

# LİNYİT KÖMÜRLERİNİN ISIL İŞLEMLERLE İYİLEŞTİRİLMESİ

## TREATMENT OF LIGNITES BY THERMAL OPERATION

**Ramazan ASMATÜL Ü\***  
**Neşet ACARKAN\*\* Güven ÖNAL\*\*\***

### ÖZET

Bu çalışmada, İstanbul-Yeniköy bölgesi kömürlerine düşük sıcaklık koklaştırması uygulanarak; hava kirliliği açısından sorun yaratmayacak semikok elde etme olanakları araştırılmıştır. Yapılan düşük sıcaklık koklaştırması deneylerinde sıcaklık, tane boyutu ve sürenin koklaştırma üzerine etkileri araştırılmıştır. Koklaştırma deneylerinde en önemli parametrenin sıcaklık (650 °C) olduğu, koklaşma süresinin ise 50 - 76 dak. arasında değişeceği tesbit edilmiştir. Koklaştırma işlemleri sonucunda kömürün ortalama olarak yanabilir kükürt içeriği %1.05'den %0.40'a, uçucu madde içeriği %46.57'den %15.24'e inmiş; sabit karbon içeriği ise %35.89'dan 68.09'a yükselmiştir.

### SUMMARY

In this study, the possibility of obtaining semicoke that would not create any problems in terms of air pollution has been investigated by applying low temperature coking on İstanbul-Yeniköy region coals. With the low temperature coking tests, some effect on coking have been investigated in terms of temperature, particle size, and time. The most important parameter in coking has been temperature ( 650 °C), and coking period would be changed between 50 - 76 minutes. As result of coking, an average content of combustable sulphur and volatile matter has reduced respectively from 1 05 % to 0.40 %, from 46.57 % to 15.24 %; whereas fixed carbon content has increased from 35.89% to 68.09%.

(\*) Araş. Gör., İ.Ü. Müh. Fak. Maden Müh. Bölümü, Cevher Hazırlama Anabilim Dalı 34850, Avcılar - İSTANBUL

(\*\*) Prof. Dr., İTÜ. Maden Fak. Maden Müh. Bölümü, Cevher ve Kömür Hazırlama Anabilim Dalı 80626, Maslak - İSTANBUL

## 1. GİRİŞ

Kömür, fosil kökenli bir yakıt olup, Dünya enerji kaynaklarının %75'ini (8.2x10<sup>10</sup> TE\*) oluşturmaktadır. Günümüzde enerji tüketiminin yüda yaklaşık olarak 10 milyar ton TE\* olduğu düşünülürse, kömürün Dünya enerji sektöründe daha uzun yıllar kullanımının ön sıralarda yer alacağı ortaya çıkmaktadır [1].

Kömür; olduğu gibi veya yakıt olarak tam verim elde edebilmek amacıyla, özelliklerine göre çeşidi proseslerden geçirilmek suretiyle de farklı özelliklerdeki ürünler halinde de kullanılabilen bir yakıttır. Son yıllarda, kömürün özelliklerine göre en uygun ürün haline dönüştürülüp kullanılması, çağdaş bir yaklaşım olmaktadır. Kömüre uygulanan başlıca prosesler arasında düşük ve yüksek sıcaklık koklaştırması, gazlaştırma, sıvılaştırma ve briketleme sayılabilir.

İstanbul bölgesi kömürleri %35 dolaylarında nem, %45 dolaylarında uçucu madde, %2 dolaylarında da toplam kükürt içermelerine karşın; günümüze kadar üzerlerinde yeterli düzeylerde iyileştirme çalışmaları yapılmamış ve çoğunlukla ev yakıtı olarak kullanılmışlardır Bu kömürlerin gelişigüzel yakılması; kömürdeki uçucu maddelerin tamamı yanmadan küçük katı tanecikler ile birlikte atmosfere karışmasına ve bunun sonucu olarak, hava kirliliğine neden olmaktadır [2].

Yüksek uçucum linyit kömürlerinin yakılmasında daha çağdaş yollar izlenebilir. Bunlardan birincisini kömürün özel yakma sistemlerinde yüksek verim ile yakılması; ikincisini ise düşük sıcaklık koklaştırması ile (semikoklaştırma) kömürdeki uçucu maddenin uzaklaştırılması ve daha somaki aşamada konvansiyonel yakma sistemlerinde semikokun yakılması oluşturabilir [3].

