

# EREĞLİ KÖMÜRLERİ İŞLETMESİNDE İSTİHSAL EDİLEMİYEN DAMARLARIN YERİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ VE KÖMÜRDEN TEMİZ YAKIT ELDE ETMEDE BAŞLICA GAZLAŞTIRMA YÖNTEMLERİ

NailZÜBEYİROĞLJ(\*>

## ÖZET

*Temiz enerji üretiminde; kömürün damıtıldığı ya da arıtıldığı ve böylece kömürün bir kısmının gazlaştırıldığı, diğer bir kısmının sıvılaştırıldığı ve halen kalan diğer bir kısmının da ıslah edilmiş kömüre ve çeşitli kimyasal ürüne dönüştürüldüğü bilinmektedir.*

*Çalışmamızın birinci bölümü, geçtiğimiz on yıl içinde geliştirilen ticari tesislerde uygulanabilen belli başlı gazlaştırma yöntemlerini kapsamaktadır.*

*Bu çalışmanın amacı, Zonguldak kömür havzasında ekonomik olarak işletilemeyecek olan ince damarlardan, kömürün gazlaştırılması yöntemiyle yararlanma yollarını araştırmaktır.*

*Literatür araştırması ABD ve SSCB'de (kömürden) yerinde yararlanabilme işlemlerinin bazılarının uygulandığını göstermiştir. Amerikan ve Sovyetler Birliği yöntemleri arasında çok az uygulama farklılıkları olmasına karşın temelde aynıdır. Bu yöntemde, kömürün bir kısmı yakılır ve böylece bitişindeki kömürün uçucu maddeleri kazanılır*

## SUMMARY

*In the production of clean energy, it is known that coal can be fractionated or "refined" so that one portion of coal is converted to gas, another portion to liquid fuel, and yet another fraction to reformed coal and various chemical side products.*

*First part of our work covers some of the major processes on coal gasification that can be applied on commercial plants developed during the last decade.*

*The aim of this work is to find some way to get benefit from the seams in EKİ's coal districts that cannot be economically mined, by means of coal gasification methods applied to mined out coal.*

*The literature survey showed that some of the in situ processes have been applied either in the USA or the USSR. Although the American and Russian processes have slight application differences they are basically the same. That is, part of the coal is burnt in place to get the volatiles from the adjacent coal.*

(\*) Maden Yük.Muh. EKİ  
Etud-Tesis Şube Md. Yard., ZONGULDAK

## 1. GİRİŞ

Gerek nüfus artımı ve gerekse tekniğin gelişmesi dünyanın enerji gereksinimini, özellikle petrole dayalı tüketimini süratle arttırmakta, buna karşın bilinen petrol rezervlerine de yeni ilaveler bulunamamaktadır. Dünyanın belirli bir bölgesinde daha çok petrol varlığı, buradan uzak ve fakat daha çok petrol tüketen teknolojik gelişmesi oldukça ileri toplumları bir araya, üretenleri de bir tarafa toplamış görünmektedir. Süper devletler petrole el koymayı çoktan kararlaştırmış olmalarına karşın kendi aralarında bir anlaşmaya varamadıklarından emellerini gerçekleştirememektedirler. Bu durum petrol tüketen toplulukları ekonomiye sevk ettiği gibi yeni enerji kaynakları bulmaya da yönlendirmektedir. Feza çalışmaları "Ben daha büyüğüm" demenin hatta göklere hakim olmanın ötesinde sonsuz bir enerji arama çabalarından başka birşey değildir.

Bugün bilinen ve geleceğin ümidi gibi görünen nükleer enerji henüz insan sağlığı için tartışılır olmakla birlikte ham maddesi uranyumun dahi varlığı sınırlıdır. Akarsulardan elde edilen ve edilebilecek tüm kapasite dünyanın bugünkü gereksiniminin ancak % 10'unu karşılayabilecek değerdedir. Rüzgar ve güneşten henüz doyurucu bir enerji elde edilememektedir. Öyle ise geriye oldukça büyük rezervlere sahip kömür yatakları kalmaktadır.

Kömür rezervlerinin belirli bir kısmı metalurjik karaktere sahip olup büyük bir yoğunluğu sadece yakıt olarak kullanılabilir niteliktedir. Kömürün ısı enerjisinden ayrı ayrı binalarda yakılmak suretiyle istifade edilme şekli bugün ve gelecekteki kentsel ortamında çevre kirliliği yönünden olanaksız görülmektedir. Elektrik enerjisine dönüştürülmesi ise yerleşme merkezlerinden uzakta ve büyük tesisleri gerektirdiği gibi hem dönüşümünde hem de dağıtımındaki kayıp büyük olmaktadır. Kömürün oksijensiz ortamda ısıtılarak uçucu maddelerinin alınıp yoğunlaştırılması ile bazı temiz yakıt ve petrol ürünlerinin elde edilmesi toplu savaşlardan beri bilinen ve zaman zaman önem kazanan bir yöntemdir. Ancak kömürün bütün fraksiyonlarından yararlanmak elde edilen sıvı ve gaz yakıtların ısı değerlerinin yüksek ve temiz olmasını temin etmek bugün aranan ve bir ölçüde gerçekleşmiş görünen bazı yöntemlerle mümkün olmaktadır.

Amerika Birleşik Devletlerinde 1964'den beri yapılan laboratuvar çalışmaları onu izleyen pilot tesislerden elde edilen sonuçlar, kömürden temiz gaz ve yan ürünlerin ticari ölçülerde elde edilebileceğini göstermiş ve halen ticari amaç ile çalışan üniteler vardır.

## 2. KARBONDİOKSİT ARACILIĞI İLE GAZLAŞTIRMA

**Kuruluş: Conaco Coal Development Com. Kapasite: 40 ton/gün**

Yer: Rapid City South Dakota

kömür

**3 ton/gün**

**dolamit**

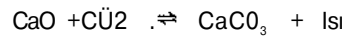
**500.000 fit**

küp/gün gaz 15.000 m<sup>3</sup>/gün



Şekil. 1'de Proses şeması verilen bu yöntemde kömür sıcakgaz türbinanlı çekiçli bir değirmende kırılır. Burada kömürün aynı zamanda rutubeti de % 38'den % 16 ağırlığa düşürülmektedir. 850°F sıcaklıktaki gaz yine aynı değirmenden çıkan gazdan alınan kömür tozunun yakılması ile elde edilmektedir.

Kırılmış ve kısmen kurutulmuş kömür yine 240°F sıcaklıktaki bir spray kurutucuda % 3-5 ağırlık rutubete düşürülür. Kuru kömür ilk ısıtıcıya alınır, burada ısı 500°F'a yükselmiştir. Bundan sonra kömür sıvı ortamı gazlaştırma ünitesinde mevcut reaksiyondaki kızgın kömür tabakasının alt seviyesinden verilir. Gazlaştırma ünitesinin sıcaklığı 1480-1500°F civarındadır. Yüksek ısı ve katı karbonun buhar ile gazlaşmasından sonra ani bir uçucu madde ayrışımı olur. Gazlaştırma reaksiyonu için gereken ısı aynı zamanda katalizör etkisi yapan sirküle kalsiyum oksit ile karbondioksit gazının exotermik reaksiyonundan temin edilir. Kendisine proste aracı denen kireç taşı veya dolamit, reaksiyonda yüzey temini, bitümlü kömürlerin sıvı hale gelip tıkanmasını önleyerek buhar akımının teminini ve en önemlisi reaksiyon ısını temin etmektedir. Aracı kalsiyum oksit genellikle 6x14 büyüklükte gazlaştırma ünitesine sıvı ortamdaki kızgın kömür tabakasının üst seviyesinden verilir. Hidrogazifikasyonu temin etmek için üniteye iki ayrı yerden de buhar verilmektedir.



Alttan verilen buhar aracının muntazam olarak aşağı inmesini, cürufun gözenklenmesini ve yandan verilen, de ünite de türbinansı temin etmektedir. Gazlaştırma ünitesinden elde edilen sıcak gaz-buhar bir buhar elde edilen soğutucudan sonra gaz temizleme ünitesine gönderilir.

Jeneratör tabir edilen ikinci bir ünite de ise kalsiyum karbonat haline gelmiş aracı endotermik reaksiyonun kaybettiği ısı geri verilerek tekrar kullanılabilir hale getirilir. Bu jeneratörde ısı gazlaştırma ünitesinde gazı alınmış kızgın kömürün hava ile teması sonucu yakılarak elde edilir. Jeneratörün sıcaklığı 1850°F civarındadır. Jeneratörde üretilen uçucu gaz soğutulurken hem gazlaştırma ünitesi hem de hava kompresörü için buhar üretilir. Hem jeneratörden elde edilen uçucu gaz hem de gazlaştırma ünitesinden elde edilen istihsal gazı ayrı kapalı kulelerde su fiskiyesi ile hem soğutulur hem de katı madde ve sıvı yağlardan arındırıldıktan sonra temizleme ünitelerine gönderilir. Jeneratörden gelen temizlenmiş gaz ısı gerektiğinde tekrar jeneratöre gönderilir veya bir bacada yakılır.

