açıklanmıştı. Ayrıca teknik literatürde, bu kalitenin altında linyitleri kullanan, amonyak tesislerine rastlanmamıştır.

Dünyada kullanılan gazlaştırma yöntemlerinin, yurdumuzun düşük kaliteli (ısı değeri 2500 Kkal/kg. değerinden düşük) linyitlerine uygulanması, teknolojik sorunları bilinmeyen ve henüz yeterli bir şekilde denememiş fabrikalar ortaya çıkarmaktadır.

Buna bir örnek Kütahya'da kurulan son kömür gazlaştırma tesisleri olmuştur. 1968 yılı sonunda işletmeye alınan bu tesislerde ancak ortalama % 60 kapasite kullanımıyla amonyak üretimi yapılabilmektedir. Günümüze dek geçen sürede kendi olanaklarımız ve işgücümüzle teknolojik sorunlara çözüm getirilebilmiştir. Bu durum yurdumuzdaki teknik işgücünün, bilgi ve deneyim birikiminin yeni bir kanıtıdır.

Amerika da yeni gazlaştırma yöntemlerinin geliştirilmesi amacıyla 1975 - 1978 dönemi için 1,32 mil-

yar \$ ayrılmıştır. Avrupa'daki çalışmalar, kısa sürede denenmiş proseslerin geliştirilmesi yönündedir. Gazlaştırılan kömür kalitesinin daha değişik türlerini kullanabilmek, gazlaştırma kapasitesini artırabilmek, kömür tozlarının basınç altında gazlaştırılmasını sağlamak üzere çalışmalar yapılmaktadır.

Yabancı tekellerin gazlaştırma konusundaki araştırmalarına yeni bir deneme alanı olmaya olanak tanımadan, yurdumuzdaki düşük kaliteli linyitlerin değerlendirilmesi için, en uygun gazlaştırma yöntemleri, kendi olanaklarımızla en kısa sürede araştırılarak, gerekli teknoloji üretilmelidir.

Kütahya Azot İşletmelerinde 15 yıla yakın bir süredir, linyitten amonyak üretimi yapılması konusundaki tecrübeler ve mevcut gazlaştırıcılar, yapılacak araştırmalara önemli ölçüde yardımcı olacaktır.

Yeni kurulacak amonyak fabrikalarının birinin yatırım tutarı 1000 t/gün kapasiteli ve nafta bazına dayalı bir milyar liradan aşağı değildir. Proje tutarının yalnızca % 1 - 2 sinin, yeni gazlaştırıcı tiplerinin araştırılması için ayrılması, para konusunda karşılaşılan güçlüklerin çözümünü sağlayabilecektir.

2.6. Kurulmakta Olan veya Kurulacak, Naftaya Dayalı Amonyak Tesisleri

Yıllara göre nafta gereksinmesi Çizelge 11 de gösterilmiştir.

1000 t/gün kapasiteli bir amonyak tesisi, örneğin Gemlik Amonyak Tesisi yaklaşık 1 milyar TL. sına malolacaktır. Yapılacak yatırımın % 50 sinin TL. sı % 50 sinin döviz olarak karşılanacağı gözönüne alınırsa, döviz gereksinmesi;

$500.000.000/15 = 33,3$ milyon \$ olacaktır.

Naftanın değeri dünya piyasalarında yaklaşık 100 \$/ton dur.

Yılda naftaya ödenecek döviz;

$257.000 \times 100 = 25.700.000$ \$ değerinde olacaktır.

Fabrikanın ilk kuruluşunda gerekli olan 33,3 milyon \$ döviz ile, her yıl naftaya ödenecek 25,7 milyon \$ döviz değerinin karşılaştırılması, yerli ham madde kaynaklarımıza dönmenin derhal gerçekleşmesi gereğini ortaya koymaktadır.

ÇİZELGE 11 — Yıllara Göre Nafta Gereksinmesi (Ton)

	1979	1980	1981	1982 ve sonraki yıllar
— Gemlik Amonyak Tesisi	187.000	238.000	257.000	257.000
— Akdeniz Amonyak Tesisi	—	129.000	180.000	216.000
— IV. Gübre Kompleksi Amonyak Tesisi	46.300	170.000	228.250	257.100
T O P L A M	233.300	538.000	665.250	730.100

Kömürün Kimyasal Madde ve Sıvı Yakıtlara Dönüştürülmesi

1.1. Giriş

1859 Yılında Albay Drake'in Pensilvanya'da ilk petrol kuyusunu açmasından sonra, 1901 yılında Meksika'da ilk ekonomik petrol üretiminin yapılması ile «Petrol Devri» başlamış oldu. Yine aynı yıllarda 1908'de Trinidad'ta, 1908'de İran'da ve 1911 yılında Borneo'da petrol üretimi başladı. Bu sürede ilk Amerikan, İngiliz ve Hollanda petrol şirketleri kuruldu. Rockefeller'in Standard Oil, Deterding'in Dutch ve Samuel'in Shell şirketleri günümüze kadar gelen büyük bir petrol savaşının ilk aktörleri olarak sahneye çıktılar.

Petrol, daha az masrafla daha fazla üretim sağlaması, çıkarılmasının daha kolay ve daha az riskli oluşu, az yer kaplaması, kolay depolanması ve nakledilmesi, aynı amaç için kullanıldığında, gerek yatırım gerekse işletme giderleri yönünden daha ekonomik oluşundan dolayı 20. yüzyılda kömüre büyük üstünlük sağladı ve büyük ölçüde kömürün yerini aldı.

1910 yılında günlük 900.000 (*) VARİL olan ve o gün için çok büyük bir değer sayılan dünya petrol üretimi, 1964'te 29 milyon varili ve günümüzde de 52 milyon varili buldu.

Petrol üretimindeki artışla birlikte petrol teknolojisindeki hızlı ve büyük gelişme, petrolü insanlığın günlük yaşamının bir parçası haline getirdi. İnsanoğlu, 3000'den fazla kullanış yeriyle yaşayışına giren petrolün tutsağı oldu dersek herhalde fazla abartmış olmayız. Nitekim 1973 yılında-

ki son petrol krizi farkına varılmayan bu gerçeğin anlaşılması için ciddi bir uyarı olmuştur.

Gemilerin % 3'ü yakıt yağı (fuel oil) kullanırken bu rakam daha 1914'lerde % 97'ye erişmiştir. 1920'lerde petrol ve doğal gaz, enerjinin % 15'ini oluştururken, 1964'lerde % 54'e yükselmiş ve 1974 yılında bu oran % 70'e yaklaşmıştır.

Dünya'da ve çeşitli ülkelerdeki ekonomik birincil enerji kaynaklarının toplam enerji içindeki yüzdeleri Çizelge 1'de görülmektedir.

Petrol endüstrisi bu yüzyılın başında yeni doğmuş bir endüstriydi ve 1924 yılına kadar dünyadaki toplam petrol üretimi yalnız 1.560 milyar tondur (11.400 milyar varil). Bunu takip eden 50 yılda, 1923-1973 yılları arasında, toplam dünya üretimi 39.450 milyar tona yükseldi (288 milyar varil). 1973 yılındaki ham petrol üretimi 2.780 milyar tondur ki bu değer petrol endüstrisinin başlangıcından 1930 yılına kadar üretilen toplam üretime eşittir.

Dünya petrol rezervleri petrol tüketimindeki bu baş döndürücü artış hızına daha ne kadar dayanabilecektir? Çizelge 2'de dünyadaki bilinen ham petrol, doğal gaz ve doğal gaz sıvılarının rezervleri görülmektedir. Çizelgeden de görüldüğü gibi yer küremizdeki bilinen petrol rezervleri 91,6 milyar tondur. Petrol tüketiminin 1973 değeri ile sınırlandırıldığı varsayılsa bile, dünyadaki bilinen ham petrol 33 yıl sonra yani 2000 yılının başlarında bütünüyle tükenmiş olacaktır.

ÇİZELGE 1 — 1972'de Birincil Ekonomik Enerji Kaynaklarının Toplam İçindeki % Payları

	Kömür	Petrol	D. Gaz	Nükleer ve Hidrolik	Toplam
Dünya	32,5	43,4	21,7	2,4	100,0
Gelişmemiş ülkeler	22,7	49,8	24,6	2,9	100,0
Gelişmekte olan Ül.	18,3	61,5	16,9	3,3	100,0
O.E.C.D.	19,3	55,4	21,5	3,8	100,0

(*) 1 varil, 160 litre ve yaklaşık olarak 7 varil 1 metrik tondur.