Bu çalışmada, İstanbul bölgesinin tipik kömürlerinden olan Yeniköy bölgesi kömürleri ele alınmış ve bu kömür üzerinde en iyi semikok elde etme koşulları araştırılmış ve düşük sıcaklık koklaştırma prosesi şurasında elde edilen yan ürünler incelenmiştir.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1. Malzeme

Deneylerde kullanılan kömür numunesi İstanbul - Yeniköy bölgesinde bulunan özel bir firmaya ait ocaklardan temsili bir şekilde alınmıştır. Numunenin tam kimyasal kömür analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1' den görüldüğü gibi kuru baza göre kömür, %1.88 toplam kükürt, %46.57 uçucu madde ve orjinal baza göre de %32.50 nem içermektedir.

Tuvenan kömürün elenmesiyle elde edilen -100+19 mm boyut grubuna, -19+1 mm boyut grubunun jig ve sarsıntılı masa ile zenginleştirilmesi ile elde edilen temiz kömürlerin karıştırılması sonucu oluşturulan düşük küllü numune, düşük sıcaklık koklaştırması deneylerinde kullanılmıştır.

TE\* = Ton Taşkömüre Eşdeğer

**Çizelge 1:** Deneylerde Kullanılan Numunenin Tam Kimyasal Analiz Sonuçları

ELEMAN	ORJİNAL KÖMÜR	HAVADA KURU KÖMÜR	KURU KÖMÜR
Rutubet (%)	32.50	14.18	-
Kül (%)	8.51	10.56	12.30
Uçucu Madde (%)	31.44	35.97	46.57
Sabit Karbon (%)	27.54	35.03	40.82
Yanabilir Kükürt (%)	0.71	0.91	1.05
Toplam Kükürt (%)	1.27	1.61	1.88
Ust Isıl Değer (Kcal/kg)	3663	4657	5426
Alt Isıl Değer (Kcal/kg)	3310	4413	5268

Düşük sıcaklık koklaştırması deneylerinin yürütüldüğü reaktörün iç hacmine göre, deneylerin boyutu 50 mm'nin altında olan numune ile yürütülmesi uygun görülmüştür. Düşük sıcaklık koklaştırması deneylerinin yürütüldüğü zenginleştirilmiş numunenin boyut gruplarına göre tam kömür analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 2:** Düşük Sıcaklık Koklaştırması Deneylerinde Kullanılan Numunenin Boyuta Göre Tam Kimyasal Analiz Sonuçları (Havada Kuru Kömür)

Boyut Grubu (mm)	Miktar (%)	Rutubet (%)	Kül (%)	Uçucu Madde (%)	Sabit Karbon (%)	Yanabilir Kükürt (%)	Toplam Kükürt (%)	Ust Isıl Değer (Kcal/kg)	Alt Isıl Değer (Kcal/kg)
-50 +19	69.5	14.00	8.86	41.13	36.02	0.84	1.55	4814	4678
-19 +10	16.4	14.44	9.99	39.76	35.81	0.94	1.57	4680	4545
-10 +1	14.1	14.74	11.05	38.88	35.33	0.99	1.79	4498	4359
TOPLAM	100.0	14.18	9.35	40.59	35.89	0.88	1.59	4748	4611

## 2.2. Yöntem

Deneyler, yüzey rutubeti uzaklaştırılmış 500 gr ağırlığındaki kömür numuneleri ile yapılmıştır. Sabit yataklı koklaştırma fırını öngörülen koklaştırma sıcaklığına kadar ısıtılmış ve numune içeren reaktör fırına yerleştirilmiştir. Öngörülen koklaştırma sıcaklığında, denge sağlandıktan sonra belirlenen süreler kadar numuneler fırında tutulmuştur. Koklaştırma bittikten sonra reaktör fırın dışına alınmış ve soğutulmuştur. Daha sonraki aşamalarda, elde edilen semikok ürününün özellikleri saptanmıştır.

Deneylerde; parça boyutu (-50 +19 mm, -19 + 10 mm, -10 +1 mm), sıcaklık ve sürenin koklaştırmaya olan etkileri araştırılmıştır. Koklaştırmada sıcaklık 400°C, 500°C, 600°C, 700°C ve her sıcaklıkta koklaştırma süresi 20 dak., 40 dak., 60 dak., 80 dak., 100 dak., 120 dakika alınarak koklaştırma deneyleri gerçekleştirilmiştir.

