

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

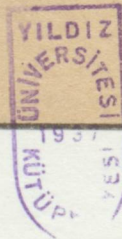
Amonyak Üre, Tekn^İ Inc, ve
Türkiye Güb, San, Yat, -Üre, Mal, Analiz

Yüksek Lisans Tezi

İ, Ulvi Evliya

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
GENEL KİTAPLIĞI

Kot : R 363
Alındığı Yer : Fen Bil. Ens. 22
Tarih : 2.3.1987
Fatura :
Fiatı : 1200 ₺.
Ayniyat No : 1/1
Kayıt No : 44710
UDC : 658.15
Ek : 378.242



42561
T. C.

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ — SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



comp

Amonyak Üretimi Teknolojisinin İncelenmesi ve Türkiye Gübre Sanayinin Yatırım - Üretim Maliyetleri Analizi

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Kutsal TÜLBENTÇİ

Hazırlayan : İ. Ulvi EVLİYA



İstanbul 1986

İçindekiler

1 - 7
8
9
12
21
24

Bu çalışmada,yakın ilgilerini gördüğüm Yıldız Üniversitesi,Kocaeli Mühendislik Fak.öğretim üyesi sayın Prof.Dr.Kutsal TULBENTÇİ hocama ve Gübre Fab.T.A.Ş.arastırma ve geliştirme Mtd.Yük.Müh.sayın Dr.Fusun F.OKUTAN'a minnet ve şükranlarımı arz ederim.

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ	1 - 7
AMONYAK	8
AMONYAK'IN KÖMÜRDEN İTİBAREN ELDE EDİLMESİ	9
SENTETİK AMONYAK	12
DOĞAL GAZ	21
DOĞAL GAZIN KOMPOZİSYON VE ÖZELLİKLERİ	24
AMONYAK ÜRETİMİ	26
1970'LERİN KLASİK AMONYAK PROSESİ	27
AMONYAK ÜRETİMİNDEKİ YENİ YÖNTEMLER	29
PROSES GELİŞMELERİ	31
DİĞER HAMMADDE KAYNAKLARI	35
KÖMÜR GAZİFİKASYONUNDA	
KÜÇÜK İŞLETMELER İÇİN YENİ OLANAKLAR	40
KÜÇÜK AMONYAK İŞLETMELERİ	40
TEKNİK VE EKONOMİK DEĞERLENDİRME	42
DEĞERLENDİRME (GENEL)	49
SPESİFİK(ÖZGÜL YATIRIM)	49
ÜRETİM MALİYETLERİ GİDERLERİ	49

AMONYAK ÜRETİMİNİN MALİYET EKONOMİSİ	62
AÇISINDAN İNCELENMESİ	51
AMONYAK İŞLETMELERİ	51
KAPİTAL MALİYETLERİNDE KAPASİTENİN ETKİSİ	52
HAMMADDENİN KAPİTAL MALİYETLERİNE ETKİLERİ	54
GÜBRE YATIRIMININ HER ALANDAKİ	69
ÜRETİM GİDERLERİNE OLAN ETKİSİ	55
GİRİŞ	55
GENEL DÜŞÜNCELER:KİMYASAL GÜBRE ÜRETİMİ	
İÇİN ENERJİ İHTİYAÇLARI	56
TAHMİNİ YATIRIM MALİYETLERİ	57
AZOTLU GÜBRELER:(GENEL OLARAK)	57
ENERJİ İHTİYAÇLARI	58
AZOTLU GÜBRELER İÇİN DOĞAL GAZ	
MALİYETİ VE EKONOMİSİ	59
BELİRLİ BÖLGELERDE AZOTLU GÜBRE ÜRETİMİNDE	
GELECEKTEKİ DOĞA GAZ MALİYETLERİ	
AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ	61
BATI AVRUPA	62

SOVYETLER BİRLİĞİ VE DOĞU AVRUPA 62

ORTADOĞU ÜLKELERİ 63

TÜRK LİNYİTLERİNDEN AMONYAK ÜRETİMİNİN DİĞER

HAMMADDE KAYNAKLARIYLA KARŞILAŞTIRILMASI 64 - 72

SONUÇ 69

BİBLİYOGRAFYA 73

ÖZET

Türkiye'nin tarımsal üretimde etkinliğini azotlu gübre olmaksızın koruması mümkün değildir. Bu bakımdan ülkemiz gübre üretimini artırmak ve maliyetini düşürmek konusunda çaba sarfetmek zorundadır.

-Doğal Gaz

-Petrol(ağır yağlar)

-Kömür

-Hidrojen

Bu çalışmada, ülkemiz için yeni bir hammadde olan doğal gazın tanımı, bilinen amonyak üretimi teknolojilerinin hammadde kaynaklarına göre karşılaştırılması yapılmış ve ekonomiklikleri incelenmiştir. Gübre yatırımının her alandaki üretim giderlerine olan etkisi ve Türk linyitlerinden amonyak üretiminin diğer hammadde kaynaklarıyla karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Bu çalışmada, ülkemiz için yeni bir hammadde olan doğal gazın tanıtılmasından sonra, bilinen amonyak üretimi teknolojilerinin teknik ve ekonomik karşılaştırılması yapılmış ve yatırımın, üretim giderleri üzerine etkisi incelenmiştir.

Bu çalışmanın amacı ülkemiz için en uygun amonyak üretim teknolojisinin saptanmasıdır.

GİRİŞ

İnsanoğlu asırlarca tarımsal ürünün verimini artırmak, ekim alanlarında daha çok üretim yapabilmek için çaba harcadı ve çeşitli yollar denedi.

Konuyla ilk yaklaşımları, çeşitli organik artıklar ve mineral maddelerin toprağa ilavesi ile, bitki büyümesinin hızlandığını sinama-yanılma yoluyla oldu. Ancak bu her alanda aynı sonucu vermedi. Hatta bazı toprak ve bitki türleri için tamamen ters sonuçlar yarattı.

Günümüzün gübre Endüstrisinin temelleri 1840'da Liebig tarafından atıldı. Bu bilim adamı bitkiler tarafından topraktan alınan bazı mineral elementlerin bitki beslenmesinde ne ölçüde önem taşıdığını ilk kez vurguladı ve toprağı verimli tutabilmek için bitkilerin tükettiğı bu değerli besin maddelerinin toprağa ilavesinin gereğıne değindi. Liebig; Azot'un bitki beslenmesindeki önemini kavramıştı. Ancak bitkilerin gerekli olan azot'u havadan alabileceklerine inanıyordu ve yalnızca fosfat, kireç, magnezyum ve potasyum gibi bitki besin maddeleri üreten bir gübre endüstrisi tasarlamıştı.

Liebig'in Gübre Endüstrisine önemli katkılarından biri de, öne sürmüş olduğu ve bugün için de geçerliliğini koruyan "En az Kanunu"dur.

Kısaca izah edilmek istenirse bu kanun şöyle özetlenebilir :Topraktaki bitki besin maddelerinden bir tanesi gereğinden az miktarda bulunursa, diğer besleyici elementler normalden fazla miktarlarda bile olsa, bitki büyümesi zayıflar. Buna göre, herbir besin maddesinin, toprakta bitkinin sağlıklı bir şekilde büyümesini sağlayacak miktarda yer alması gerekir.

Bu miktarın altı büyüneyi zayıflatır, fazlası ise yarar sağlamaz. Çalışmalarını zamanla yürüten Liebig ve arkadaşları "En Az Kanunu"nu daha da geliştirdi. Bitki, besin maddelerinden başka, nem, sıcaklık, zararlı hayvan ve ışık faktörlerinden de etkilendiği savı geliştirildi.

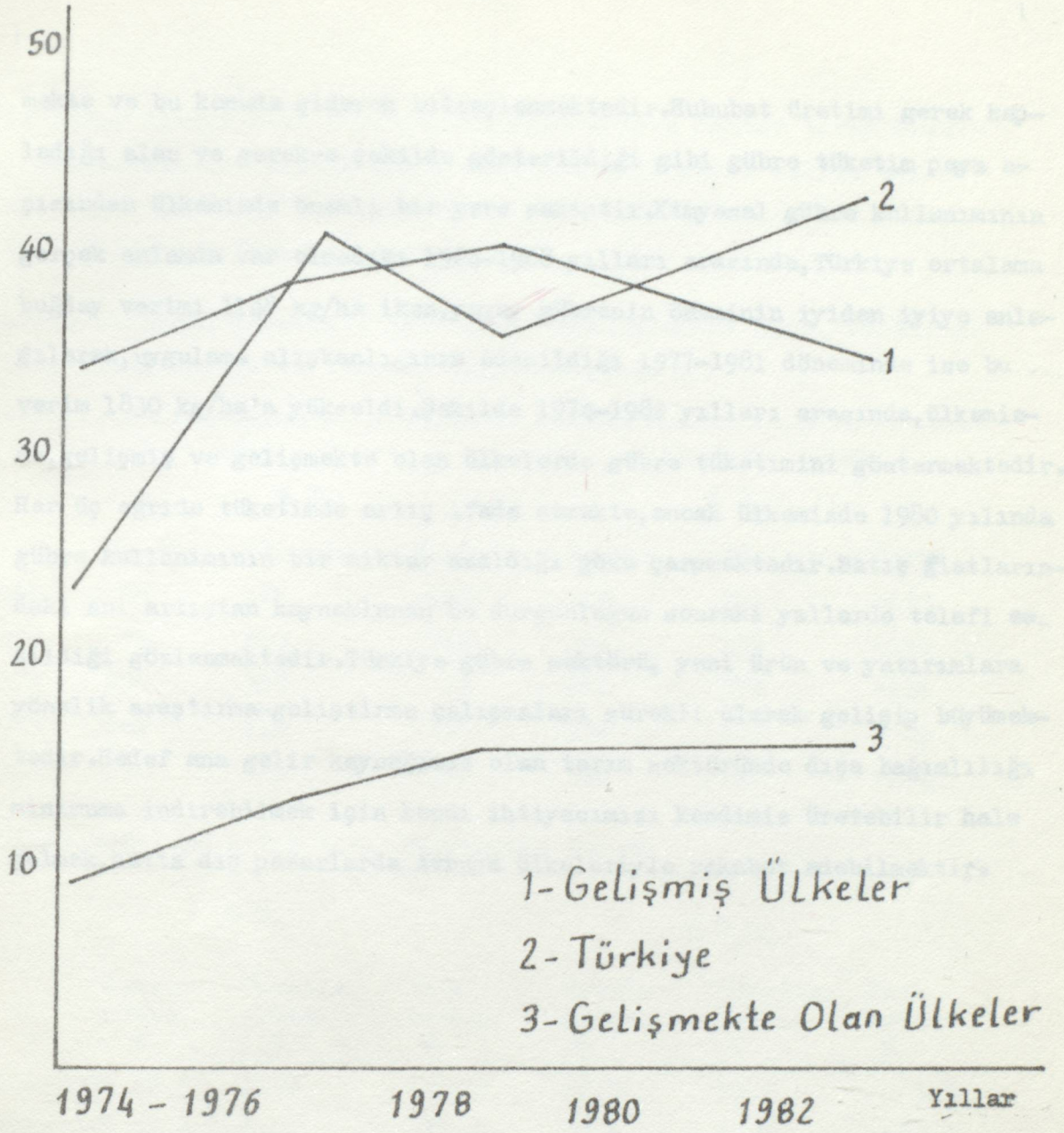
Kullanılan ilk kimyasal fosfat gübresi bilindiği gibi kemiklerdir ve bu uygulama 19.yüzyılın ilk yıllarına kadar sürmüştür. Hatta hayvan kemikleri tükenince savaş alanları ve mezarlıklardan toplanan insan kadavraları ve kemikleri Avrupa'da bitki besin maddesi olarak kullanıldı. Sonraları kemiklerin seyreltik sülfürik asitle işlenmesi başladı, potasyum tuzları ve amonyum sülfat da ilave edilerek ilk sıvı karışım kimyasal gübre yapıldı. İlk süperfosfat gübresi 1840'da fosfat kayası sülfürik asitle işlenerek elde edildi. Fosforik asit üretimi ise ilk kez 1870 lerde başladı, ancak bu asit başka amaçlarda kullanıldığından, fosforik asidi hammadde olarak kullanmak suretiyle yapılan triple süperfosfat gübresi üretimi 1950 lere kadar önemli ölçüde gerçekleşmedi.

Fosfatla birlikte azot da bitkilerin sağlıklı bir şekilde büyümesini sağlayacak önemli bir besin maddesi oluşturunca da, uzun yıllar azotlu gübrelere ikinci derecede öneme sahip oldukları düşünüldü. Kömürün kok fırınlarında yakılması sonucu, içendiği azotun hemen hemen yarısı amonyak olarak çıkmakta ve bu prosesin yan ürününü oluşturmaktadır. Amonyakın, azot ve hidrojenlerden doğrudan sentezi ilk kez 1913 yılında gerçekleştirildi. Sonraları bu üretim prosesi geliştirilerek, üretim maliyeti düşürüldü ve tarımsal üretimde amonyak kullanımı ekonomik açıdan cazip hale getirildi. 1940 larda, amonyum nitrat % 34 gibi yüksek azot içeriği ile önem kazanmaya başladı. ve

1960 larda, azotlu gübreler içinde en çok tercih edilen duruma geldi. Daha sonraları % 46 azot içerikli üre üretimi tüm dikkatleri üzerine topladı. Bunun yanısıra % 82 azot içerikli amonyak, susuz yapıda veya sulu çözelti halinde toprağa direkt olarak uygulanışı da dünya üzerinde belirli ülkelerde yıldan yıla artan bir önem kazanmaktadır. Dünya gübre Endüstrisinin temellerini atan Liebig, o yıllarda genellikle çeşitli bitki besin maddelerini içeren gübre karışımları üzerine çalışmış olmasına karşın, sonraları tüm dünyada gübre konusundaki araştırmalar tek besin maddeli gübreler ve bunların üretimine doğru kaydı. Oysa ki günümüzde kompoze gübre diye adlandırılan çok amaçlı gübrelere olan talep günden güne hızla artmaktadır. Önceleri küçük çapta başlayan karıştırma işlemi optimumu bulmak için çeşitli aşamalardan geçmiş ve bugün artık kompoze gübre üretimi, basit mekanik bir iş olmaktan çıkarak karmaşık bir kimya mühendisliği prosesi haline gelmiştir.

Bir tarım ülkesi olan Türkiye'de toplam nüfusun yarısından fazlası tarım sektöründe çalışmakta, tarımsal ürünlerin ihraç gelirlerindeki payı her zaman önemini korumaktadır. Tarımsal ürünlerin ana girdilerinden en önemlisini kimyasal gübreler oluşturmaktadır. Türkiye için bu derece öneme sahip olan kimyasal gübre üretimi, ülkemizde ilk kez 1939 yılında Karabük Demir Çelik Tesisleri Kok Fabrikasında, bir yan ürün olarak amonyum sülfat üretilmesi ile başlatıldı. 1944 yılında aynı kuruluş bünyesinde sülfürik asit ve süperfosfat birimleri işletmeye alındı.

Ülkemizde gübre ve gübrelemeye verilen önem yıldan yıla artmakta, çift - çimiz, gübre kullanımının ürün verimine ne denli artırdığını açıkça gör-



Şek.1

mekte ve bu konuda giderek bilinçlenmektedir. Hububat üretimi gerek kapladığı alan ve gerekse şekilde gösterildiği gibi gübre tüketim payı açısından ülkemizde önemli bir yere sahiptir. Kimyasal gübre kullanımının gerçek anlamda var olmadığı 1964-1968 yılları arasında, Türkiye ortalama buğday verimi 1148 kg/ha iken, yapay gübrenin öneminin iyiden iyiye anlaşılarak, uygulama alışkanlığının edinildiği 1977-1981 döneminde ise bu verim 1830 kg/ha'a yükseldi. Şekilde 1974-1982 yılları arasında, ülkemizde, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde gübre tüketimini göstermektedir. Her üç egride tüketimde artış ifade etmekte, ancak ülkemizde 1980 yılında gübre kullanımının bir miktar azaldığı göze çarpmaktadır. Satış fiyatlarındaki ani artıştan kaynaklanan bu durgunluğun sonraki yıllarda telafi edildiği gözlenmektedir. Türkiye gübre sektörü, yeni ürün ve yatırımlara yönelik araştırma-geliştirme çalışmaları sürekli olarak gelişip büyümektedir. Hedef ana gelir kaynağımız olan tarım sektöründe dışa bağımlılığı minimuma indirebilmek için kendi ihtiyacımızı kendimiz üretebilir hale gelmek, hatta dış pazarlarda Avrupa ülkeleriyle rekabet edebilmektir.

	Gübre	Ortalama	Fark	Ortalama	Tüketim	Fark
	1964-1968	1977-1981	Ortalama	1974-1982	Ortalama	Ortalama
	1148	1830	682	1830	1830	682
1964-1968	1148	1830	682	1830	1830	682
1977-1981	1148	1830	682	1830	1830	682
1974-1982	1148	1830	682	1830	1830	682

Bir tarım ülkesi olan Türkiye'nin 28,5 milyon hektar tarım arazi-
si bulunmaktadır. Yıllık gübre tüketimi yaklaşık 8 milyon ton o-
lup, bunun yaklaşık 7 milyon ton'u yerli üretimden, kalan kısmı
ithal yoluyla sağlanmaktadır.

Devlet Plânlama Teşkilatı istatistik tahminlerine göre, Türkiye'de
yapay gübre üretim ve tüketim durumu şöyledir:

	Azotlu Gübre			Fosforlu Gübre		
	% N ₂			% P ₂ O ₅		
	Üretim	Tüketim	Fark	Üretim	Tüketim	Fark
1968	35	188	-153	28	201	-173
1970	71	283	-212	63	238	-175
1972	290	389	- 99	221	357	-136
1977	548	718	-170	570	595	- 25
1982	548	943	-395	570	799	-229

Yıllık ortalama artış hızı bakımından durum:

	% N ₂			% P ₂ O ₅		
	Üretim artışı %	Tüketim artışı %	Fark artışı %	Üretim artışı %	Tüketim artışı %	Fark artışı %
1968/1972	69,5	19,8	-10,3	67,5	12,2	- 5,8
1972/1977	13,6	13,1	-11,4	20,1	10,8	-28,7
1977/1982	0,0	5,6	-18,4	0,0	6,1	-55,7

Yukarıda tablolarda belirtildiği gibi, ülkemizde gübre üretim ve tüketimi arasında oldukça büyük farklar mevcuttur. Ülkemizde yapay gübre tüketimi, maksimum tarım üretimi için gerekli alanın çok altındadır. Dünyada sadece onüç ülke^x, 200 kg/ha'nın üzerinde kompozit gübre ($N_2 + P_2O_5 + K_2O$) kullanmakta ve pek çok ülkede ise bu miktar, 25 kg/ha'nın çok altında kalmaktadır.

x. Fertilizer Use Throughout The World, Chemtech, 2, 570 (1972)

A M O N Y A K

Gerek gübre üretiminde, gerek mitrat asidinin ve dolayısıyla patlayıcı madde üretiminde, yani savunma sanayiinde esas ilkel maddeyi teşkil etmesi yönünden amonyak, sanayileşmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de çok büyük bir önem kazanmıştır.

Amonyak, ilk defa 1612 yılında Kunckel tarafından kirecin, amonyam klorür'e (nişadır) etkileştirilmesiyle elde edilmiştir. Scheele, bu gazın azot. Priestley 1774 yılında azotlu hidrojen içerdiğini açıklamıştır.