ÇİZELGE 2 — Bilinen, Çıkarılabilir Ham Petrol, Doğal Gaz ve Doğal Gaz Sıvıları Rezervleri

	Hampetrol (Milyar ton)	Doğal Gaz (kilometre küp)	Doğal Gaz Sıvıları (milyar ton)
Orta Doğu	50.237	9.884	—
Asya	3.735	2.272	—
Avrupa	9.530	21.757	0.067
Afrika	12.920	5.709	0.024
Okyanusya	0.229	586	0.092
Kuzey Amerika	7.345	10.649	1.085
Güney Amerika	7.599	1.589	0.053
T O P L A M	91.595	52.446	

Burada, yer küremizde bilinen petrol rezervlerine yenilerinin eklenip eklenemeyeceği sorusu akla gelmektedir. Son yıllarda bütün çabalara karşın petrol bulma hızında büyük bir azalma olmuş ve dünya rezervini etkileyecek büyük kaynaklar bulunamamıştır. Yer küresinde artık kolay bulunabilir büyük rezervlerin kalmadığı bir gerçektir. Çok gelişen petrol arama tekniği ve jeofiziksel yöntemlerle bulunması güç ve küçük rezervler bulunabilir ki, bunların da dünyamızdaki toplam petrol miktarını ve giderek artan üretim karşısında petrolün tükenim süresini fazla etkileyeceği beklenemez.

Sovyetler Birliğinin Sibirya bölgesi ile Çin hariç diğer umut verici tortul alanlar, büyük ölçüde taranmış ve sonucu etkileyecek dev petrol yatakları bulunamamıştır. Bu durum, petrol arama teknolojisiindeki gelişmeye koşut olarak, bütün umutları, aramaları denizlere kaydırmıştır. Dünyada bilinen kullanılabilir petrol rezervlerinin % 24'ü denizlerde. Bunun da % 67'lik bir bölümü İran, Irak, Küveyt, Suudi Arabistan ve Abu Dabi gibi ülkelerdedir.

Son yıllarda bulunan ve Avrupalılara pek fazla umut veren Kuzey Denizi, ancak % 3'lük bir ek rezerv sağlamıştır. Ayrıca bu petrolün bulunup çıkarılması son derece güç ve pahalıdır. (BP nin Kuzey Denizinde geliştirdiği bir saha «Fortres» varil başına 1200 sterlinlik bir yatırım gerektirmektedir. Bu miktar Alaska petrolü için 1500, Orta Doğu petrolü için ise sadece 150 sterlindir.)

Son matematiksel verilerin ışığında en iyimser tahminlere göre dahi yerküresindeki petrolün ve doğal gazın bir insan ömründen daha kısa bir sürede tükeneceğinin, artık kabul edilmesi gerekli bir gerçek halini alışı ve buna ek olarak dünya petrol fiyatlarının her geçen yıl büyük artışlar göstermesi, başta Amerika, Japonya ve Avupanın sanayileşmiş devletleri olmak üzere bütün dünya ülkelerini konuya çok ciddi olarak eğilmeye zorlamıştır.

Böylece gerek enerji ve gerekse kimyasal madde ve petro-kimya ürünleri elde edilmesi yönünden,

son 10 yıldır üzerinde durulmaya başlanan «kömüre dönüş» ağırlık kazanmaya başlamıştır.

Dünyada bulunan toplam kömür rezervleri ile bugünkü teknik koşullarda ekonomik olarak üretilen kömür rezervi Çizelge 3'de görülmektedir.

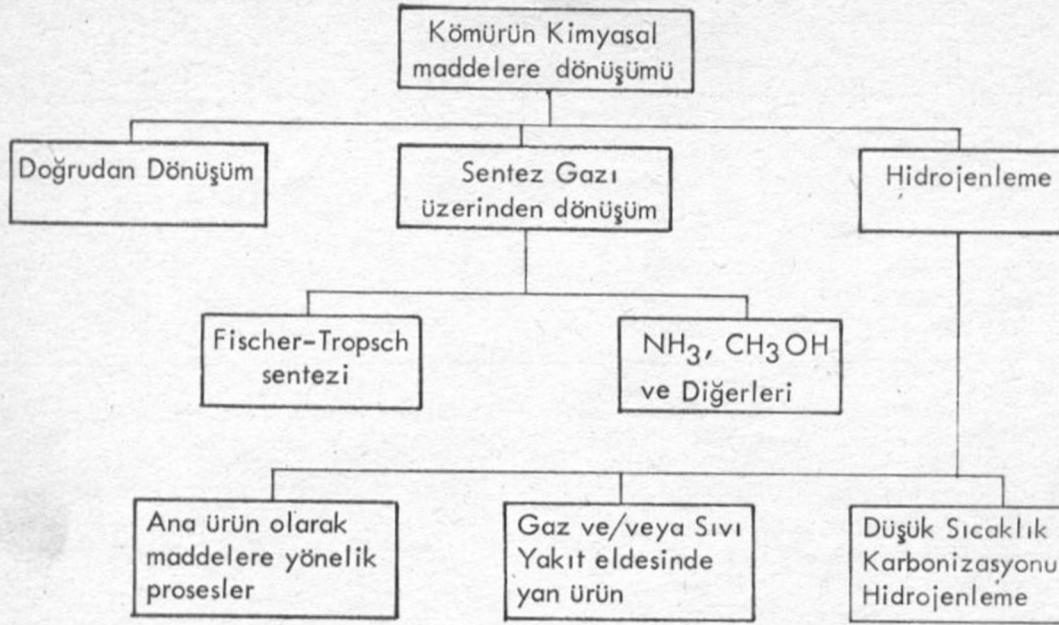
ÇİZELGE 3 — Dünya Kömür Rezervleri

	Toplam Rezerv (milyar ton)	Kullanılır Rezerv (milyar ton)
Sovyetler Birliği	5.713	136
Birleşik Amerika	2.926	186
Çin Halk Cumhuriyeti	1.011	38
Kanada	109	6
Avrupa	608	127
Diğerleri	388	58
T O P L A M	10.755	551

Dünya kömür rezervlerinin toplam büyüklüğü hakkında bilgi edinmek için bazı değerleri incelemek yeterlidir. Kömür endüstrisinin ilk günlerinden bugüne kadar tüketilen toplam kömür 130 milyar tondur. Bu değer dünya kullanılır rezervinin ancak % 29'i ve toplam rezervin ise % 1'i kadardır. Günümüzdeki dünya kömür üretimi yıllık 3 milyar tondur. Yaklaşık bir hesaplama, bugünkü üretim hızı ile dünyadaki kullanılabilir kömür rezervinin daha 2 yüzyıl tükenmeyeceği görülmektedir. Ayrıca fiyatların yükselmesi ve kömür madenciliğindeki teknolojik gelişmeler, kullanılır toplam rezerv miktarını devamlı arttırmaktadır. Sonuç olarak şunu belirtebiliriz ki, insanoğlunun daha yüzyıllarca kullanabileceği miktarda kömür yer küremizde bulunmaktadır.

1.2. Kömürün Kimyasal Maddelere Dönüştürülmesi

Kömürün kimyasal maddelere dönüştürülmesinde ilke olarak üç yol vardır. Bunlar :



ŞEKİL 1 — Kömürün Kimyasal Maddelere Dönüştürülmesi

- a — Doğrudan dönüştürme
- b — Sentez gazı üzerinden dönüştürme
- c — Hidrojenleme

Sentez gazı üzerinden dönüştürmeyi iki ayrı kısımda incelemek olasıdır. 1 — Fischer-Tropsch sentezi, 2 — Sentez gazı üzerinden yürütülen diğer prosesler.

Kömürün hidrojenlenmesiyle kimyasal maddelere dönüştürülmesinde, ayrıcalık gösteren prosesleri üç grupta toplayabiliriz: 1 — Ana ürün olarak kimyasal madde üretimine yönelik prosesler. 2 — Gaz ve/veya sıvı yakıt eldesine yönelik proseslerde yan ürün olarak, kimyasal madde üretimi. 3 — Düşük sıcaklık karbonizasyonunu hidrojenlemeyle birleştirerek kimyasal madde verimini artırma.

