

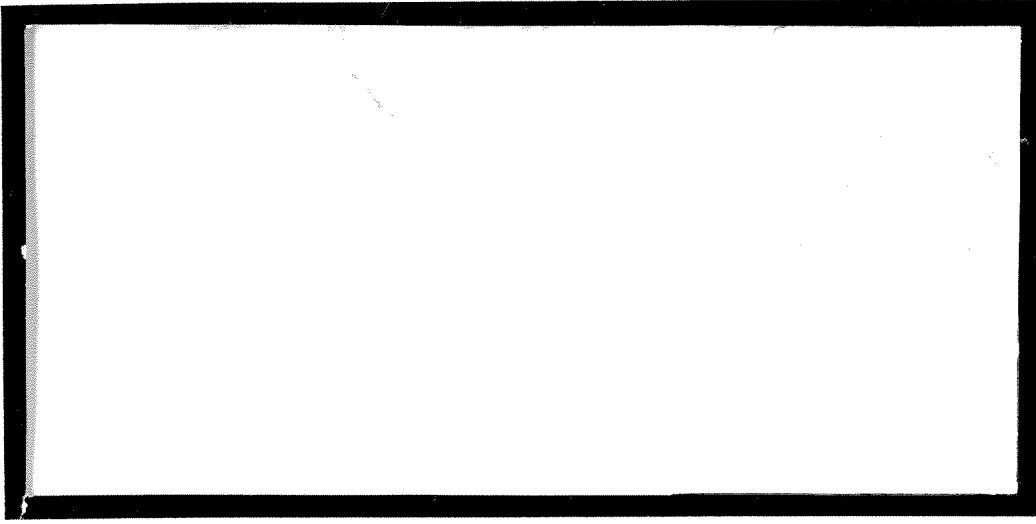
2001-54

D4P



TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY



**Makina, Kimyasal Teknolojiler, Malzeme ve İmalat Sistemleri
Araştırma Grubu**

**Mechanical Engineering, Chemical Technologies, Material
Sciences and Manufacturing Systems Research Grant
Committee**

**TÜRKİYE'DE MEVCUT PETROLLÜ ŞEYL (OİL SHALE)
YATAKLARININ YERİNDE KURTARIM YÖNTEMLERİYLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

PROJE NO : MİSAG-141

**PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ
PROF.DR. SUAT BAĞCI**

**ARAŞTIRICILAR
DOÇ.DR. MUSTAFA V. KÖK
DR. MUSTAFA V. KÖK
YÜKSEK LİSANS ÖĞRENCİSİ GÜNEŞ GÜNER**

**ARALIK-2000
ANKARA**

ÖNSÖZ

Bugüne kadar, MTA tarafından yapılan çalışmalarla, Beypazarı, Seyitömer, Himmetoğlu ve Hatıldağ petrollü şeyl sahalarının, tenör, rezerv ve işletme yönünden yerinde yanma ve buhar enjeksiyonu yöntemlerinin uygulanabilirliği elverişli görülmektedir.

Yerinde yanma yönteminin uygulanmasında, petrollü şeyllerin hava ile olan yanma reaksiyon mekanizmalarının tesbit edilmesi önemlidir. Bununla ilgili olarak, petrollü şeyl numunelerinin yanma reaksiyon hücresinde sabit hava enjeksiyonuyla ve sabit ısıtma hızıyla yakılarak reaksiyon mekanizmalarının elde edilmesi gerekmektedir. Buna ek olarak, TGA ve DSC cihazları kullanılarak yanma reaksiyon mekanizmaları tesbit edilebilmektedir. Yüksek sıcaklıktaki buhar enjeksiyonuyla, petrollü şeyllerden petrol eldesinde, enjeksiyon kuyularından buhar enjekte edilerek, sentetik petrol üretim kuyularına doğru ötelenmektedir. Buhar enjeksiyonunda, optimum buhar enjeksiyon debisinin ve diğer parametrelerin tesbit edilmesi önemlidir.

Günümüzde, Türkiye’de mevcut 4 büyük petrollü şeyl sahasında (Seyitömer, Beypazarı, Hatıldağ, Himmetoğlu) herhangi bir üretim ve değerlendirme çalışması yapılmamıştır. Bu yöntemlerin mevcut petrollü şeyl sahasında uygulanması ve sentetik petrol üretimi çalışmaları bugüne kadar yapılmamıştır. Bu yöntemlerin uygulanabilirliğini tesbit etmek için, öncelikle, petrollü şeyl numunelerinin yanma reaksiyon kinetik özelliklerinin tesbit edilmesi gerekmektedir. Ek olarak, laboratuvarında 1-boyutlu ve 3-boyutlu fiziksel modellerde yerinde yanma ve buhar enjeksiyonu deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerde petrollü şeyller için bu yöntemlerin uygulanmasında kullanılacak parametreler elde edilmiştir.

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümünde, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumunun desteği ile gerçekleştirilen bu çalışmada katkılarından dolayı MTA Enstitüsü'ne, Dr. İlker Şengüler'e, ve Teknisyen Naci Doğru'ya teşekkür ederim.

Prof. Dr. Suat Bağcı
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Aralık, 2000

İÇİNDEKİLER

Bölüm	Sayfa
ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SİMGELER	xi
ÖZ	xii
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ	1
2. TÜRKİYE'DEKİ PETROLLÜ ŞEYL ARAMALARI VE PETROLLÜ ŞEYL POTANSİYELİ	3
2.1. Petrollü Şeyl Sahaları	3
2.1.1. Seyitömer (Kütahya) Sahası	6
2.1.2. Beypazarı (Ankara) Sahası	8
2.1.3. Hatıldığ (Bolu) Sahası	9
2.1.4. Himmetoğlu (Bolu) Sahası	10
2.2. Çalışılan Sahalardan Numune Toplanması	11
2.3. Çalışılan Sahaların Genel Özellikleri	11
3. PETROL ÜRETİMİNİ YÜKSELTME YÖNTEMLERİ VE PETROLLÜ ŞEYLLER	13
3.1. Yerinde Yanma ve Buhar Enjeksiyon Yöntemleri	13
3.1.1. Yerinde Yanma Metodu	13
3.1.1.1. Yanma Reaksiyon Kinetiği	16
3.1.1.2. Kuru Yerinde Yanma Deneyleri	17
3.1.2. Buhar Enjeksiyon Metodu	19
3.1.2.1. Buhar Enjeksiyon Deneyleri	20
3.2. Petrollü Şeyl Deneyleri	22
4. ARAŞTIRMANIN AMACI	27

5. ARAŞTIRMADA KULLANILAN DENEY EKİPMANLARI	29
5.1. Termal Analiz Deneyleri	29
5.2. Yerinde Yanma ve Reaksiyon Kinetik Deneyleri	29
5.2.1. Gaz (hava ve azot) Enjeksiyon Sistemi	34
5.2.2. Reaksiyon Kinetik Hücresi	34
5.2.3. Sıvı Üretim Sistemi	34
5.2.4. Gaz Analiz Sistemi	35
5.2.5. Otomatik Kontrol ve Veri Kaydetme Cihazları	35
5.3. 3-Boyutlu Buhar Enjeksiyon Modeli	35
6. DENEYLERDE İZLENEN YÖNTEMLER	39
6.1. Termal Analiz Deneyleri	39
6.2. Reaksiyon Kinetik Deneyleri	39
6.3. Buhar Enjeksiyon Deneyleri	39
6.4. Yerinde Yanma Deneyleri	40
7. DENEYSSEL VERİLERİN ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ	41
7.1. Termal Analiz Deneyleri	41
7.2. Reaksiyon Kinetik Deneyleri	49
7.2.1. Tüketilen Oksijen	57
7.2.2. Molar CO ₂ /CO Oranı	57
7.2.3. Atomik H/C Oranı	57
7.2.4. Yanma Reaksiyon Kinetiğinin Modellenmesi	65
7.3. Yerinde Yanma Deneyleri	74
7.4. Buhar Enjeksiyonu Deneyleri	80
8. SONUÇLAR	85
9. KAYNAKLAR	86
Ek-A : Termal Analiz Deney Verileri ve Analiz Sonuçları	91
Ek-B : Reaksiyon Kinetik Deney Verileri ve Analiz Sonuçları	98
Ek-C: Buhar Enjeksiyonu Deney Verileri	135
Ek-D: Yanma Tüpü Deney Verileri	144
Ek-E : Reaksiyon Hız Verilerinin Hesaplanmasında Kullanılacak Denklemlerin Türetilmesi	153