1785 yılında Berthollet amonyağın tam bileşimi olan NH_3 tanımlanmıştır. Bu tarihten itibaren ve 19. yüzyıl boyunca amonyağın ilkel maddesini lağımlardan çıkarılan tabii üre teşkil etmiştir. 19. yüzyılın ikinci yarısında hava gazı fabrikaları amonyaklı sular üretimine başlanmıştır. Frank ve Caro tarafından 1897 yılında bulunan kalsiyum syanamid'in hidratiyle'de amonyağın dolaylı sentezi sağlanmıştır. Amonyagın gerçekte ilk esas sentezi Haber tarafından 1905-1908 de başarılmış olup, bu esasa dayanan işletmeler Birinci Dünya Savaşından sonra dikkate değer bir şekilde gelişme sağlayarak Kimya Sanayiinin ana kollarından biri haline gelmiştir.

Amonyak üretiminde kömür, diğer hammadde kaynakların daha az ekonomik görünmekteyse de, ülkemizdeki kömür yataklarının işletme ve rezerve yönünden zenginliği kömürü ön plana çıkarmıştır.

Amonyak tarım alanında temel girdi alan gübrelerin yanında, yurt savunması için gerekli patlayıcı maddelerin esasını oluşturan nitrik asit ve Teknik Amonyum Nitrat üretmek ve savunma sanayisinin gelişmesinde önemli bir yer tutmaktadır. Ülkemiz savunmasında kanvensiyanel

silahlar kullanımı önemini korumakta olduğundan, amonyak üretimi ayrıca önem kazanmaktadır.

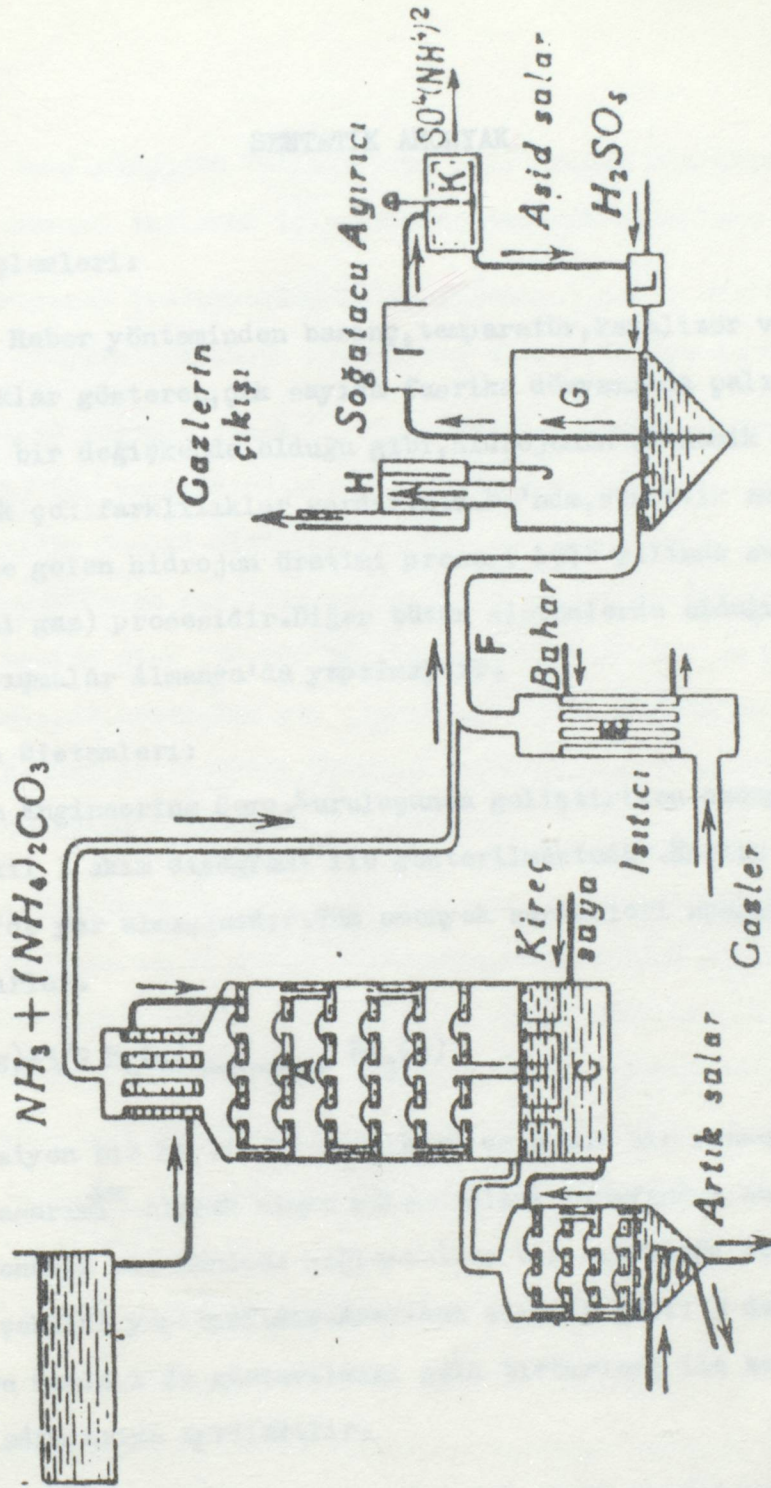
AMONYAGIN KÖMÜRDEN İTİBAREN ELDE EDİLMESİ :

Kömürün kuru kuruya destilasyonu sonucunda bir miktar kokla yanıcı gazlar ve birbirinde çözünmeyip, yoğunluk farklarına göre ayrılan katranla amonyaklı sular elde edildiği bilinmektedir. Bu amonyaklı sulardan başlayarak amonyak üretmek mümkünse de bu bileşik genellikle sülfat asidi vasıtasıyla tutularak amonyum sülfat haline getirilir. Dolayısıyla, kokhane yan ürünleri arasında bulunan amonyak genel olarak amonyum sülfat şeklinde satılır. Amonyagın en önemli tatbik alanı barış halinde gübre alanında kullanılan bu amonyak üretimi olduğuna göre işletmelerin bu şekilde davranışı doğaldır. Esasen aşağıda görülebileceği gibi işlemler esnasında amonyak serbest olarak elde edilebilir. O halde gerçekte amonyum sülfat veren bu destilasyon usulünü, amonyak üretim metodu olarak göstermek hata sayılmaz. Adı geçen bu işlemler üç şekilde yapılabilir.

a) Doğrudan doğruya üretimde (direkt sülfatasyon yöntemi) katranlarından ayrılan ve tasfiye görmeyen gazlar $70-80^{\circ}$ de seyreltilmiş sülfat asidinden geçinilir. Oluşan amonyum sülfat soğutma ile billurlaşır. Bu yöntemin bazı sakıncaları vardır. Örneğin, gazda bulunan az miktardaki amonyum klorür sülfat asidi etkisiyle sistemde klorür asidi oluşmasıyla korozyona neden olur.

b) Kireçleme yönteminde gazlar su ile yıkanır ve elde edilen çözeltili amonyaklı sulara ilave edilir. Ortamda bir miktar amonyum tuzu bulunduğundan, çözeltili kireçle etkileştirilir. Çıkan amonyak sülfat asidiyle tutulur. Bu yöntemin sakıncası fazla miktarda enerji sarfiyatına neden olmasıdır. Bu nedenden genellikle aşağıda açıklanan karma yöntemine başvurulur.

c) Karma Yöntem: Bu yöntemde gazlar 25°C den düşük ısıda soğutulur ve katranlarından ayrılır. Elde edilen amonyaklı sular'da katranlarından ayrılır. Elde edilen amonyaklı sularda katranlarından ayrıldıktan sonra, bir kireçleme işlemiyle, amonyak serbest hale getirilir ve bir doyma kabında sülfat asidi tarafından tutulur. Katran ayırma cihazından gelen gazlarda 70°C 'ye getirildikten sonra, aynı doyma kabında sülfat asidiyle temas eder. Bu yöntem gerçekten a ve b metodlarını birleştiren bir karma yöntem olduğu görülüyor. İşlem şu şekilde gerçekleştirilir: Amonyaklı sular A kesidinden gelir ve bir deflegmatörden geçirilir. Zıt yönden gelen su buharı serbest amonyakla amanyum karbonatın büyük kısmını beraberinde sürükler. (Şekil 2) Deflegmatörün Ç kısmına gelen çözelti, ancak amonyanın en az uçucu alan tuzlarını, özellikle amanyum klorürü içerir. Burada kireç suyu tesiriyle serbest hale geçen amonyak ve amanyum karbonatla birlikte, katran giderme cihazından gelip E ısıtıcısında 70°C ye getirilen diğer amonyaklı gazlar ile F'de birleşir ve tüm karışım G doyma cihazının litrede 70-90 gr. sülfat asidi içeren kısmından geçerek havaya dağılır. Asidli amanyum sülfatla bir pompa ile I soğutucusuna gönderilir. Amanyum sülfat burada kristal haline döndükten sonra, bir K santrifugasyon cihazında ana sularından ayrılır. Bu sular L kısmında uygun miktarda sülfat asidi ile karıştırıldıktan sonra yine doyma cihazına gelir.



Şek. 2 - Maden kömüründen itibaren amonyak (amonium sülfat) üretimi

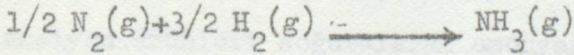
SENTETİK AMONYAK

Üretim İşlemleri:

Orijinal Haber yönteminden basınç, temperatur, katalizör ve cihaz yönünden farklılıklar gösteren, çok sayıda fabrika dünyamızda çalışmaktadır. Diğer herhangi bir değişkende olduğu gibi, hidrojenin ekonomik kaynağı^x konusunda da, pek çok farklılıklar vardır. A.B.D.'nde, sentetik amonyak üretimi için önde gelen hidrojen üretimi prosesi 1976 yılında subuharı-hidrokarbon (doğal gaz) prosesidir. Diğer bütün sistemlerde olduğu gibi bunda da öncü çalışmalar Almanya'da yapılmıştır.

Amerikan Sistemleri:

Nitrogen Engineering Corp. kuruluşunca geliştirilen amonyak sentezi sistemi şekil 3 akım diyagramı ile gösterilmektedir. Üretim adımları ise, Tablo I'de yer almışlardır. Tüm amonyak sentezleri aşağıdaki reaksiyonu esas alırlar.



Bu reaksiyon bir hayli ekzotermiktir ve bunun bir sonucu olarak konvertörün tasarımı^{xx} olarak kimya mühendisleri tarafından seçilmiş özel durum için ekonomik bir dönüşüm sağlayabilen bir sıcaklığı kontrole yeterli olacak şekilde yapılmalıdır. Amerikan sistemi şekil 3 deki akım diyagramında ve Tablo I de gösterildiği gibi birbirleri ile koordine edilmiş üretim adımlarına ayrılabilir.

Amonyak sentez gazı birincil reformerde, aşırı ısıtılmış su buharı ile hidrokarbon besleme gazının (örneği doğal gaz) yüksek basınçta katalitik reforming prosesi ile hazırlanır. Bu işlem ikincil reformerde, azot

sağlamak amacıyla, hava kullanılarak yapılır. Son olarakta H_2/N_2 'nin 3:1 mol oranını sağlamak için, hava miktarında düzenleme yapılır.

Su kullanılarak (reformerden gelen + su buharı), demir oksit katalizörü üzerinde değişimli-dönüşüm reaksiyonu ile, CO , CO_2 'ye dönüştürülür.

CO_2 , reaktif edilmiş sıcak $K_2 CO_3$ çözeltisi (veya monoetanolamin ile yıkanarak) CO_2 vererek rejenere olur. Bunu metanasyon izler, ısı değiştiricilerinde önemli miktarda ısı ekonomisi sağlar. 3:1 mol oranındaki hidrojen azot karışımı, karbon monoksitten kurtarılmış olarak, gerekli basınç olan 150-200 atm. basınca yükseltilir ve yeni baştan bastırılmış, dolaştırılan gaz ile karıştırılır. Bundan sonra gazlar ikincil ısı değiştiricisine, amonyak soğutucusuna ve ayırıcıya gönderilerek, arta kalan amonyaktan kurtarılır.

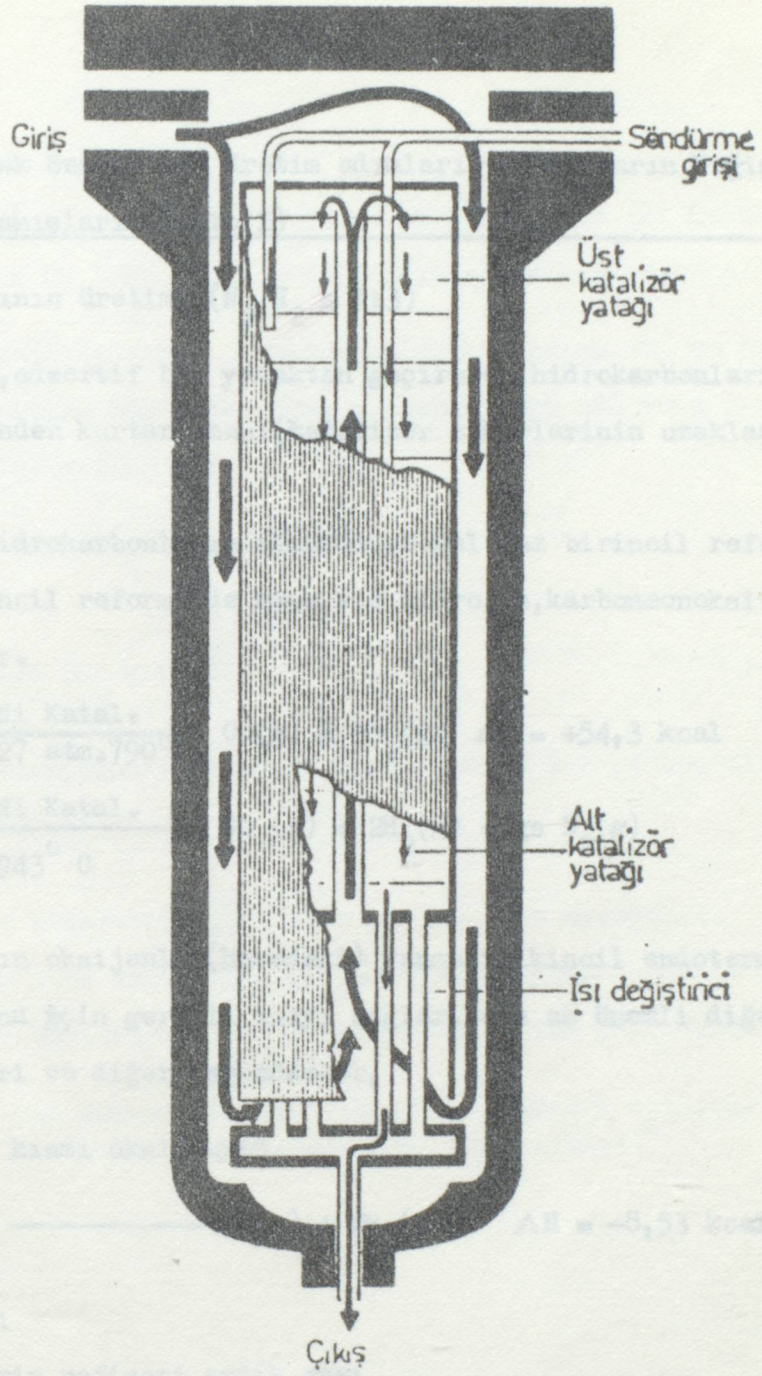
Amonyak konvertöründe (Şekil 4) gazların sıcaklığı, zıt akımla çalışan bir ısı değiştiricisi tarafından, reaksiyon ısısına yükseltilir. Katalizörün bulunduğu ortamda, reaksiyonun oluşması sağlanır. Bundan sonra reaksiyon ürünleri soğutulur ve amonyakın büyük bölümü yoğunlaşır. Gazların bir bölümü, inert gazların (metan veya argon gibi) gereksiz birikimini önlemek için, dışarıya atılır. Geriye kalan kısım yeniden bastırılıp, gaz odasına verilir.

Dışarıya atılan gazlar birincil reformere gönderilir.

x Hidrojen reaksiyonları ve ayrıntılı hidrojen üretimi için, ECT, 2d ed., vol.1., pp.274 ff., 1963

xx ECT, 2d ed., vol.2, pp.266 ff., 1963 (akım diyagramları), hydrocarbon Process 52(11), 103 (1973)

xxx Synthesis Gas, Chem. Eng. (N.Y.), 73(1), 24(1966), A New High Capacity Ammonia Converter, Chem. Eng. Prog., 68(1), 62(1972), Ammonia Converters Grow Again, Chem. Eng. (N.Y.), 78(24), 99(1971),



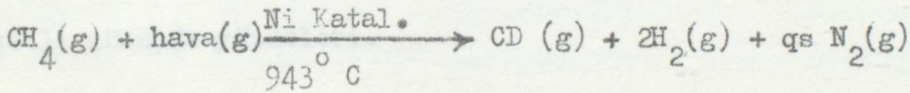
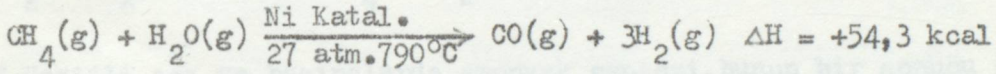
Şek.4

TABLO 1 Amonyak Sentezinin üretim adımları ve Adımların Değişik Uygulanışları (Tablo I)

A. Ham sentez gazının üretimi ($N_2/H_2 = 1:3$)

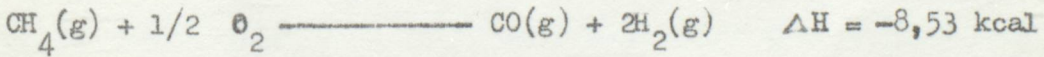
1. Saflaştırma, adsorptif bir yataktan geçirerek, hidrokarbonların kü-kürt bileşiklerinden kurtarılması (katalizör zehirlerinin uzaklaştırılması)

2. Reforming, hidrokarbonların dönüşümü. Doğal gaz birincil reformerde su buharı ve ikincil reformerde hava ile hidrojen, karbonmonoksit ve azota dönüştürülür.



Dönüşmemiş metanın oksijenle (havadaki) yanması, ikincil endotermik reforming reaksiyonu için gerekli ısıyı sağlar. Daha az önemli diğer reforming yöntemleri ve diğer hammaddeler,

a. Texaco-Eastman kısmi oksidasyon

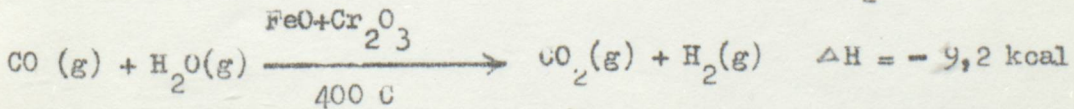


b. Kok fırını gazı

c. Hidrojen zengin rafineri artık gazı

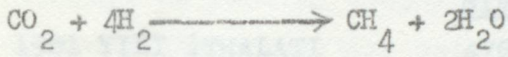
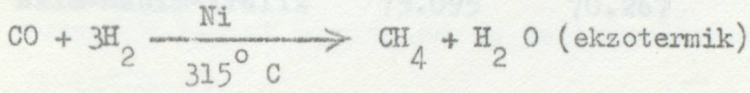
d. Asetilen üretiminin atık gazı

B. Demir oksid-krom katalizör kullanan, subuharlı $CO-CO_2$ dönüşümü.



C. Monoetanolamin (MEA) veya sıcak potasyumkarbonat veya iki kademedeki sulfinol kullanarak CO₂'nin uzaklaştırılmasıyla saflaştırma.