Kömürün doğrudan kimyasal maddelere dönüştürülmesi konusu, araştırmacıların 20. yüzyılda en fazla üzerinde durdukları konudur. Bunda amaç ısı parçalanmayı en alt düzeyde tutarak, kömürü küçük molekülü, daha yararlı kimyasal maddeler haline dönüştürmektir. Bilindiği gibi kömürler birbirleri ile kenetlenmiş büyük moleküllerden oluşan karmaşık yapıdadırlar. Ve bu yapıda hidrojen ile oksijenin karbona olan oranı düşüktür. Oysa kimya endüstrisinin gereksinmesi olan basit kimyasal ham maddelerde bu oran daha yüksektir. Bu bakımdan kömürün doğrudan dönüştürülmesinde kimyasal yapıya hidrojen veya benzer atomların örneğin halojenlerin bağlanması gerekmektedir. İlke olarak oksijen de bağlanabilir. Yal-

nız, bu proses önemli ölçüde karbonun uzaklaştırmasını da beraberinde getirdiğinden verim düşektir. Öte yandan linyitlerden benzen ve benzen-alkol karışımı ile yapılan özütlemelerle (ekstraksiyon), diğer çok yapıda bileşiklerin yanında, başlıca esterler ve monokarboksilik asitler ($C_{20}-C_{30}$) ayrılmasa da bunlardan sert vaks'lar elde edilebilir. Kömürün hidrojenlendirilmesi, kömürdeki karbon kaybını en alt düzeye indirilmesi, en yüksek gaz ve sıvı ürün elde edilmesi yönünden, üzerinde en çok durulan ve geleceği en iyi olan yöntemdir.

Kömürün doğrudan oksijenlendirilmesi ile yapılan çalışmalarda endüstrinin gereksindiği ürünler oldukça iyi verimlerle elde edilmişse de bugüne dek, büyük kapasiteli ekonomik tesisler kurulamamıştır. Oksijenlendirme ile, suda çözünebilir küçük molekülü organik asitler gibi ürünlerin elde edilmesinde yaklaşık olarak karbonun % 50 si CO_2 haline dönüştür ki, bunun başlıca kullanım yeri düşük fiatlı kuru buz yapımıdır. Bu durumda ekonomik ürünlerin fiatları iki katına çıkmaktadır. Bu güçlük kömürün oksitlendirme ile kimyasal maddelere dönüştürülme yöntemlerinin tümünde bulunmaktadır.

Diğer bir doğrudan dönüştürme türü de «klor tri florür» ile olan tepkimedir. Bu yolla laboratuvarlarda yüksek verimli sıvı ve katı kloroflorokarbon bileşikleri elde edilmiştir. Fakat bugün için bu ürünlerin pazarlanmasındaki belirsizlik ve flor'un yüksek maliyeti yöntemin ekonomik gelişimini engellemektedir.

Kömürün doğrudan dönüştürülme çalışmalarından en umut verici olanı asetilen eldesine yöneliktir. Burada amaç gaz ve sıvı ara aşamaların masraf ve sorunlarından kurtulmaktır. Avco-Everett Research Laboratories Inc. (Everett, Masc.) 10 ton/gün kömür işleyip 3-3,5 ton/gün asetilen üretecek bir pilot tesis kurma çalışmalarını yapmaktadır. Prosesde kömür pülverize halde elektrik arkına gönderilir. Oluşan uçucu ürünler H_2 atmosferinde indirgenir. Bu sırada az miktarda metan ve etanda oluşur. Son yıllarda yapılan analizler Avco yönteminin ekonomik durumunun metandan asetilen elde edilmesine oranla daa pahalı olduğunu ortaya koymuştur. Kömürden doğrudan elde edilen asetilenin gerçek ekonomik potansiyeli özellikle vinil klorür monomerleri olmak üzere petrokimyasal maddelerin eldesinde, etilen yerine doymamış hidrokarbon olarak kullanılabilir. Dravo'ya göre (Dravo Corp.'s Blaw-Know Chemical Plant Div. Pittsburgh) 1980'den sonra kömürden elde edilen asetilen, etilene üstünlük sağlayacaktır.

Dünyada petrol ve doğal gazın daha zor ve daha pahalı bulunabilir olması, kimyasal maddelerin elde edilmesinde kömür kullanımını giderek geçerli kılmaktadır. Bu konunun Birleşik Amerika'da fazla önem kazanması bu ülkenin en fazla petrol üreten ülke olmakla beraber, en fazla petrol ithal eden ülke oluşundandır. Chem. Systems Inc. (New York) a göre 2000 yılında, bugün doğal gaz ve petrolün % 10'unu oluşturan kimyasal maddelere dönüştürülme oranı, dört katından fazla artarak toplam gaz ve petrol tüketiminin yarısına yaklaşacaktır. Bu durumda kömürün kimyasal girdi olarak kullanılması kaçınılmaz olacaktır.

Kömürün sentez gazına (karbon monoksit/hidrojen) dönüştürülmesi ve buradan amonyak ve metanol sentezine geçilmesi kömürden kimyasal maddeler elde edilmesi çalışmalarının ilk önemli aşaması olmuştur. Bugün için dünyanın çeşitli yerlerinde, uzun süredir ekonomik olarak sentez gazı üreten, Koppers-Totzek (K.T.) Lurgi ve Winkler gazlaştırıcıları kullanılmaktadır. Ayrıca çok sayıda metan eldesine yönelik sentez gazı üretim yöntemleri üzerinde çalışılmaktadır. Böylece doğal gaz ve petrolden elde edilen, sırasıyla pipe-line gaz ve sıvılaştırılmış petrol gazı yakın bir gelecekte kömürden elde edilen yüksek ve düşük ısı değerli gaz ile değiştirilebilecektir.

Gazlaştırma yöntemlerinin üçü de dünyanın çeşitli yerlerinde özellikle yeterince petrol ve doğal gaz olmayan ülkelerde ticari olarak kullanılmaktadır. K-T son yirmi yılda sentez gazı yönünden en geniş uygulama alanı bulandır. 1000 ton/gün kapasiteli amonyak tesisine sentez gazı verecek bir K-T ünitesi 1974 Aralık ayında Güney Afrika'da, (Explosives and Chemical Industries, Modderfontein) devreye alınmıştır. Diğer üç ünite Hindistan'da ve bir ünite Zambia'da kurulmaktadır.

Kömürden yakıt ve kimyasal madde elde edecek ve 1,5 milyar dolara çıkacak bir Lurgi ünitesi de Sasol'da (South African Coal, Oil and Gas Corp.) kurulmaktadır. Benzer ama daha küçük üniteler Sasol'da 1950'den beri kullanılmaktadır.

1980 yılında Birleşik Amerika'da (Chem Synthesis Fuels'a göre) kömürden elde edilen amonyak ve metanol doğal gaz ve petrol kökenli ürünlerle fiyat yönünde rekabet edecek hale gelecektir. Bu karşılaştırma yapılırken 1980'de gazın 2,50 dolar/milyon Btu, petrolün 13 dolar/varil ve Illinois bitümlü kömürlerinin 18 dolar/ton fiyatını bulacağı varsayılmıştır. Ayrıca gazlaştırıcılarda sağlanacak teknik gelişmeler ve petrol fiyatlarının 13 dolar/ton'un üzerinde olması, dengeyi kömürün lehine çevirebilir.

Dünyanın birçok yerlerinde özellikle Birleşik Amerika'da, başlıca amonyak üreticileri, kömür rezervlerini ellerinde bulunduranlar ve hatta yardımcı servis şirketleri sessizce fakat etkin bir şekilde kömüre dayalı amonyak kompleksleri geliştirmektedirler. Burlington Northern Inc. (St. Paul, Minn.) demiryolları şirketi 1976 da Montana da 1000-3000 ton/gün kapasiteli amonyak tesisinin temelini atacağını açıklamıştır. Durvin and Lee Inc. (New York) mühendislik firması Illinois'da yeni bir amonyak tesisinin kurulması için teknolojik, politik ve ekonomik faktörleri 1975'in başında incelemiş ve 15 dolar/ton kömüre dayalı K-T yöntemi kullanan 3000 ton/gün kapasiteli bir tesisin üreteceği amonyakın, 1500 ton/gün kapasiteli ve 2 dolar/milyon Btu maliyetli doğal gaz işleyen bir tesisin üreteceği amonyak ile aynı satış fiyatında olacağını hesaplamıştır.

Bugün için kömürden amonyak üretecek tesislerin ekonomisini etkileyen unsurların başında yatırım maliyetleri gelmektedir. Doğal gazla karşılaştırıldığında kömür için 2-2,5 katı anamal (kapital) gerekmektedir. İkincisi en küçük ekonomik kapasitedir. Bu hem yatırım hem de pazarlamayı etkilemektedir. Bunlara ek olarak tesislerin kuruluş süresi, kaplayacakları alan ve personel gereksinimi de kömürün lehine değildir.