TABLO LİSTESİ

Tablo	Sayfa
2.1. Türkiye'nin önemli petrolü şeyl sahaları ve rezerv durumları (10^6 ton)	4
2.2. Seyitömer sahası petrolü şeyl yarma numunesinin analiz sonuçları	7
2.3. Çalışılan petrolü şeyllerin genel özellikleri	11
2.4. Petrollü şeyllerin proximate ve ultimate analiz sonuçları	12
7.1. Numunelerin "Proximate" ve "Ultimate" analiz sonuçları	41
7.2. Numunelerin peak sıcaklık değerleri	42
7.3. Numunelerin aktivasyon enerji değerleri	49
7.4. Arrhenius sabitleri	49
7.5. Reaksiyon kinetik deney şartları	50
7.6. Molar CO_2/CO oranları	64
7.7. $\ln(H/C)=a+bT$ denkleminde a ve b sabitleri	65
7.8. Aktivasyon enerji değerleri	73
7.9. Reaksiyon kinetik parametreleri	73
7.10. Yanma tüpü deney şartları	74
7.11. Yanma parametreleri	77
7.12. Petrol ve su üretimleri	77
7.13. Buhar enjeksiyonu deney şartları	80

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil	Sayfa
2.1. Petrollü şeyl sahaları	3
2.2. Çalışılan petrollü şeyl sahalarının lokasyonları	5
3.1. Kuru yerinde yanmada oluşan bölgeler ve sıcaklık dağılımı	14
3.2. Islak yerinde yanmada oluşan bölgeler ve sıcaklık dağılımı	15
3.3. Buhar enjeksiyonu sıcaklık profili ve doymuşluk dağılımı	20
5.1. Reaksiyon kinetik hücresi ve yardımcı ekipmanların şematik diyagramı ...	30
5.2. Yanma tüpü deney düzeneğinin şematik diyagramı	32
5.3. 3-boyutlu buhar enjeksiyonu laboratuvar modeli	36
5.4. 3-boyutlu buhar enjeksiyonu laboratuvar modeli deney düzeneğinin şematik diyagramı	37
7.1. Hatıldağ petrollü şeyli DSC eğrisi	43
7.2. Himmetoğlu petrollü şeyli DSC eğrisi	43
7.3. Seyitömer petrollü şeyli DSC eğrisi	44
7.4. Beypazarı petrollü şeyli DSC eğrisi	44
7.5. Hatıldağ petrollü şeyli TG/DTG eğrisi	45
7.6. Himmetoğlu petrollü şeyli TG/DTG eğrisi	45
7.7. Seyitömer petrollü şeyli TG/DTG eğrisi	46
7.8. Beypazarı petrollü şeyli TG/DTG eğrisi	46
7.9. Kinetik analiz sonuçları	48
7.10. Üretilen gazların ve sıcaklığın zamanla değişimi (REC-1)	51
7.11. Üretilen gazların ve sıcaklığın zamanla değişimi (REC-2)	51

7.12. Üretilen gazların ve sıcaklığın zamanla değişimi (REC-3)	52
7.13. Üretilen gazların ve sıcaklığın zamanla değişimi (REC-4)	52
7.14. Üretilen gazların ve sıcaklığın zamanla değişimi (REC-5)	53
7.15. Üretilen gazların ve sıcaklığın zamanla değişimi (REC-6)	53
7.16. Üretilen gazların ve sıcaklığın zamanla değişimi (REC-7)	54
7.17. Üretilen gazların ve sıcaklığın zamanla değişimi (REC-8)	54
7.18. Üretilen gazların ve sıcaklığın zamanla değişimi (REC-9)	55
7.19. Üretilen gazların ve sıcaklığın zamanla değişimi (REC-10)	55
7.20. Üretilen gazların ve sıcaklığın zamanla değişimi (REC-11)	56
7.21. Üretilen gazların ve sıcaklığın zamanla değişimi (REC-12)	56
7.22. Molar CO ₂ /CO ve atomik H/C oranlarının sıcaklıkla değişimi (REC-1)	58
7.23. Molar CO ₂ /CO ve atomik H/C oranlarının sıcaklıkla değişimi (REC-2)	58
7.24. Molar CO ₂ /CO ve atomik H/C oranlarının sıcaklıkla değişimi (REC-3)	59
7.25. Molar CO ₂ /CO ve atomik H/C oranlarının sıcaklıkla değişimi (REC-4)	59
7.26. Molar CO ₂ /CO ve atomik H/C oranlarının sıcaklıkla değişimi (REC-5)	60
7.27. Molar CO ₂ /CO ve atomik H/C oranlarının sıcaklıkla değişimi (REC-6)	60
7.28. Molar CO ₂ /CO ve atomik H/C oranlarının sıcaklıkla değişimi (REC-7)	61
7.29. Molar CO ₂ /CO ve atomik H/C oranlarının sıcaklıkla değişimi (REC-8)	61

7.30. Molar CO ₂ /CO ve atomik H/C oranlarının sıcaklıkla değişimi (REC-9)	62
7.31. Molar CO ₂ /CO ve atomik H/C oranlarının sıcaklıkla değişimi (REC-10)	62
7.32. Molar CO ₂ /CO ve atomik H/C oranlarının sıcaklıkla değişimi (REC-11)	63
7.33. Molar CO ₂ /CO ve atomik H/C oranlarının sıcaklıkla değişimi (REC-12)	63
7.34. Görelİ reaksiyon hızının ters sıcaklıkla değişimi (REC-1)	67
7.35. Görelİ reaksiyon hızının ters sıcaklıkla değişimi (REC-2)	67
7.36. Görelİ reaksiyon hızının ters sıcaklıkla değişimi (REC-3)	68
7.37. Görelİ reaksiyon hızının ters sıcaklıkla değişimi (REC-4)	68
7.38. Görelİ reaksiyon hızının ters sıcaklıkla değişimi (REC-5)	69
7.39. Görelİ reaksiyon hızının ters sıcaklıkla değişimi (REC-6)	69
7.40. Görelİ reaksiyon hızının ters sıcaklıkla değişimi (REC-7)	70
7.41. Görelİ reaksiyon hızının ters sıcaklıkla değişimi (REC-8)	70
7.42. Görelİ reaksiyon hızının ters sıcaklıkla değişimi (REC-9)	71
7.43. Görelİ reaksiyon hızının ters sıcaklıkla değişimi (REC-10)	71
7.44. Görelİ reaksiyon hızının ters sıcaklıkla değişimi (REC-11)	72
7.45. Görelİ reaksiyon hızının ters sıcaklıkla değişimi (REC-12)	72
7.46. Yanma tüpü boyunca sıcaklık dağılımı (COMB-1)	75
7.47. Yanma tüpü boyunca sıcaklık dağılımı (COMB-2)	75
7.48. Yanma tüpü boyunca sıcaklık dağılımı (COMB-3)	76
7.49. Yanma tüpü boyunca sıcaklık dağılımı (COMB-4)	76

7.50. Üretilen gaz kompozisyonları (COMB-1)	78
7.51. Üretilen gaz kompozisyonları (COMB-2)	78
7.52. Üretilen gaz kompozisyonları (COMB-3)	79
7.53. Üretilen gaz kompozisyonları (COMB-4)	79
7.54. Buhar enjeksiyonu 3-boyutlu sıcaklık dağılımı (BUHAR-1)	81
7.55. Buhar enjeksiyonu 3-boyutlu sıcaklık dağılımı (BUHAR-2)	82
7.56. Buhar enjeksiyonu 3-boyutlu sıcaklık dağılımı (BUHAR-3)	83
7.57. Buhar enjeksiyonu 3-boyutlu sıcaklık dağılımı (BUHAR-4)	84

SİMGELER

C_f = yakıt miktarı, gr fuel/100 gr kum

k = reaksiyon hız sabiti

P_{O_2} = kısmi oksijen basıncı, psi (Pa)

m, n = reaksiyon sabitleri

A_r = Arrhenius sabiti

E = Aktivasyon enerjisi

R = beynelminel gaz sabiti

T = sıcaklık, °K veya °C

A = birim alan, cm^2

t = zaman, dakika

q = üretilen yanma gazının hızı, lt/dak

ÖZ

Organik kayaçlar içinde önemli yeri olan petrolü şeyl, organik çözücülerde çözünmeyen ve “kerojen” adı verilen organik madde içeren, ince taneli ve genellikle laminalı bir yapıya sahip sedimanter kayaç olarak tanımlanmaktadır. Literatürde en yaygın kullanımı “Oil Shale” olan bu organik kayaç ayrıca “Bitümlü Şist” ve “Bitümlü Şeyl” olarak da anılmaktadır. Petrollü Şeyl terimi ise ekonomik olarak petrol ve gaz üretilen tüm bitümlü şeyller için ülkemizde de kullanılmaktadır.