İstihsal gazı ise asilleştirilmek üzere metanlaştırma "metanasyon" ünitesine gönderilir. Bu ünite; kükürdün aşındırıcı etkisine karşın çinko oksit kaplı bir metanatör tüpü, kükürt alıcı, karbondioksit emici ve bir konverterden meydana gelmiş tesisten ayrı komple bir ünite dir.

## 2.1. BU SİSTEMİN BAZI AVANTAJLARI

1. Ayrı bir oksijen tesisi gerektirmez. Gazlaştırma ünitesinde ısı aynı zamanda katalizör etkisi yapan kalsiyum oksidin karbondioksit ile reaksiyonundan elde edildiği

gibi ters reaksiyon ısı da jeneratörde hava teması ile yakılabilen artık kömürden elde edilmektedir.

2. Diğer yüksek ısı gaz elde edilen proseslere nazaran ısı alış veriş yapan katı madde sirkülasyonu daha asdır. Katı madde kullanımı tekrar değerlendirildiği için daha asdır.

3. İstihsal gazının temizlenmesindeki işlemler de minimize edilmiştir. Çünkü aracı olarak kullanılan CaO ısı temin ettiği gibi istihsal gazında olabilecek en önemli kirlenici unsurlar, kükürlü hidrojen ve karbondioksit ile de reaksiyona girerek üniteden çıkışında beraberinde almaktadır. Ayrıca yoğunlaşabilen hidrokarbon sıvıları da gazlaştırma sırasında meydana gelmez.

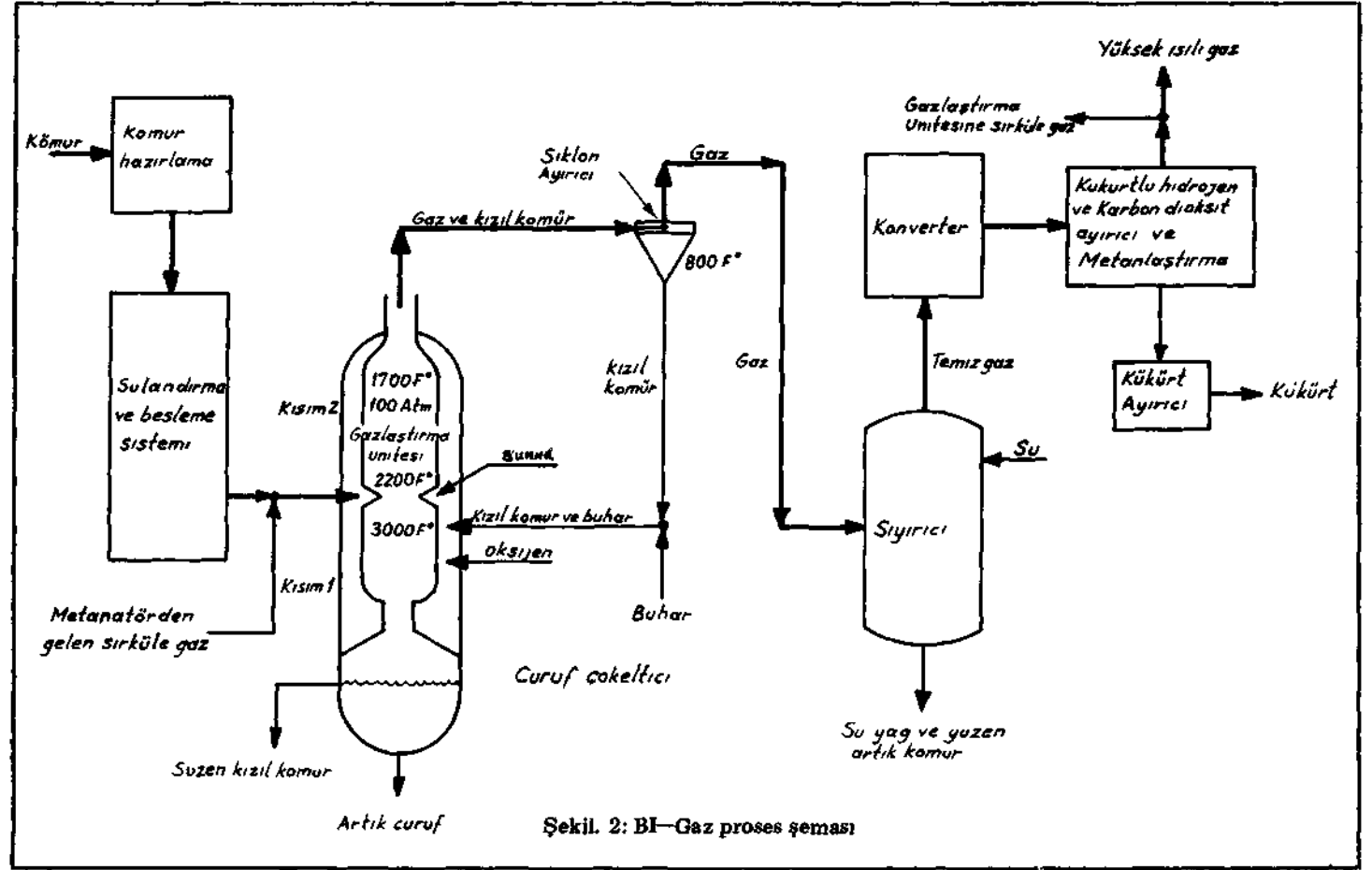
4. İstihsal edilen gaz metanlaşma için gerekli hidrojeni, karbondioksidi metanlaşmadan önce gerekli su-gaz teması gerektirmeyecek kadar ihtiva etmektedir.

Bu prosede gazlaştırma denemeleri için ilk pilot tesis 1971'de tamamlanmış, ümit verici olduğu görülünce de ilave metanasyon tesisleri 1974'de devreye girmiştir. Tesis günde, 40 ton kömür, 3 ton dolamite karşın 500.000 fit küp yüksek ısı gaz vermektedir. 15.000 m<sup>3</sup>.

### 3. BORU GAZI ELDE ETMEDE BI-GAZ PROSESİ

Kuruluş	Bitümlü Kömür Araştırma Firması
Tesis	Homer City Pennsylvania
Değeri	% 66.000.000

Bi-Gaz Prosesi: İki bölgeyi yüksek basınçta oksijen üfleyen bir sistem olup, toz haline getirilmiş kömür ve buhar enjeksiyonu kullanılmaktadır. Şekil 2. Kömür önce % 70'i -200 me'e öğütülür. Su ile karıştırılıp bir tasnif siklonuna gönderilir. Daha kalın olan siklon altı tekrar öğütülmek üzere sulu bir öğütücüye gönderilir. Siklon üstü ise istenen tane büyüklüğünde olduğundan önce bir tikiner ve sonra santrifüj kurutucuda konsantra edilerek aşağı akımlı yüksek basınçlı besleme sistemine pompalanır. Yüksek basınçlı bir karışım pompası yoğurulmuş karışımı basınç altında ilk ısıtıcıya gönderir. Karışım burada sirküle eden sıcak gaz püskürtme ile kurutmaya tabi tutulur. Yüzey rutubeti ani bir buharlaşma ile alınır. Bilahare kömür gazlaştırma ünitesinin üstünde bulunan bir siklona su buharı ve sirküle gazı akımı ile alınır. Kömür bu siklonda gazdan ayrılarak gravite ile gazlaştırma ünitesine iner. Kömür üniteye bölmeleri ikiye ayırma boşumdaki bir enjekte deliğinden gelen buhar ile üniteye karşılaşır ve birinci üniteye yükselen sentetik gaz ile birleşir. Kömür buranın 2.200°F sıcaklığında metan, sentetik gaz ve yanabilen katı parçalara ayrılır. Gazlar ve artış kömür 2.bölmeden yükselerek 1.700°F ta gazlaştırma ünitesini terk eder. Bir gaz-katı parça ayırma siklonuna gönderilmeden önce ısı su ile 800° F'a düşürülür. Siklon altı katı parçalar biraz önce soğutmadan elde edilen buharla karıştırılarak yüksek ısı elde etmek üzere ünitenin birinci kısmına gönderilir. Burada oksijen ile temas ettirilerek yakılacaktır. Karbonmo-



noksit, karbondioksit, hidorjen su buharı, kükürtlü hidrojen ve metan içeren sentetik gaz tekrar soğutulmak ve temizlenmek üzere sıyırıcı tabir edilen bir tankta fıskiye su ile muamele görür. Sıyırıcı altı, su yağ ve yüzebilen kömür parçalarıdır.