Ancak karşılaştırmalar yeterli ve ucuz petrol ve doğal gaz bulunması için geçerlidir. Yeterli petrol ve/veya doğal gaz rezervlerine sahip olmayan ülkelerde, kömür kökenli amonyak ve metanol ekonomik yönden petrol ve doğal gaz kökenli amonyak ve metanol ile, Güney Afrika, Hindistan, ve Zambia örneğinde olduğu gibi, rekabet edilecek durumdadır.

Kömürün metanole dönüştürülmesinde şu andaki durum amonyaka benzemekle birlikte, gelecekte maktadır. Alkoller hem kimyasal madde, hem de yakıt olarak kullanıldığından, «çift ağızlı kılıç»

olarak tanımlanabilir. Metanol gelecekte, benzinle karıştırılarak veya karıştırılmadan otomobillerde ve benzeri motorlarda kullanılabilir. Bugün için Davy Powergas Inc. (USA) şirketinin Winkler gazlaştırıcılarının çoğu amonyaktan daha çok metanol üretimine yönelmişlerdir.

1923 den bugüne dek uygulanmakta olan metanol sentezinde (Mittasch ve Schneider, BASF) CO ve H₂'ce zengin sentez gazı, krom oksit/çinko oksit katalizöründe 300 atmosfer basınçta, 320-380°C da aşağıdaki denklemlere göre tepkimelere sokulur:



Kömürden üretilen diğer önemli bir kimyasal ürün de asetik asittir. BASF tarafından geliştirilen sentezde metanol ve CO (sentez gazı) 480°F ve 7500-10500 psi basınçta, uygun bir katalizör üzerinde (Kobalt iyodür) asetik asite dönüştürülür. Bugün BASF (Ludwigshaven), Borden Co. (New York) ve Monsanto Co. (St. Louis, Mo.) ekonomik olarak asetik asit üretmektedir. Monsanto BASF'ın sentezini geliştirerek düşük basınçta ve sıvı fazda sürekli yöntemle ürettiği asetik asitle yan tepkimeleri minimuma indirmeyi ve metanol üzerinden % 99,5 dönüşüm sağlamayı başarmıştır.

Geniş kullanım alanı olan bir diğer kimyasal madde etilen gliko'de kömürden ekonomik olarak üretilebilecek hale gelmiştir. Union Carbide'in pilot tesis aşamasında olan çalışmaları (Belçika patenti 793 086) 3400 atmosfer basınçta ve renyum katalizör üzerinde CO ve H₂'ni tepkilemeye sokmaktadır. Bu konuda maliyeti düşürmek amacıyla daha düşük basınçta ve özel katalizörlerle çalışmalar yapılmaktadır. Buna koşut olarak diğer C₂ hidrokarbonları da sentez gazından elde edilebilir.

Kömürden kimyasal madde elde edilmesi ile ilgili çalışmaların önemli bir noktasını da, petro-kimya kompleksleri için kıymetli bir girdi olan etilen oluşturmaktadır. Chem Systems Fuels'a göre, kömürden elde edilen metanolün homoloğu etanole dönüştürülmesi ve sonra susuzlaştırılmasıyla üretilen etilen, uygulanmakta olan yöntemle elde edilebilir. Öte yandan benzin eldesine yönelik Fischer-Tropsch Sentezi en üst düzeyde etilen üretimine de yöneltilse, bugün için ekonomik olmamaktadır. Etilen elde edilmesine dönüş çalışmaları, büyük ölçüde kömürün doğrudan dönüştürülmesine yönelmiş olup, çözülmesi gerekli sorunlar dönüşüm oranı ve tepkimenin seçiciliğidir.

Buraya kadar, kömürden kimyasal maddelerin elde edilmesinde, kömürün doğrudan dönüştürülmesi ve Sentez Gazı üzerinden geçen proseslerin durumlarına kısaca değindik. Kömürden kimyasal

maddeler elde edilmesinde son yıllarda önem kazanan bir diğer konu da, karbonizasyon ile hidrojenlemenin birleştirilerek, kimyasal madde piyasasının gereksinmesi olan hidrokarbonların üretilmesidir. Bu çalışmanın amacı kolayca işlenmeyen ve karbonlaşmaya elverişli olmayan yüksek kükürt ve kül içeren kömürlerden, iyi nitelikli kok ve yüksek verimde kimyasal madde elde etmektir. Bu konuda en ilerlemiş yöntem, düşük sıcaklık karbonizasyonu ile hidrojenlemenin birleştirildiği, U.S. Steel Corp. (Pittsburgh) temiz kok (Clean Coke) yöntemidir. Taşkömürü karbonizasyonunda % 72,7 kok ve % 1,7 kimyasal madde şeklinde olan oran, temiz kok'ta % 38,4 kok ve % 20,3 kimyasal ürünler şeklinde dengelenmektedir. Halen U.S. Steel Corp'un ERDA ile birlikte finanse ettikleri 500 libre/gün kapasiteli bir pilot ünite çalışmakta olup prosesin ekonomisini incelemeye yönelik 4 ton/saat kapasiteli entegre bir tesisin kurulma ve işletme dizaynları yapılmaktadır. Yılda 5,79 milyon ton kömür işleyecek olan bir Clean Coke ünitesinden şu ürünler elde edilecektir: Etilen 723 milyon libre/yıl (% 6,25), benzen 8,04 milyon galon/yıl (% 4,79), naftalin 229 milyon libre/yıl (% 1,98), propilen, fenol, m/p krezol ve resinler herbiri 120-150 milyon libre/yıl (% 1,0 - 1,3) ve daha az miktarlarda amonyak, kükürt, o-krezol, piridin α -picoline ve anilin.

Kömürden özellikle sıvı-faz hidrojenlemesi ile elde edilebilecek kimyasal maddelerin sayısı oldukça fazladır. Burada sorun hemen hemen kömür katıcısına kadar karmaşık olan bir karışımdan, hidrokarbonların ekonomik olarak ayrılabilmesidir. Bitümlü kömürlerden hidrojenlemeyle elde edilen nötral yağlarda genellikle aromatik yüzdesi 50 dolayındadır. Aromatik, miktarı kömürün kalitesi ile artar. Naften miktarları % 2,5 ve hatta daha yüksek olabilir. % 5-10 arasında bulunan olefinler polimerizasyonla plastiklere dönüştürülebilen doymamış hidrokarbonları içerirler. Gerek bu olefinler gerekse C₁-C₄ parafinlerinin parçalanması ile elde edilen olefinler yüksek olmayan basınçlarda CO ve H₂ ile tepkimeye sokularak OxO ürünleri diye bilinen oksijen içeren (aldehitler gibi) bileşiklere dönüştürülebilirler. % 5-15 oranındaki katran asitleri kaynama noktaları 330°C'ye kadar varan çok çeşitli fenoller kapsarlar. Bu fenoller niceliksel olarak hemen hemen eşit oranlarda dağılmışlardır. Hidrojenleme yağlarının içerdiği önemli maddeler piridin, toluidine, poidin türevleri, quinolin türevleri, naftilaminlerdir. Nötral bileşiklerin türü de oldukça fazladır ve katranda bulunanların çoğu bulunmaktadır. 10-17 karbon atomlu parafinlerden de bir miktar bulunmaktadır.

Sıvı faz hidrojenlendirmesinde toplam verimin % 25'ine dek varan oranlarda C₁-C₄ parafinleri elde edilebilir. Bunlar parçalanmayla olefinlere

çevrilerek H_2 elde edilir ve bu hidrojen ana pro-
seste kullanılır. Bu basit olefinler kolayca plastik-
lere, alkollere ve pazarlanabilir kimyasal maddeler-
e dönüştürülebilirler.

Tek başına kimyasal maddenin elde edilmesine
yönelik bir kömür hidrojenleme yöntemi bugüne
dek petrolün rekabeti yüzünden ekonomik olama-
mıştır. Etilen eldesi için yapılan çalışmalar
göstermiştir ki, özellikle artan petrol fiyatları kar-
şısında ekonomik olmaya yönelmiş hidrojenlemey-
le yüksek ısı değerli gaz (pipe-line gazı veya ha-
va gazı) düşük ısı değerli gaz ve gaz yağundan yak-
ıt yağına kadar sıvı yakıt elde etmeye yönelik
tesislerde kimya endüstrisinin ihtiyacı olan kolay
pazarlanabilir (benzen, naftalin, fenol, piridin gi-
bi) ve sentetik gaz ve yakıt yağlarına göre daha
yüksek fiatlı kimyasal maddeleri yan ürün olarak
elde eden prosesler ekonomik olma yolundadır.