Alternatif bir enerji hammaddesi olan bitümlü şeylden sentetik petrol ve gaz üretimi, termik santrallarda katı yakıt olarak kullanımı, artık şeyllerden çimento üretimi, absorban karbon üretimi, ve tarımda gübre olarak kullanımı gibi çeşitli yararlanma olanakları vardır.

Ülkemizde petrolü şeyl aramaları, MTA Enstitüsü'nün kurulmasıyla başlamış ve bugüne kadar Beypazarı (Ankara), Seyitömer (Kütahya), Hatıldağ (Bolu), Himmetoğlu (Bolu), Mengen (Bolu), Ulukışla (Niğde), Bahçecik (İzmit), Burhaniye (Balıkesir), Beydili (Ankara), Dodurga (Çorum), ve Çelteç (Amasya) sahalarında ayrıntılı çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca Boyalı (Kastamonu), Aspiras (Kastamonu), Demirci (Manisa) ve Ilıslık (Çankırı) sahalarında da prospeksiyon çalışmaları tamamlanmış ve ülkemizde toplam 1.6 milyar ton petrolü şeyl rezervi belirlenmiştir.

Petrollü şeyllerden petrol üretiminde iki yöntem uygulanmaktadır. Birinci yöntemde, petrolü şeyller maden işletmeciliği metodları ile yerinden alınıp değişik proseslerle 500 °C 'ye kadar ısıtıldıklarında şeyl petrolü veya gazı üretilmektedir. İkinci yöntemde (in-situ recovery) ise petrolü şeyller buldukları yerlerde buhar veya hava ile ısıtılarak petrol üretilmektedir. Bu yöntemlerin uygulanabilirliğini tesbit etmek için öncelikle, petrolü şeyl numunelerinin yanma reaksiyon kinetik özelliklerinin reaksiyon hücresi kullanılarak, tesbit

edilmesi gerekmektedir. Ek olarak, 1-boyutlu ve 3-boyutlu fiziksel modellerde yerinde yanma ve buhar enjeksiyonu deneyleri yapılmaktadır. Bu deneylerde petrolölü şeyller için bu yöntemlerin uygulanmasında kullanılacak parametreler elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Petrolölü şeyl, Bitümlü şist, Yerinde yanma, Buhar Enjeksiyonu.

ABSTRACT

As an important organic rock, oil shale which is not solvated into a organic solvent and contains some organic materials such as “kerogen”, is a fine grained and laminated sedimentary rock. It is commonly known as “Oil Shale” in the literature, but it is also called “Bituminous Shale” or “Bituminous Schist”. Economically, oil and gas producing bituminous shales are called “Petrollü Şeyl” in Turkey. As an alternative energy source, oil shales are used to produce the synthetic oil and gas and absorbent carbon and they are also used as a solid fuel in the thermal power plants and a fertilizer in the agriculture.

The oil shale exploration since MTA was established and some of the oil shale potential area such as; Beypazarı (Ankara), Seyitömer (Kütahya), Hatıldığ (Bolu), Himmetoğlu (Bolu), Mengen (Bolu), Ulukışla (Niğde), Bahçecik (İzmit), Burhaniye (Balıkesir), Beydili (Ankara), Dodurga (Çorum), and Çeltek (Amasya) have been studied in detail. Also the prospecting works of Boyalı (Kastamonu), Aspiras (Kastamonu), Demirci (Manisa) and Ilıcılık (Çankırı) areas have been completed. As a result of these studies, 1.6 billion tons of oil shale reserve has been determined in Turkey.

Two methods were applied to produce oil from oil shales. In first method, oil shales were carried out by using mining methods and heated by using different processes up to 500 °C to produce oil and gas from oil shales. In second method (in-situ recovery), oil shales were heated by using steam and air to produce oil and gas. The reaction kinetics parameters of oil shales should be determined by using reaction kinetics cell in order to evaluate the applicability of these thermal methods. In addition, steam injection and in-situ combustion tests should be performed using 1-D and 3-D physical laboratory models. With these experimental runs, the application parameters are obtained for oil shales.

Keywords: Oil shale, Bituminous shale, Bituminous schist, In-situ combustion, Steam injection.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Bitümlü şist, bitümlü şeyl ve petrollü şeyl (oil shale) terimleri, genellikle ince taneli ve yapraklı yapıya sahip, "kerojen" adlı organik bir madde içeren ve bundan dolayı ısıtıldığında sentetik petrol ve gaz üretebilen tortul kayalardır. Kayacın içerdiği organik madde oranına bakılmaksızın, yapraklı yapıya sahip ve bitüm içeren kayaların "bitümlü şeyl" olarak adlandırılması daha uygun görülmektedir. Petrollü şeyl ise ekonomik olarak petrol ve gaz üretebilen bitümlü şeyl'dir. Yeryüzünde büyük rezervleri bulunan bu kaynaktan sentetik petrol ve gaz eldesi, katı yakıt olarak termik santrallarda kullanımı, küllerinden çimento ve refrakter yapımı ile kıymetli eser elementler eldesi ve tarımda gübre olarak kullanılması gibi çeşitli yararlanma olanakları vardır.

Petrollü şeyl ise ısıtıldığında ekonomik olarak petrol ve gaz üretebilen bitümlü şistdir. Günümüzde ton başına en az 9-10 galon (38 litre) petrol üretebilen petrollü şeyl ekonomik kabul edilmektedir. Ayrıca ton başına 25 galon veya daha fazla petrol üretilebilen petrollü şeyl de yüksek kaliteli şeyl sayılmaktadır. Bitümlü şeyllerin enerji hammaddesi olarak değerlendirilmesi, ton başına şeyl petrolü eldesi, Kcal/Kg olarak belirtilen ısı gücüne veya içerdiği bitüm yüzdesine göre yapılır. Isıl gücü en az 850 Kcal/Kg veya daha yüksek olanlar termik santrallarda yakıt olarak kullanılırlar. Yaklaşık olarak % 10 veya daha fazla kerojen içeren şeyllerden petrol ve gaz üretilebilir. Petrollü şeyllerden petrol üretiminde iki yöntem uygulanmaktadır. Birinci yöntemde, petrollü şeyller maden işletmeciliği metodları ile yerinden alınıp değişik proseslerle 500 °C'ye kadar ısıtıldıklarında şeyl petrolü veya gazı üretilmektedir. İkinci yöntemde (in-situ recovery) ise petrollü şeyller buldukları yerde ısıtılarak petrol üretilmektedir.

Yerinde yanma yöntemiyle ağır petroller ve petrollü şeyllerden petrol üretilmesi mümkün olmaktadır. Yanma yüzeyinin yer altında devamlı hava enjeksiyonuyla

oluşturulmasından sonra, üretim kuyularından petrol ve yanma gazları üretilmektedir. Devamlı hava enjeksiyonuyla, 500 °C'de yanma yüzeyi petrollü şeylerin içerisindeki petrolün üretilmesinde yardımcı olmaktadır. Yüksek sıcaklıktaki buhar enjeksiyonu ile petrollü şeylerin içerisindeki petrol yine üretim kuyularına doğru ötelenebilmektedir.