## 3. SONUÇLAR

-50 + 19 mm, -19 + 10 mm ve -10 + 1 mm boyut aralığında yapılan deneyler sonucu elde edilen değerlerin birbirine yakın olması nedeniyle, sonuçlar hesaba alınmış ve -50 + 1 mm boyut aralığı olarak eğriler çizilmiştir. Elde edilen sonuçlara

göre sıcaklık ve süreye bağlı olarak kömürde meydana gelen uçucu madde değişimi Şekil 1'de, sabit karbon değişimi Şekil 2'de ve uzaklaştırılan toplam kükürt miktarındaki değişim ise Şekil 3' de verilmiştir.

### **3.1. Düşük Sıcaklık Koklaşmasında Uçucu Kısımın Davranışı**

Şekil 1'den de görüldüğü gibi, Kömürden uçucu maddenin uzaklaştırılması, artan koklaşırma sıcaklığına ve süresine bağlı olarak artmaktadır. 400°C ve 35-40 dak. sürede uçucu madde kömürden ancak ayrılmaya başlarken; 700°C'de bu süre 7-8 dakikaya kadar inmektedir. Yüksek koklaşırma sıcaklıklarında (600 - 700°C), uçucu maddenin kömürden daha kısa sürede uzaklaşması, koklaşırma aşamasında uçucu maddenin kömürden ayrılma kinetiğinin büyük oranda koklaşırma sıcaklığına bağlı olduğunu ortaya koymuştur.

Koklaşırma sırasında kömürdeki uçucu kısmın (uçucu madde + bünye rutubeti) azalması; 400°C gibi düşük sıcaklıkta lineere yakın bir eğilim göstermiştir. 700°C gibi nispeten yüksek sıcaklıkta uçucu madde uzaklaşması üç farklı davranışta bulunmuştur. 20 - 25 dakikaya kadar uçucu kısmı kömürden çok hızlı bir şekilde uzaklaşırken (dik bir eğim); 25 - 60 dak. arasında uçucu maddenin uzaklaşırma hızı büyük oranda düşmüş ve bu safha sonunda koklaşırma olayı hemen hemen tamamlanmıştır. 60 dak. süreden sonra ise kömürden uçucu maddenin uzaklaşırması iyice yavaşlamıştır (yataya yakın eğri). 500-600 °C sıcaklıklarda ise uçucu maddenin kömürden uzaklaşırmasının iki farklı eğimde olduğu Şekil 1'den anlaşılmaktadır.

### **3.2. Düşük Sıcaklık Koklaşırmasında Sabit Karbonun Davranışı**

Şekil 2'den de görüldüğü gibi, kömürdeki uçucu kısımlar uzaklaştıkça kömürün sabit karbon içeriği de doğal olarak artmaktadır. Bu artış düşük sıcaklıklarda daha az düzeylerde iken, yüksek sıcaklıklarda oldukça fazla olmuştur. 700°C ve 20 dak. koklaşırma süresinde elde edilen semikokun sabit karbon içeriğine (%62.54); 500°C ve 120 dakika koklaşırma süresinde bile (%62.61) ulaşamamıştır.

### **3.3. Düşük Sıcaklık Koklaşırmasında Kükürdün Davranışı**

Yapılan düşük sıcaklık koklaşırması deneyleri sonucu kömürde bulunan yanabilir kükürdün önemli bir kısmının kömürden uzaklaştığı belirlenmiştir. Şekil 3' ten de görüldüğü gibi, kömürden kükürdün uzaklaştırılmasında en büyük etkenin sıcaklık olduğu anlaşılmıştır. Koklaşırmanın başlangıç safhasında; 400°C gibi düşük sıcaklıkta kömürdeki kükürt pek reaksiyona girmezken; ısı artışı ile birlikte kükürdün bozunma reaksiyonuna ait kinetik de artmaktadır. Özellikle, 700°C koklaşırma sıcaklığında kükürdün bozunması, koklaşırmanın başlangıcında bile çok hızlı olmaktadır. Bu sıcaklıkta ve 20 dak. süreyle yapılan koklaşırma sonunda, kükürdün yaklaşık %44' ü kömürden uzaklaşırken; 400°C ve aynı sürede kükürt kömürden uzaklaşmamıştır.

Kuru baza göre tuvenan kömürde %1.88 olan toplam kükürt, 700°C sıcaklık ve 120 dakikalık koklaşırma süresi sonunda %1.1'e kadar düşmüştür. Bu semikokun yanabilir kükürdü ise %0.10 düzeyindedir.