Bu konudaki en geniş pilot çalışma 1952-1956 yıl-
ları arasında Carbide and Carbon Chemicals Com-
pany tarafından 270 ton/gün kapasiteli, kömürden
hidrojenlemeyle yalnız kimyasal maddeler eldesine
dönük bir tesiste yapılmıştır. Prosesin akım şe-
ması Şekil 2'de görülmektedir. Tesis çalıştığı sü-
rede Çizelge 4'deki ürünleri elde etmiştir. Elde
edilen veriler 1350-5400 ton/gün kömür işleyecek
bir kompleksin ekonomik olarak yaşayabileceğini
göstermiştir. Ancak bu tesis, yatırım maliyetinin
yüksek olması ve üreteceği bazı kimyasal madde
miktarlarının (Toluidinler, Ksilidinler, Kinolin ve
indol gibi) 1953 yılında Birleşik Amerika'da üretilen
toplam miktarların üzerinde olmasından dolayı
gerçekleştirilememiştir. Carbide prosesi düşük hid-
rojen tüketimine, yüksek verimine ve buhar-fazı
hidrojenlemesi içermesine karşın ekonomik olarak
gerçekleştirilememiştir. Bu da yalnız kimyasal
maddelere yönelik bir prosesin uygulanabilirliğinin-
deki güçlüğü göstermektedir. Özellikle kalkınmak-
ta olan ülkeler için önerilen en uygun çözüm, kim-
yasal maddeler ve uygun yakıtların eldesine yöne-
lik birleştirilmiş yöntemlerdir.

Dünyada ortalama kimyasal madde tüketimi yılda
kişi başına 0,005 tondur. Ülke olarak hidrojenle-
meyle 7 ton değişik kimyasal maddeler elde et-
mek için 2 ton kömür gerekmektedir. 10 milyon
nüfuslu bir ülkenin kendi kimyasal madde gerek-
sinmesini karşılayabilmesi için kuramsal olarak
yılda 0,1 milyon ton kömür gerekmektedir. Fakat
en çok gereksinilen kimyasal maddeler, karışımın
ancak % 20'sini oluştururlar. Bu durumda kömür
gereksinmesi pratik olarak 0,5 milyon ton/yıla çı-
kar. Bu durumda bile kalkınmakta olan ülkelerin
pek çoğu kimyasal madde eldesi için gerekli re-
zervlere sahiptir.

Hidrojenlemede amaçlar :

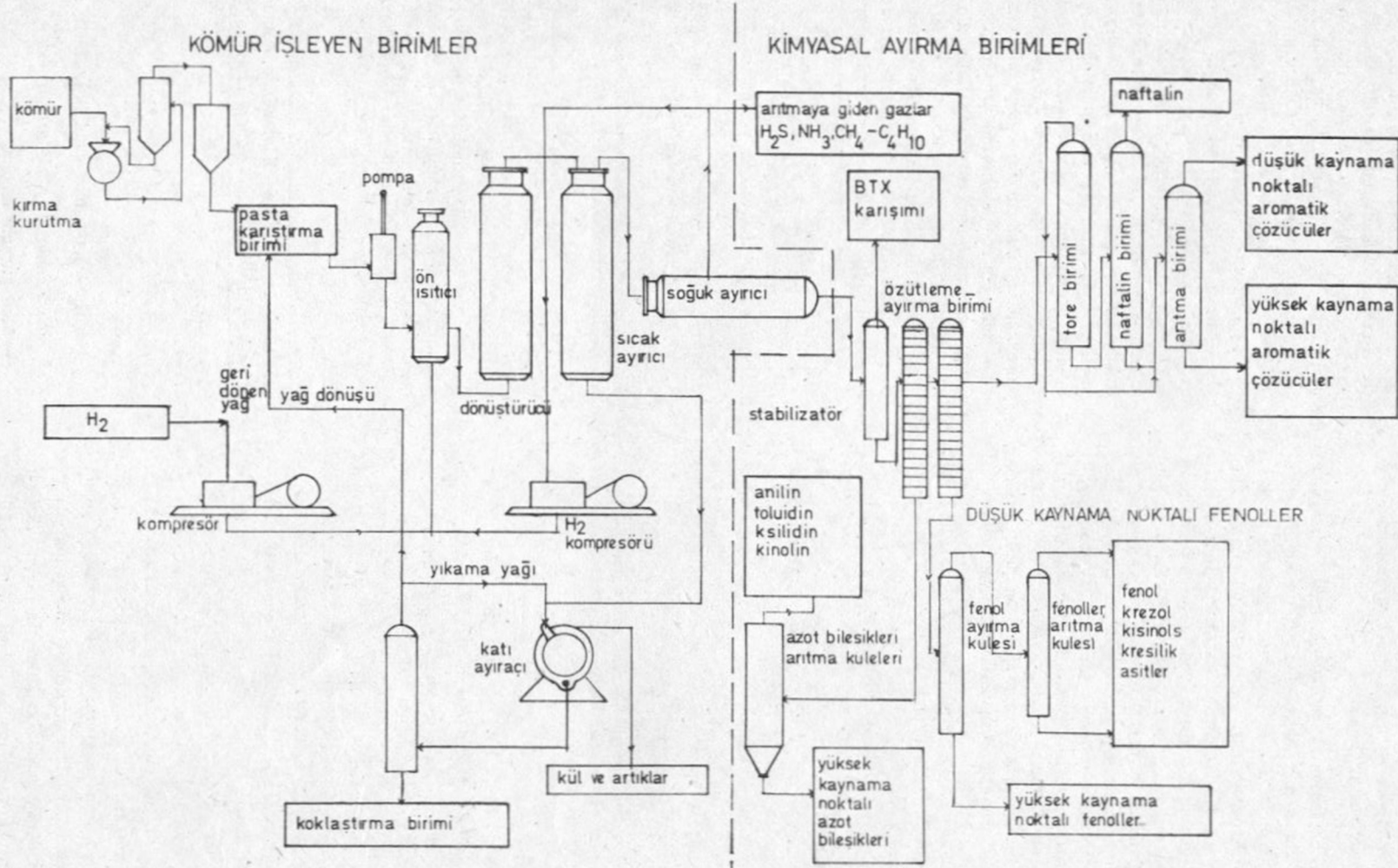
Son 20-30 yılda özellikle Batı Almanya ve Birle-
şik Amerika'da kömürün hidrojenlenmesi ile ilgili
olarak yapılan çalışmalar başlıca dört ana amaca
yönelmiştir: 1 — Yüksek fiatlı bazı kimyasal mad-
deleri, yüksek verimle, yakıt eldesine dönük pro-
seslerde yan ürün olarak üretmek. 2 — Hidrojen
ve enerji elde edilmesinde en üst düzeyde ekonomi-
yi sağlamak. Hidrojende ekonomiyi sağlamak ko-
nusunda üzerinde durulan ana noktalar ise şun-
lardır : a) İstenilen tepkimelere yönelmemiş hid-
rojenin kazanılması. b) Arzu edilmeyen metanın
basınç altında kısmen yakılması (partial combus-
tion). c) C_1-C_4 parafinlerinden olefinlerin elde edil-
mesi. d) Genel olarak düşük satış değerli ürünle-
rin parçalanması ve reforme edilmesi. Bu şekilde
hidrojenin net maliyeti % 40 oranında azaltılabilir.
3 — Hidrojenleme tesislerini, ürünlerinden piyasa-
nın gereksinmesi olan ve yüksek fiatla satılabilecek
kimyasal maddeler, petrokimya ürünleri, (özellik-
le kauçuk) gibi ikincil ürünler elde edilebilecek te-
sislerle birleştirmek. 4 — Modern, uygulanır ve
daha geniş birimler sunarak ve sadece proseslerin
gereksinimi olan en az basıncı sağlayarak yatırım
maliyetini azaltmak.

İyi bir tasarımla oldukça çok ısı tasarrufu sağla-
nabilir. İşletme maliyetinin yaklaşık % 50'sini sıkış-
tırılmış hidrojen oluşturmaktadır. Bu bakımdan
hidrojenin elabildiğince basınçlı elde edilmesi, ge-
rek enerji, gerekse yatırım maliyetini etkileyecek-
tir. Linyitler, bitümlü kömürlere oranla daha dü-
şük basınçlarda hidrojenlenebilirler. Bu da yatırım
ve işletme maliyetlerini etkileyecektir.