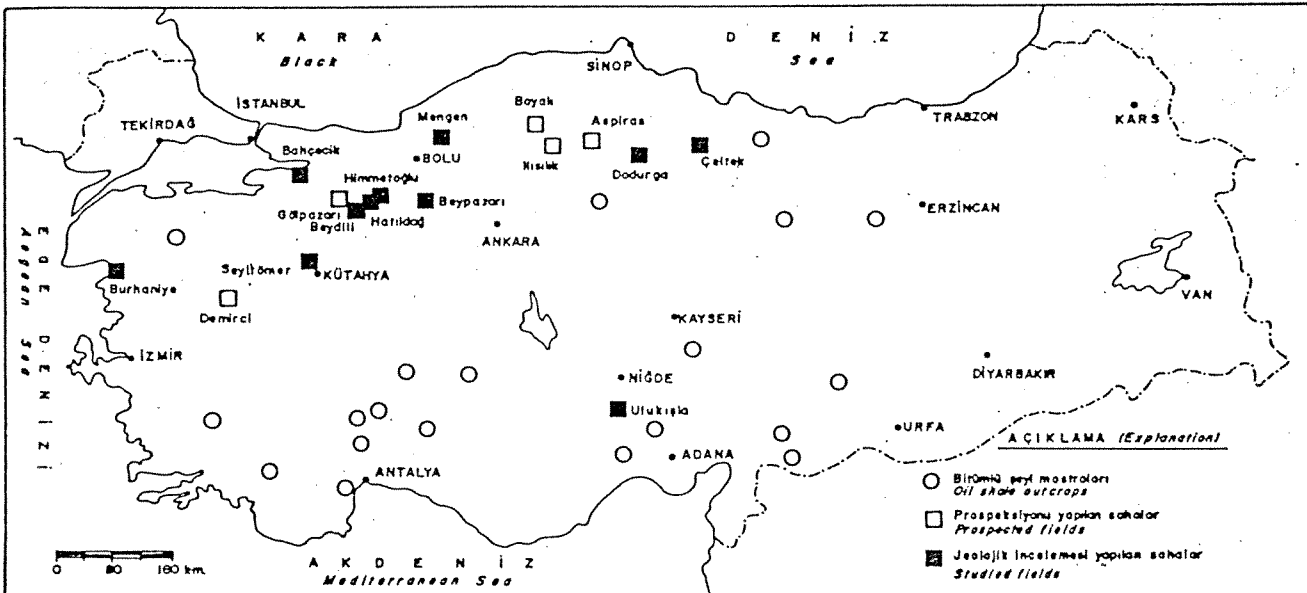
Yerinde yanma yönteminin uygulanmasında, petrollü şeylerin hava ile olan yanma reaksiyon mekanizmalarının tesbit edilmesi önemlidir. Bununla ilgili olarak, petrollü şey numunelerinin yanma reaksiyon hücresinde sabit hava enjeksiyonuyla ve sabit ısıtma hızıyla yakılarak reaksiyon mekanizmalarının elde edilmesi gereklidir. Buna ek olarak TGA ve DSC cihazları kullanılarak da yanma reaksiyon mekanizmaları tesbit edilebilmektedir. Yüksek sıcaklıktaki buhar enjeksiyonuyla, petrollü şeylerden petrol eldesinde, enjeksiyon kuyularından buhar enjekte edilerek, sentetik petrol üretim kuyularına doğru ötelenmektedir. Buhar enjeksiyonunda, optimum buhar enjeksiyon debisinin ve diğer parametrelerin tesbit edilmesi önemlidir. 1-boyutlu ve 3-boyutlu fiziksel modellerde yerinde yanma ve buhar enjeksiyonu deneyleri yapılarak birçok yöntem parametresinin tesbit edilmesi mümkün olmaktadır.

BÖLÜM 2

TÜRKİYE'DEKİ PETROLLÜ ŞEYL ARAMALARI VE PETROLLÜ ŞEYL POTANSİYELİ

2.1. PETROLLÜ ŞEYL SAHALARI

Türkiye'deki petrollü şeyller 1928 yılından beri zaman zaman incelenmiştir. 1935 yılında MTA Enstitüsü kurulduktan sonra da aynı amaçla incelemeler sürdürülmüştür. Sürdürülen çalışmalar genellikle prospeksiyon düzeyinde kalmış, ayrıntılı incelemeler yapılmamıştır. Bugüne kadar Tersiyer yaşlı ve çoğunluğu İç ve Batı Anadolu'da olmak üzere toplam 8 sahanın jeolojik incelemesi tamamlanmıştır. Bunlar, Seyitömer (Kütahya), Beypazarı (Ankara), Hatıldağ (Bolu), Himmetoğlu (Bolu), Ulukışla (Niğde), Burhaniye (Balıkesir), Mengen (Bolu) ve Bahçecik (İzmit) sahalarıdır. Türkiye'deki petrollü şeyl sahaları Şekil 2.1 'de gösterilmiştir. Tablo 2.1 'de Türkiye'nin önemli petrollü şeyl sahaları ve rezerv durumları verilmiştir.



Şekil 2.1. Türkiye petrollü şeyl sahaları.

Tablo 2.1. Türkiye'nin önemli petrollü şeyl sahaları ve rezerv durumları (10⁶ ton).

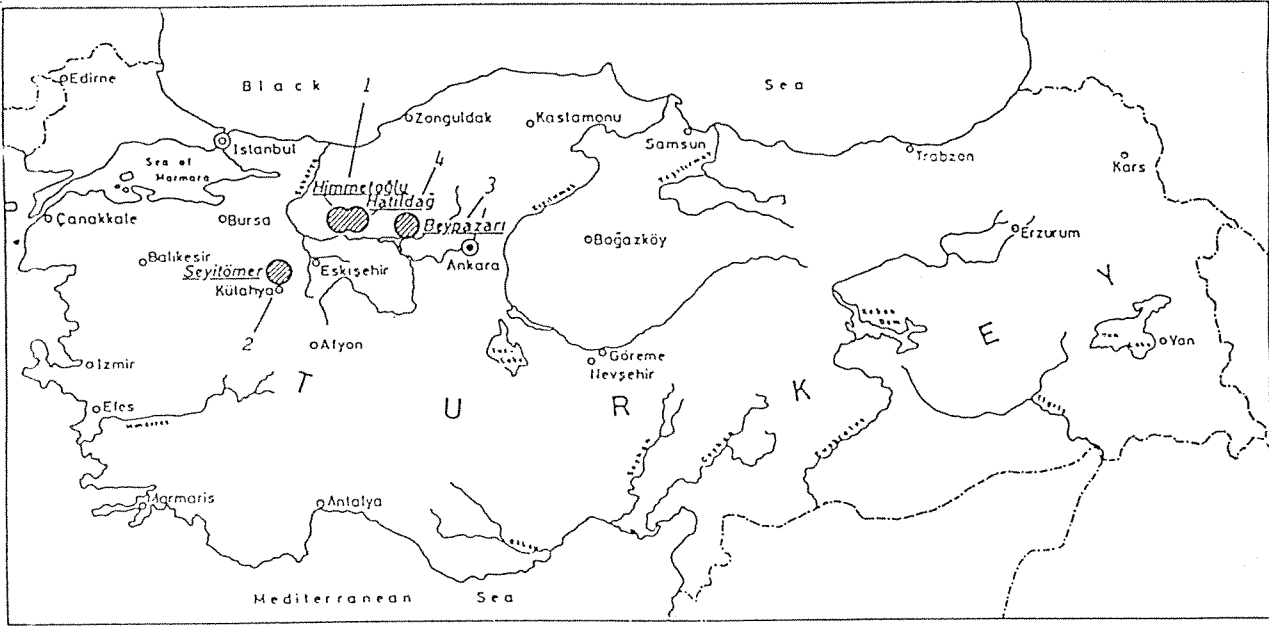
SAHA ADI	ISIL GÜCÜ (Kcal/kg)	GÖRÜNÜR 850 Kcal/kg ve üstü	MUHTEMEL 850 Kcal/kg ve üstü	JEOLojİK
Beypazarı-ANKARA	100-2618	309	-	1030
Göynük-BOLU	347-2450	-	400	2500
Seyitömer-KÜTAHYA	152-3887	480	-	1000
Ulukışla-NİĞDE	630-2790	-	-	130
Bahçecik-İZMİT	418-2455	-	42	100
Burhaniye-BALIKESİR	206-1768	-	15.6	80
Mengen-BOLU	196-2842	-	50	100
Beydili-ANKARA	350-1950	-	-	1000
Demirci-MANİSA	1536-3506	-	-	172
Himmetoğlu-BOLU	515-3529	-	70	90
TOPLAM		789	577.6	6202

Petrollü şeyllerden, ısıtma yolu ile sentetik petrol elde edilebilmektedir. Petrollü şeyllerden sentetik petrol üretimi, şeyllerin buldukları yerden (in-situ) veya buldukları yerden çıkarıldıktan sonra (ex-situ) piroliz edilerek yapılmaktadır. Petrollü şeyllerden petrol ve gaz elde edilmesi için retortlama çalışmaları yapılmıştır. Beypazarı petrollü şeyli ile yapılan deneysel çalışmada, 440 °C'de en fazla petrol eldesi olmuştur. Himmetoğlu petrollü şeylinden retortlama ile petrol eldesi ağırlıkça yüzde 14 olmuştur. Diğer yapılan çalışmalarda, Seyitömer ve Hatıldağ petrollü şeyllerinden petrol eldesi çalışmaları yapılmıştır. Retortlama neticesinde elde edilecek petrolün ağırlıkça yüzde 50 civarında olacağı tesbit edilmiştir. Petrollü şeyllerde, yerinde yakma ve buhar enjeksiyonu ile ilgili literatürde yapılmış çalışmalar çok azdır. Amerika ve Kanada'da mevcut olan petrollü şeyl veya tar kumlarından petrol üretiminde bazı deneysel çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalar daha çok şirketler tarafından petrol üretimi için sahada yapılan uygulamalardan bilgi vermektedir(Şengüler, 1990).