D. Nikel bir katalizör üzerinde metanasyonla, arta kalan CO₂ ve CO miktarını 10 ppm'in altına düşürmek. (Bazı hallerde bunu MEA veya bir amonyaklı bakır karbonat yıkama izler).



E. Çeşitli ısı ve basınçlarda amonyak sentezi, bunun bir sonucu olarak çeşitli dönüşüm yüzdeleri.

F. Oluşan amonyanın soğutulması, yoğunlaştırılması ve ayrılması.

G. Taze hidrojen ve azot katılmasından sonra, reaksiyona girmemiş azot ve hidrojenin yeniden bastırılması ve reaksiyonun başına geri döndürülmesi.

H. Reaksiyona girmeyen komponentlerin miktarını düşürmek için, birincil reformerde dışarı atılmaları. Atık gazın geri kazanılması.

x. Amonia Plants Seek Routes to Better Gas Mileage, Chem. Week, Feb. 19, 1975, p. 29.

TÜRKİYE'DE 1980-1985 AMONYAK ÜRETİMİ ve İTHALATI

	<u>1980-1981</u>	<u>1981-1982</u>	<u>1982-1983</u>	<u>1983-1984</u>
Ekim-Kasım-Aralık	17.604	75.095	70.267	73.498
Ocak-Şubat-Mart	65.362	46.384	91.616	105.849
Nisan-Mayıs-Haziran	69.646	55.005	55.950	98.002
Temmuz-Ağustos-Eylül	63.518	76.895	99.918	78.679
Ekim-Kasım-Aralık	75.095	70.267	73.498	67.294

	<u>SIVI AMONYAK (kg)</u>	<u>SULU ÇÖZELTİ (kg)</u>
1981 YILI İTHALATI	476.863.669	3.058
1982 " "	337.036.179	27.079.064
1983 " "	666.422.167	2.001.900
1984 " "	542.216.008	6.517.005
1985 Ocak "	7.982.971	---
Şubat "	58.937.948	336
Mart "	61.855.611	41
Nisan "	40.904.406	42

Doğal gaz, diğer hammadde kaynaklarıyla kıyaslandığında, taşınma ve depolanma güçlükleri vardır. Ancak, sanayileşmiş ülkelerde büyük çapta enerji tüketen ülkelerde, doğal gaz tüketimi günden güne artmaktadır.

Nitekim gaz'ın maliyet fiatı, kömüre oranla 1/10, petrole oranla ise 1/3'tür.

Bu, gaz taşıma masrafları petrolünün iki katıdır.

Son yıllarda doğal gaz kullanımı gittikçe artmaktadır. Bu, 20. yüzyılın ikinci yarısında en belirgin ekonomik olaylardan biri olmuştur.

Türkiye'de yapılan araştırmalarda, ekonomik değeri olan doğal gaz'a rastlanmamıştır. Sadece, Siirt ilinin 25 km. Kuzey, Kuzey batısında bulunan Dodan'da 1965 yılında bulunan gaz rezervinin büyük bir kısmı Co_2 gazından meydana gelir. Günde 283 m^3 gaz verebilen bu yatağın rezerv durumu halen bilinmemektedir.

Şubat 1986 yılında Sovyetler Birliği ve Türkiye arasında yapılan anlaşma gereğince, bu ülkeden boru hattıyla tabii gaz ithali plânlanmıştır.

İthali plânlanan tabii gaz, enerji üretiminde, hava kirliliği olan illerimizde yakıt olarak ve azotlu gübre sanayiinde, amonyak üretiminde kullanılabilecektir.

Ancak ithali plânlanan doğal gaz Türkiye'yi dışa bağımlılıktan kurtaramayacaktır. İthal anlaşması yapılan ülkelerle önmümüzdeki yıllardaki ekonomik ve politik ilişkilerimizin hangi düzeyde olacağı, bu ithalatın hangi koşullarda gerçekleştirilebileceğine kesinlik kazandırmak güçtür. Bunun yanında, Türkiye, Savunma Sanayiinde dışa bağımlı olmanın bir takım sakıncalarını bilinmektedir.

Konvensiyonel silahlarda patlayıcı maddelerin hammaddesini a-
monyak teskil etmektedir.

Gerek ekonomik, gerek sanayileşme yönünden ülkemiz açısından
ülkemiz hammadde kaynaklarına dayalı üretim plânları yapmamız
gerçekçilik açısından önem kazanmak durumundadır.

DOĞAL GAZ

Doğal Gaz, sadece üstün bir gaz yakıt değil, aynı zamanda günümüz teknolojisinde pek çok sentez için gerekli olan, çok önemli bir kimyasal hammadDEDİR. Pipe Line'lar ile sevk edilebildiği gibi, -142°C basınç altında özel surette imal edilmiş tankerler ile sıvı olarak da taşınabilir. Kendine özgü fiziksel özellikleri, fevkalade çabuk tutuşma kabiliyeti (düşük alevlenme noktası), taşınabilme kolaylığı, ekonomikliği, ticari ve endüstriyel yaygınlığı, kimya endüstrisinde değişik alanlardaki uygulaması ile günümüzde gelecek vadedeN çok önemli bir hammadDEDİR. Geçtiğimiz 50 yıl içinde, büyük miktarda basit hidrokarbonlar içeren doğal gaz, petrokimya endüstrisinin de hızla gelişip büyümesine neden olmuştur.

Günümüzde Amerika Birleşik Devletleri'nin tüm enerji gereksiminin yaklaşık 1/3'ü doğal gaz ile karşılanmaktadır.

Bugün en zengin doğal gaz rezervleri A.B.D.'nin 33 eyaletinde bulunmaktadır. Ayrıca, dünyanın 59 ülkesinde doğal gaz rezervleri saptanmıştır. Bu rezervler kayaların altında çökeltiler halinde birikip, yukarı doğru kıvrımlar oluştururlar ve işin ilginç yanı şudur ki; yer altında meydana gelen çöküntü veya sarsıntılarla, doğal gaz içeren bu volkanik taşlar, özelliklerini etraflarına da sirayet ettirirler. Yağ ve gaz yüklü kayaların oluşmalarının, jeolojik yaşları büyük farklılıklar gösterirler.

Amerika Birleşik Devletleri gaz şirketi, doğal gaz üretim alanı açısından oluşumuna göre şöyle sıralar:

1. Ham petrol rezervi ile ilişkisi bulunmayan, dış ile bağlantısı çabuk yapılabilen serbest doğal gaz.

2.Ham petrol rezervi ile beraber bulunan doğal gaz.

3.Kuru doğal gaz

Dünyadaki doğal gaz rezervleri,A.B.D.ve Kanada'da dahil olmak üzere kesin rakamlara dayalı olarak henüz bilinmemekle beraber,dünya doğal gaz rezerv tahminleri aşağıdaki tabloda verilmiştir

(1) TABLO: Rakamlar 10^{12} Cuft(feet-küp)

Kuzey A.B.D.	281.2	Avrupa	
Kanada	43.4	Fransa	9.0
Meksika	10.0	Batı Almanya	1.5
TOPLAM :	334.6	Hollanda	39.0
Güney Amerika		İtalya	5.0
Venezuela	33.0	Avusturya	0.85
Trinidad	1.2	Diğerleri	0.14
Kolombiya	1.4	TOPLAM:	55.49
Ekvator	0.08	Afrika	
Peru	0.73	Mısır	0.43
Bolivya	0.25	Libya	3.7
Şili	1.8	Cezayir	50.0
Arjantin	6.0	Nijerya	0.25
Brezilya	0.35	Diğerleri	0.07
TOPLAM :	44.81	Toplam :	54.45

Ortadoğu

İran	65.0
Irak	22.5
Kuveyt	33.0
Suudi Arabistan	45.0
Katar	7.5
Tarafsız Bölge	2.0
Trucial Coast	3.0
<u>Diğerleri</u>	<u>0.3</u>
Toplam:	178.3

Uzakdoğu

Pakistan	15.0
Endonezya	2.0
Hindistan	0.75
Britan.Borneosu	0.45
Papua	0.45
Japonya	0.50
Yeni Zelanda	0.30
<u>Diğerleri</u>	<u>0.17</u>
Toplam:	19.62

Hür Dünya Toplam:

687.27

Demirperde Ülkeleri:

Sovyetler Birliği	75.0
Romanya	4.8
Polonya	0.5
Çekoslavya	1.6
Çin	2.0
<u>Diğerleri</u>	<u>0.4</u>
Toplam:	84.2

Not. Ülkelerin raporlarında metrik sistem mevcuttur. Dönüşüm için şu faktör kullanılır:

$$M^3 \text{ } 32^{\circ}F (0^{\circ}C) \times 37.32 = ft^3 \text{ } 60^{\circ}F \text{ de} ; ft^3 \text{ } 60^{\circ}F \text{ dako,026795} \\ = m^3 (32^{\circ}F) \text{ de}$$

Kompozisyon ve Özellikleri:

Doğal gaz, genellikle kimyasal kompozisyonları açısından iki esas gruba ayrılırlar:

- 1) Kondanse edilebilir hidrokarbonlar (propan, butan ve daha ağır hidrokarbonlar) içeren doğal gaz olarak ifade edilen ıslak doğal gaz. Ham petrol içeren rezervden üretildiğinde, bu birleşik gaz olarak da adlandırılır.
- 2) Kuru doğal gaz, daha önce de belirtildiği gibi ekonomik olarak yeniden kazanılabilen kondanse edilebilir hidrokarbon miktarı içermezler.

Kuru doğal gaz, ıslak gaz'ı kondanse edilebilir hidrokarbonlardan ayırmak için, işlenmek suretiyle ıslak doğal gazdan üretilir. Doğal gaz, eğer yeterli miktarda sülfür bileşimleri veya doğal durumunda karbondioksit içeriyorsa, ekşi doğal gaz, doğal durumu yeterli miktarda sülfür bileşimleri veya korrozyon olacak miktarda karbondioksit içeriyorsa ve de şiddetli bir kokusu varsa, tatlı doğal gaz olarak da ikiye ayrılabilir.

Tatlı gaz, sülfür bileşimlerini ve karbondioksidi kaldırmak için işlenerek ekşi gazdan üretilir.

Yaş doğal gaz'dan elde edilmiş, kondanse edilebilir hidrokarbonlar, bu sıvılardan ayrılmış butanlar ve propan, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG gazları) olarak belirlenirler. Pentanlar ve daha ağır hidrokarbonlar ise doğal gaz olarak etüd edilirler.

Doğal gaz, karbondioksit, azot, su buharı, hidrojen sülfür ve thiol veya diğer organik sülfür bileşimleri gibi istenmeyen kalıntılar içerebilir.

Su buharı, şayet belirli konsantrasyonlarda ise, gaz basıncındaki artış veya ısıdaki düşüşün bir sonucu olarak yoğunlaşabi-

lir. Bir boru hattındaki sıvı hidrokarbonların veya suyun belirli bir miktarının yoğunlaşması verimi düşürür. Yani gaz akışı büyük ölçüde engellenir veya tamamen durabilir. Korozyon ve koku problemlerini gidermek için, toplam sülfür miktarı 100 cuft gaz'da 0,01625 gram'a düşürülür.

Sovyetler Birliği'nden ithali düşünülen tabii gaz'ın bileşimi:

METAN	Min. 85 %
ETAN	Max. 7 %
PROPAN	Max. 3 %
PENTAN	
Daha büyük C_6 H.K	Max. 2 %
N	Max. 1 %
CO ₂	Max. 3 %
O ₂	0.02 %

Kükürt Miktarı:

H ₂ S - Max	5.0 Mg/m ³
Merkaptan S - Max.	15.0 mg/m ³
Topl. Kükürt- Max.	100.0 mg/m ³
Üst ısı değeri (ort.)	9000 kcal/m ³
Alt ısı değeri (ort.)	8111 kcal/m ³

AMONYAK ÜRETİMİ

Günümüzde amonyak üretimi, büyük yatırımlar gerektiren bir teknoloji ile gerçekleştirilebilmektedir. Enerji tüketimi de çok yüksek olan tüm azotlu gübrelerin üretiminde, maliyeti etkileyen en önemli girdi amonyaktır. Bu bakımdan uzun yıllardır, amonyak eldesinin maliyetini indirmek için çalışmalar yapılmaktadır. 1960'lı yıllarda, amonyak sektöründe ekonomi, üretim kapasitesini artırmak kadar, uygulanan teknolojinin ve amonyak üretiminde kullanılan hammaddeyi akılcı seçimleri sonucunda mümkün olabilmektedir.

1970'li yılların ilk yarısında, atmosferik gazifikasyona ve hammadde olarak kömüre dayalı küçük birim kapasiteli amonyak üretim tesisleri dünyanın her yanında, doğal gaz'ın veya daha yüksek hidrokarbonların, basınç altında buharla reforming'ine (hidrojen, karbonmonoksit ve azota dönüştürme) dayanan büyük kapasiteli işletmelere dönüştürüldü. Hidrokarbonların saflaştırılmasına (steam reforming) dayalı olan bu yeni proses, katalitik gaz arıtımı, (karbondioksitin yok edilmesi haricinde) santrifuj kompresörler, yüksek basınçlı buhar üreteçleri, rekuperasyon tesisleri gerektirmektedir.

Bugün gelişmiş ülkelerde pahalı olmayan doğal gaz veya kolaylıkla işlenebilen nafta kullanan 1000/1500 ton/gün kapasiteli amonyak fabrikaları kurulmuştur.

Amonyak veya ondan üretilen gübrenin uzak mesafedeki pazarlara büyük miktarlar halinde deniz yoluyla ekonomik olarak sevk edilebilmektedir. Düşük maliyetli hammadde stokları, hızla artan dünya pazarları, hızla gelişen endüstriyel ve ekonomik büyüme, düşük maliyetli krediler ve yatırım imkânları, amonyak üretiminin dünya çapında büyük birimler halinde toplanmasına ve çok

gelişmiş bir dünya pazarı oluşmasına katkıda bulunmuştur. Burada uygulanan proses, sanayileşmiş ülkelerin teknik düzeyine paralel olarak giderek daha karmaşık bir hale gelmiştir. Safılaştırma işleminde (reforming) mümkün olan en yüksek sıcaklık ve basınçlar kullanılarak, prosesin tüm safhalarında, stabilite şartlarında mümkün olan en yüksek kapasiteye ulaşılmaya gayret edilmektedir. Gerekli hammadde stoklarına sahip olan, gelişmekte olan ülkelerin, gelişmiş ülkelerin proses tekniklerini uygulamakla sıkıntıya düşmeleri doğaldır.

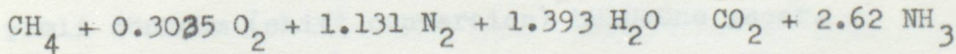
Projeleri gerçekleştirmekteki ciddi gecikmeler dolayısıyla maliyet artışları, düşük kapasitede çalışma, işletme sıkıntıları, umulan ekonomik gelişmeleri yenilgiye uğratmıştır.

Daha önceden küçük çaplı amonyak işletmelerine sahip ve böylece yeterince deneyimli teknik kadroya ve teknolojiye sahip olan gelişmekteki ülkelerin bu konudaki girişimleri daha verimli olmuştur. Küçük işletmeleri, büyük birimler takip edince daha olumlu sonuçlar alınmıştır.

1970'lerin Klasik Amonyak Prosesi

Amonyak eldesinde 1970 sonları ve 1980 başlarında temel teknoloji, genel olarak hammadde kaynağı olan hidrokarbonlar ve doğal gaz kullanmaya başladı ve bu şekilde gaz amonyak üretimi için buharla saflaştırma (steam reforming) en uygun teknoloji haline geldi.

Bu proseste ki ayrıntılı reaksiyon:



Böylece metan'ın minimum stokiometrik tüketimi $583 \text{ Nm}^3/\text{t}(4.99 \text{ Gcal}/\text{t NH}_3)$ dır.

Amonyak eldesinde uygulanan proses şu safhalardan ibarettir:

- Hidrokarbonların kükürt bileşiklerinden arındırılması
- Buharla saflaştırma (steam-reforming)
- Değişimli dönüşüm (shift conversion)
- CO tasviyesi
- Sıkıştırma
- Amonyak sentezi

Kükürt Tasviyesi

Kükürt ve hafif molekül ağırlıklı hidrokarbonların yok edilmesi için doğal gaz'a, aktif karbon ve ZnO üstünde katalitik hidrojenleme işlemi uygulanır.

Buharla karıştırılmış doğal gaz ısıtılır ve Birinci Reformerdeki nikel katalizör üzerinden geçirilir. Doğal gaz burada yaklaşık 780-800° C buharla reaksiyona tabi tutulur.

Bu endotermik reaksiyon için gerekli olan ısı, dış ısıtma ile sağlanır. Yüksek sıcaklıktaki baca gazları bir ısı tutucusundan geçirilir. İkinci Reformer'de, gerekli azotu 3:1 oranında temin etmek ve yanabilir bileşenlerin kısmi oksidasyonu ile oluşan saflaştırma reaksiyonlarının tamamlanmasına gerekli olan enerjiyi karşılamak için sıkıştırılmış hava ilave edilir. Çıkan sıcak gazlar yüksek basınçlı bir buhar kazanına girer ve oradan da değişimli dönüşüm (shift conversion) bölümüne geçer.

Shift Conversion iki basamakta gerçekleştirilir:

- Yüksek sıcaklıkta
- Düşük sıcaklıkta olmak üzere CO konsantrasyonu düşürülür.

(0.1-0.3%) CO_2 için değişik prosesler vardır. Uygulamada genellikle su içinde absorblama, MEA (Monoetanolamin) ve sıcak Potasyum karbonat çözeltisi kullanılarak CO_2 tasviye edilir.

Sentetik gaz hazırlanmasındaki son basamak CO ve CO_2 kalıntılarını yoketmektir. Bu bir metanasyon biriminde yapılır. Buradan çıkan gaz karışımı sıkıştırılır ve Amonyak Sentez bölümüne girer.

Amonyak, sistemden soğutma yoluyla çekilir. Dönüşmemiş gaz senteze geri dönürlür. Gaz'ın içinde kalan istenmeyen maddeleri (Ar , CH_4) yoketmek için sürekli bir arıtma işlemi uygulanır.