Bu olanaklar kömürün kimyasal maddelere, gaz
ve sıvı yakıtlara ekonomik olarak dönüştürülebil-
mesini, kısa bir süre öncesine oranla, gerçekle-
ştirilebilir duruma getirmiştir. Doğal gaz ve ham
petrolün ya hiç bulunmaması veya yeterince bu-
lunmaması ve dış alımın ucuz ve güvenilir olma-
ması bu konuda etken olmaktadır. Kömür dönü-
şüm yöntemlerinde en önemli etkenlerden biri de,
yeterli miktarda ve ucuz kömürün bulunabilirliği-
dir.

ÇİZELGE 4 — Carbide Yönteminde Kömürün Hid- rojenlendirilmesiyle Elde Edilen Kimyasal Maddeler

- Fenol
- Krezol
- Ksilol
- Yüksek kaynama noktalı fenoller (Kayna-
ma Aralığı 230 - 260°C)
- Alkil guruplu fenoller
- Toluidinler karışımı



ŞEKİL 2 - Kömür Hidrojenleme Yönteminin Akım Şeması

Çizelge - 4'ün Devamı

— Karışık ksilidinler	
— Kinolin	
— Anilin	
— Benzen	
— Naftalin	
— Toluen	
— Ksilen	
— Aromatik hidrokarbon çözücüler	
— Çoğunlukla alkil gruplu benzenler	
— İndol	
— Diğer ürünler (Her zaman ekonomik olmayabilir):	
Asenaften	2 metil, 6-etil pridin
Antrasen	3-metil indol (skatale)
Karbazol	fenantren
Dibenzofuran	3-fenil fenol
Florin	p-propil fenol
İndan	2-metil kinolin
İndol-4	
İndol-5	

Başta Birleşik Amerika olmak üzere, çeşitli ülkelerdeki kimyasal madde üreten büyük firmalar, özellikle benzen, toluen, ksilenler, fenoller, krezo-lik asitler ve naftalin olmak üzere kimya endüstrisinin gereksindiği kimyasal maddeleri, kömürün hidrojenlenmesiyle elde etmek üzere çalışmaktadırlar.

Dow Chemical ve U.S. Office of Coal Research'in ortaklaşa yürüttükleri çalışmalarda, kömürden elde edilen sentetik hidrokarbonların kimyasal madde üreten komplekslere girdi olarak kullanılabilirliğinin ekonomik ve teknik uygulama olanakları araştırılmaktadır. Bu konuda en gelişmiş dört proje şunlardır: H-Coal (Hydrocarbon Research), COED (FMC), Solvent Refined Coal (Pittsburg and Midway) ve Synthoil (U.S. Bureau of Mines). Dow Chemical'a göre bu yöntemlerden elde edilen sentetik hidrokarbonlar, etilen eldesi için petrol kadar uygun değillerse de, aromatiklerin üretiminde kullanılma olasılıkları fazladır. Dow kömür-yakıt/kimyasal madde kompleksini 1982-1985 arasında işletmeye açacaktır. Üretilen ağır ürünler Dow'un kendi gereksinmesi için kullanılacaktır. Şu anda sentez gazı üretimi aşaması için laboratuvar çalışmaları sürdürülmektedir.

Union Carbide ve Chemical Construction'un ortaklarından olduğu Coalcon Co. (New York) şu anda kömürden sıvı yakıt üretecek 237 milyon dolarlık bir proje üzerinde yoğun çalışmalar yapmaktadır. Hidrokarbonizasyon yönteminin sıvı ürünleri ve C₂-C₅ gaz ürünleri kimyasal maddeler eldesi için umut verici görülmektedir.

1.3. Kömürün Sıvı Yakıtlara Dönüştürülmesi

Kömür, hidrojen oranını arttırarak veya karbon oranını azaltarak gaz ve sıvı yakıtlara dönüştürülebilir. Kömür veya karbon içeren diğer katı yakıtlar (asfaltit, bitümlü şist, bitümlü kum taşı, odun vs.) belirli koşullarda hidrojenlendirilerek, C/H oranı azaltılır ve CH₄'den büyük molekülü kompleks hidrokarbonları kapsayan artık yakıt yağlarına değin, doğal gaz ve ham petrolden elde edilen bütün gaz ve sıvı yakıt ürünler elde edilebilir.

Çeşitli ham maddelerdeki hidrojen miktarı, elde edilecek gaz ve sıvı yakıtlardaki hidrojen miktarları ile karşılaştırılarak Şekil-3 de verilmiştir. Değerler 100 gr karbon üzerindendir ve yararlanılabilir hidrojen ile kömürün dönüştürülmesi prosesinde O, N ve S gibi hetero-atomlar tarafından kullanılacak olan hidrojen miktarları ayrıca gösterilmiştir. Kömürün kendisinin yalnızca 6-8 gr H/100 gr. C oranını içermesine karşın, kömürden elde edilen gaz ve sıvı yakıtlarda bu oran 15-30 gr H/100 gr. C düzeyindedir. Kömürün sentetik doğal gaz motor benzini, dizel yakıtı ve ağır yakıt yağlarına dönüştürülmeleri için gerekli kuramsal hidrojen miktarları aynı şekilde görülmektedir.

Kömürden hidrojen oranı yükseltilmiş gaz ve sıvı yakıt eldesi ilke olarak üç grupta toplanabilir. (Şekil 4). Bunlar :

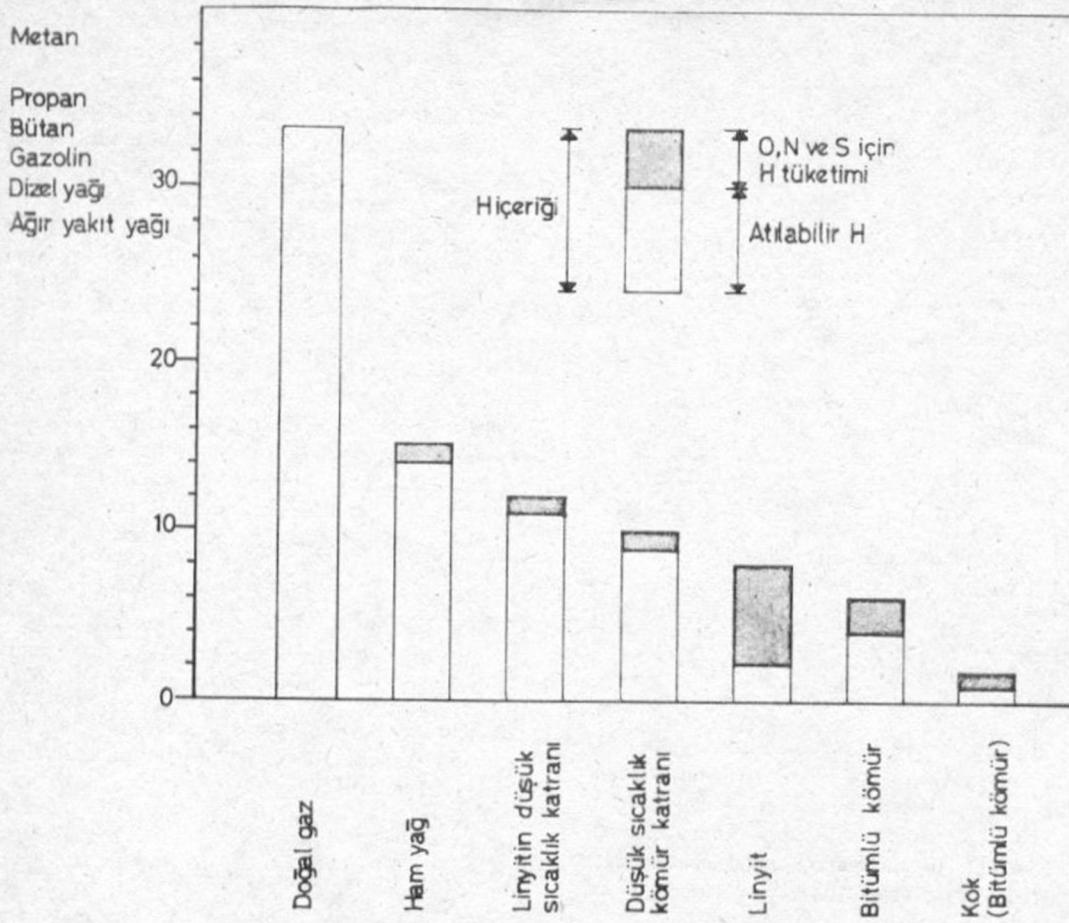
- 1 — Piroliz
- 2 — Kömürün hidrojenlendirilmesi ve hidrojenleyici özütleme
- 3 — Kömür gazlaştırma ürünü sentez gazı (CO + H₂) üzerinden yapılan sentezler.