Türkiye'de petrollü şeyllerle ilgili araştırmalara 1935 yılında MTA ile başlanmıştır. İlk çalışmalarda bu kayalardan şeyl petrolü üretimi amaçlanmış, ancak Türkiye'deki petrollü şeyllerin kerojen tenörlerinin düşük olduğu gerekçesiyle araştırmalara uzun bir süre ara verilmiştir. Son yıllarda hızla artan enerji ihtiyacı karşısında, düşük tenörlü

petrollü şeyl yataklarının değerlendirilmesi önem kazanacaktır (Akkuş ve diğerleri, 1978).

Bugüne kadar, MTA tarafından yapılan çalışmalarla, Beypazarı, Seyitömer, Himmetoğlu ve Hatıldığ petrollü şeyl sahalarının, tenör, rezerv ve işletme yönünden yerinde yakma ve buhar enjeksiyonu yöntemlerinin uygulanabilirliği elverişli görülmektedir. Bu sahalarda herhangi bir üretim ve değerlendirme çalışması yapılmamıştır. Trakya, Orta ve Doğu Anadolu bölgeleri dışında ülkemizin birçok yöresinde petrollü şeyl yatakları mevcuttur. Şekil 2.2 'de çalışılan sahaların lokasyonları gösterilmiştir (MTA Yayını, 1989).



Şekil 2.2. Çalışılan petrollü şeyl sahalarının lokasyonları.

2.1.1. Seyitömer (Kütahya) Sahası

Seyitömer sahası Kütahya'nın 25 km kuzeybatısındadır. Sahadaki petrolü birim, genellikle kerojen kapsayan marn şeklinde olup, kömür seviyesinin üzerinde yer almaktadır. Sahada MTA tarafından 1979-1981 yılları arasında 225 km² lik bir alanın 1/10000 ölçekli jeoloji haritası yapılmış, ayrıca 12 yarma ve 4 stratigrafik kesit ölçülmüştür. Bunlara ait numuneler ile kömür arama amacıyla yapılan sondajlardan alınan petrolü şeyl numuneleri değerlendirilerek sahanın ilk ayrıntılı etüdü gerçekleştirilmiştir. Ardından 1986-1987 yıllarında saha yeniden ele alınmış ve bu proje kapsamında sahada petrolü şeyllere yönelik olarak, sondajlar, rezerv hesapları, değişik analizler, akışkan yatakta yakma deneyleri yapılmıştır (MTA Yayını, 1989).

Seyitömer petrolü şeyl ve linyit sahasının temelini ofiyolitli melanj oluşturmaktadır. Bu melanj üzerine aşısız diskordansla Miyosen yaşlı gölsel çökeller gelir. Miyosen, tabanda çakıltası ile başlar, üste doğru kömür, bitümlü marn ve tekrar ince kömür damarı şeklinde devam eder. Bunların üzerine Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı birimler diskordan olarak gelmektedir. Sahanın bir bölümünün rezerv ve diğer karakteristiklerini aydınlatmak amacıyla ve tamamen petrolü şeyllere yönelik olarak 18 adet (toplam 784.5 m) sondaj yapılmıştır. Sondaj derinlikleri 23 - 72.65 m ler arasında, kesilen bitümlü şist kalınlıkları 0 - 28 m ler arasında, kül kapsamı % 44.1 - 75.8 , nem % 4 - 24 arasında değişmektedir. Ortalama kalori değerleri ise 800 - 900 Kcal/kg dolayındadır.

Sahada, biri batıda, diğeri doğuda olmak üzere iki görünür rezerv tespit edilmiştir. Yapılan hesaplamalara göre, her iki alanda 800 Kcal/kg ve daha yüksek ısı değerine sahip toplam 83.320.000 ton görünür, sözkonusu bu iki alan dışında ve bitümlü marn yayılım sınırı içindeki kesimde ise linyit üzerinde yer alan 5 m. lik bitümlü marn zonu baz alınarak 38.850.000 ton muhtemel olmak üzere toplam 122.170.000 ton petrolü şeyl rezervi belirlenmiştir. Bu rezervin 63.292.000 tonu üretilebilir olup, ortalama ısı gücü 860 Kcal/Kg dır.

Örneklerin petrol yüzdeleri üzerinde yapılan istatistiksel değerlendirmelere göre ortalama petrol kapsamı % 5.3 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca kalorifik değerler ile petrol yüzdeleri arasında bulunan doğrusal ilişkiden hareketle Seyitömer petrollü şeyllerinin petrol kapsamının ortalama % 3 olduğu saptanmıştır. Ayrıca bir çalışmada sahadan seçilmiş bazı örnekler üzerinde Shell Şirketi tarafından yapılan analizlerden de aşağıdaki sonuçlar alınmıştır.

Petrol verimi, lt/ton	67.4
%	5.13
Petrol özgül ağırlığı	0.87
Organik karbon, %	17

Seyitömer sahasından alınan örnekler üzerinde yapılan su, kül, kalori, kükürt ve element analizlerinin sonuçları Tablo 2.2 'de verilmiştir. Bu tabloda petrollü şeyl küllerinin SiO_2 , CaO ve Fe_2O_3 yüzdelerinin oldukça yüksek, buna karşılık Al_2O_3 değerlerinin çok düşük olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenlerle sözkonusu petrollü şeyllerin refrakter veya çimento hammaddesi olarak kullanılamayacağı sonucuna varılmıştır.

Tablo 2.2. Seyitömer sahası petrollü şeyl yarma numunesinin analiz sonuçları.

Toplam su	% 28
Doğal su	% 5.5
Kül (450 °C 'de)	% 87.0
Kül (815 °C 'de)	% 70.9
Üst kalori değeri (orijinal)	721 Kcal/kg
Üst kalori değeri (kuru)	1006 Kcal/kg
Alt kalori değeri (orijinal)	502 Kcal/kg
Alt kalori değeri (kuru)	930 Kcal/kg
Yanan kükürt	% 0.19
Külde kükürt	% 0.66
Toplam kükürt	% 0.85
CO_2 (kuru)	% 14.42
Elementer Analiz	
C	% 8.58
H	% 1.40
(O,N)	% 4.39
S	% 0.19

2.1.2. Beypazarı (Ankara) Sahası

Ankara'nın yaklaşık 100 km batısındadır. Bu sahadaki petrolü şeyllerde Seyitömer'de olduğu gibi kömürle birlikte ve kömürlü seviyenin üzerinde yer alır. Sahada doğrudan petrolü şeyllere yönelik ilk çalışmalar MTA tarafından 1974-1979 yıllarında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda 350 km² lik bir alanın 1/25000 ölçekli jeoloji haritası ve 50 adet yarma yapılmıştır. Ayrıca linyit için yapılan 150 sondajdan petrolü şeyllerin rezervini hesaplamak için yararlanılmıştır.

Sahanın jeolojik temelini Paleozoyik yaşlı Sekli metamorfite ve Karaköy volkanitleri oluşturmaktadır. Bunlar üzerine uyumsuz olarak Kretase yaşlı Soğukçam kireçtaşları ile kırmızı renkli çakıtaşı, kumtaşından oluşan Paleosen-Eosen yaşlı Uluköy formasyonu gelir. Bu birimler üzerinde de Miyosen ve Pliyosen yaşlı birimler uyumsuz olarak yer alırlar. Miyosen'in tabanını oluşturan Çayırhan formasyonu, üst düzeylerinde linyit içermektedir. Bunlar üzerine bitümlü şist seviyelerini kapsayan Hırka formasyonu kireçtaşlarından oluşan Davutoğlan ve Sariağıl formasyonları uyumlu olarak gelmektedir. Pliyosen'e ait çökeller daha yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak görülürler. Sahadaki petrolü şeyller Miyosen yaşlı Hırka formasyonu içinde ve linyitler üzerinde iki zon halinde yer almakta olup, alttaki zon üstteki zona göre daha kalitelidir.

Yapılan sondajlar ve karot analizleri yardımıyla Beypazarı petrolü şeylleri için aşağıdaki karakteristikler tesbit edilmiştir:

Kalori değeri

Alt petrolü şeyl zonu : 25-1218 Kcal/kg

Üst petrolü şeyl zonu : 26-1164 Kcal/kg

Nem : % 0.04 -7.00

Kül : % 64.87 - 66.11

Organik Karbon : % 4.7 - 8.0

Petrol yüzdesi : 1.82 - 8.65

Kalınlık

Üst petrollü şeyl zonu : 16 - 27 m.

Alt petrollü şeyl zonu : 32 - 54 m.