Özgül enerji tüketimi 8.5-9 G cal/ton amonyaktır. Sentez olayı basitleştirilmiş olarak şemada görülebilir. (şekil 5)

Amonyak üretimindeki yeni yöntemler:

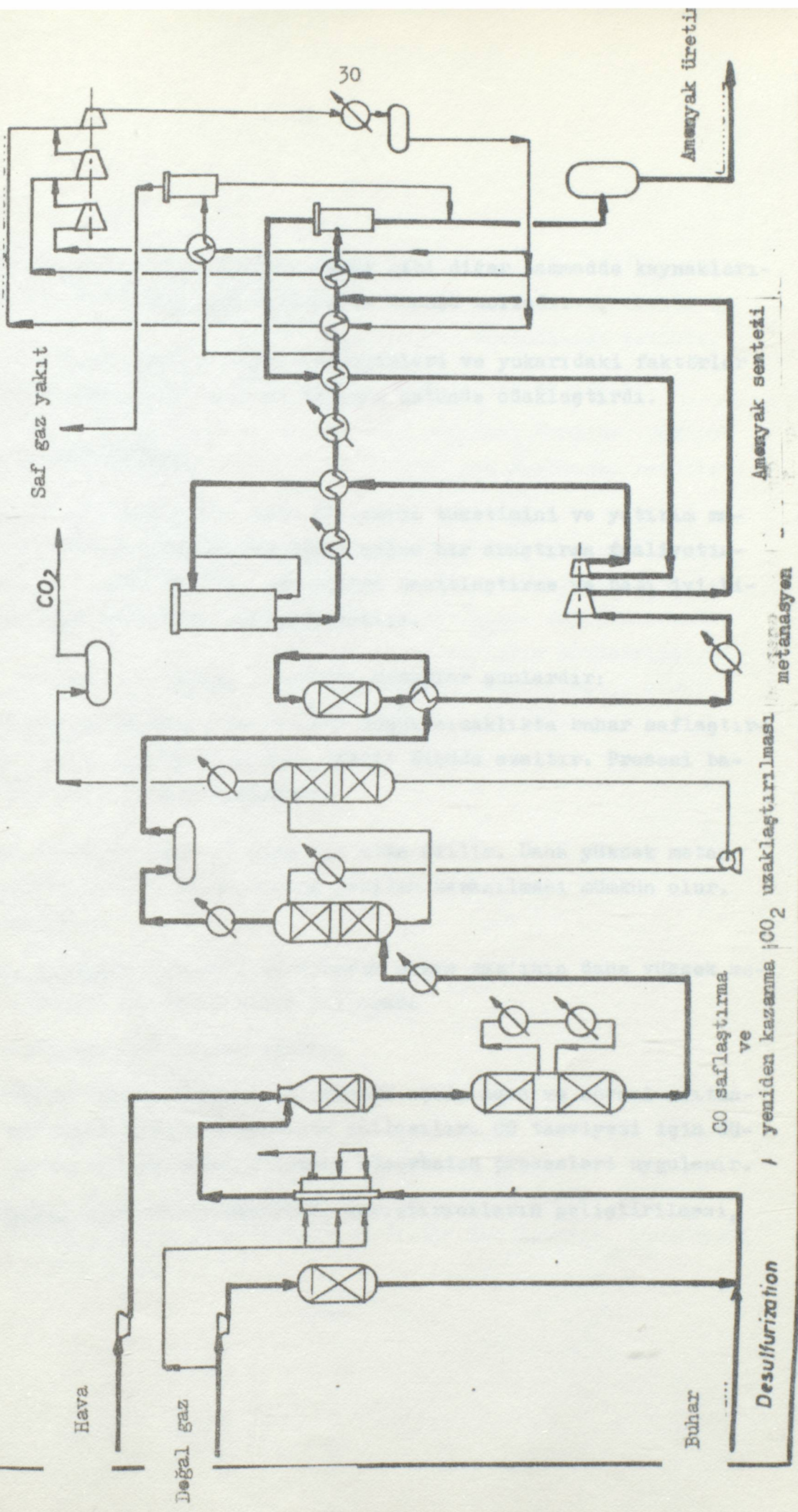
Petrol krizinin sonucu ortaya çıkan ekonomik kriz, genel döviz sıkıntısı, yüksek ulaşım giderlerinin ve büyük işletmelerde karşılaşılan sorunlar, hem gübre tüketiminde hem de gübre sanayinde tamamen yeni koşullara sahip bir dünya pazarı yaratmıştır.

Bu yeni durum 1980'li yılların başında, azotlu gübre endüstrisinde ve hepsinden önce amonyak üretiminde yeni eğilimlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur.

- Enerji fiyatlarının önemli bir şekilde artması nedeni ile amonyak üretiminde uygulanan mevcut proseslerin enerji tasarrufu sağlayıcı yönde gelişme gösterme zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Gelişmekte olan ülkeler, basit, sade ve ekonomik proseslere doğru yönelmişlerdir. Ekonomik koşullar amonyak üretimi için hala en geçerli ve en uygun hammadde olarak doğal gaz yanında başka arama çalışmalarının devam ettiği elektroliz ile

Şek.5. Doğal Gazdan Amonyak Sentezi. Temel Teknoloji

Sogutma ünitesi



ve sentetik gaz kumpresyonu

elde edilen hidrojen veya kömür gibi diğer hammadde kaynaklarının kullanıldığı eski metodlara dönüşü zorladı.

- Gelişmekte olan ülkelerin deneyimleri ve yukarıdaki faktörler dikkatleri küçük işletme kavramı üstünde odaklaştırdı.

Proses Gelişmeleri:

Gelişmiş proses sahibi ülkeler enerji tüketimini ve yatırım maliyetlerini düşürmeyi amaçlayan yoğun bir araştırma faaliyetindedirler. Genel eğilim, prosesleri basitleştirme ve bazı iyi bilinen eski metodları canlandırmaktır.

Bu çalışmaların ortaya çıkardığı sonuçlar şunlardır:

- Reformer: Karbon oranına göre düşük sıcaklıkta buhar saflaştırmada enerji gereksinimlerini önemli ölçüde azaltır. Prosesi basitleştirir. Yatırımı azaltır.

Diğer taraftan daha az atık ısı elde edilir. Daha yüksek metan sızıntısı oluşur ve enerjinin yeniden kazanılması mümkün olur. (Recovery)

- Gaz arıtımı: Birincil reformerin çıkış gaz'ının daha yüksek metan içeriği iki değişikliğe yol açar:

- 1) Hidrojeni saf olarak ayırır.
- 2) İkinci aşama, ikincil reformerde aşırı hava ve normal arıtmadan sonra sentez halkasında kullanılır. CO tasviyesi için düşük enerji kullanan fiziksel absorpsiyon prosesleri uygulanır.

- Sentez: Yeni katalizatörler, karıştırıcıların geliştirilmesi,

çalışma sıcaklığının ve basıncının azaltılması, enerji verimliliğini geliştirmek ve temizleme gazının yeniden kazanılması için, recovery sistemlerinin kullanılması verimliliği artırdı.

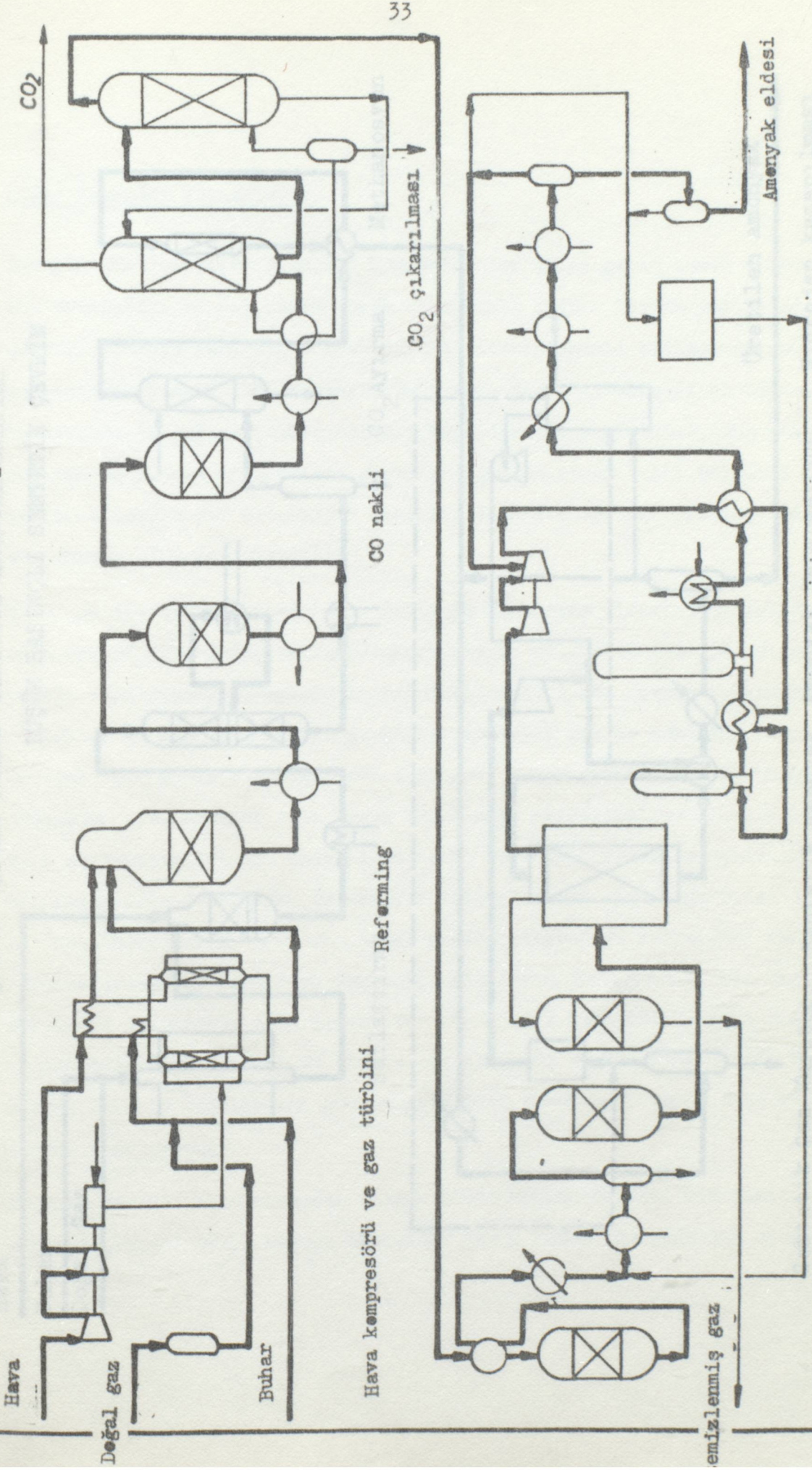
Amonyakın ayrılması suda absorblanarak gerçekleştirilir.

- Enerji koruması: Gaz türbini, emme soğutma, Rankine periyodu, prosesi daha verimli kılmak için en sık ~~bast~~lanan metodlardır (1).

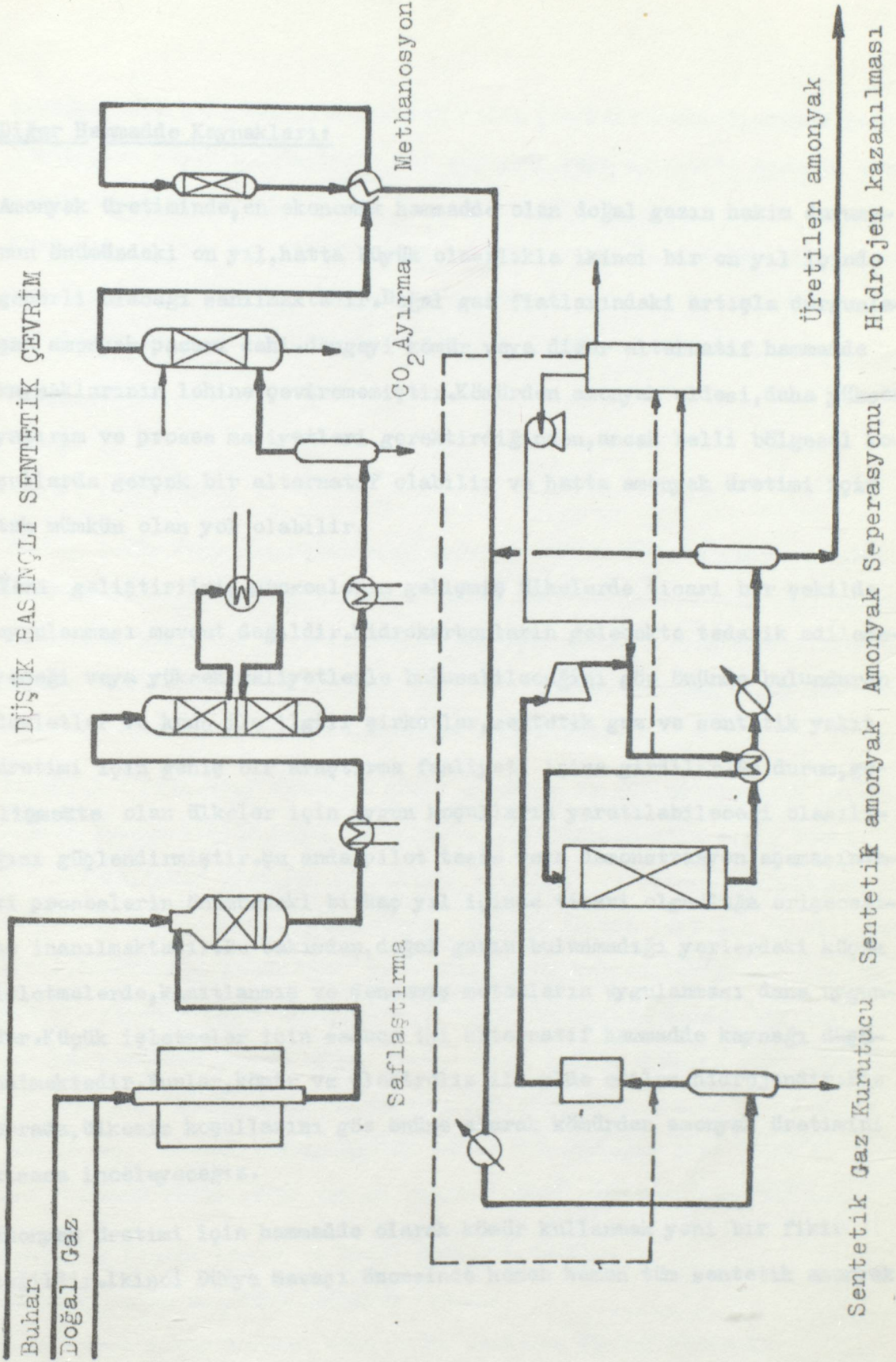
Yukarıdaki genel eğilimler sonucunda bir çok yeni proses projeleri hazırlanmıştır. Hepsi de esas itibariyle gelişmekte olan ülkelerde özellikle küçük kapasiteli gübre fabrikalarında uygulanmaya elverişlidir. Ancak, bütün bunların endüstriyel bir ölçekte ispatlandıktan sonra uygulanması daha gerçekçi olur.

(1) Ammonia Plants Seek Routes to Better Gas Mileage, Chem.Week, Feb. 19, 1975, p.29

Şek.6. Doğal Gazdan Amonyak Sentezi.Gaz Türbini ve sıvılaştırılmış N_2 Kazanılması



Şek.7 DOĞAL GAZDAN SENTETİK AMONYAK ÜRETİMİ
DÜŞÜK BASINÇLI SENTETİK ÇEVİRİM



Diğer Hammadde Kaynakları:

Amonyak üretiminde, en ekonomik hammadde olan doğal gazın hakim durumunun önümüzdeki on yıl, hatta büyük olasılıkla ikinci bir on yıl içinde geçerli olacağı sanılmaktadır. Doğal gaz fiyatlarındaki artışla durgunlaşan amonyak-pazarı dahi, dengeyi kömür veya diğer alternatif hammadde kaynaklarının lehine çevirememiştir. Kömürden amonyak eldesi, daha yüksek yatırım ve proses maliyetleri gerektirdiğinden, ancak belli bölgesel koşullarda gerçek bir alternatif olabilir ve hatta amonyak üretimi için tek mümkün olan yol olabilir.

Yeni geliştirilmiş proseslerin gelişmiş ülkelerde ticari bir şekilde uygulanması mevcut değildir. Hidrokarbonların gelecekte tedarik edilemeyeceği veya yüksek maliyetlerle bulunabileceğini göz önünde bulunduran devletler ve konu ile ilgili şirketler, sentetik gaz ve sentetik yakıt üretimi için geniş bir araştırma faaliyeti içine girdiler. Bu durum, gelişmekte olan ülkeler için uygun koşulların yaratılabileceği olasılığını güçlendirmiştir. Şu anda pilot tesis veya demonstrasyon aşamasındaki proseslerin önümüzdeki birkaç yıl içinde ticari olgunluğa erişeceğine inanılmaktadır. Bu bakımdan, doğal gazın bulunmadığı yerlerdeki küçük işletmelerde, kanıtlanmış ve denenmiş metodların uygulanması daha uygundur. Küçük işletmeler için sadece iki alternatif hammadde kaynağı düşünülmektedir. Bunlar, kömür ve elektroliz ile elde edilen hidrojenidir. Biz burada, ülkemiz koşullarını göz önüne alarak kömürden amonyak üretimini kısaca inceleyeceğiz.

Amonyak üretimi için hammadde olarak kömür kullanmak yeni bir fikir değildir. İkinci Dünya Savaşı öncesinde hemen hemen tüm sentetik amonyak

üretimi, kömüre dayalıydı. Son yirmi yılda Çin Halk Cumhuriyetinde gerçekleştirilen küçük işletmelerin bir çoğu, kok veya antrasiti amonyak üretiminde hammadde kaynağı olarak kullanılmaktadır.

Günümüzde, birçok gazifikasyon (gaz haline çevirme) prosesleri ticari olarak uygulanmaktadır. ve bunların hepsinde de oksijen kullanılmakta olup, uygulamada üç değişik parametreye uygun olarak sınıflandırılır.

-Basınç

-Sıcaklık

-Reaktör tipi gibi

Basınç : Tüm eski proseslerde, atmosferik basınç altında yapılan Lurgi Yöntemi hariç, basıncı doğal gaza dayalı tesislerdeki normal başlama noktası olan 30-40 bar civarına yükselmek için gerekli olan enerji kömüre dayalı amonyak üretiminin zaten ağır alan yükünü artıran diğer bir ciddi ekonomik dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sıcaklık : Prosesler arasında düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık gerektirenler bulunmaktadır. Düşük sıcaklıkta gazifikasyon daha basit teçhizat gerektirir, fakat üretilen gaz, birçok sakıncalı ve istenmeyen yabancı gaz ve yüksek oranda metan içendiğinden pahalı arıtma tesisatı gerektirmektedir. Reaktörden çıkan "kül" bazı kazanlarda kullanılabilecek derecede yeterli yabancı madde içerir. Yüksek sıcaklık gazifikasyonu ise katransız bir ham sentetik gaz ve uygun oranda metan içeren ürünler elde edilmektedir. Katı kül (külün erime noktasının altında) kaldırma ve cüruf akışı prosesleri eşit olarak kullanılır. En yüksek derecelerde bile (1500°C) iyi gazifikasyon verimliliği sadece reaktif kömür çeşitlerinden beklenebilir.

Reaktör : Klasik olarak üç temel katagori vardır.

-Akışkan yatak reaktörü (Winkler Prosesi)

-Sabit veya yavaş hareket eden yatak reaktörü (Lurgi Prosesi)

-Sürmeli(yürütmeli) yatak reaktörü(Koppers-Totzek ve Texaco Prosesleri)

Tüm prosesler yoğun bir şekilde kömür kalitesine bağlıdır, bundan dolayı değişik proseslerin özel karakterlerinin ve dezavantajlarının karşılaştırılması gereksizdir. Bu proseslerin faal işletmelerde uygulananları bile henüz gelişme aşamasındadır. Bu nedenle bu çalışmada değişik proseslerin özellikleri anlatılmayacaktır. Sadece kömür gazifikasyonu ve petrol (ağır yağ) gazifikasyon prosesi bir örnek olmak üzere verilecektir.