Bugün için teknolojik gelişme çalışmaları kömürün özütleme koşullarında hafif hidrojenlendirilmesi noktasında toplanmıştır. Burada amaç elde edilen ağır yakıt ürünleriyle değiştirilebilecek düşük kül ve kükrütlü sıvı yakıtların üretilmesidir.

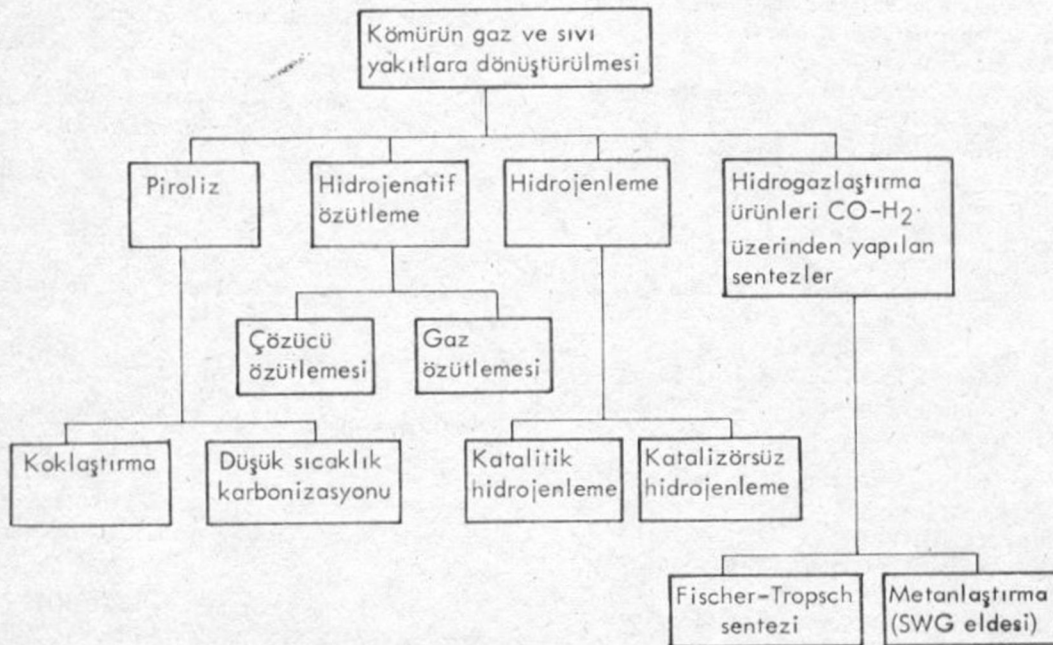
Bununla birlikte özellikle son 10 yıl içerisinde dünya üzerine dağılmış birçok kuruluşta çok sayıda araştırmacı, çeşitli amaçlara yönelik kömür dönüştürme yöntemleri üzerinde çalışmakta ve bu konuda sayılamayacak kadar çok yayın yapılmaktadır.

Bugünkü aşamada sıvılaştırma çalışmaları yapay yakıt yağlarına daha fazla yönelmiş ise de, yöntemlerin ekonomik olarak yaşayabilmeleri için, ekonomik, politik ve stratejik koşulların gerektirdiği dönüşümleri sağlayabilecek esneklikte bulunmaları gerekmektedir. Bir veya birkaç ürüne dönük proseslerin uzun ömürlü olamadığı anlaşılmaktadır.

Günümüzde kömür sıvılaştırma yöntemleri sıvı petrol yağları (LPG), metan benzini, çeşitli çö-



ŞEKİL 3 — Kömürden Sıvı Yakıt Üretiminde, Hammadde ve Ürünlerin H/C oranları



ŞEKİL 4 — Kömürün Gaz ve Sıvı Ürünlere Dönüştürülmesi

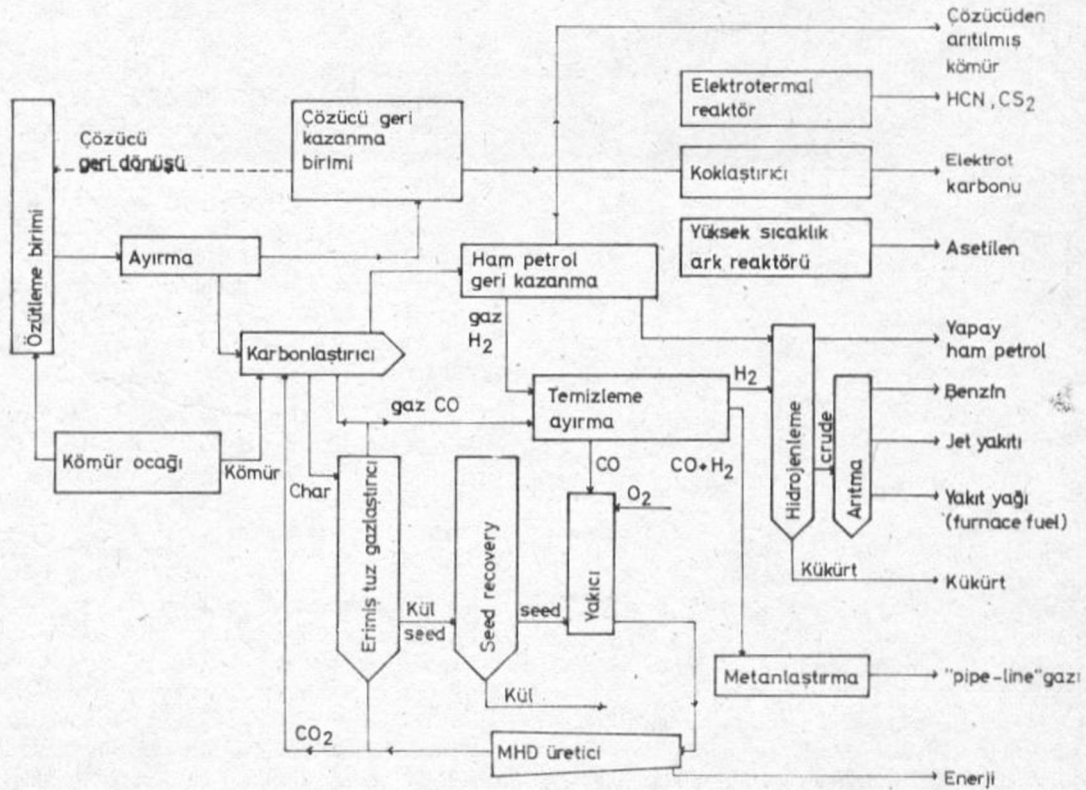
zücüler (başlıca aromatik) nafta, kerosen, dizel yakıtı, ağır yakıt yağları gibi sıvı yakıtlara, kimya endüstrisinin gereksindiği özellikle yüksek verimle elde edilen, yüksek fiyatlı ve küçük hacimli kimyasal maddelere, petrokimya birimlerine girdi olarak verilecek ürünlere, elementer kükürt, NH_3 , metanol vb. gibi endüstrinin gereksinimi olan temel maddelere, yüksek ve düşük değerli gazlara, parafin, vaks gibi katı ürünlere, düşük kül ve kükürtlü katı yakıtlara dönük çok yönlü yöntemler halinde geliştirilmektedir. Kömür sıvılaştırılması bu ürünlerden çok sayıda beraberce üretilebilecek proseslere ve çeşitli birimleri kapsayan kompleks dizaynlarına yönelmiştir.