Yapılan çalışmalarla alt petrollü şeyl zonu içindeki 8 - 15 m. arasında kalınlığa sahip bir seviyenin en önemli seviye olduğu tespit edilmiştir. MTA tarafından 1981 yılında hazırlanan ön fizibilite raporuna göre alt petrollü şeyl zonu içindeki 8 - 15 m. lik kısmın üretilebilir olduğu kabul edilerek hesaplanan Beypazarı petrollü şeyl sahasının rezervi toplam 327.261.268 ton dur. Sahada halen kapalı işletme ile linyit üretimi yapılmakta ve 2 x 150 MW gücündeki linyite dayalı termik santral, üretilen linyitle beslenmektedir. Petrollü şeyl seviyesinin derinliği 0-350 m. arasında değişmektedir. Beypazarı petrollü şeylleri üzerinde yapılan Fischer analizlerine göre, petrol içeriği ortalama % 5.4 olarak belirlenmiştir. Ayrıca MTA tarafından Beypazarı petrollü şeylleri üzerinde Retortlama yöntemi ile sentetik petrol üretim deneyleri yapılmış olup, ağırlıkça % 5.5 oranında sentetik sıvı ve gaz yakıt üretilebileceği saptanmıştır.

2.1.3. Hatıldağ (Bolu) Sahası

Hatıldağ petrolü şeyl sahası Bolu ili Göynük ilçesinin 27 km güneyinde yer alır. Sahanın 1967-1969 yıllarında MTA tarafından 1/25000 ölçekli, 1978 yılında da petrollü şeyllerin yüzelediği Kabalar senklinalinin 125 km² lik bölümünün 1/10000 ölçekli ayrıntılı jeoloji haritası yapılmış ve toplam 1400 m. stratigrafi kesit ölçülmüştür. Sahada Üst Kretase yaşlı denizel çökeller üzerine Paleosen yaşlı karasal Kızılçay formasyonu gelmektedir. Petrollü şeyller bu formasyon üzerinde uyumlu olarak yer alan ve yaşı Eosen'e hatta bazı yazarlara göre Oligosen'e kadar çıkabilen Kabalar formasyonu içinde olup, Kabalar senklinalinin her iki kanadında bant şeklinde mostra verir. Steril bantların en az, petrollü şeyl yüzdesinin ve kalınlığın en fazla olduğu bölge senklinalin güney kanadıdır.

Sahada yapılan incelemelerle petrollü şeyl horizonunun kalınlığının 50-120 m. arasında değiştigi, ısı değeri ise 1770 Kcal/kg a kadar yükseldiği belirlenmiştir. Karot numuneleri üzerinde yapılan analizlere göre sahadaki petrollü şeyllerin;

Kalori değeri	: 60-1770 Kcal/kg
Kül oranı	: % 45.91 - 76.00
Su oranı	: % 0.03 - 3.36
Kül yanma noktası	: 1280 - 1320 ° C
Kül erime noktası	: 1375 - 1450 ° C
Kül akma noktası	: 1390 - 1460 ° C
Spesifik yoğunluk	: 2.07 - 2.78 gr/cm ³

arasında değişmektedir. 1980 yılında yapılan çalışmalarda, sahanın kuzeyi topografya nedeniyle işletmeye elverişli görülmemiştir. Güney kesimde ise 850 Kcal/kg ve daha yüksek ısı değere sahip 400.000.000 ton muhtemel petrollü şeyl rezervi belirlenmiştir. Saha, Türkiye'nin en büyük petrollü şeyl sahalarından biridir. Bugüne kadar yapılan ayrıntılı jeolojik etüt, yarmalar ve sondajlar ortalama 80 m. kalınlığında bir petrollü şeyl horizonunun varlığını ortaya koymuştur.

2.1.4. Himmetoğlu (Bolu) Sahası

Göynük ilçesinin 20 km güneyindedir. Bu sahada da petrollü şeyllerle birlikte linyit bulunmaktadır. Sahada Paleosen yaşlı Kızılçay formasyonu linyit ve petrollü şeyl kapsayan Orta Miyosen yaşlı Himmetoğlu formasyonunun temelini oluşturur. Kızılçay formasyonu üzerinde açısız uyumsuzlukla yer alan Himmetoğlu formasyonu içindeki petrollü şeyller, linyitin hemen üzerinde iki zon halindedir. Bu iki zonun toplam kalınlığı 20 m. ortalama ısı değeri 1390 Kcal/kg dir. Sahanın tamamının açık işletmeye uygun olduğu gözönüne alınarak tesbit edilen rezervler toplam 77.244.000 ton dur.

2.2. ÇALIŞILAN SAHALARDAN NUMUNE TOPLANMASI

Belirlenen sahalardan Bolu il sınırları içinde bulunan Himmetoğlu ve Hatıldığ sahalardan, Ankara ili sınırları içinde bulunan Beypazarı sahasından 9 - 10 Ekim 1999 tarihlerinde MTA 'dan temin edilen vasıta ve Jeoloji Mühendisi Dr. İlker Şengüler'in gözetiminde numuneler alınmış ve laboratuvara getirilmiştir. Ayrıca Kütahya ili sınırlarında bulunan Seyitömer sahasından numune alınması Jeoloji Mühendisi Dr. İlker Şengüler tarafından 11 - 14 Ekim 1999 tarihlerinde yapılmıştır. Gelen tüm numuneler laboratuvarında deneylerde kullanılacak tane boyutuna getirilmek üzere kırılmış ve elenmiştir. Hazırlanan numuneler torbalanarak deneylere hazır hale getirilmiştir. Termal analiz ve reaksiyon kinetik deneyleri için numuneler ayrıca sahada taze açılmış olan damardan alınarak torbalanmış ve hava ile teması kesilerek laboratuvara getirilmiştir.

2.3. ÇALIŞILAN SAHALARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Çalışılan sahalanın genel özellikleri Tablo 2.3 'de verilmiştir. Proximate ve ultimate analiz sonuçları Tablo 2.4' de verilmiştir.

Tablo 2.3. Çalışılan petrolü şeyllerin genel özellikleri.

Saha Adı	Isıl Değer (Kcal/kg)	Toplam Organik Karbon (wt%)	Petrol Miktarı (wt %)	Toplam Kükürt (wt %)
Himmetoğlu	2615	30.9	43	2.5
Seyitömer	721	6.9	5.0	0.9
Beypazarı	1061	4.8	5.4	1.4
Hatıldığ	1770	5.6	5.3	1.3

Tablo 2.4. Petrollü şeylerin proximate ve ultimate analiz sonuçları.

Numune	Isıl değer (cal/gr)	Su (%)	Kül (%)	C (%)	H (%)	O,N (%)	S (%)
Beypazarı	850	2.4	65.2	8.4	1.6	4.55	0.21
Hatıldağ	744	1.6	66.2	5.63	1.3	3.89	1.25
Himmetoğlu	1086	12.9	60.5	13.6	1.5	10.48	0.99
Seyitömer	1006	2.8	70.9	8.58	1.4	4.39	0.19