Temiz gaz, karbonmonoksit yükseltme konverterine alınır. Burada metanlaştırma için gerekli karbonmonoksit-hidrojen oranı istenen değere ayarlanır.

Kon verte üç işlemden tamamlanmaktadır. 1. Kükürtlü hidrojen alımı 2. Karbondioksit alımı 3. Metanlaşma. Bu işlemler üniteden ayrı bir tesis olup alternatifleri hala aranmaktadır.

A) Kükürtlü hidrojen ve karbondioksit bir selexol ünitesinde ve kükürt ayrı olarak bir claus tesisinde alınır. Gaz akımı ise bir katalitik sıvı ortamdan geçerek metanlaşır. Ve yüksek ısılı gaz elde edilmiş olur.

B) Kükürtlü hidrojen yine bir selexol ünitesinde gazdan ayrılır kükürt alınır gaz hale karbondioksit ihtiva ederek metanatóre gider metanlaşmadan sonra alınır.

C) Gaz akımı sift konverterde karbonmonoksit yükseltilmesinden hemen sonra metanatóre gönderilir. Kükürtlü hidrojen ve karbondioksit bilahare alınır. Ancak tesiste A alternatifi kullanılmaktadır.

### **3.1. BU SİSTEMİN AVANTAJLARI**

1. Yüksek metan oranı ikinci bir tesise gerek kalmadan direkt elde edilmektedir.  
2. Sabit ve sıvı ortamlı şekli kullanıldığı sürece her türlü kömürün ön işleme tabi tutulmadan gazlaştırılması mümkündür.

3. Reaksiyon durumu gazlaştırma ünitesinde yağ ve yağlı parçalar birikmesine müsait değildir.

4. Tesise gazlaştırmak için verilen kömürün cüruf hariç tarafından istifade edilmektedir.

3. Reaksiyon durumu gazlaştırma ünitesinde yağ ve yağlı parçalar birikmesine müsait değildir.

4. Tesise gazlaştırmak için verilen kömürün cüruf hariç tamamından istifade edilmektedir.

5. Gaz son safhada dağıtım için ilâve bir tesise gerek duyulmayacak kadar yüksek basınçtır.

#### 4. HİDROGAZİFİKASYON YÖNTEMİ İLE BORU GAZI ELDE ETME (HYGAS PROCESS)

Kuruluş	Gaz Teknoloji Enstitüsü
Yer	Chicago İllinois
Değeri	\$ 22.218.212
Kapasite	75 ton/gün kömür. 1.5 x 10 <sup>6</sup> fit küp (42.480 m <sup>3</sup> ) yüksek ısılı gaz.

##### •Prosesin şematik anlatımı Şekil 3.

Kömür 14 meşe kırılır. Kömür bitümlü ise 750-850°F sıcaklıkta sıvı ortamda açık hava basıncında koklaşması önlenip serbest akabilecek hale getirilir. Koklaşmayan kömür doğrudan doğruya sıvı karışım haline geleceği tanka gönderilir. Burada sirküle yağı ile oldukça koyu bir kıvama getirilir. Bundan sonra 1000 Psi basınçla gazlaştırma ünitesinin üst kısmına enjekte edilir. Ünitenin sıcaklığında sirküle yağ buharlaşır yükselen gaz ile üniteyi terk eder. Gaz yükselirken kömür tanelerini sıvılaştırır veya karıştırarak ısı alışverişini temin eder. Gaz içindeki yağ buharı bir soğutma tankında yoğunlaştırılır.

Üniteye üstten gelen kömür alt kısımdan gelen gaz ile temas ettiğinde ki bu gazda metan, karbon oksit, hidrojen ve su buharı vardır. Hidrojen daha çok müsait olan yeni gelen kömürle kimyasal reaksiyona girerek ilâve metan meydana gelir. İstihsal gazındaki toplam metanın 1/3'ü bu kısımda meydana gelir. Gravite ile ikinci kısma inen kömür parçaları aşağıdan gelen 1400-1700°F sıcaklıktaki zengin hidrojenli gaz ile reaksiyona devam ederek metan ve karbon oksitleri meydana getirmeye devam eder. Üçüncü kısımda kömür buhar ve oksijen ile karşılaşır ve yine zengin hidrojenli karışık gazları meydana getirir.

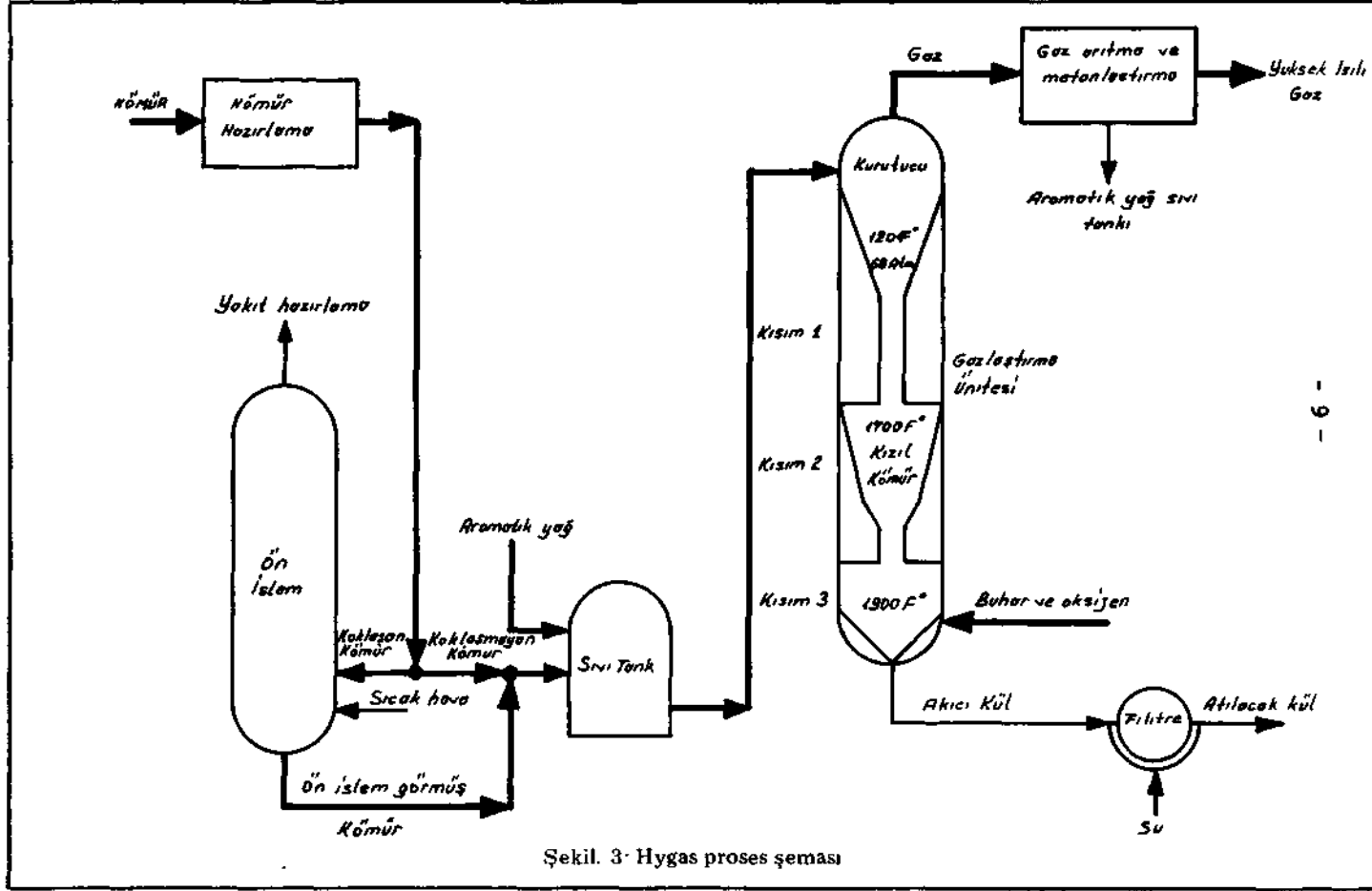
İlk istihsal edilen kaba gaz üniteyi 800°F terk eder. Su püskürtme ile soğutulur katı parçalardan arıtılır ve metanatóre gönderilir. Temizlenmiş olarak metanatóre gelen gazdaki hidrojenin karbonmonoksit oranı 1/3 oranındadır. Metanatór nikel katalizörle 800-900°F sıcaklıkta olup istihsal gazını ısı değeri 930-980 Btu standart fit küp olan boru gazı niteliğine getirir.