Basınç altında yüksek sıcaklıkta kömür gazifikasyonu:

Kömür öğütülüp çamur haline getirilerek, basınç altında, gaz haline dönüştürülür (20-100 bar). Elde edilen gazın bileşimi şu şekildedir:

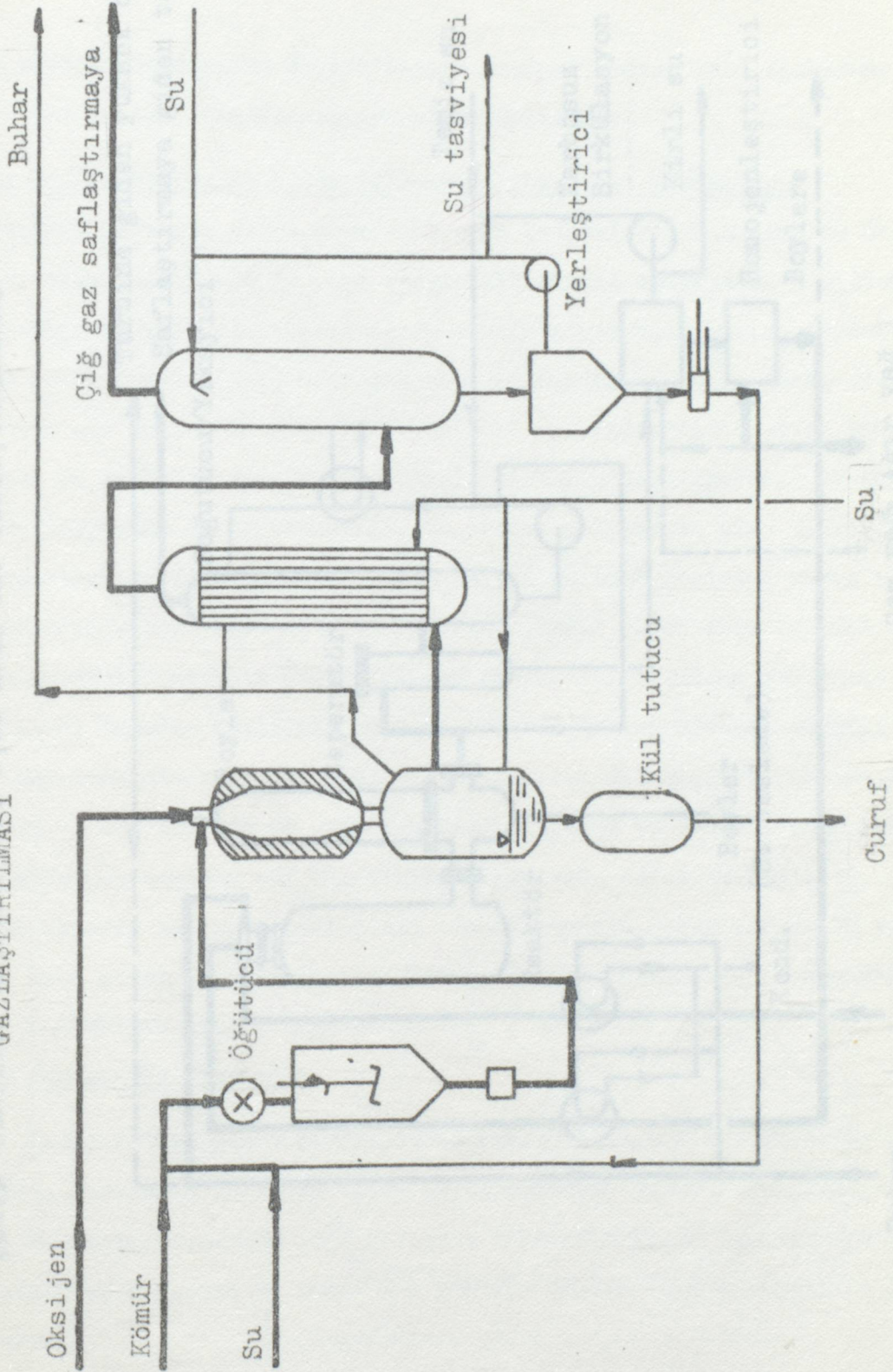
CO	% 54
H ₂	% 34
CO ₂	% 11
Diğerleri	% 1

Prosesin akış diyagramı şekil 3.2.1/4'te verilmiştir.

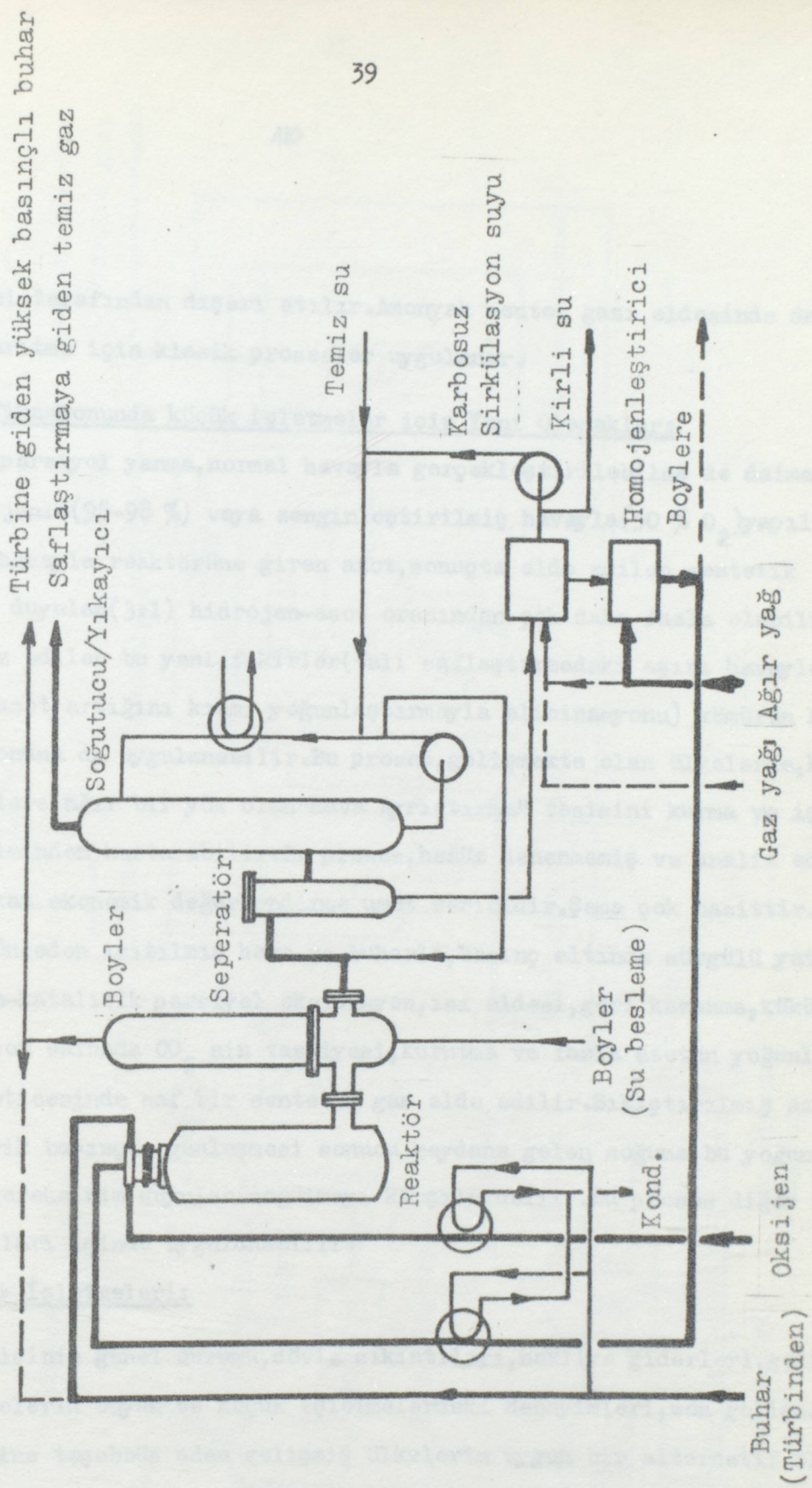
Ağır yağ gazifikasyonu(Petrol Gazifikasyonu) :

Akış diyagramı şekil 8-9 da görülen proste ısıtılmış petrol(ağır yağ) oksijen ve buhar ile yama odasında karıştırılarak reaktöre sevk edilir. Ototermal reaktörün içinde yakıtın bir kısmı için parsiyel oksidasyonu 1008-1600° C'de düzeltici ve ayırıcı(parçalayıcı) reaksiyonlar için gerekli olan ortamı hazırlar. Reaktörü terkeden gaz, yüksek sıcaklıkta olduğundan, üretilen ısının bir kısmı da bu şekilde dışarı çıkar. Gazifikasyon işleminin oksijenle yapıldığı hallerde gaz haline dönüştürülen her ton yağ için reküperasyon kazanında 2.8 ton civarında buhar üretilir. Kazanı terk eden ham gazın içinde bulunan karbon çamuru, reaktördeki özel bir yı-

Şek.8 SENTETİK AMONYAK GAZI İÇİN TİPİK İKİNCİ GENERATION KÖMÜR
GAZLAŞTIRILMASI



Şek. 9 SENTETİK AMONYAK GAZI İÇİN AĞIR YAĞ GAZLASTIRILMASI.



kama sistemi tarafından dışarı atılır.Amonyak sentez gazı eldesinde daha ileri bir arıtma için klasik prosesler uygulanır.

Kömür Gazifikasyonunda küçük işletmeler için Yeni Olanaklar:

Oto-termal parsiyel yanma,normal havayla gerçekleştirilebilse de daima ya saf oksijenle(95-98 %) veya zenginleştirilmiş havayla(50 % O_2) yapılır. Bu durumda havayla reaktörüne giren azot,sonuçta elde edilen sentetik gazda gerek duyulan(3:1) hidrojen-azot oranından çok daha fazla olabilir. Yukarıda söz edilen bu yeni fikirler(tali saflaştırmadaki aşırı havayla çalışma ve azot artığını kısmi yoğunlaştırmayla eliminasyonu) kömürün kısmi oksidasyonuna da uygulanabilir.Bu proses,gelişmekte olan ülkelerde,küçük işletmelere ağır bir yük olan"Hava Ayırıştırma" tesisini kurma ve işletme gereksiniminden kurtarabilir.Bu proses,henüz denenmemiş ve analiz edilememiştir.Fakat ekonomik değerlendirme umut vericidir.Şema çok basittir. (Şekil.10) Önceden ısıtılmış hava ve buharla,basınç altında sürgülü yatak üzerinde,non-katalitik parsiyel oksidasyon,ısı eldesi,geri kazanma,kükürt giderme ve son safhada CO_2 nin tasviyesi,kurutma ve fazla azotun yoğunlaştırılması neticesinde saf bir sentetik gaz elde edilir.Sıkıştırılmış azotun atmosferik basınçta genişmesi sonucu meydana gelen soğuma,bu yoğunlaştırma için gereksinim duyulan soğutmayı karşılayabilir.Bu proses diğer ham madde kaynakları içinde uygulanabilir.

Küçük Amonyak İşletmeleri:

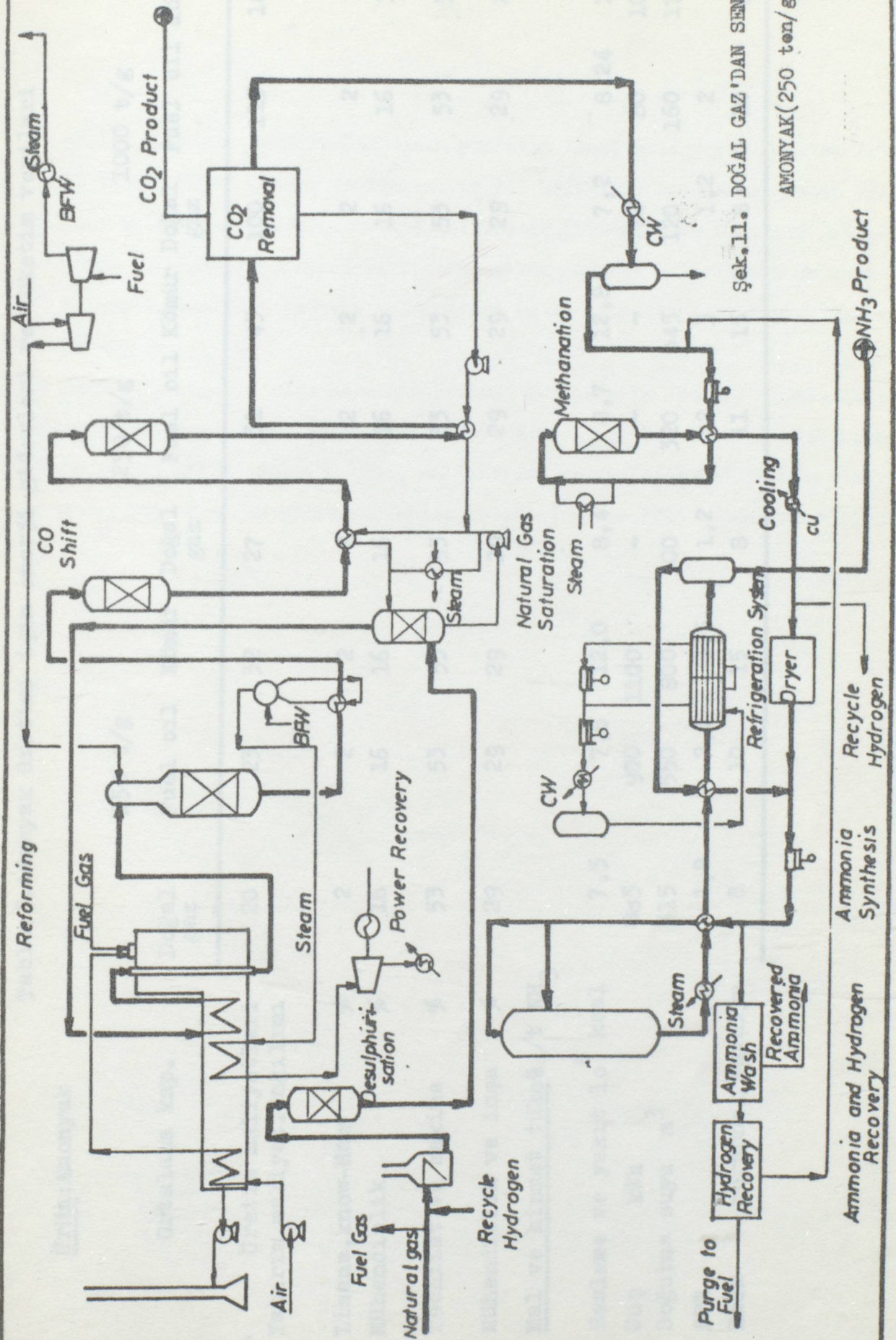
Dünya ekonomisinin genel durumu,döviz sıkıntıları,nakliye giderleri,gelişmiş olan ülkelerin büyük ve küçük işletmelerdeki deneyimleri,son gelişmeler,gübre üretimine teşebbüs eden gelişmiş ülkelerin uygun bir alternatif olarak küçük işletmeleri de ciddi bir şekilde düşünmeleri gerektiğini doğrulamaktadır.

Bugün, amonyak üretiminde küçük işletme kavramı 100 ile 250 t/gün'lük kapasiteleri belirlemektedir. Söz konusu olan yeni gelişmeler daha ziyade küçük işletmeler için elverişlidir. Şema aynen kullanılırsa daha yüksek masraflar çıkabilir, basitleştirmeler (daha düşük buhar basıncı gibi) yüksek maliyetleri azaltıcı yönde etkileyebilir. Dolayısıyla küçük işletmeler için büyük işletmelerle, özel parametrelerde, rekabet edilecek yeni fabrika şemaları kurmak mümkün olmuştur. Bu şemalar, ancak ilgi duyan işletmeler, giderleri karşılayabilecek yeterli bir pazar bulunabileceğine ikna edilebilirse detaylı bir şekilde uygulanabilir ve ticari etkinlikleri saptanabilir.

Eldeki bilgilerin ışığı altında hazırlanmış iki alternatif şema ele alındığında, birincisi 150 t/ gün'lük, ikincisi de 250 t/gün'lük bir kapasite amaçlandığı takdirde, birincisi daha az verimli (yüksek enerji tüketimi) küçük tesisler için daha uygundur. II no.lu şekilde görülen ve yeni fikirlerin birçoğunu içeren ikinci şema, kapasitesi daha büyük olan işletmelere daha kolay uygulanabilir. Yatırım maliyetini azaltan basitleştirilmiş dizaynı, dahili olarak elde edilen tüm elektriği ile bu şemanın şu anda çalışan 100 t/gün'lük işletmelerin birçoğundan daha iyi performans vereceği sanılmaktadır. İşletmenin su ihtiyacı benzer şekilde basitleştirilmiştir. Böylece suyun temizlenme işlemi birkaç gram pahalı olmayan kimyasal madde ile sınırlandırılmıştır.