### 3.4. Elde Edilen Düşük Sıcaklık Koklaştırması Ürünlerinin Özellikleri

Yapılan deneyler kapsamında, İstanbul - Yeniköy bölgesi kömürleri için en iyi koklaştırma sıcaklığı olarak 650°C, koklaştırma süresi olarak 55 dakika belirlenmiştir. Sürenin belirlenmesinde, kömürden katranımsı sıvı ürünlerin tamamen uzaklaşması dikkate alınmıştır. En iyi koklaştırma koşullarında elde edilen semikokun kuru baza göre tam kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir.

**Çizelge 3: En İyi Koklaştırma Koşullarında Elde Edilen Semikokun Tam Kimyasal Analiz Sonuçları**

ELEMAN	TOPLAM
Rutubet (%)	3.90
Kül(%)	16.67
Uçucu Madde (%)	15.24
Sabit Karbon (%)	68.09
Toplam Kükürt (%)	1.45
Yanabilir Kükürt (%)	0.40
Üst Isıl Değer (Kcal/kg)	6404
Alt Isıl Değer (Kcal/kg)	6246

650°C koklaştırma sıcaklığında, 55 dak. süreyle yapılan koklaştırma sonunda, açığa çıkan yan ürünlerin analizleri de yapılmıştır. Yapılan gaz analizleri sonucunda, açığa çıkan gazın büyük bir kısmını CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, CO ve H<sub>2</sub> gazlarının oluşturduğu; ayrıca, %5 civarında da sülfürlü gazların (H<sub>2</sub>S ve SO<sub>2</sub>) bulunduğu tesbit edilmiştir.

Sıvı ürünler üzerinde yapılan deneylerde, bu ürünün yaklaşık %55'ini katran ve %45'ini de bozunma suyunun (amonyaklı su) oluşturduğu saptanmıştır. Katran üzerinde yapılan analizler sonucunda, katranın büyük bir kısmını aromatikler oluşturduğu; bu ürünün ise benzen, fenol, etanol, naftalin, azulen ve ksilen içerdiği tesbit edilmiştir.

### 4. DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ

Düşük sıcaklık koklaştırması deneylerinde en önemli parametrenin koklaştırma sıcaklığı olduğu anlaşılmıştır, İstanbul - Yeniköy bölgesi kömürleri için koklaştırma sıcaklığının 650°C düzeylerinde olduğu saptanmıştır.

Yapılan deneyler sırasında hava kirliliği açısından, kömürdeki katranın tamamen uzaklaştırılması dikkate alınmış ve bu bölge kömürleri için semikokta %15-16 dolaylarında uçucu madde kalmaya kadar koklaştırmanın devam etmesi gerektiği anlaşılmıştır. Bu uçucu madde içeriğine de 55 dak. da ulaşılmıştır.

Düşük sıcaklık koklaştırması ile kömürden %54 oranında toplam kükürt uzaklaştırılmıştır. İstanbul bölgesi gibi yüksek uçucu madde içeren genç kömürlerden, yüksek sayılabilecek düzeylerde kükürt uzaklaştırılabileceği anlaşılmıştır [4]

İstanbul - Yeniköy bölgesi kömürlerine düşük sıcaklık koklaştırması uygulanması ile kömürden hava kirliliği yaratan rutubet, uçucu madde, kükürt uzaklaştırılabilmemesine