#### 5. BORU GAZI ELDE ETMEDE SYNTHANE PROSES (SYNTHANE PROCESS)

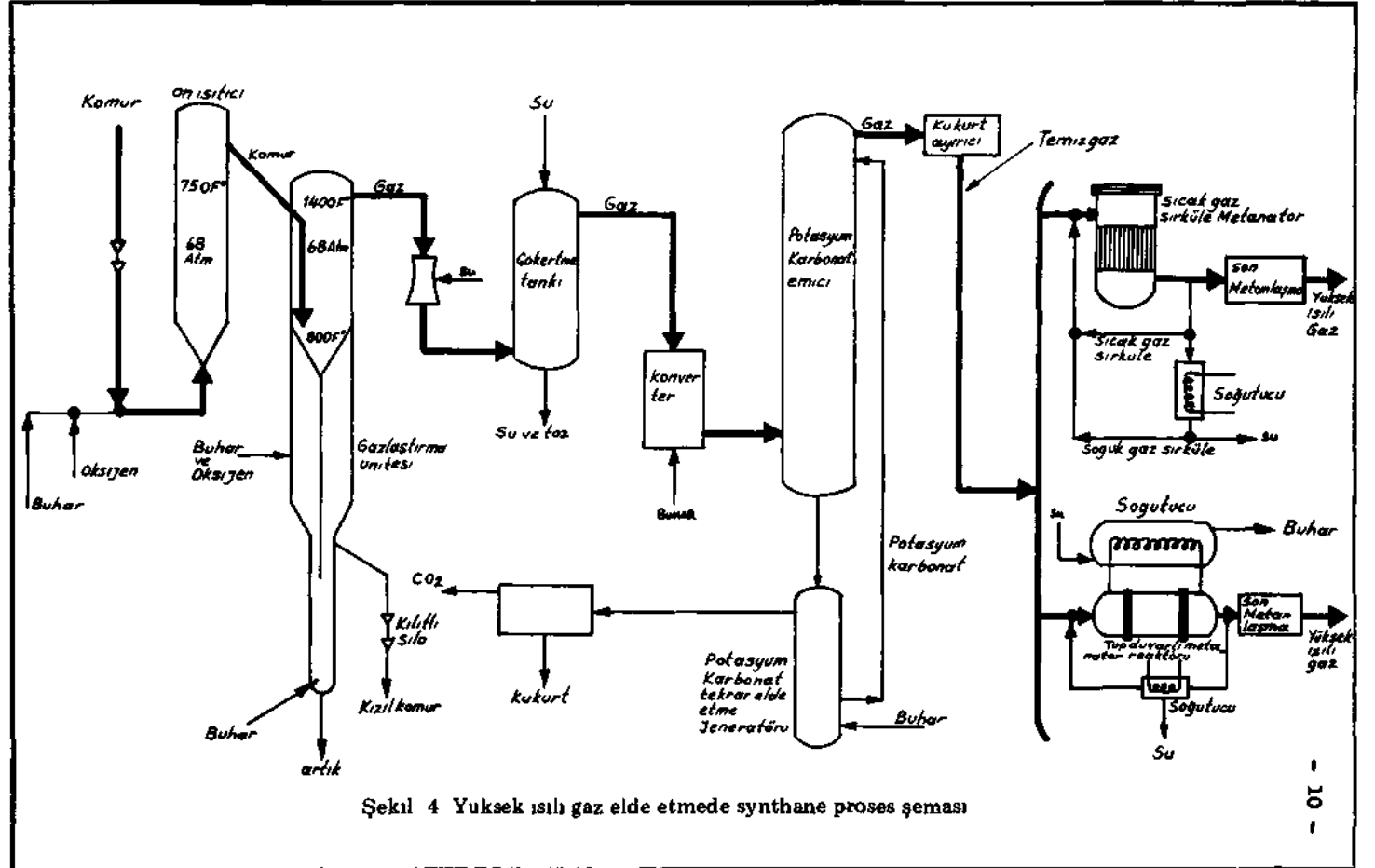
Synthane prosesin tekniği koklaşabilir bitümlü kömürlerin bir ön hazırlamadan sonra gazlaştırma entegrasyonudur (Şekil. 4). Esas özelliği diğer usullere nazaran daha fazla metan içeren gaz direkt olarak elde edilir. Yöntemde dört ana adım vardır.

1. Kömürün ilk hazırlığı
2. Gazlaştırma
3. Konverter ve arındırma
4. Metanlaştırma





Şekil. 3: Hygas proses şeması



Kömür hazırlamada 20 meşe kırılır ve kurutulur. Yüksek basınçlı buhar ve oksijen yardımı ile ısıtılan sıvı ortamdaki gazlaştırma ünitesine 40 Atmosfer basınçla transfer edilir, ön hazırlamada kömür parçalarının dış yüzeyleri az da olsa oksitlenerek gazlaştırma ünitesinde bütünlü kömürlerin pıhtılaşması önlenmiş olur.

Buhar ve oksijen üniteye sıvı ortamın tam alt kısmından varılır. Gazlaşma reaksiyonu bu sıvı ortamda olur. Gazı alınmış kızgın kömür aşağı akarak buharla soğutulur yine buharla hareket ettirilerek su ile karıştırılır ve ünitenin altından basıncı düşürülerek alınır. Ticari sistemlerde bu, reaksiyon artığı parçalar proses buharı elde etmede kullanılır.

Metan, hidrojen, karbon oksitleri, etan ve bazı tali karışımlar içeren istihsal gazı bir venturi sıyrıcıda su ile yıkanarak gazda kalan kül, kömür parçaları tardan arıtılır. 3/1 hidrojen/carbonmonoksit oranı shift konverterde temin edilir. Gaz halindeki asitler ise sıcak potasyum karbonat banyosunda emilir. Karbondioksit % 2 hacme kükürt ise 40 PPM'a düşürülür.

Potasyum karbonatın tekrar kazanılmasında zengin kükürtlü hidrojen gazı elde edilir. Bu fazdan streford prosesi ile kükürt elemental hale getirilerek aktif odun kömürü filitasyonu ile alınır.

Bilahere istihsal gazı metanator metanlaştırılır. Bu aşamada iki sistem denenmektedir. Her iki sistem de temizlenmiş gazın ancak 1/8'ini metana çevirmekte ve nikel katalizör kullanmaktadır.

Sistemin biri isotermik olarak çalışan ve içinde sirkülasyon olmıyan iç kısmı katalizör ile kaplı tüp duvarlı reaktör (TWR) ısı transferi istihsal gazının bir kısmı tüp dışında yakılmak sureti ile sağlar.

Diğer sistem sıcak gaz sirkülasyonludur (HGR)

## 5.1. SİSTEMİN İYİ YANLARI

1. Koklaşabilen ve linyit dahil bütün kömürler direkt olarak kullanılabilir. Dir.
2. ön hazırlık olmadığından bu sırada yitirilen hidrokarbonlar sistemde kalacağından gazlaştırmada maksimize elde edilir.
3. Metanın yarıdan fazlası gazlaştırma reaktöründe meydana geldiğinden oksijen ihtiyacını azaltmakta oksijen tesisi yatırımlarından % 30-50 tasarruf sağlanmaktadır.
4. Proseste sistem nispeten basittir.

Sistemin iyi olmıyan yanları:

1. Tesiste kullanılan buharı elde etmek için gazı alınmış kömürün belirli bir kısmının ayrı ve yakın bir tesiste yakılması mecburiyeti

2. Daha fazla ve ekonomik kömür besleme ünitesi için basınca karşı kilitli besleme sistemi geliştirilmelidir.

## 6. METANATÖRLER

### Sıvı safhalı metanlaştırma yöntemi

Kuruluş : Chem Systems Inc.  
Yer : Hackensack New Jersey  
Değeri : \$ 2.355.730

Tesisin amacı kömürden daha fazla synthane yöntemi ile elde edilen gazları metana çevirmek için pratik ve ucuz bir yöntem geliştirmek olup çalışmalar üç kısımdan meydana gelmektedir.

1. Laboratuvar çalışmaları amaç; sentetik gazları katalitik katı parçalar ihtiva eden bir sıvıdan geçirerek metanlaştırmanın yapılabilirliğini kanıtlama.

- İçinde katalitik katı parçaların askıda bulunabileceği kullanılabilir bir sıvı ortam bulabilmek için aromatik ve parafinik hidrokarbonların olanağını araştırmak.