Teknik Ve Ekonomik Değerlendirme:

Küçük işletmelerin rekabet durumunu incelemek ve optimizasyon olanaklarını belirlemek için yatırım ve işletme giderleri üç kapasite 150 t/gün, 250 t/gün, 1000 t/gün amonyak ve üç hammadde, doğal gaz, fuel oil, kömür için eldeki bilgilere dayanarak hesaplanmıştır. II tablosunda görülen de-

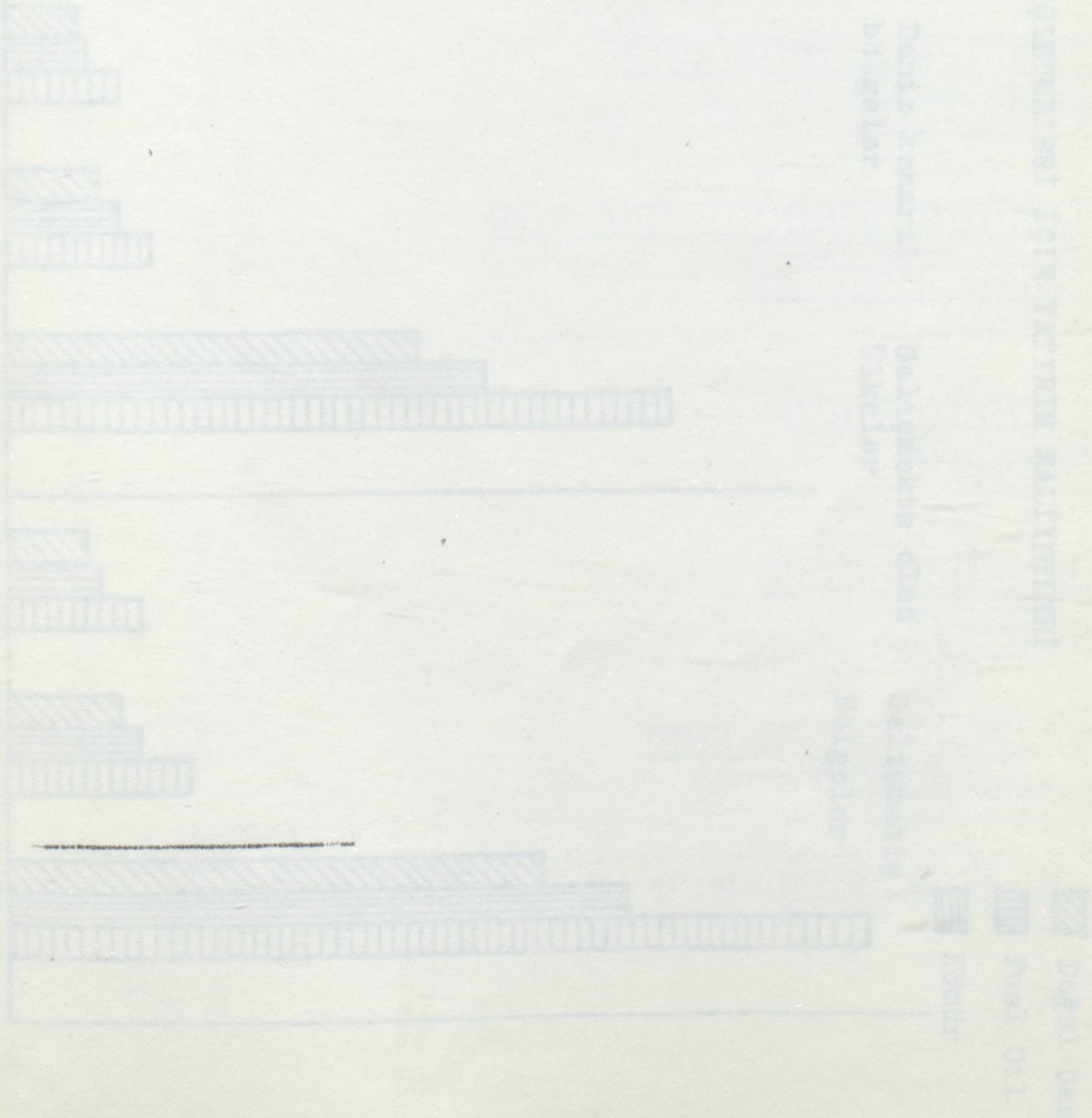


Şek. 11. DOĞAL GAZ'DAN SENTETİK

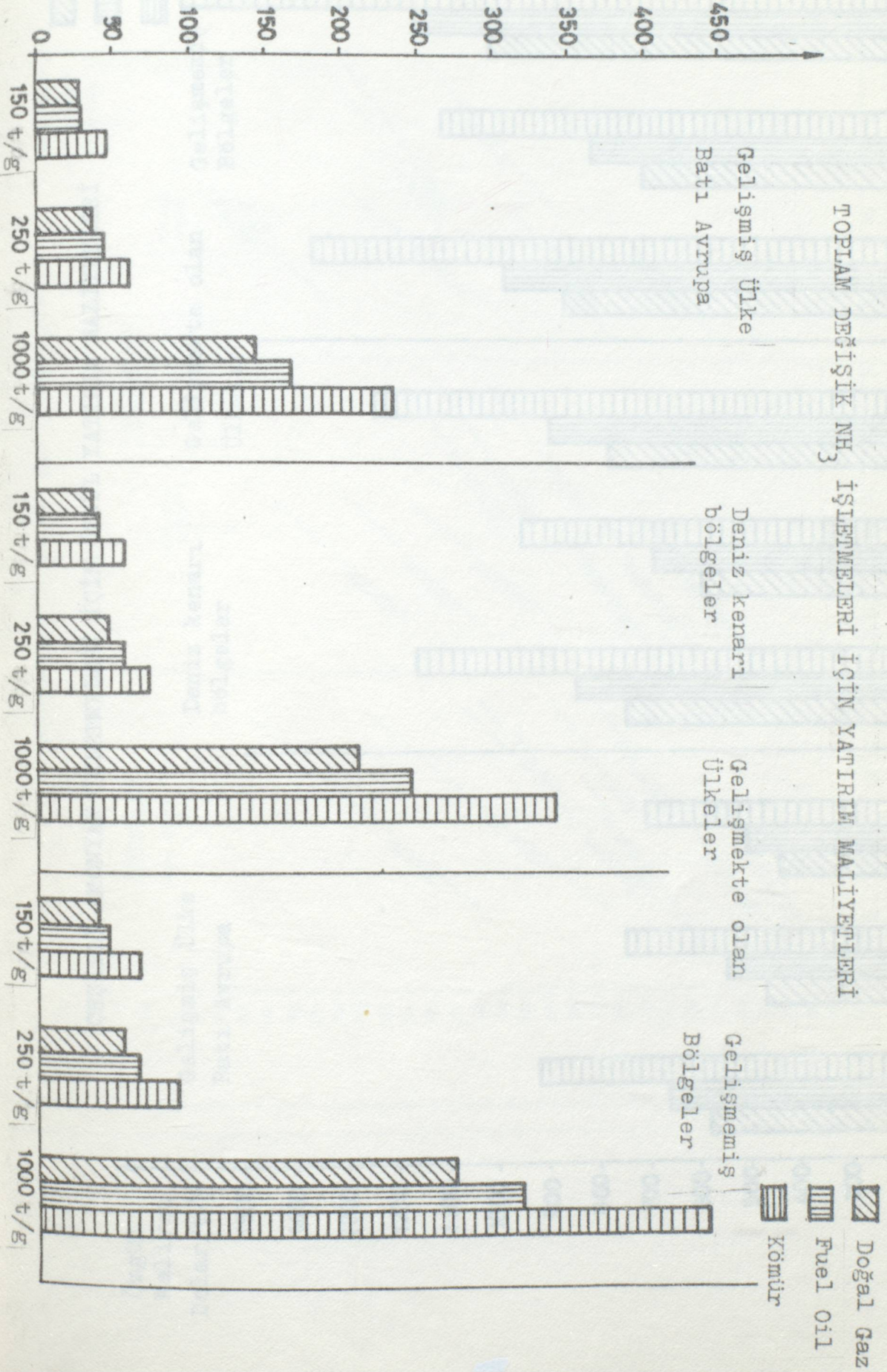
AMONYAK (250 ton/gün üretim)

ğerler, ekonomik değerlendirmelere yardımcı olmuştur. Amonyak üretimi için II Tablosundaki proses verilerini ve 1.1 bölümünde anlatılan metodu kullanarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. (Detaylar ve Ölçümler 3/1 ekinde bulunabilir). Kaymaları içeren toplam yatırım maliyetleri ve çıkarılmış toplam özel yatırım maliyetleri 12 ve 13 no.lu şekillerde özetlanmıştır.

Şek.14 de geçerli olan hammadde besleme fiatlarıyla (Dolar/ cal.olarak hesaplanmıştır) değişik alternatiflerde beher ton amonyak üretiminin (% 15 ROI dahil) fabrika çıkış maliyetleri verilmiştir. Gelişmekte olan ülkelerde amonyak gübre düşünölemeyeceğinden bir fiat hesaplanamamıştır.

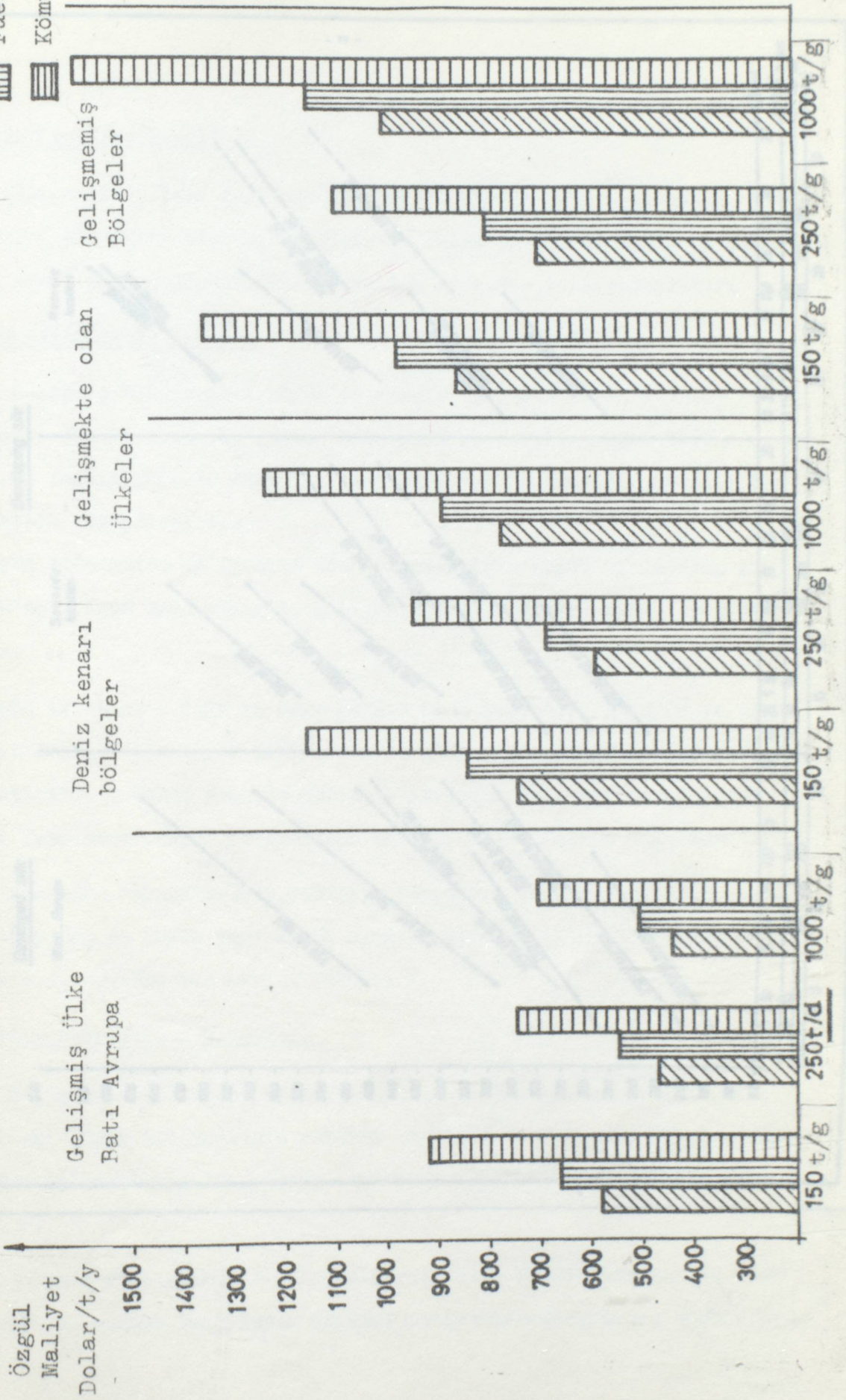


Toplam yatırım maliyeti (Milyon dolar)



Doğal Gaz
Fuel Oil
Kömür

ÇEŞİTLİ AMONYAK İŞLETMELERİ İÇİN ÖZGÜL YATIRIM MALİYETLERİ



QUESTO È IL MARCHIO - **COAT**

Değerlendirme(Genel)

1. Gerçek koşulları değil de faktörlere dayalı genelleştirilmiş yaklaşımları göz önüne alarak, sonuçlar tam rakamlar olarak değil de tahmini ve izafi olarak düşünülmelidir. Bu tüm inceleme için geçerlidir.

Spesifik(Özgül) Yatırım

2. Gelişmiş ülkelerdeki büyük işletmelerin lehine olan avantaj gerçekten önemli olmasına rağmen hala göze çarpabilir. Diğer bütün durumlarda farklılıkların doğruluk limitleri içinde olacağı güvenli bir şekilde düşünülebilir.

Küçük işletmeler geliştirmekte olan ülkeler için büyük birimlerde gerçekleştirilen aynı kapasite gibi, daha fazla kapital gerektirmeyecektir.

Küçük işletmeler için en akla yatkın olan kalabalık olmayan ve uzak yörelerdeki daha büyük birimler gibi daha az özgül yatırımla gerçekleştirilebilir. Fakat yine de gelişmiş yerleşim bölgelerindeki büyük bir fabrikanın, özgül yatırımının neredeyse iki katına malolacaktır.

3. Hammadde kaynaklarının, yerleşim bölgeleri veya yerleşim bölgeleri dışında da büyük veya küçük kapasitelerdeki yatırım maliyetleri üzerine kuvvetli bir etkisi vardır.

Üretim Maliyetleri Üiderleri

4. Gelişmiş yörelerdeki küçük işletmelerin üretim maliyetleri, aynı yerdeki büyük işletmelerle rekabet edebilir ve gelişmiş ülkelerdeki büyük işletmelerin lehine olan avantaj, ulaşım maliyetlerinden daha azdır.

5. Hammadde fiyatlarının üretim maliyetlerinde önemli bir etkisi vardır. Fakat sonucu belirleyen kapital maliyetleridir. Kömüre dayalı pro-

sesler hammadde fiyatının sadece onda biri ile rekabet edebilir.

6. 150 ve 250 ton/gün kapasiteli işletmeler arasındaki büyük farklılıklar kapasite faktörünün tesirini değil, şemanın tesirini gösterir. Daha büyük kapasite, şemalara ilave edilen yeni değişiklikler ve gelişme daha küçük kapasitelerde düşünülemez. Daha küçük işletmelerin (Şayet yeterli talep bunu doğrularsa) benzer teknik yeniliklerden geçip 250 ton/gün'lük işletmelerle aynı rekabet edebilme düzeyine ulaşacakları var sayılabilir.

Amonyak üretiminin maliyet ekonomisi açısından incelenmesi:

Amonyak işletmeleri: Amonyak üretimi büyük kapital gerektiren bir işlemdir. Geçen yıllardaki teknolojik gelişmeler, özellikle yeni dizaynlanmış kompresörlerin kullanılması sonucunda düşük maliyet- te ve yüksek kapasitede bir üretimi gerçekleştirmiştir. Doğal gaz- dan, naftadan ve diğer hafif hidrokarbonlardan amonyak üretimi da- ha ekonomiktir. Bununla birlikte, teknolojik gelişmeler yanı sıra üretim artışı sonucunda, mevcut amonyak üretim maliyetleri düşer- ken hammadde'deki büyük artış ve konstruksiyon maliyet artışları, 1972 yılından bu yana üretim maliyetlerinin yükselmesine neden ol- muşlardır.

Konstruksiyon maliyetlerinin yükselmesine neden olarak şunlar dik- kate alınabilir:

- 1) Malzeme artışı, işçilik masrafları, enflasyonun anormal tırman- ması,
- 2) Enerji için yeni donanım ihtiyaçları
- 3) Hava ve çevre kirliliğini önlemeye yönelik yasaların fiziksel istemleri.

Bazı çalışmalar ve maliyet düşürücü tekniklerin kullanılması su- retiyle bu endüstri alanında 1974-1978 yılları arasında işçilik ve maliyet giderlerinin yükselmesi bir ölçüde engellenmiştir. Fa- kat ne yazık ki bu alanda geleceğe yönelik büyük bir çalışma yok- tur. Ancak, bu demek değildir ki; gelecekte bu alanda teknolojik gelişmeler olmayacaktır. 1970 yılı sonuna kadar yapılan, gelişme- ye yönelik çalışmalar ve üretimdeki artış, konstruksiyon maliyet- lerinin tüm dünyada yükselmesi nedeniyle gelişme hızı durmuştur.

Bu durumda, daha fazla üretim artışı sağlayabilmek için daha çok maliyet tasarrufuna yönelmek durumunda kalınmıştır.

Kapital maliyetlerinde kapasitenin etkisi:

1978 yılında dünyanın en büyük amonyak üreten işletmesinin kapasitesi 1600 t. gündü. Üretimde 200 t/gün kapasiteli bazı işletmeler ileriki yıllarda pek tercih edilmedi. 1960'lı yılların ortalarından itibaren, çok popüler olan yüksek üretim istekleri, santrifujlu pompaların kullanılmasıyla gerçekleşmiştir. Bu kompresörlerin kapasitesi 550 t/gündür.

1970'li yılların başlarında üç tip standart amonyak üretimi yapan fabrika tipi ortaya çıkmıştır. Bunların kapasiteleri:

550 t/gün, 900-1000 t/gün, ve 1300-1500 t/gün olarak belirlenmişti.

Bu veriler mühendislik firmalarınca belirlenen 1978 yılına ait bilgilerdir.

Amerika Birleşik Devletlerinin Golf kıyılarında doğal gaz'a dayalı üretim yapan bir işletmenin maliyet giderleri tahmini değerlerle aşağıya çıkarılmıştır:

<u>Kapasite</u> <u>ton/gün</u>	<u>Enerji-Maliyet</u> <u>milyon \$</u>	<u>Ton NH₃ için</u> <u>yıllık maliyet</u>
550	35	193
1040	48	140
1360	69	154

Yukarıdaki verilerde görüldüğü üzere, 1040 t/gün en ekonomik olan optimum değerdir. Kurulan fabrikaların çok büyük bir kısmı, kapasitelerini genellikle 900 ile 1040 t/gün arasında tutmak durumunda karar kılmışlardır. 550 t/gün kapasite, santrifujlu kompresörler kullanan işletmeler için en düşük kapasite olarak seçil-

miş olup, minimum ekonomik düzeydedir. Daha büyük kapasitedeki işletmeler (optimum değerlerin üzerindeki) genellikle maliyetin yüksek olduğu bölgelerde seçilmişlerdir. Bu cümleden olarak, iki ayrı işletmenin yapılan kapasite mukayesesinde, iki 900 t/gün kapasiteli işletmenin bir tane 1500 veya daha fazla t/gün kapasiteli işletmeye nazaran daha avantajlı olduğu saptanmıştır.

Yukarıda konu edilen verilerin ışığı altında, relatif maliyet artışı için, farklı standart kapasite ile üretim yapan işletmelerdeki bilgiler, diğer bütün üretim üniteleri için de doğru sonuçlar verdiği görülmüştür. Ancak ele alınan bütün işletmelerde "steam reforming" üniteleri, hammaddelerini (doğal gaz, LPG, nafta, rafine gazlar, kok gazları ve metanol ile zengin hidrokarbonlar) amonyak sentezi için kullanmaktadırlar. Bununla beraber, hidrokarbonlar nafta'dan daha ağır olduklarından, amonyak üretiminde fuel oil kullanılır ve kısmi oksidasyon yöntemi şarttır. Bu tür yöntem daha fazla maliyet gideri öngörür. Gerekli oksijen ve nitrojeni ihtiva ettiğinden hava separasyonlu işletmeleri için tercih sebebidir.

Amonyak üretiminde ağır yakıt veya kömürün kısmi oksidasyon ile çalışan bazı işletmeler vardır. Özel rafine prosesleri ile ağır artık yakıt kullanan ve kısmi oksidasyon üniteleri ile donatılmış işletmelerdeki esas amaç daha hafif değerli fraksiyonlara ulaşabilmektedir. Ağır fraksiyonlarda kükürt miktarı daha fazladır. Dolayısı ile daha pahalı patırıma gerek vardır. Amaç hava kirlenmesini azaltmaktır. Yakıtların çeşitli türlerine göre dizaynlama yapma zorunluluğu vardır. Yani, yakıtların kalite ve evsafı birbirlerinden farklı olduğu için dizaynlamada, kısmi oksidasyon prosesinin ve teçhizatının neden standartlara uymadı-

ğının sebebi ortaya çıkar. (Yakıtlar standart olmadığından teçhizatı standart hale getirmek olanaksızdır.)

Hammadde'nin kapital maliyetlerine etkileri:

Doğal gaz diğer bütün hammaddelere oranla daha avantajlıdır. O-nun teknolojik proses avantajı yani sıra maliyeti açısından da gerek üretilmesinde gerekse nakliyesinde avantajları vardır. Bir mukayese yapılacak olursa, doğal gaz, diğer teknolojik hammaddelere oranla, örneğin naftaya 1.14, ağır yakıta, 1.6, ve kömüre 2.00 değerlerinde daha ucuzdur.