Bunun en belirgin örneği Sasol'daki komplekstir. Kömürden daha değerli yakıt ve kimyasal maddelerin elde edilmesinin ekonomik yapılabilirliği öncelikle girdi olarak kullanılan kömürün tüketim ve fiyatına bağlıdır. İkincisi bağlı enerji içeriği ile ifade edilir. Hesaplamalar hidrojenlemeyle bir ton metan benzini elde etmek için, düşük küllü kömürlerden 3,5 ton kullanmayı gerektirdiğini göstermektedir. Diğer bir hesaba göre, enerji ve hidrojen üretimi de dahil ortalama bir kömürden 4,5 ton gerekmektedir. Bu durumda 10 milyon nüfuslu bir ülkede, kömür sıvı yakıt eldesinin tek kaynağı olarak düşünülürse ve bu ülkede kişi başına

yıllık sıvı yakıt tüketiminin 0,5 ton gibi oldukça düşük bir düzeyde olduğu varsayılırsa (örneğin Hindistan'la, Japonya arasında ki düzeyde) 22,5 milyon ton kömür gerekmektedir. Çizelge-5 kalkınmakta olan ülkelerin kömür rezervlerini ve üretimlerini göstermektedir. Çizelge incelendiğinde görülür ki ancak az sayıda ülkede böyle bir dönüştürme tesisi için gerekli kömür miktarını (pekte uzun olmayan bir süre sayılabilen 10-20 yıl) sağlayabilecek rezerv vardır. Bu yönden Türkiye kalkınmakta olan ülkeler içinde şanslı bulunanlar arasındadır.

Kömürün hidrojenlendirilmesini daha ekonomik hale getirebilmek için, çok yönlü ürünlere dönük ve çeşitli yöntemleri kapsayan tesislere bir örnek olarak, Office of Coal Research'in (OCR, US Dept. of Interior) önerdiği bir model Şekil 5 de görülmektedir.

Komplekste Pittsburgh and Midway Coal Co. un % 10 küllü kömürü girdi olarak alınmaktadır. Ekstraksiyon (özütme) biriminden % 1 küllü Solvent (çözücü) rafine kömür elde edilmektedir. Karbonizasyon biriminden alınan şarj, Kellogg Co. tarafından geliştirilen gazlaştırıcıdan geçirilerek yakıt gazı üretilmekte ve gaz bir manyetik-hidro-dinamik (MHD) üreteçte yakılarak elektrik üretilmektedir. Böyle bir tesiste 25 milyon ton/yıl kömür



ŞEKİL 5 — Gaz ve Sıvı Yakıt, Enerji ve Değişik Yan Ürünler Eldesine Yönelik Bir Kömür Dönüştürme kompleksi

işlenerek 100.000 varil/gün ham petrol 300 milyon feet³/gün pipeline gaz, 48 kws/gün enerji ve 5000 ton/gün solvent (çözücü) rafine kömür elde edilebilecektir. Bunlara ek olarak akım şemasından da anlaşılacağı gibi sıvı yakıt olarak benzin, jet yakıtı, yakıt-yakıt, kimyasal madde olarak elementer kükürt, asetilen, HCN ve CS₂ ve elektrot karbonu üretilenmektedir. Tesisin yatırım maliyeti 700 milyon dolardır.

U.S. OCR'un benzer bir yöntemini Union Carbide ve Chemico birlikte kurdukları Coalcon Co. aracılığıyla yürütmektedirler. 230 milyon dolarlık bu projeye göre Coalcon, 2600 ton/gün kömür işleyecek ve 3900 varil/gün sıvı kazan yakıtı (5,5 milyon Btu/varil) ve 22 milyon feet³/gün (930 Btu/feet³) yüksek kaliteli gaz üretecek tesisinin dizaynını yapacak, kuracak ve çalıştıracaktır. Tesis 1979 da Ohio veya West Virginia'da tamamlanacak ve deneme çalışmasını 1983'ün ortalarına kadar sürdürecektir.

ÇİZELGE 5 — Çıkarılabilir Toplam 200 Milyon Tonun (Mt) Üzerinde Kömür Rezervlerine Sahip Kalkınmakta Olan Ülkeler

	Taşkömürü		Linyit	
	Rezerv (Mt)	Üretim (Mt)	Rezerv (Mt)	Üretim (Mt)
Arjantin	450	0,3		
Brezilya	10.675	2		
Bulgaristan	1.150	0,6	—	18
Burma	—	—	205	—
Şili	217	1,6	5.365	0,06
Çin	10 ⁶	350	700	2,6
Kolombiya	12.500	3	—	—
Yunanistan	—	—	—	2,5
Macaristan	715	3,5	5.680	20
Hindistan	106.000	60	2.065	0,4
Endonezya	845	0,5		
İran	1.000	0,25	—	4,8
Kore Cum.	1.185	7,5		
Meksika	3.465	1,1		
Mozambik	700	0,3		
Nijerya	350	0,65		
Pakistan	1.660	0,8	280	0,06
Peru	2.235	1,4	4.630	—
Romanya	590	5,4	1.370	2,8
Swaziland	5.020	—		
Tanzanya	370	0,002		
Türkiye	1.335	4	1.880	1,3
Vietnam	1.000	0,07		
Yugoslavya	320	1,3	26.600	18

Yukarda gördüğümüz gibi, hidrojenlemeyle bir ton metan benzini elde etmek için düşük küllü 3,5 ton taşkömürü gerekmektedir. Bu miktar linyit kömürü için yaklaşık 10 tondur. Sentez gazı üzerinden bir ton metan yakıtı elde etmek için 4-8

ton taşkömürü gereklidir. Su ve kül miktarı % 40'a çıkarsa bu miktar 7,2 ton olur. Bu oranda su ve kül içeren kömür gazlaştırma için kullanılabilir. % 40 su ve kül içeren linyitte bu miktar yaklaşık 15 tondur. Almanya'da Ocak 1975 fiatları ile yapılan hesapta 10 DM/ton (0,5 Pf./10³ Kkal) fiatlı linyitten hidrojenleme veya sentez gazı üzerinden üretilen benzinin fiatı 30 Pf/lt. dir. Oldukça düşük küllü taşkömürü (uzun alevli, gazlı kömür 98 DM/t, 1,42 pf/10³ kal.) hidrojenlendiğinde ve külce zengin kömür (51 DM/t, 1,1 pf/10³ kal.) sentez gazı üzerinden dönüştürüldüğünde, her iki halde de elde edilecek benzinin fiatı 45 pf/lt. dir. Girdi fiatları ile ürün maliyeti arasındaki bu ilişkiler Şekil 6'da gösterilmiştir. Hesaplar 2,5 milyon ton/yıl kapasiteli bir ünite üzerinden yapılmıştır. Batı Almanya'da metan benzini eldesinde, maliyetin esas kısmını kömür oluşturmaktadır. Bu oran hidrojenlemede % 50 ve sentez de % 60 dir. Batı Almanya'da ısı baz üzerinden daha düşük fiatlı linyitlerde veya kömürün daha ucuza elde edildiği Birleşik Amerika ve Güney Afrika'da bu oranlar daha alt düzeydedir.

Kömürün hidrojenlemeyle H/C oranı hafifce artırılıp düşük kül ve kükürtlü yakıt - yağlarına dönüştürülmesinde çok daha az miktarda kömür kullanılacağından, daha ucuz ürünler elde edilecektir.

1 milyon ton ürün için 3-5 milyon ton düşük küllü, uzun alevli, gazlı kömür veya 10-15 milyon ton linyit gerektiği gözönüne alınırsa, eğer dönüşüm büyük ülkelerde uygulanacaksa, kömür madenciliğinde gerekli gelişmeleri de kaçınılmaz olarak beraberinde getirecektir.

Kömür tasarrufu sağlamak ve maliyeti düşürmek için, yüksek sıcaklık nükleer enerji santrallerindeki proses ısısından, sentez gazı eldesinde faydalanma yolları araştırılacaktır. Bu durumda bir ton metan yakıtı için gerekli kömür miktarı gazlı kömürlerde 4,8'den 3,3'a ve linyitlerde 15 den 10-12 tona düşürülebilecektir.

Yüksek kükürtlü kömürlerden düşük kül ve kükürtlü fuel-oil (yakıt yağı) eldesine yönelik SYNT-HOIL yöntemi ile ilgili olarak, U.S. Bureau of Mines tarafından 1974 fiatları ile yapılan maliyet ve satış hesapları Çizelge 6 ve Çizelge 7 de görülmektedir.

Yılda 98.000 varil sıvı yakıt üretecek ve 330 gün çalışacak olan tesisin yatırım maliyeti 575 milyon dolardır. Hesaplarda % 4,6 kükürt içeren Kentucky kömürü esas alınmıştır. Elementer kükürt, (NH₄)₂ SO₄, CH₄, C₂H₆ ve H₂ SO₄ in yan ürün olarak üretilip satıldığı düşünülmüştür. Tesisin amortisman süresi 20 yıldır. Çizelge 6'da kâr ve vergiler hariç işletme maliyeti 8, 10 ve 12 dolar/ton kömür için hesaplanmıştır. Çizelge 7 de 20 yıllık sürede