- Metanlaştırmada kullanılacak değişik katalitik metallerin araştırılması

- Optimum netice verecek katalizör parça büyüklüğünü saptamak

2. 1500 standart fit küp/saat gaz beslenebilen bir ünitenin dizayn, hazırlık, inşaa ve operasyonu için.

- Katalizör ömrü ve katalizörü tekrar kullanabilme olanağı veren yöntem geliştirme.

- Sıvı ömrü ve tesirini saptama.

- Prosesteki bütün değişkenlerin tesirlerinin araştırılması

- Daha büyük tesis için mühendislik datalarının tesbiti ve tahmini yatırım miktarının araştırılması

3. Metanlaştırma için bir pilot tesisin dizayn, tedarik, montaj ve operasyonu için bilgilerin elde edilmesi.

#### Üniteden Beklenen

- Sıvı safha 11 metanatörün özellikle kömürden elde edilen gazların metanlaştırılmasında etkin bir yöntem olduğunun kanıtlamak.
- 250 milyon SFC/gün kapasiteli bir ünitenin kurulması için gerekli mühendislik bilgilerini toplamak.

Sıvı ortamda metanlaştırmada uç unsur olduğu belirtilmişti.

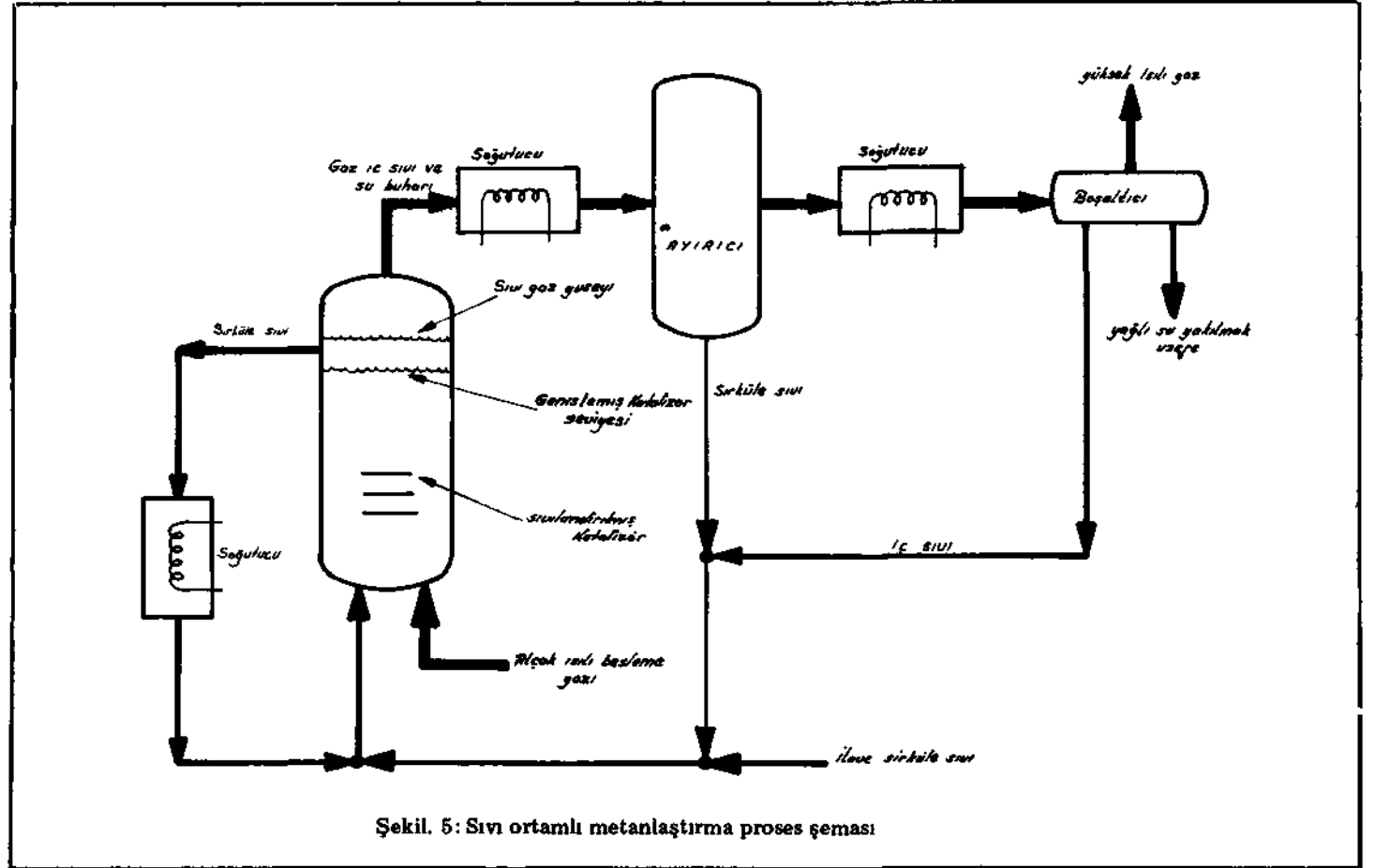
Gaz "Genel olarak karbonmonoksit ve hidrojen karışımı"  
Sıvı "Aromatik hidrokarbonlar veya parafinik yağlar"  
Katı : "Sıvı ortamda askıda nikel katalizör katı parçalar"

Bu yöntemde devamlı kullanılan sıvı 570-650°F sıcaklıkta ve 20-30 atmosfer basınçla reaktöre aşağıdan yukarı doğru pompalanır. Hızı hem katalizör parçalarını hareketli kılmak hem de reaksiyonda meydana gelen ısıyı alacak şekilde ayarlanır. Karbonmonoksit ve hidrojenden meydana gelen alçak ısı besleme gazı reaktörde yukarı doğru yükselirken sıvı ortamda katalizör etkisi ile exotermik bir reaksiyona uğrayarak metanlaşır. Bu kimyasal değişimde meydana gelen ısı sirküle eden sıvı ortam ile alınır. Karbonmonoksit ve hidrojenin metana dönüşmesi hidrojen-karbonmonoksit oranına ortam basıncına, ısısına besleme gazının reaktördeki hızına, katalizör miktar ve tane büyüklüğünü ve sirküle sıvı ortamın miktarına bağlı olarak % 95-99 tahakkuk eder. İstihsal gazında proses sıvısı, hidrojen, karbondioksit, su buharı çok az ethane, ve propan bulunur. Su buharı ve proses sıvısı birinci ve ikinci soğutucularda su ile alınır. İstihsal gazı bundan sonra daha küçük ve muntazam bir tamamlayıcı metanatöre gönderilir. Tamamlayıcı metanatör sabit ortamlı bir ünite olup tamamlayıcı reaksiyon tek geçişte ve tamamlanır ve adiyabotiktir. Bu son reaktörden alınan istihsal gazı önce besleme gazı ile "böylece besleme gazı da ön ısıtmaya tabi tutulmuş olur" ve bundan sonra soğutma suyu ve hava ile soğutulur dinlendirilir. 950 Btu/SCF yüksek ısı gaz haline gelmiştir.

2 fit 0 ve 15 fit yükseklikteki bir ana reaktör günde 2 milyon standart fit küp "57.000 m<sup>3</sup>" gazı metanlaştırmaktadır.

#### Prosesin Avantajları

- Proses sıvısının sirkülasyonu iyi bir ısı kontrolü temin etmektedir.
- Sıvı ortam uniform bir ısı dağılımı temin ettiğinden optimum reaksiyon
- Sıvı ortamda katalizör parçaları birbirlerini fazla aşındırmadıklarından katalizör kaybı oldukça azdır.
- Metanlaşma reaktörden tek geçişte tamamlandığından hem resirküleden imtina edilmiş olur hem de kapasite artmaktadır.
- Aksiyal hareket diğer gaz-solid-sıvı ortamlı reaktörlere nazaran daha fazla değişim vermektedir.



## 7. GAZ ELDEEDEN TİCARİ ÜNİTELERDE TEKNOLOJİK ZORLUKLAR

Gelişen usullerde, kömürden gaz elde etme yöntemleri ticari aşamaya geçildiğinde bazı teknik sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu üniteler daha çok bitümlü az kömürleri istemektedirler. Bitümün neden olduğu sıvılaşma ancak karıştırıcılarla homojen hale getirebilmektedir. Yüksek ısıda ortamı karıştırmak ise mekanik olarak çoğu kere mümkün olmamaktadır.