Doğal gaz'ın olduğu yerde, buna dayalı amonyak üreten işletmeler gayet ekonomik olmakta, ancak doğal gaz'ın kullanılabilir duruma gelinceye kadar olan safhaları, amonyak üretim işletmelerinin kapital giderlerine ilave edilmez. Bu masrafların maliyete ilave edilmemesi mantıksaldır. Çünkü, doğal gaz üretimi, enerji ihtiyacını karşılamaya yöneliktir.

Sadece doğal gaz'ın taşınma maliyetleri amonyak üreten işletmelerin kuruluş maliyetlerine ilave edilebilir.

Hali hazırda, amonyak üretim maliyetlerinin % 50 veya daha büyük kısmının, hammadde gereksinmesi için yapılan harcamalar olduğu görülmektedir.

Hammadde maliyetleri rezervlerin hacmi ile yakından ilgilidir.

Gübre yatırımının her alanındaki üretim giderlerine olan etkisi:

Giriş:

Enerji ve kapital giderleri bir fabrikanın üretimine iki önemli unsurdur. Bu kısmen hidrojen veya hidrokarbon yakıtının besleme maddesi olarak kullanıldığı azot alanında kendini gösterir. Relatif enerji giderleri ve proje yatırımı alanında saptanan yer, çeşitli şartları da beraberinde getirebilir. Örneğin, bir azot üretimi için üre benzeri ürünlerin giderleri için iki değişik yer saptanabilir ki, birinci yerde enerji, tüm üretim giderlerinin % 60 diğerinde ise % 10 gösterir.

Enerji giderlerinin, üretim giderlerine olan etkisini önceden hesaplamak gayet kolay olmayışına karşın, kendine özgü çeşitli yerlerde bulunan doğal gaz'ın enerji kaynağı olarak kullanılmasındaki giderleri önceden saptamak son derece güçtür. Günümüzde dünyanın çeşitli yerlerindeki amonyak üretimi için gereken gaz, ülkeden ülkeye çok değişik şartlar gerektirir. Her yerde üretim giderlerine etki eden enerji ve yatırım giderleri ve buna bağlı olarak gübre fiyatlarının karmaşıklığı değişik yerlerdeki çeşitli faktörlere bağlıdır.

Amaç enerjinin gübre üretimindeki çeşitli bölgeler için kullanımın gözden geçirilmesi ve gelişmelerin gelecekteki enerji kullanımlarına etkisini incelemektir.

Gider verileri, 1980'de Roma'daki gübre komisyonunun çalışmalarını sonucunda yayınlanan Paper'e göre saptanmıştır. Üretimin önemli unsurları grafiklerle gösterilmiş olup, üretim giderlerinin relatif unsurları enerji olduğu kadar kapital giderleri ile il-

gili olup, sonuç olarak bölgelerin farklılığına göre karşılaştırılmıştır.

Genel Düşünceler:

Kimyasal gübre üretimi için enerji ihtiyaçları:

İhtiyaç gösteren çeşitli gübreleri üretmek için herşeyden önce enerji kantisini (miktarını) bilmek önemlidir. Ne yazık ki; konuyla ilgili standart gübre tarifnamelerinde, mühendislik kurumlarının araştırmalarında bu konuda tereddüt ve kararsızlıklar ortaya çıkmış ve tüm dünyadaki enerji ihtiyaçları konusunda ciddi boyutlara varan eksiklikler görülmüştür.

ABD'nin gübre enstitüsü tarafından (T.F.I) 1980 yılında yayınlanan tebliğe göre ürünün metre ton (metric Ton) olarak ortalama ihtiyacı:

	Nitrojen (Üre-46%N) ^{a/}	Fosfat (TSP-46%P ₂ O ₅) ^{b/}	Potasyum (KCI-60%K ₂ O) ^{c/}
Doğal Gaz	30.552	920	1.356
Elektrik	2.334	2.600	1.063
Petrol	26	730	1
Üretilen Buhar	<u>6.152</u>	<u>360</u>	<u>--</u>
Toplam:	39.064	4.610	2.420

a/ Santrifugal kompresörler kullanan amonyak işletmeleri.

b/ Sülfirik asit üretiminde yeniden kazanılan enerji ve kayasal ürünleri kapsayan tüm enerji.

c/ Madene dayalı.

Entegre hale getirilmiş bir enerji şemasının çok büyük bir projesi, ekonomik imkânların elverdiği ölçüde tüm enerji tasarrufu ted-

birleri alınarak bütünleştirilmesi plânlanmıştır. Bununla beraber, enerji tüketimi-her bir gübre türü için- hesaplanmış, teorik hesaplardan sonra tatbik safhasına geçilmiştir.

Çeşitli gaz fiyatları karşılaştırılarak, azot miktarları belirlenmiştir. Bu cümleden olarak, bir milyon BTU için 5.5 \$'lık enerji maliyeti 1981 yılındaki Fuel oil enerjisi fiyatına eşittir. Bilindiği gibi bazı yerlerdeki enerji fiyatları farklılık gösterir. Bundan dolayı ortaya çıkan fiyat farklılıkları, maliyet hesaplarında bazı küçük farklılıklar olabilir.

Tahmini Yatırım Maliyetleri:

Gübre işletmeleriyle ilgili yatırım maliyetlerinin büyük ölçüde fabrika kuruluş yerine ve ihtiyaçlara bağlı olduğu biliniyor. Geçmişte yer seçimindeki isabetçilik bazı işletmelerin batmasına neden olmuştur.

Gelişmiş bir yerde her türlü imkânlar mevcuttur. Yol durumu, liman, demiryolu bağlantısı ve sosyal tesisler bulunur.

Gelişim halindeki yerde, bu imkânlar daha sınırlıdır. Nispeten ücra bölgelerdeki kuruluşlarda ise ulaşım giderleri yatırım maliyet projesine ilave edilmelidir.

Azotlu gübreler:

Genel olarak: Ürenin gübre olarak kullanımı, son on yılda hızla artarak yaklaşık 35 milyon tona yükselmiştir. Üre, milletler arası ticarete ve azotlu gübrelerde en önemli bir unsurdur.

Daha büyük fabrikalar kurulduğu ve buralarda karışık gübre üretildiği için, yaklaşık 1000 ton/gün amonyak ve 1650 ton/gün üre ü-

retileceği tahmin edilmektedir. Yatırım maliyet bilgisinin değişik uygulamalarla baz olarak alınması alışılacaktır. Bu, amonyak ve üre teknolojisinin ilerlemesinde de esas olarak alınmıştır. Azotlu gübre projelerinin gerçek yatırım maliyetlerindeki düşüş gösteren bazı belirtiler olmasına karşın bu durum toleransla karşılanır. Bu maliyet farkı gelecekteki kentsel büyüme ve yapısal gelişme ve mühendislik yeteneği ile kapanacaktır. Birkaç ortadoğu ülkesindeki bazı endüstriyel kuruluşların saptadığına göre, gelişmiş olan ülkeler fabrikaları aynı bölgelere toplamak suretiyle, birim doğal gaz'ın diğer bir kullanım alanı da, metonal'de olduğu gibi, gübre ve petrokimya endüstrisini de kapsar. Genellikle, yatırım ve proses maliyetleri bakımından metonal ekonomisi ve amonyak üretimi birbirlerine benzer.

Gaz depolarının az yer tutması amonyak ve üre fabrikalarını cazip duruma getirmiştir. Geniş depolarda LNG (likit doğal gaz) üretimi mümkündür. Doğal gaz'ın sıvı haline dönüştürülmesi ve taşınma maliyeti pahalı olsa dahi, pazar ve depolanma yerine bağlı olarak, gazın her milyon BTU için yaklaşık 1.0 ile 2,5 dolar net kârlı olduğu görülür. Bazı durumlarda özellikle gaz'ın çıkarıldığı yerlerde, burada açıklanmayan diğer bazı alternatiflere de baş vurulur. Esas olarak optimum gaz maliyetinin, her BTU başına yaklaşık 1.0 dolardan düşük olan maliyetdir. En düşük gaz fiyatı uygun maliyeti oluştururken ekonomik kârlılık hesap edilir. Bazı durumlarda fiyatlar pazarlama şartlarına bağlı olarak yüksek maliyet artışlarına neden olurlar.

Enerji ihtiyaçları:

Doğal gaz'ın maliyeti, yakıt amonyak depolanması ve üre üretiminin giderek artışı gelecekteki azotlu gübre işletmelerinin

kuruluşunda göz önüne alındı. Gübre enstitü raporuna göre bir metrik ton üre'nin üretimindeki enerji tüketimi yaklaşık 39 milyon BTU'dur. Bu rakam 35 milyon BTU'luk referans tahmini-ne göre uygundur.

Enerji tüketiminde mümkün olan en az tüketim isteği her M^3 üre için ileri sürülen 32 BTU'luk enerji gerçekleşmesi mümkün olmayacak bir hayaldir. Ambalajlanmış ürün için ton başına en az 0.6 milyon BTU maliyet hesap edilmelidir.

Azotlu Gübreler için Doğal Gaz Maliyeti ve Ekonomisi:

1980'ler boyunca azotlu gübre işletmeleri için uygun hammadde kaynakları doğal gaz olacağı umulduğu gibi, azotlu gübre üretiminde bu gaz'a umut bağlayan ülkeler rekabete girecektir. Rezervler, üretim ve dünya doğal gaz idaresi tablo 1'de gösterilmiştir. 1977'de yaklaşık 207 trilyon m^3 doğal gaz üretildi, yaklaşık 400x1650 t/g' üre işletmesini besleyecek veya hemen hemen güncel dünya azot üretiminin iki katı kadar üretim sağlanmadığını belirtmek ilginçtir.

Sovyetler Birliği dahil doğu Avrupa'da, ortadoğu ve Kuzey Amerika belli başlı doğal gaz hammadde kaynaklarına sahip ülkelerdir. Gazın önemli miktarları orta doğu ülkelerinde Sovyetler Birliği'nde, Nijerya ve Cezayir gibi Afrika ülkelerinde çıkarılmaktadır. Herhangi bir ülkede amonyak ve üre üretiminin tatbik imkânını belirleyen en önemli faktörlerden biri mevcut gaz kaynaklarının ekonomik değeridir.

Doğal gaz ekonomik değerini genelleştirmek zordur. Çünkü, eğer gaz gübre üretiminde kullanılmayacaksa kaynağın boyutu ve al-

DOĞAL GAZIN ÜRETİMİ VE DAĞILIMI (1977)

(Milyon m³)

Devletler	Rezervler	Toplam üretim	Kullanılmayan	Yayılım	Ticari üretim	Rezerv/top.üret
<u>North America</u>	7,580	699.3	37.3	5.2	656.8	10.8
U.S.A.	5,940	597.6	26.5	3.8	567.3	9.9
Canada	1,640	101.7	10.8	1.4	*89.5	16.1
<u>Latin America</u>	3,070	88.7	25.6	13.1	50.0	34.6
Mexico	850	21.2	0.1	4.1	*17.0	40.1
Venezuela	1,160	37.5	19.9	2.8	14.8	30.9
Other	1,060	30.0	5.6	6.2	18.2	35.3
<u>Western Europe</u>	3,870	192.1	1.0	11.7	179.4	20.1
Netherlands	1,700	96.9	-	-	*96.9	17.5
England	820	44.2	-	3.5	40.7	18.6
West Germany	210	19.2	-	1.1	18.1	10.9
Other	1,140	31.8	1.0	7.1	*24.6	35.8
<u>Africa</u>	5,870	75.7	7.6	40.9	27.2	77.5
Algeria	3,540	26.6	6.2	11.8	*8.6	133.1
Libya	730	20.0	-	4.2	*#15.8	36.5
Nigeria	1,220	21.5	-	21.0	0.5	56.7
Other	1,590	7.6	1.4	3.9	2.3	209.2
<u>Middle East</u>	20,370	161.0	18.2	101.3	41.5	126.5
Iran	14,150	58.5	9.4	27.9	*21.2	241.9
Saudi Arabia	2,410	48.7	6.8	37.4	4.5	49.5
Abu Dhabi	570	15.3	-	12.1	3.2	37.3
Other	3,240	38.5	2.0	23.9	#12.6	84.2
<u>Asia & Oceania</u>	3,480	64.1	2.1	11.5	50.5	54.3
Afghanistan	70	2.5	-	0.1	*2.4	28.0
Indonesia	680	15.1	2.1	7.3	*5.7	45.0
Brunei	230	9.8	-	0.9	*8.9	23.5
Australia	910	6.9	-	0.1	6.7	131.9
China	710	13.2	-	-	13.2	53.8
Japan	20	2.8	-	-	2.8	7.1
Other	860	13.8	-	3.1	10.8	62.3
<u>Eastern Europe</u>	26,360	425.8	-	22.9	402.9	61.9
USSR	26,040	365.0	-	18.8	*346.1	71.3
Other	320	60.8	-	4.1	56.8	5.3
<u>Toplam</u>	70,600	1,677.3	91.8	206.6	1,397.0	42.1

ternatif gaz kullanımlarına bağılı olarak bölgeden bölgeye değışir. Şayet doğal gaz, Petrol yerine kullanılacaksa, o takdirde ekonomik değeri, petrolün fiat değerine bağılıdır.

Bu yazıda, petrol fiatı milyon BTU başına 5,5 \$ olduğı kabul edilmiştir. Halbuki, bir çok gelişmekte olan ülkelerde petrol ile doğal gaz yer değışimi alternatifii mevcut değıldir. Doğal gaz'ın ekonomik değeri, gaz'ın sahip olduğı daha düşük değerli alternatifler tarafından belirlenen gazın ekonomik değeri olan bir çok fırsat vardır. Tercih, o ülkenin sahip olduğı lokal ham-madde kaynaklarının kullanılması, ülke ekonomisine büyük avantajlar sağlayacaktır.

Belirli bölgelerde azotlu gübre üretiminde gelecekteki doğal gaz maliyetleri:

Amerika Birleşik Devletleri:

1980 yılında ABD'de, gübre endüstrisinde gaz fiatı milyon BTU başına ortalama 2 doların altındadır. Fiatlar 1/2 dolardan 2 dolara kadar değışir. 1978 yılında doğal gaz politikası, doğal gaz'ın 1985'lerde serbest piyasaya ulaşmasını sağlayacak şekilde de plânlanmıştır. Bu plân petrolün varil başına 15 dolara ulaşacağı tahminine dayalıydı. 1981'de ABD'de enerji ve doğal gaz kaynakları konseyi yeni keşfedilen bu gaz'ın kuyu fiatlarının Kontrolsüzlüğü fiatların artmasını önlemeyi önermektedir. İla-veten üretilen gaz fiatlarının üç yıllık periyotta kontrol altına alınması hususu ısrar edilmiştir.

1981 kasımında doğal gaz fiatının 1985'e kadar kontrol altına alınmasının başarılacağı tasarlanmıştır.

Enerji alanında yapılan çeşitli analizlerde 1985'e kadar doğal gaz'ın petrol fiatına ulaşabileceğı sanılmıyordu. Fakat petrol

fiatlarının söz konusu yıllarda % 70-75'lik bir artışa geçti. Böylece bir milyon BTU başına 5,5 dolar olması, doğal gaz'ın da bir milyon BTU başına 4 dolara yaklaştığı görüldü. Bu da doğal gaz ve petrol fiyatları arasındaki farkı ortaya çıkardı.

Kanada'daki duruma gelince, ulusal enerji konseyi 1981 eylül'-ünde Toronto şehrindeki doğal gaz'ın toptan fiyatı aynı yerdeki petrol rafinerisindeki ham petrol ortalama fiyatı arasında, ortalama % 65'lik doğal gaz lehine bir fark vardır.

Bu oran Alberta şehrinde % 50'ye kadar düşer. Kanada'da yeni projeler üzerinde çalışılmaktadır.

Batı Avrupa:

Hollanda, İrlanda ve İngiltere'de bazı şirketler doğal gaz anlaşması yaptılar.

Doğal gaz Kuzey Afrika'dan ithal ediliyordu. Diğer Batı Avrupa ülkeleri, azotlu gübreyi petrolden elde etme yoluna gittiler.

Sovyetler Birliği ve Doğu Avrupa:

Bu bölge, doğal gaz'ın en geniş rezervlerinin ve en büyük üretimin gerçekleştirildiği bölgedir. Bu bölgenin en geniş amonyak üreticisi olması doğaldır. Sovyetler Birliği'ndeki amonyak işletmelerinde, ülkenin ekonomik ve politik özelliği yönünden doğal gaz'a fiyat koymak zör olmaktadır. Bu ülke bazı durumlarda negatif enerji maliyetine varan çok düşük fiatlarda amonyak ihraç edilmektedir.

Sovyetler Birliği'nin Avrupa'ya boru hattı ile satacağı doğal gaz bu ülkeye milyon BTU başına 3,5-4 dolarlık bir kazanç sağlayacaktır. Bundan başka Sovyetler Birliği geniş bir oranda azotlu gübre ihracatçısı rolünü sürdürmektedir.

Orta Doğu Ülkeleri:

Bu bölge azotlu gübre için iyi bir konuma sahiptir. Bir çok ülkelerde doğal gaz üretim maliyeti düşüktür. (Milyon BTU başına 1 doların altındadır.)

Likit doğal gaz ise pazar maliyeti olarak yine milyon BTU başına 1 ile 2,5 dolar arasındadır.

TÜRK LİNYİTLERİNDEN AMONYAK ÜRETİMİNİN DİĞER HAMMADDE KAYNAKLARIYLA KARŞILAŞTIRILMASI

Şimdiki Durum: Ziraî üretimde Türkiye'nin etkinliği azotlu gübre olmaksızın mümkün değildir. Azotlu gübrelerin üretimi için amonyak gereklidir. Amonyak üretimi için hammadde kaynakları doğal gaz, petrol ve kömürden oluşmaktadır. Bugün için Türkiye'de gerekli olan azotlu gübre üretimi ihtiyacı karşılanamamaktadır. Bu nedenle büyük miktarlarda ithalat yapılmaktadır.

Millî ekonomi açısından bakıldığında, Türkiye'de, lokal hammaddelerden arzu edilen azotlu gübre üretimi ideal görünür. Böylece büyük ölçüde döviz tasarrufu mümkün olacaktır. Amonyak ve gübre üretiminin artışı ile, bu alanlardaki endüstri daha da gelişerek iş alanları açılacak ve istihdam yaratılmış olacaktır.

Mevcut hammadde kaynaklarından olan linyitten faydalanılarak nasıl amonyak üretileceği aşağıda izah edilmeye çalışılacaktır. Günümüzde ve gelecekte amonyak ve gübre üretimi için gerekli hammaddenin linyit olduğu söylenebilir.

Çeşitli İhtimaller: Türkiye'de amonyak ihtiyacının karşılanması için değişik alternatifler vardır:

— Doğal gazdan NH_3 üretimi.

Türkiye'de doğal gaz miktarı itibarı ile çok kısttlı bulunmaktadır. Bu nedenle bu yolla amonyak üretimi, doğal gaz ithalini gerektirecektir.

— Petrolden NH_3 üretimi.

Türkiye'nin belirli yörelerinde çıkarılıp işlenmesine karşın, yeterli miktarda olmadığından, büyük ölçüde ham petrol ithali gerekmektedir.

— Amonyak İthalı.

Bu da dış pazarlara bağımlılık demek olacağına göre süreklilik garantisi yoktur.

— Linyitten amonyak üretimi.

Genelde Türkiye'de zengin ve kaliteli linyit yatakları mevcut olduğundan düşük maliyetle istifade edilebilir.

Aşağıdaki paragrafta bu imkanlar açıklanacak ve detayları ile karşılaştırılmalı olarak ele alınacaktır.