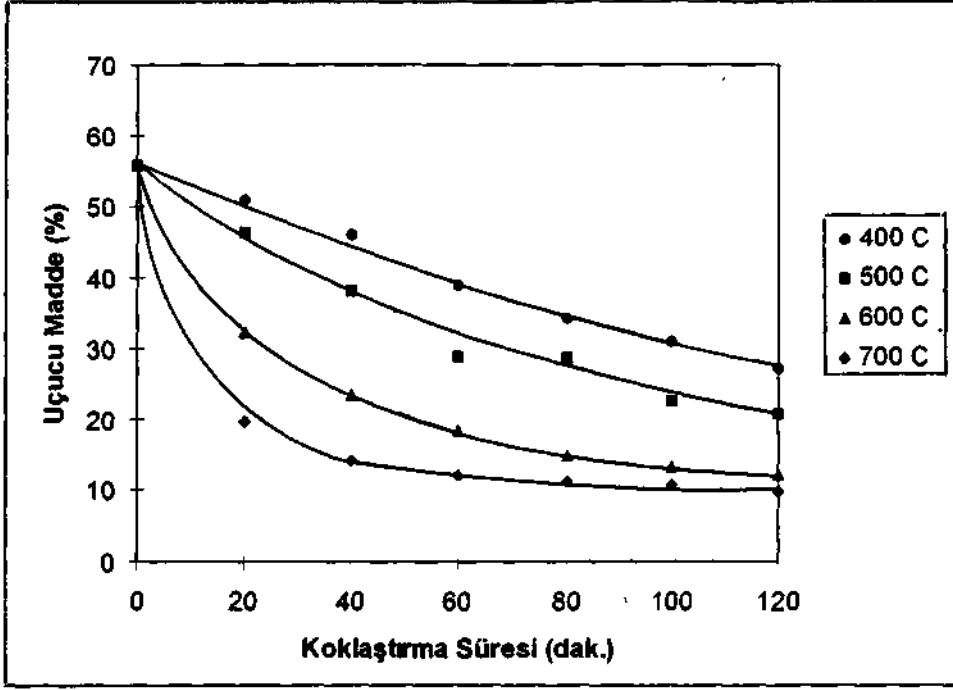
karşın; elde edilen semikok tanecikleri dayanıksız olup, çok kolay dağıdabilmektedir. Bu nedenle, kullanım açısından semikokların briketlenmesinin daha uygun olacağı kanısına varılmıştır [3].

Söz konusu bölge kömürleri üzerinde yapılan benzer çalışmalarda ekonomik analizler de yapılmış olup; 65.5 milyon Amerikan Dolarlık yatırım ile işletme, amortisman ve faiz giderleri dikkate alındığında; Net Fayda / Yatırım oranının %83 olacağı belirtilmiştir. Bu ekonomik değerlendirmeye, koklaştırma sırasında yan ürün olarak elde edilen katranıma sıvı ürünler ile gaz ürünlerde dahil edilmiştir [6].

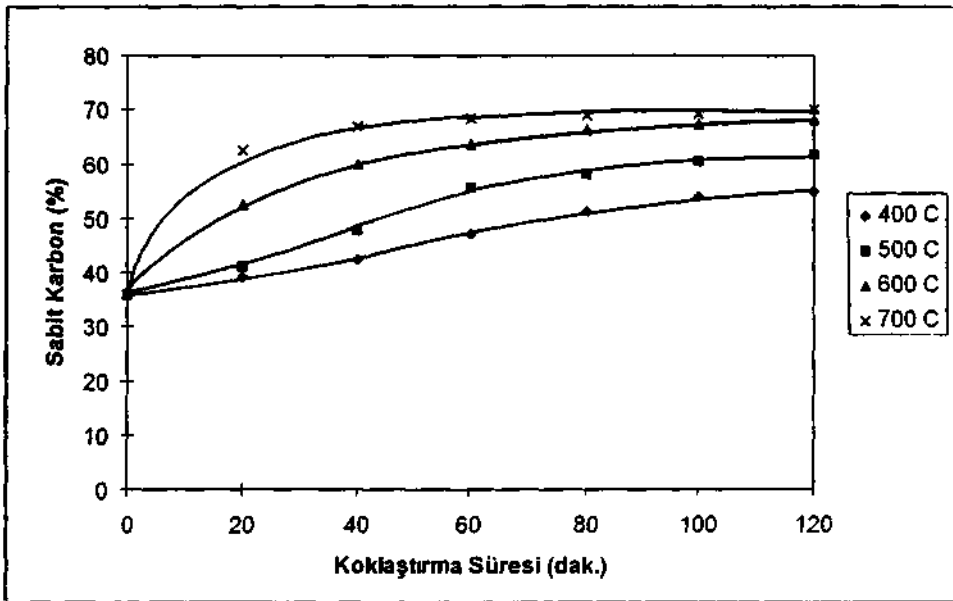
Yapılan deneylerden, düşük sıcaklık koklaştırmasında elde edilecek sonuçları, koklaştırma şekli ve reaktör boyutlarına bağlı olarak, reaktördeki kömür yatağı boyutlarının da önemli oranda etkilediği anlaşılmıştır.