Seçilen yöntemin özelliğine göre bu karıştırma sisteme verilen hava, buhar, oksijen veya hidrojen ile yapılmaktadır. Bu nedenle bazı üniteler az bitümlü kömürlerden elde edilen istihsal gazının ısı değeri de doğal olarak az olmaktadır, örneğin: 150 Btu/Cft = 5297 Btu/m<sup>3</sup> veya 1335 kcl/m<sup>3</sup>. Gazlaştırmadan önce kömürü noncake (koklaşmaz = sıvılaşmış hamur haline gelmez) yapan ön hazırlama düzenlerine sahiptirler. Ayrıca gerek cürufun gazdan ayrılmasında operasyon zorlukları ve gerekse cürufun tesisi proses sıcaklığında terk etmesi ısı kaybına da neden olmaktadır.

### 7.1. GAZLAŞTIRMADA ARTIK KONTROLÜ

Ticari gazlaştırma ünitelerinde oldukça çok bünye suyu artık olarak elde edilmektedir, örneğin synthane metodu ile gazlaştırmada her kilogram gazlaştırılan kömüre karşın yarım kilogram su elde edilmektedir. Bu artık suda ağırlık olarak % 5'ten az da olsa tehlikeli artıklar bulunmaktadır. Fenol thiocyanates (alkali siyanit ve sülfür karışımı) bu nedenle bu tesislerden atılan suların da artırılması için usuller geliştirilmektedir.

Bütün laboratuvar çalışmalarında phenol miktarı litrede 2.000 miligramdan 10 miligrama kadar düşürülebilmektedir. Ancak bu da kabul edilebilir değerin üzerindedir. Ayrıca artık suların bakterilerden de artırılması gerekmektedir. Synthane yolu ile elde edilen gaz ve condense suyu analiz ettiğimizde, gazda milyarda bir mertebesinde Alkyl thiophene (kükürtlü hidrokarbon) ve metil mercaptance (alkolde oksijenin kükürt ile yer değiştirmiş hali) suda ise % 80 organik madde ihtiva eden phenol ve dihydroxybenzen ve diğer 20 değişik (nophthal) bulunmaktadır.

İstihsal gazında mevcut olup yandığında hava kirletici kükürtoksit veren kükürtlü hidrojenin gazdan alınması, gazın gazlaştırma ünitesinden hemen çıkışında oldukça ısı kaybı ile de olsa bir temizleme ünitesi geliştirilmiştir.

Bu usulde kükürtlü hidrojen, sıcak istihsal gazının sinterlenmiş demiroksit ve uçucu kül karışımı içinden geçirilmekle alınabilmektedir. 1300°F ve 9 Atü basınçta kükürtlü hidrojenin % 95'ini alabilen tesisler gazlaştırma üniteleri ile birlikte kullanılmaktadırlar.

Bazı ortamlarda Alümine (Al<sup>2</sup>O<sup>3</sup>) ve diğer sodyum ihtiva eden emiciler 130°C taki akıcı gazdan nitrojeni ve kükürt oksidi aldığı bilinmektedir. Kullanılan emiciler 630°F ta ısıtıldığında nitrik asit meydana getirerek nitrojeni geri vermektedir. Ayrıca

gazdan alınan kükürt bileşikleri kükürtlü hidrojen olmakta ve bundan da serbest kükürt elde edilebilmektedir. Eriticilerin arındırılması ile tekrar kullanımı da mümkün olmaktadır.

Kısmen nötürleştirilmiş sitrikasit solüsyonu kükürt oksit ihtiva etmekte olup kükürtlü hidrojen ile reaksiyona girdiğinde serbest kükürt vermektedir.

İstihsal gazına Ammonia ve buhar verilip su ile yıkandığında alınabilen amonyum tuzları meydana gelmektedir.

## 7.2. GAZ ELDE ETMEDE TİCARİ ÜNİTE

CC>2 aracılığı ile gazlaştırma ticari ünitesi bir firma tarafından anahtar teslimi olarak dizayn edilmiştir. Tesis Kuzey Dakota Linyitlerinden boru gazı elde etmek için plânlanmış olup küçük fanklarla Teksas Linyitlerinden de sentetik gaz elde edebilecek kabiliyettedir.

North Dakota Linyit Tesisi ana plan olarak kömürü boru gazı kalitesinde gazlaştırıp sevk edebilecek bütün gerekli esas ve yan tesislerle birlikte komple bir ünedir. Örneğin bütün destek sistemler güç jeneratörleri ara ürünler istihsal kısımları bürolar laboratuvar, kafeterya ve bakım atelyeleri ile kendine tam yetebilecek bir tesistir.

Tesis North Dakota merkezine 18 km mesafede Boalak kasabası kuzeyinde, Missouri nehri üzerindeki Sakakawea'ya 5 km mesafede büyük linyit yatakları yakınındadır.

Tesis, proseste belirli ana üniteler ve bunların müstakil iç sirkülasyonu şeklinde ve her ünite kendi özelliğine has en ekonomik büyüklükte özgün çalışan ayrı tesisler halindedir. Akım şemaları bu üniteler ve komple tesis için detaylı olarak ayrıca gösterilmiştir, örneğin ana tesis birbirinin benzeri dört ayrı gazlaştırma ünitesine sahiptir. Diğer kısımlar da buna benzer proses gereği ekonomik büyüklüğe ve malzeme yapım tekniğinin şartlarına bağlı olarak birbirinin benzeri kısımlar halindedir.

Tablo 1, 2, 3, Tesisin ekonomik ve teknik değerlerini karşılaştırmalı olarak vermektedir.

## 8. KÖMÜRÜN YERİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Ereğli Kömürleri İşletmesinde Kozlu serisini çalışan bütün panoların seriyi tamamen veya kısmen kesen bütün rekuplarında en az üç ile beş damar katlar arasında çalışılmadan bırakılarak pano terk edilmektedir.

\*

C

İncelikleri nedeni ile istihsalı ekonomik olmayan bu damarlarda pano terk edilmeden önce yapılabilecek bazı düzenlemeler ile bir kısmının yakılarak diğer bir kısmından alınabilecek uçucu maddelerin değerlendirilmesinin mümkün olabileceği ilk nazarda olumlu görülmektedir.



Tablo. 1- Tesisin Üniteler İtibari ile Maliyeti (Milyon Dolar)

Tesis Saha No:	Tesisin Adı	North Dakota	Teksas Linyitleri
		Linyitleri Boru Gazı Tesisi	Sentetik Gaz Tesisi
100	Kömür Hazırlama	92,53	92,05
200	Gazlaştırma	139,28	138,61
300	Gazlaştırma Servisi	15,62	18,19
400	Kaba Gaz Soğutma	40,76	29,89
500	Kaba Gaz Muamele	26,35	12,54
600	Metanlaştırma	47,95	-
700	İstihsalin Son İşlemi ve Kompresyonu	25,60	-
800	Uçucu Gaz Sistemi	114,68	116,62
900	Kül Tesisleri	7,13	7,10
1000	Katalizör Hazırlama	41,05	41,16
1100	Kükürt tutma	3,96	3,96
1200	Amonyak tutma	18,31	18,52
1300	SC <sub>2</sub> den arındırma	44,18	43,36
1400	Su temini ve işlemi	9,21	11,45
1500	Katı artıkların atımı	1,11	2,26
1600	Buhar Sistemi	12,36	10,60
1700	Elektrifikasyon	18,41	18,51
1800	Diğer Tesisler	15,44	3,80
1900	Çürolar	4,03	3,80
2000	Genel Tesisler	39,20	38,50
		717,14	624,57

1967'de bu konuda kitaplıklarda yapılan araştırmalarda kömürün büyük rezervler verdiği gerek Amerika Birleşik Devletleri ve gerekse Rusya'da buna benzer ancak gayesi değişik bazı çalışmaların olduğu tespit edilmiştir. Kömürün bugünkü kadar değer kazanmadığı 1950-60 yıllarında bu memleketlerde istihsal metodlarının birim hacimden daha fazla istihsalden ziyade birim zamanda daha çok ve daha ucuz istihsal verecek şekilde seçildiği (oda topuk) bilinen bir husustur. Yapılan bilgi yoklamalarında bu konuda daha da ileri gidildiği büyük rezerv kaybı göze alınarak kömür istihsal edilmeden düştüğümüz şekle yakın yeraltında yakılarak önce uçucu maddelerinden bilhase su ile söndürülerek kül ve kok istihsalı gibi bazı yöntemlerin her iki memlekette de tatbik edildiği görülmüştür.