BÖLÜM 3

PETROL ÜRETİMİNİ YÜKSELTME YÖNTEMLERİ VE PETROLLÜ ŞEYLLER

3.1. YERİNDE YANMA VE BUHAR ENJEKSİYONU YÖNTEMLERİ

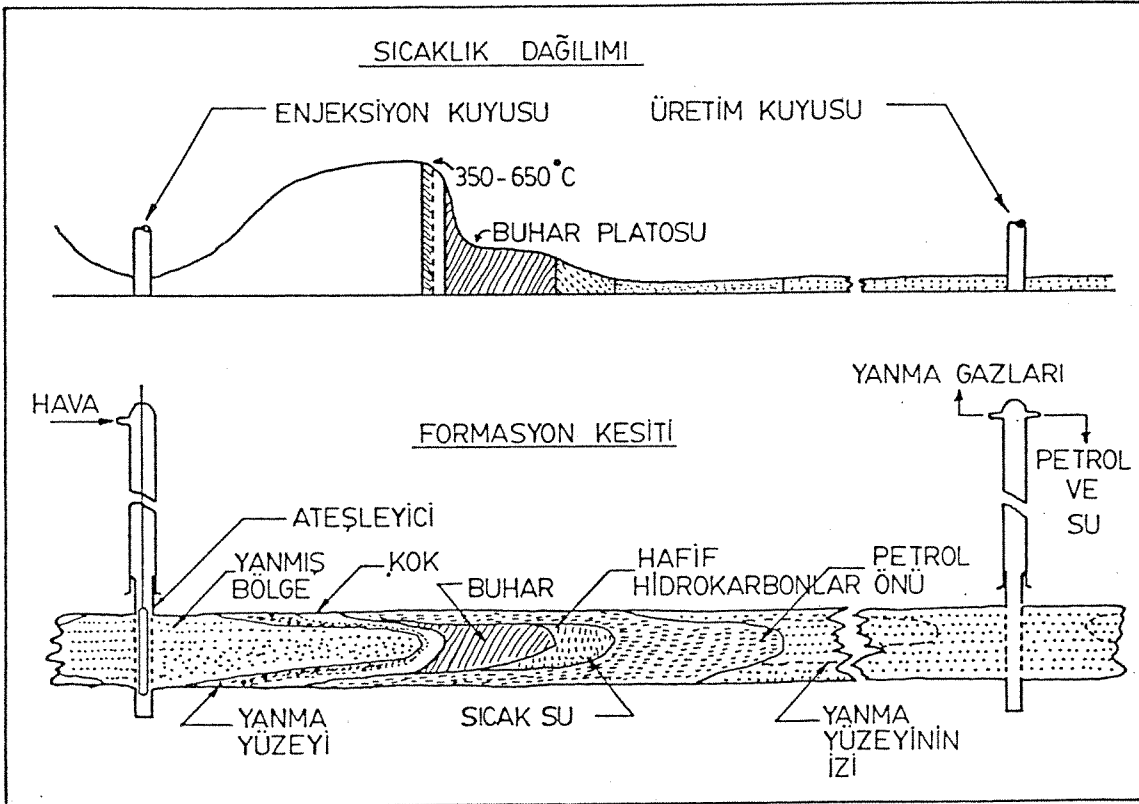
Bilindiği gibi, ağır petrol rezervlerinden, petrollü şeyl ve tar kumlarından petrol üretiminde birincil itim mekanizmalarının etkisi çok az olmaktadır. Bu mekanizmalar, çözünen gaz itimi, gaz kapanı itimi, alttan su itimi mekanizmalarıdır. Özellikle bu mekanizmaların petrollü şeyllerden ve tar kumlarından petrol üretiminde etkisi yoktur. Bununla beraber, büyük miktardaki ağır petroler, rezervuarın birincil enerjisinin yetersiz olması ve yüksek akmazlıklarından dolayı kolayca üretilenmemektedirler. Sonuç olarak, petrol endüstrisinde, petrol üretimini yükseltme yöntemlerinin uygulanması önem kazanmaktadır. Ayrıca petrollü şeyl ve tar kumlarından da petrol üretiminde petrol üretimini yükseltme yöntemlerinden buhar enjeksiyonu ve yerinde yanma yöntemleri başarıyla kullanılabilirlerdir.

Petrol üretimini yükseltme yöntemleri: (1) Isısal kurtarım meetodları, (2) Kimyasal enjeksiyon metodları ve (3) Karışabilir öteleme metodlarıdır. Petrol üretimini yükseltme yöntemlerinin, petrol rezervlerinde uygulanmasıyla, yerinde petrol miktarına nazaran petrol kurtarımı artmaktadır. Bu yöntemlerden, ısısal kurtarım metodlarından üretim kuyusu ısıtımı, sıcak su enjeksiyonu, döngüsel ve devamlı buhar enjeksiyonu, veya yerinde yanma yöntemlerinin rezerve ısı vererek uygulanmasında sıvı akmazlığı azalmakta ve petrolün hareketliliği artırılmaktadır.

3.1.1. Yerinde Yanma Metodu

Isısal kurtarım metodları içinde yerinde yanma yöntemi petrol kurtarımını artırmada oldukça etkili bir metod olarak kullanılmaktadır. Yerinde yanma yönteminde, yerinde petrol devamlı hava enjeksiyonu ile yakılmakta ve yanma yüzeyi petrol rezervi

içerisinde oluşturulmaktadır. Bu yanma rezervuar petrolünün çoğunu üretim kuyularına ötelemekte, petrolün ağır komponentlerinin bir kısmında yakıt (fuel) olarak kok (coke) şeklinde tüketilmektedir. Yanma yüzeyinin arkasında, rezervuar kayacı temiz, kuru ve sıcak olarak kalmaktadır. Yanma stabilize olduğunda, yanma sırasında oluşan bölgeler ve doymuşluk dizilimleri Şekil 3.1 'de verilmiştir (Nelson ve McNeil, 1959). Hareket halinde olan bu bölgeler yanma yönteminin rezervuar içerisinde nasıl hareket ettiğini göstermektedir. Bu şekilde, rezervuarın enjekte edilen yüzeyinden yanma yüzeyine kadar yanmış bölge bulunmaktadır. Bu bölgede sıcaklık enjekte edilen havanın sıcaklığından, yanma yüzeyinin sıcaklığına yükselmektedir. Yanma yüzeyinin sıcaklığı en yüksek değerine ulaştığında, yanma yüzeyinin önünde çökelen artık yakıtın hepsi tüketilmektedir. Yanma yüzeyinin hemen önünde, sıcaklık, buharlaşma ve kreaking sıcaklığına düşmektedir. Bu bölgede, su ve petrolün hafif hidrokarbonlarının tümü buharlaşmakta, petrolün ağır komponentleri artık yakıt olarak bırakılmaktadır ve sıcaklık buhar platosu sıcaklığına düşmektedir. Genellikle, su ve petrolün yoğun olduğu bu bölgede, su ve hafif petrol yanma neticesinde oluşmaktadır.



Şekil 3.1. Kuru yerinde yanmada oluşan bölgeler ve sıcaklık dağılımı.

3.1.1.1. Yanma Reaksiyon Kinetiği

Yerinde yanma yönteminde, yakıt (fuel) ve oksijen arasındaki reaksiyon bir heterojen akış reaksiyonudur. Yanmayı sağlamak için, yanıcı gaz yanma yüzeyini geçmelidir. Yanma yüzeyi içerisinde, bilinen 4 transfer mekanizması oluşmaktadır:

1. gaz akışında yakıtta oksijen difüzyonu olmakta,
2. yakıt oksijeni içine alarak reaksiyona girmekte,
3. yanma sonucunda çıkan ürünler ayrılmakta, ve
4. ürünler akan gazın içine transfer edilmektedir.

Yakıt tüketimi ve reaksiyon hızı yanma yüzeyinde incelenmesi gereken iki önemli faktördür. Fazla yakıt tüketimi, yanma yüzeyinin yavaş ilerlemesine ve hava tüketiminin ve fiyatının artmasına neden olmaktadır. Eğer yakıt tüketimi çok düşük olursa, yanma ısı yeterli kadar yüksek olmadığından, kayacın ve içerisindeki sıvıların sıcaklığı yanmayı sağlamak için yükselememektedir. Buda yanmanın durmasına neden olmaktadır.

Genelde, gözenekli ortamda ham petrolün yanması aşağıdaki denklemle ifade edilmektedir (Wilson ve diğerleri, 1958; Bousaid ve Ramey, 1968; Burger ve Sahuquet, 1973):

$$R_c = -\frac{dC_f}{dt} = kP_{O_2}^m C_f^n \quad (1)$$

Bu denklemde:

C_f = yakıt miktarı, gr fuel/100 gr kum

k = reaksiyon hız sabiti

= kısmi oksijen basıncı, psi(Pa)

m, n

m, n = reaksiyon katsayıları.

Reaksiyon hız sabiti, k, genelde sıcaklığın fonksiyonudur ve aşağıdaki denklemlerle ifade edilir:

$$k = A_r \exp(-E/RT) \quad (2)$$

Bu denklemde:

A_r = Arrhenius sabiti

E = Aktivasyon enerjisi

R = Beynelminel gaz sabiti

T = Sıcaklık, °K veya °C.

Daha sonra yerinde yanma yönteminin reaksiyon kinetiğinin reaksiyon kinetiğini belirleyen birçok çalışma yapılmıştır ve petrolün gözenekli ortamda oksidasyonu sırasında üç ana reaksiyonun olduğu belirlenmiştir. (Bousaid ve Ramey, 1968; Weijdem, 1968; Dabbous ve Fulton, 1974; Thomas ve diğerleri, 1979):

1. Yakıt çökmesi (Fuel deposition)
2. Yakıt yakılması (Fuel combustion)
3. Düşük-sıcaklık oksidasyonu (Low-temperature oxidation)

3.1.1.2. Kuru Yerinde Yanma Deneyleri

Birçok araştırmacı tarafından kuru yerinde yanma deneyleri, kuru yerinde yanmanın mekanizmasını anlamak ve yöntem parametrelerini tesbit etmek için yapılmıştır. Martin ve diğerleri (1958), 21.2 °API graviteli petrol için minimum hava gereksinmesini 6.10 m³(st)/m²-saat hava enjeksiyon hızlarında bulmaya çalışmışlardır. Düşük hızlarda, düşük yanma sıcaklıklarından dolayı düşük yanma oluşumları meydana gelmektedir. Yüksek hızlarda oksijen kullanımı iyi olmamaktadır. Yanma yüzeyinin önünde düşük sıcaklık oksidasyonu olmakta ve yakıt çökmesinin miktarı artmaktadır. Kararlı bir

yanma için, yanma yüzeyinin hızı hava enjeksiyon hızıyla orantılı ve yakıt çökmesinin miktarıyla ters orantılıdır.