Karşılaştırma esasları : Yapılan etütlerde işletmelerin üretimi 1.5000 ton/gün NH_3 olarak düşünülmüştür. Yıllık iş günü 333 gün olarak kabul edilmiş ve çalışma verim kapasitesi ortalama % 90 olarak saptanmıştır. Böylece yıllık amonyak üretimi(output) 450.000 ton olarak neticelenmiştir. Bu hesaplarda, işletmenin ihtiyacı olan enerjinin güç ve buhar olarak kendi ürettiği varrayılarak ve bunun yanı sıra yan işlemler olan soğutma suyu ve kazan besleme suyu için gerekli harcamalar işletmenin kendi bünyesinde olarak düşünülmüştür.

Yatırım Maliyetleri: Böyle bir işletmenin kurulabilmesi için ve de üretime geçebilmesi için yatırım maliyetleri aşağıya çıkarılmıştır:

	Kömür	Doğal Gaz	Petrol
Döviz olarak milyon DM	420	240	300
TL. olarak milyon DM	280	140	200
Toplam Milyon DM	700	380	500

Sermaye Kaynağı: Döviz ihtiyacını karşılamak için kredi gereklidir. % 10 faiz ile 10 yıllık bir vade ile verilir. İl olarak gereken sermaye 20 yıllık ödeme ile % 15 gerçek faiz uygulandığında, ortalama % 35 oranında bir enflasyon varsayıldığında, faiz miktarı % 50 olacaktır. Bu durumda bir yıllık ödeme miktarı % 16 dır.

Bakım ve Onarım: Yatırım maliyetinin yıllık % 3'ü olarak kabul edilir.

Sigorta: Yıllık % 0.5

İdari Masraflar: Yıllık 2.5 milyon DM.

<u>Personel Giderleri:</u>	<u>Kömür</u>	<u>Doğal gaz</u>	<u>Petrol</u>
Personel Sayısı :	200	110	160
Kişi başına ödenen yıllık ücret :	DM 25.000.-		

Hammadde Kaynakları:

Türk Linyiti

Ihtiva ettiği su miktarı	ağırlık olarak % 25.0		
Kül Miktarı	"	"	27.0
Kükürt Miktarı	"	"	5.3
Ham kömürün en düşük kalorisi	mega jül/kg olarak 13.33		

Linyitin bünyesindeki bileşim farklılığının amonyak'a etkisi yok denecek kadar azdır.

Hammadde Tüketimi:

	<u>Kömür</u>	<u>Doğal Gaz</u>	<u>Petrol</u>
Gaz sentezi için (giga jül/t NH_3)	36	24	32
Enerji tamamlama ve kömür kurutma için (giga jül/t NH_3)	18	13	9
Toplam : (giga jül/t NH_3)	54	37	41

Örnek serbest çalışan hammadde kaynaklarının spesifik enerji

fiatlarını baz olarak almıştır.

DM/giga jül

Kömür	Doğal Gaz	Petrol
3	12	10

Su ihtiyacı :

Tüketim:

m³/t NH₃

Kömür	Doğal Gaz	Petrol
10	5	7

Suyun maliyeti :

DM 0.20/m³

Katalizör, Kimyasal madde vs.

Yıllık tahmini maliyet :Milyon DM

Kömür	Doğal Gaz	Petrol
2.25	3.00	2.25

Sülfür Üretimi

Sülfür Üretimi t/t NH₃

Kömür	Doğal Gaz	Petrol
0.10	—	0.03

Sülfür Maliyeti :

DM 300.-/t

İmalat masrafları

450.000 ton/yıl NH₃ üreten bir işletmenin maliyet masrafları tablosu:

Maliyet/yıl		Kömür	Doğal Gaz	Petrol
Sermaye Temini	milyon DM	113.26	61.52	80.90
Bakım ve Onarım	"	31.00	11.40	15.00
Sigorta	"	3.50	1.90	2.50
İdari Maliyet Marr.	"	2.50	2.50	2.50
Personel masrafları	"	5.00	2.75	4.00
Hammadde	"	72.90	199.80	184.50
Gerekli su	"	0.90	0.45	0.63
Katalizatör, kim. mad. Vs."		2.25	3.00	2.25

		Kömür	Doğal Gaz	Petrol
Yıllık Toplam	Milyon DM	221.31	283.32	292.28
Sülfür üretimi için kredi	"	30.00	—	9.00
Yıllık net maliyet	Milyon DM	191.31	283.32	283.28
Tekabül Ettiği	DM/t NH_3	425.—	630.—	630.—

Türk Liravitleri ile NH_3 üretimi için en ekonomik çözüm, yukarıda belirtilen şekilde olmaktadır. Şekil 14 de NH_3 üretimi için hammaddenin spesifik enerji (özgül enerji) fiyatının maliyet masraflarıyla olan bağıntısını göstermektedir.

Döviz İhtiyacı:

Bu hususu kabul etmek gerekir ki, yüksek yatırım maliyetleri, Türk liravitlerinin NH_3 üretimi için diğer metodlarla mukayese edildiğinde, daha uygun görülmekle birlikte daha fazla döviz gerektirmektedir. Bunun yanı sıra işletmenin çalışmaya başlamasıyla döviz ihtiyacı çok azalacak, sonuç olarak da kısa bir zaman sonra döviz tasarrufuna geçilebilecektir. Örneğimizde (1500 ton/gün NH_3) olarak yapılan inceleme ve döviz ihtiyaçları 20 yıllık bir period için hesaplanmıştır. Döviz ihtiyacı derken, sadece yatırım masrafları için gerekli olan döviz kastedilmiş olup, kimyasal veya katalitik maddeler için olanı çok az bir rakam olduğundan hesaba dahil edilmemiştir. (Şekil 15)

Aşağıdaki hammadde masrafları işletmede teslim olarak baz alınmıştır.

Doğal Gaz	DM 12.—/GJ
Petrol	DM 10.—/GJ
Amonyak	DM 600.—/t

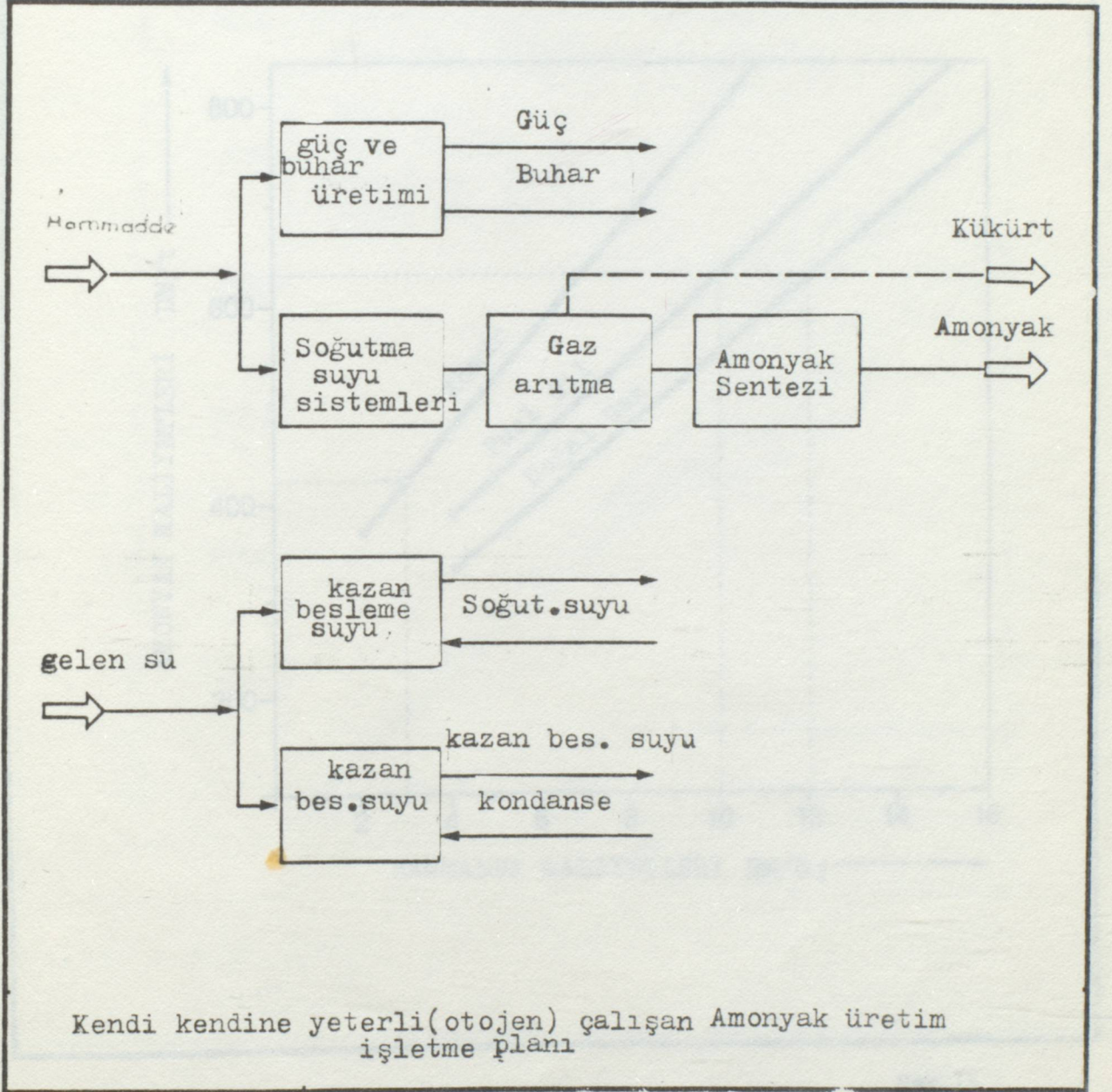
	Kömür	Doğal Gaz	Petrol	İthal Amonyak
Yatırım için: gerekli döviz ihtiyacımilyon DM	420	240	300	—
Amortisman ve faiz için: miktarımilyon DM/ (16.3 % yıllık) yıl	68.5	39.1	48.9	—
Hammadde için gerekli döviz/ NH ₃ ithalimilyon DM/ yıl	—	199.8	184.5	270

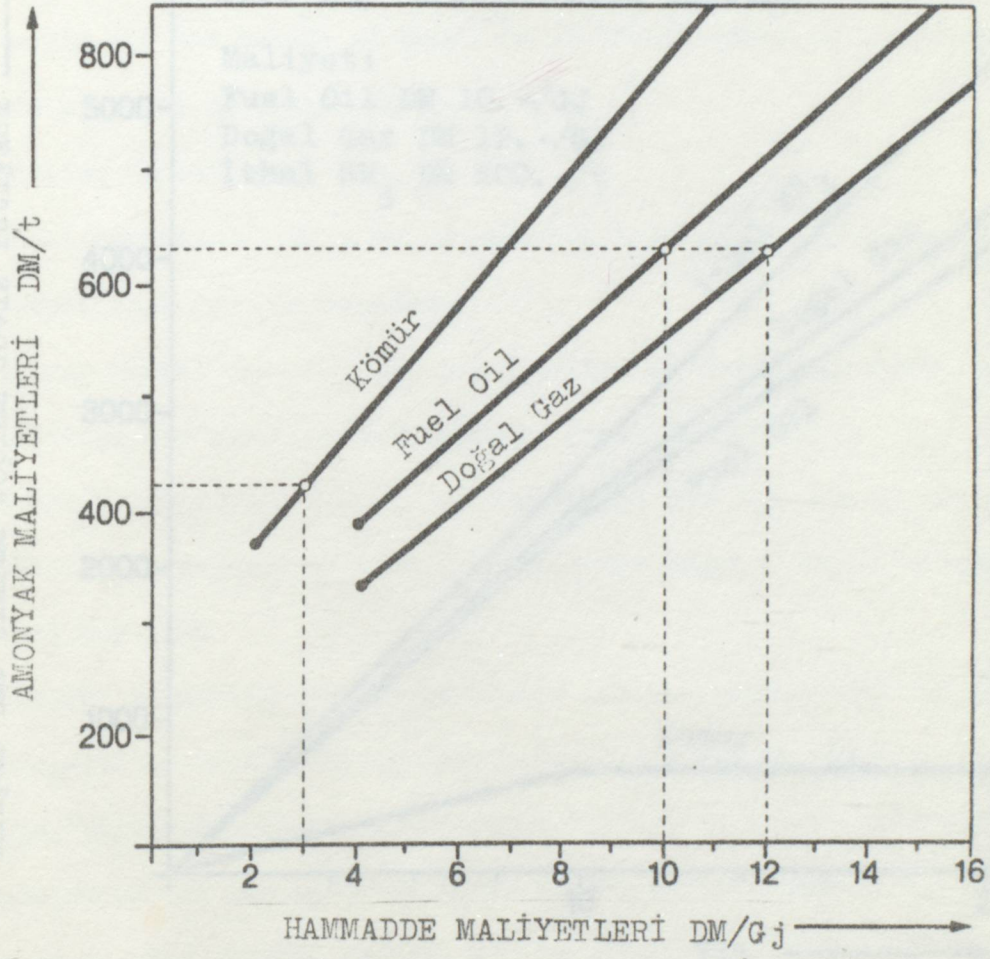
Toplam Döviz talebi:

Yıllık Toplam	Milyon DM	68.5	238.9	233.4	270
10 yılda toplam	"	685	2.389	2.334	2.700
20 yılda toplam	"	685	4.387	4.179	5.400

Bu sonuç olarak gösteriyor ki, 20 yıllık bir period içinde, diğer bütün alternatifler de göz önünde bulundurulmak koşuluyla, Türkiye Linyitle-
rinden üretilecek olan amonyak büyük ölçüde döviz tasarrufu sağlayacak-
tır.

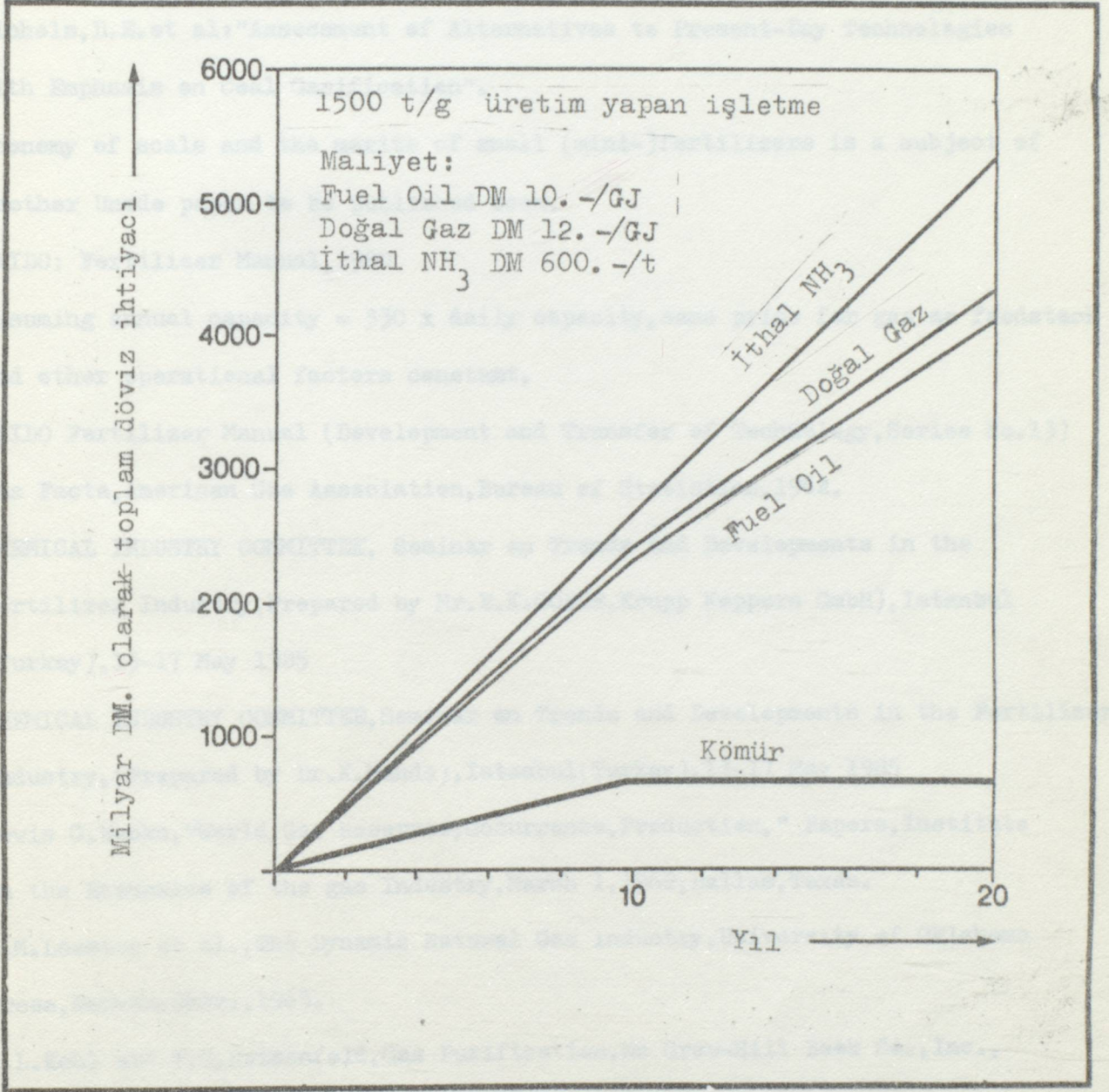
Sonuç: Yukarıda görüldüğü üzere Türkiye'de amonyak üretimi en avan-
tajlı olarak linyitten olmalıdır. İmalat giderlerinin uygun düzeyde ol-
ması ve döviz tasarrufu yönünden sağlıklıdır. Bu çalışmaya yönelik iş-
letmelerin kurulması Türkiye ekonomisine büyük avantajlar sağlayacaktır.





Şek.15

AMONYAK MALİYETİ



Şek.16

DÖVİZ İHTİYAÇLARI TABLOSU

BİBLİYOGRAFYA

Nichols, D.E. et al: "Assessment of Alternatives to Present-Day Technologies with Emphasis on Coal Gasification".

Economy of scale and the merits of small (mini-)fertilizers is a subject of another Unido paper to be published soon.

UNIDO: Fertilizer Manual, 1980

Assuming annual capacity = 330 x daily capacity, same price for gas as feedstock and other operational factors constant.

UNIDO Fertilizer Manual (Development and Transfer of Technology, Series No.13)

Gas Facta, American Gas Association, Bureau of Statistics, 1964.

CHEMICAL INDUSTRY COMMITTEE, Seminar on Trends and Developments in the Fertilizer Industry (Prepared by Mr. E.K. GOEKE, Krupp Koppers GmbH), Istanbul (Turkey), 13-17 May 1985

CHEMICAL INDUSTRY COMMITTEE, Seminar on Trends and Developments in the Fertilizer Industry, (Prepared by Dr. K. Munde), Istanbul (Turkey), 13-17 May 1985

Lewis G. Weeks, "World Gas Reserves, Occurrence, Production," Papers, Institute on the Economics of the Gas Industry, March 1, 1962, Dallas, Texas.

A.M. Leeston et al., The Dynamic Natural Gas Industry, University of Oklahoma Press, Norman, Okla., 1963.

A.L. Kohl and F.C. Reisenfeld, Gas Purification, Mc Graw-Hill Book Co., Inc., New York, 1960.

Anorganik sinai kimya, Böl.1, Prof. Dr. H.N. TEREM.