Tablo. 2— Tesis ve İşletme Maliyeti

	N.D. Linyitleri Boru Gazı Tesisi	Tektaş Linyitleri Sentetik Gaz Tes.
Toplam Yatırım Maliyeti	717,14	624,57
ilk Katalizör ve Kimyasal Mad.	4,80	2,28
İşletme Hakkı Payı	1,21	1,18
Yatırım Dönemine Ait Faizler	121,02	105,40
İlk İşletmeye Geçiş Masrafı	24,60	22,83
İlk İstihsale Kadar İşletme Masrafı	21,61	19,47
Toplam Yatırım	890,38	775,73
Ham Madde	45,09	46,34
Katalizör ve Kimyasal Mad.	4,67	2,12
İşçilik:		
Proses Operasyonu	2,97	2,61
Bakım	16,20	14,73
İş İdaresi	3,83	3,47
Genel İdare ve Büro	13,80	12,49
Tedarik:		
<b>İşletme</b>	0,89	0,78
Bakım	16,20	14,73
Vergi ve Sigorta	19,36	16,86
Toplam İşletme Masrafı	123,01	114,13
Yan Ürün Kredileri	-5,68	5,68
Yıllık Net İşletme Masrafı	117,33	108,45
Ortalama Gaz Maliyeti j/MM. Btu	2,73	
Ortalama Gaz Satış Fiyatı		
S /MM Btu	3,70	2,81
* /1 m <sup>3</sup>	0,12	
1 m <sup>3</sup> =33.632 Btu		
= 8.408 kel.		

## 9. KÖMÜRÜN YERİNDE KOKLAŞTIRILMASI

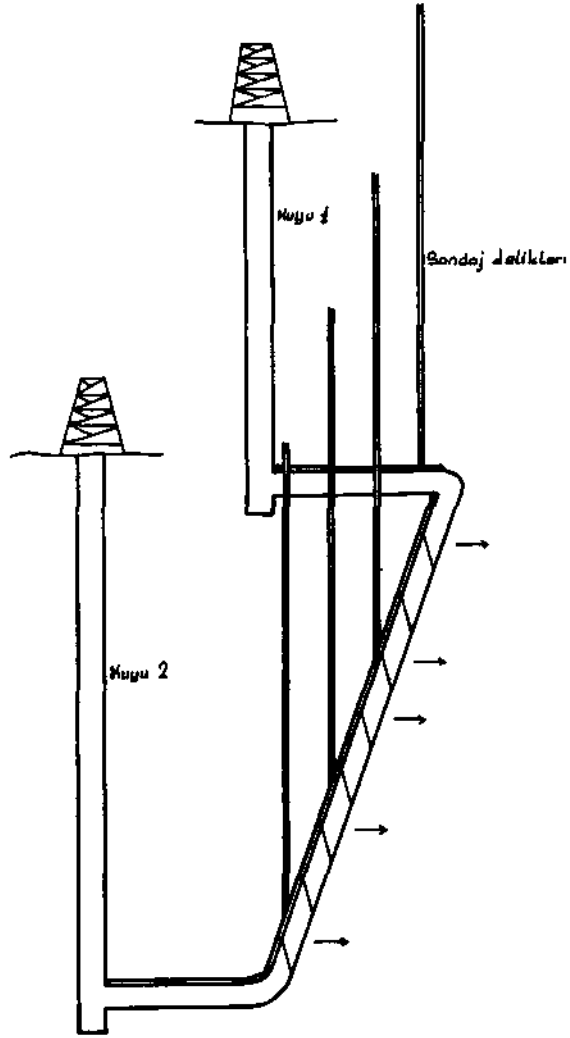
Şekil 6.'dan da görüldüğü gibi damar seviyesine şakuli inen iki kuyu V şeklinde bir taban yolu ile birleştirilmekte, bu tabanı bulacak şekilde yer üstünden, saptanan belirli aralıklarla sondajlar sürülmektedir. Tabanyolu kuyulardan uzaklaşan istikamette

Tablo 4 — Enerji Balansı

Enerji Girdisi	Kuzey Dakota Linyitleri Boru Gazı		Teksas Linyitleri Sentetik Gaz	
	Milyar Btü/S	% Toplam	Milyar Btü/S	% Toplam
Gazlaştırma Ünitesine				
Giden Kömür	14,552	94,3	14,552	91,6
Fırına Giden Kömür	485	3,1	925	5,8
Kalsitleştirmeye Giden				
Kömür	405	2,6	405	2,6
	15,442	100,0	158,82	100,0
Enerji Dağılımı				
İstihsal Gazı	10,419	67,5	12,240	77,1
Amonyak	83	0,5	76	0,5
Kükürt	46	0,3	45	0,3
İstihsal (yan ürünler dahil)	10.548	68,3	12,634	77,9
Kullanma ve Kayıp	4.894	31,7	3,518	22,1
Toplam Enerji Dağılımı	15,442	100,0	15,882	100,0
Tesisin Isı Verimi %	68,3		77,9	
Soğuk Gaz Verimi	67,5		71,1	

yakıldığında sondaj deliklerinden alınan gazla yoğunlaştırılıp distile edilerek bazı sıvı yakıt ve tali ürünler elde edilebilmektedir. Muayyen bir süre sonra aynı sondaj deliklerinden verilen su ile arın söndürülmekte taban yoluna kuyulardan yaklaşılarak önce kül sonra bir miktar kok elde etmek mümkün olabilmektedir. Bu period tavan tutulabileceği sürece tekrarlanabilmektedir. Ancak tavanın tutulabilmesi de iki kuyu arasındaki mesafenin iyi seçilmesi ile mümkün olmaktadır.

Kömürün sadece uçucu maddelerinden istifade edilmesi istenildiğinde durum biraz daha kolaylaşmaktadır. Bu kere kuyu yerine iki geniş sondaj deliği kâfi olup iki sondaj arası yeraltında kullanılan patlayıcı madde ile veya her iki ve sonra tek taraftan verilen tazyikli su ile birleştirilerek kömür yakılmaktadır. Birinden hava verilip diğerinden uçucu maddeler alınmaktadır.



Şekil. 6

Kömürün fiziki olarak istihsal edilmeden yerinde değerlendirilmesi \£ bununla ilgili metodlar gelişmeye zaman bulamadan enerji sorun haline gelmiş ve süratle de günün konusu olmuştur. Bu nedenle rezervin tamamının alınmasında verimsiz metodlar bırakılıp pahalı da olsa birim hacimden daha fazla kömür veren metodlar tekrar uygulanmaya başlanmıştır. Ancak yurdumuzda da bu böyle olmakla birlikte bahsin başında değindiğimiz gibi; Ereğli Kömürleri İşletmesinde Kozlu serisini çalışan bütün panoların seriyi tamamen veya kısmen kesen bütün rekuplarında en az üç ila beş damar ekonomik olmayışları nedeniyle istihsal edilmeden pano ile birlikte terk edilmektedir. Kömürün

yerinde değerlendirilmesinin kitaplıklarda araştırılmasından gaye istihsal edilmeden bırakılan bu damarlarda pano terk edilmeden yapılacak bazı düzenlemeler ile bir kısmının yakılarak diğer kısmından elde edilecek gazın değerlendirilip değerlendirilmeyeceğinin ön araştırmasını yapmaktı. Nitekim gaye değişik de olsa buna benzer çalışmaların olduğuna ve olabileceğini görmek durumun laboratuvar safhasında ikinci aşamasını da yapmanın gereği duyulmuş ve bu nedenle de henüz tamamlanmamış olmakla birlikte bir laboratuvar çalışması gerçekleştirilmiştir.