## KAYNAKLAR

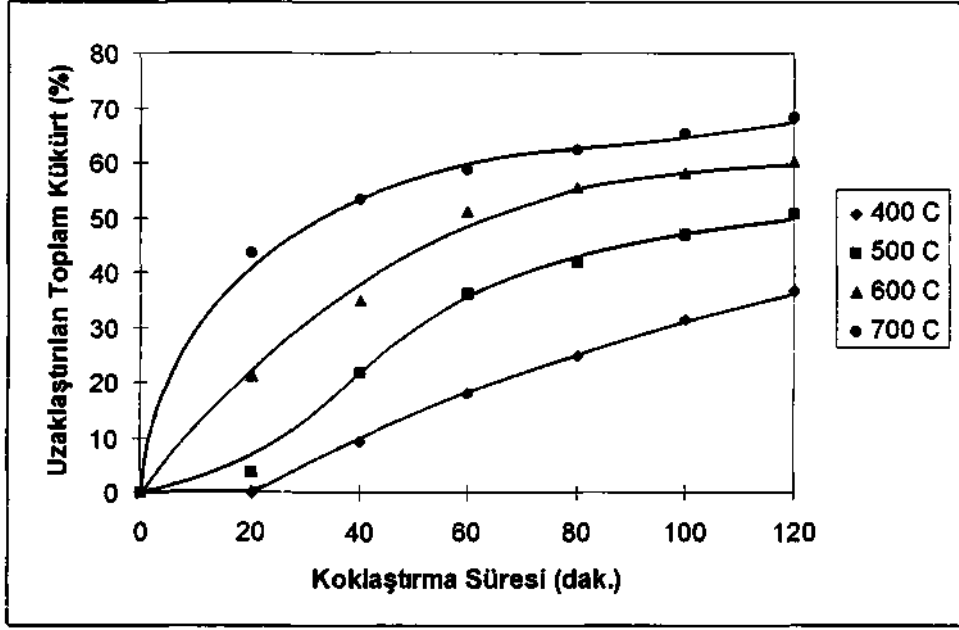
- [1] MUSTAFAEV İ., "Bağımsız Devletler Topluluğunda Kömür Kullanımı ve Bu Konudaki Teknolojik Araştırmalar", Meslek İçi Eğitim Semineri, İTÜ Maden Fak., 1994
- [2] TOKGÖZ, N., İZİBELLİ, Ü, "İstanbul Ağaçlı Bölgesi Kömür Yataklarının Kısa Bir Tanımı", Hava Kirliliği ve Kömür Gerçeği (Editör E. ARIÖĞLU), TMMOB Maden Müh. Odası İstanbul Şubesi, Mayıs 1995
- [3] ASMATÜLÜ R, " İstanbul - Yeniköy Bölgesi Kömürlerinden Semikok Elde Etme Olanaklarının Araştırılması", İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Haziran, 1995
- [4] ASMATÜLÜ R., ACARKAN N., ÖNAL G., ÇELİK M.S. " Upgrading of Low - Rank Coals By Low Temperature", Technologies For Mineral Processing of Refractory Raw Materials and Environment Protection in Areas With Extractive Industry BAI A MARE - ROMANIA, 17 - 19 May 1995
- [5] LOWARY H.H., "Chemistry of Coal Utilization, Volume I" P. 773- 795, John Wiley and Sons Inc., NEW YORK, 1963
- [6] ÖNAL G., MUSTAFAEV İ., YILDIRIM L., ÇELİK M.S., "Linyitlerin Isd İşleme Zenginleştirilmesinin Ekonomik Analizi", Türkiye 14. Madencilik Kongresi, TMMOB, Maden Mühendisleri Odası, ANKARA, 6-9 Haziran 1995
- [7] ÇELİK M.S., SOMASUNDARAN P., " Desulphurization of Coal", Coal (Edit. O.KURAL ), İstanbul, September 1994.



Şekil 1: -50 + 1 mm Boyut Grubu Kömür ile Yapılan Düşük Sıcaklık Koklaştırması Deneylerinde Uçucu Madde İçeriğinin Koklaştırma Süresine Bağlı Olarak Değişimi



Şekil 2: -50 + 1 mm Boyut Grubu Kömür ile Yapılan Düşük Sıcaklık Koklaştırma Deneylerinde Sabit Karbon Değişiminin Süreye Baalı Olarak Değişimi



Şekil 3: -50 + 1 mm Boyut Grubu Kömür ile Yapılan Düşük Sıcaklık Koklaştırması Deneylerinde Uzaklaştırılan Toplam % Kükürt Miktarının Sıcaklık ve Süreye Bağlı Olarak Değişimi.