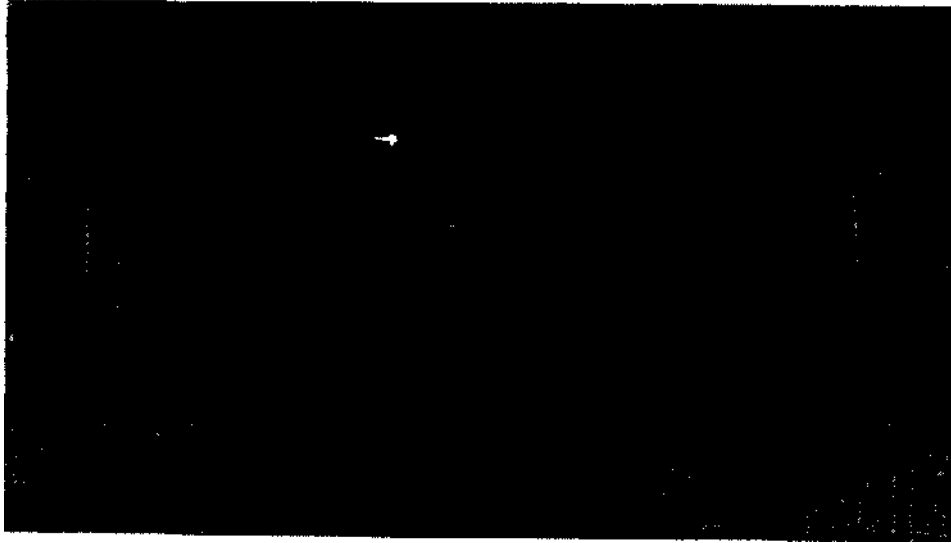
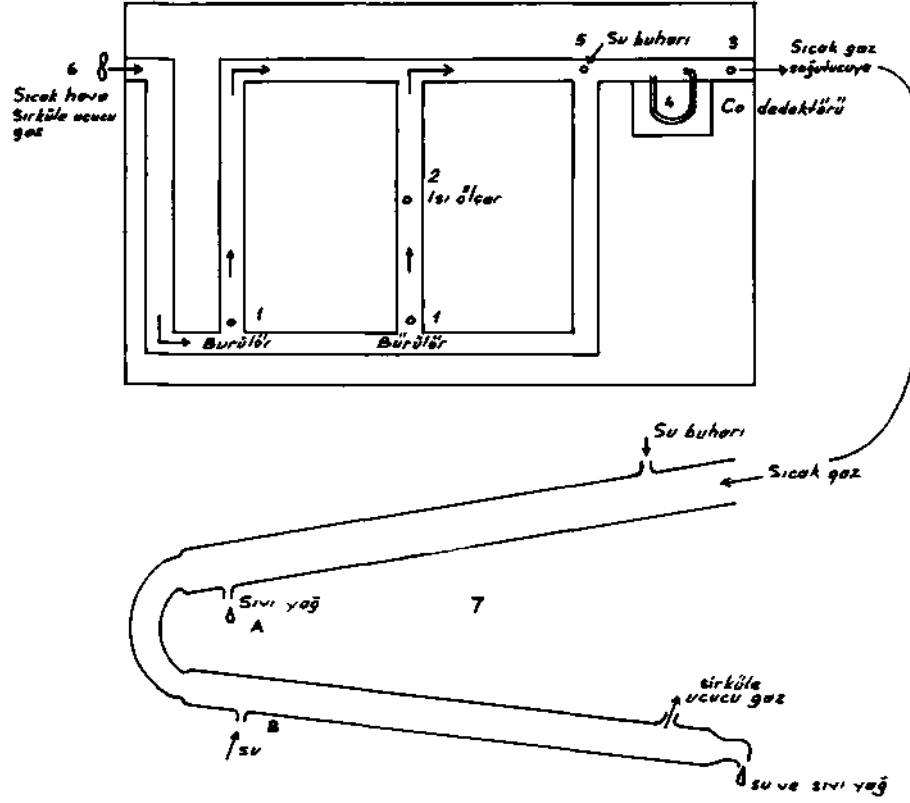
## 10. KÖMÜRÜN \ERİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ İLE İLGİLİ BİR LABORATUVAR ÇALIŞMASI

Kömürün hazırlanması: Beton kalıpla yapılan yeraltı modelinde kullanılacak kömürün aslında büyük bir bloktan uygun ölçüde ustalıkla kesilmiş kalıplar olması gerektiği düşünülmüşse de bu mümkün olmadığı için model kömür; önce toz haline getirilerek bir tutucu ile yoğurulup basınç altında 60x100 cm ebadında iki kalıp olarak hazırlanmıştır. Tutucu maddenin yandığında hem ilave uçucu madde vermemesi hem de ısıya katkıda bulunmaması gereklidir. Kömürün daha hızlı yanmasına neden olmadığı gibi yanmayı yavaşlatıcı niteliği de olmamalıdır. Bu istenenlere en uygun şekerli su seçilmiştir. İlave suyun büyük bir bölümü kömürün 5 kg/cm<sup>2</sup> basınçla kalıp haline getirilmesinde geri alınabilmektedir.

Kömür toz haline getirilirken kuru hava ile kısmen kurutulduğundan neticede toplam rutubet orijinal kömür nemine oldukça yaklaştırılabilmektedir.

Modelin hazırlanması: Beton kalıp dış ölçüleri ile 150x250x10 cm ebadında olup krokide görüldüğü şekilde bir parçası taban yolları ve kömür kalıpları boşluklarını içermekte olup diğeri de kalıbın kapağı niteliğindedir. Kömür kalıpları yerleştirildikten sonra iki parçanın bir araya gelen kısımları alçı ile kaçaklara karşı sıvanmıştır. 1 no.lar kömürün bütan gazı bürölörleri ile yakılacağı deliklerdir. 2 no ısı ölçer prometre 3 no CO ölçer 4 no ise geçen hava miktarını ölçer alkol içerikli pitot tüpüdür. 5 no üst taban yoluna gerektiğinde su buharı verilen delik. 6 no gerektiğinde sıcak hava üfleyen ve yine gerektiğinde ikinci soğutucudan sonra da yoğunlaşmayan uçucu gazın üflediği havaya eklenebilen saç kurutma makinasına benzer biraz daha büyük bir vantilatördür. 7 no iki kısımdan meydana gelen soğutucudur. A irtibatından ilk yoğunlaşan ağır yağ alınmakta B irtibatından da soğutucuya su ilave edilmektedir.

Uygulamada karşılaşılan zorluklar; Her iki bürölörden de kuvvetli alev verildiği halde hem kömürün tutuşturulması hem de yanmanın devamı başlangıçta başarılı olmadı. Sebep olarak iki neden vardı. Biri beton blok fazla ısı aldığından hızlı soğutma olduğu için yanma başarılı olmuyordu. İkinci neden kömür yeniden hazırlandığı için kömürün bünyesinde orijinal çatlaklar ve muhtemel metan yoktu. Birinci neden beton blok'u ısıtarak ve kaçak gazlardan korunmak için de kapalı bir yere alınarak kısmen giderildi. Ancak ikinci nedene çare bulunamadı. Bu yüzden fazla yanma olduğunda son uçucu gazı sirküle etmek sureti ile yanmayı yavaşlatma düşülmesine rağmen buna gerek kalmadı üstelik yanmanın devamı için sıcak hava üflemek zorunda kınılıldı. Son uçucu



Şekil 7 : Komurun Gazlaştırılmasında Kullanılan Yeraltı Modeli

gaz sirküle edildiğinde yanmanın durmasından başarılı bir yanma olduğunda bu yolla yanmanın yavaşlatılmasının başlangıçta düşünüldüğü gibi mümkün olabileceği de saptandı. Soğutucu kapasitesi özellikle birinci bölüm yeterli gelmediğinden ikinci bölümde su ilave edilmesine karşın uçucu gaz olarak kaçak fazla idi. Üçüncü bir tankta su püskürtme ile bu gazların da yoğunlaştırılması olanaklı olabilir kanısındayız.

## 11. SONUÇ

Yapılan fiili çalışma üç ay gibi kısa bir zaman olup alınabilecek yeterli neticeye ulaşamadığı kanısındayız. Modelden çıkan gaz + hava miktarının yaklaşık da olsa yeterli doğrulukta ölçülmesine karşın verilen hava miktarı, modeli terk eden gazda oksijen mevcudiyeti .havaya atılan yoğunlaşmamış uçucu gazın miktarının tamamının ölçülmemesi alınan neticenin verimliliğinin tam olarak ölçülmesine engel olmaktadır. Şayet havaya verilen uçucu gaz sirküle edilebilse idi yaklaşım biraz daha doğru olabilirdi. Ancak herşeye rağmen soğutucunun birinci bölümünden alınan sıvı yakıt ile ikinci bölümden alınan sudaki sıvı yakıtın iki su kaynatılarak alınabildiği görülmüştür. Toplamı model kömürde mevcut % 30 ağırlıklı uçucu gazın % 18'i olarak bulunabildiği görülmüştür.

## 12. ÖNERİLER

Model daha büyük seçilmeli, kömürler büyük bir bloktan kesilerek hazırlanmalı, soğutucu, deneme yanılma yolu ile de olsa yeterli kapasite bulunmalıdır. Ancak bu yarım kalmış çalışma dahi.yeraltında terk edilen kömürden birşeyler alınabileceğini kanıtlamış kabul edilerek mümkünse istihisalden uzak uygun bir mostrada tabii şartlarda denemelerin sürdürülmesi tavsiye edilebilir kanısındayız.

## KAYNAKLAR

1. American Gas Association Developing Tomorrow's Energy Today, coal Gasification Plant Rapid City South Dakota 1972
2. Ofgice of Coal Research Annual Report 1972
3. Bureau of Mines Eenergy Program 1972
4. U.S. Department of Energy Division of coal *conversion* 1978
5. Executive summary commercial plant conceptual design and cost estimates. Final Report Volume 13, August 1976-December 1977