Kuhn ve Koch (1953), yerinde yanma yönteminin petrol-su-kum karışımıyla küçük modellerde ilk deneylerini yapmışlardır. Yanma yüzeyinin oluşup, modelde kararlı bir hızla ilerlemesi için, yeterli miktarda oksijenin enjekte edilmesi gerektiğini bulmuşlardır. Bunun için kararlı yanmanın oluşabilmesi için hızlı hava enjeksiyon hızlarına gereksinim olduğunu tesbit etmişlerdir. Fuchida (1959), Niitsu petrol sahasında yerinde yanma yönteminin uygulanabilmesi için, üç boyutlu laboratuvar modelinde 8.8 °API graviteli petrol kullanılarak deneyler yapmıştır. Deneyler neticesinde, dikey süpürme katsayısının düşük olması nedeniyle, petrol kurtarımı, yüzde 27 olmuştur. Hafif petrolerin yakıt depolamasının düşük olması nedeniyle yanma yüzeyinin model içerisinde oluşturulmasında bazı güçlüklerle karşılaşmıştır.

Satman ve diğerleri (1979), yanma tüpü deneylerinde buhar platosunun oluşumu için eşit sıcaklıklarda olmayan sıvı akışını göz önünde bulundurarak matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Buhar platosundaki sıcaklık dağılımının faz dengesiyle kontrol edildiğini gözlemişlerdir. Buhar platosunun sıcaklığı hava enjeksiyon basıncına ve ilk su doymuşluğuna bağlıdır. Buhar platosunun büyümesi, hava enjeksiyon hızıyla, ilk formasyon sıcaklığıyla ve ısı kayıplarıyla kontrol edilmektedir. Fassih ve diğerleri (1980), yerinde yanma yöntemlerinin parametrelerinin yanma yüzeyinin oluşumuna etkilerini incelemişlerdir. Distilasyon ve matris içerisindeki kil miktarının yanma yüzeyi sıcaklığı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Güvenir ve diğerleri (1982), yerinde yanma deneyleri için bilgisayarlarla yönetilen otomatik bir model geliştirmişlerdir. Yaptıkları deneylerde kil miktarının petrolün yakılmasına olan etkisini incelemişlerdir. Kil miktarının artmasıyla kok (fuel) çökmesinin arttığını bulmuşlardır.

Garon ve Wygal (1974), kuru veya oksijenle zenginleştirilmiş hava kullanılarak, kuru ve ıslak yerinde yanma ile süpürme verimini karşılaştırmak için üç boyutlu

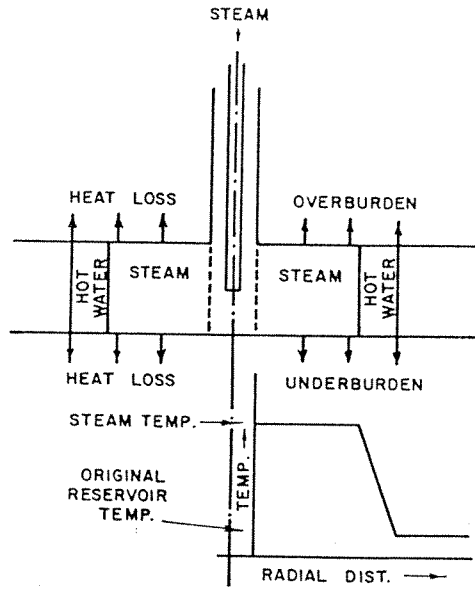
modelde deneyler yapmışlardır. Küçük patern ölçülerinde, oksijen ve hava ile yerinde yanmanın ince kalınlıktaki rezervuarlarda üretimi artırmak için çok uygun olduğunu bulmuşlardır. Orta yoğunluktaki petrolerde, ağır petrolere oranla daha iyi bir süpürme verimi elde etmişlerdir. Süpürme verimi oksijen enjeksiyonunda ve hava enjeksiyonunda aynı olmuştur. Yüksek enjeksiyon debilerinde, ve basınçta, hava ve oksijen için süpürme verimini yüksek verdiğini gözlemişlerdir. Binder ve diğerleri (1967), 3-boyutlu modelde ilk yerinde yanma deneylerini yapmışlardır. İki ayrı silindirik modelde ölçeklendirme ile ilgili testleri yapmışlardır. Silindirik modellerden birinin hacmi 325 kat daha fazla olması nedeniyle, elde edilen üretimlerde, büyük olan modelden daha fazla olmuştur.

Bağcı ve diğerleri (1994, 1996), yerinde yanma yönteminin yatay kuyularda uygulanmasını 3-boyutlu laboratuvar modelinde çalışmışlardır. Farklı yatay kuyu düzeneklerinin petrol üretimi üzerindeki etkisini incelemişler ve alansal ve dikey süpürme verimliliklerinin petrol üretimine etkisini bulmuşlardır. Yatay kuyu düzeneklerinde dikey kuyu düzeneğine göre daha fazla petrol üretimi elde edilmiştir. Yatay kuyu uygulaması ile enjekte edilen gazın (hava), dikey kuyuda gözlemlendiği gibi modelin üstünden hareketi engellenmiş ve modelde daha kararlı bir yanma yüzeyi elde edilerek üretim kuyularına doğru ilerletilmiştir. Yakıt tüketimi ve hava gereksinmesi yatay kuyulu deneylerde azalma göstermiş, bu da hava-petrol oranının azalmasına neden olmuştur.

3.1.2. Buhar Enjeksiyon Metodu

Buhar enjeksiyonu metodları iki grupta incelenmektedir: (1) devamlı buhar enjeksiyonu ve (2) döngüsel buhar enjeksiyonu. Buhar enjeksiyonu yöntemlerinde, yüzeyde belirli kalitede üretilen buhar rezervuara enjekte edilmekte ve petrolün viskozitesi düşürülerek, ısıtılan petrolün üretim kuyularına doğru ötelenmesi sağlanmaktadır. Döngüsel buhar enjeksiyonu yönteminde, tek bir üretim kuyusu kullanılarak, aynı kuyudan belirli süre ile rezerve buhar enjekte edilmekte, daha sonra

kuyu kapatılarak beklemeye alınmakta, daha sonra aynı kuyu üretime alınarak ısıtılan petrol ve su üretilmektedir. Bu uygulama belirli sayıda döngüler halinde devam ettirilmektedir. Petrol üretiminin artırılmasına etki eden önemli mekanizmalar, buhar distilasyonu, buhar ötelemesi, ısıl genişleme ve viskozitenin düşürülmesidir. Buhar enjeksiyon yönteminde oluşan sıcaklık profili ve doymuşluk değişimleri Şekil 3.3 'de gösterilmiştir. Devamlı buhar enjeksiyonunda karşılaşılan önemli problemlerden biri, buharın yoğunluğundan dolayı rezervin üst kısmından hareket etmesidir. Bu hareket nedeniyle yeterli miktarda petrol buhar yüzeyi tarafından ötelenememektedir.



Şekil 3.3. Buhar enjeksiyonu sıcaklık profili ve doymuşluk dağılımı.

3.1.2.1. Buhar Enjeksiyonu Deneyleri

Farouq Ali ve Abad (1976), rezervuardan daha fazla bitümen üretebilmek için buharla birlikte "Mobil Solvent" olarak isimlendirilen çözücü kullanarak laboratuvarında deneyler yapmışlar, deneyler sonunda bu yeni çözücünün bitümen üretiminde etkili olduğunu görmüşlerdir. Ayrıca üretimi artırıcı en uygun çözücü miktarını ve buhar enjeksiyon debisini tesbit etmişlerdir. Farouq Ali, Look Ye, Cordero ve Figureoa

(1979), Athabasca petrol kumundan daha fazla petrol üretimi alabilmek için değişik enjeksiyon ve üretim stratejileri denemişler ve sonuç olarak çözücünün tamamının üretim kuyularına, buharın ise enjeksiyon kuyusuna basılmasının en etkili strateji olduğuna karar vermişlerdir. Redford (1982), buharla birlikte CO₂, etan ve nafta kullanarak bitümen üretiminde bazı parametrelerin etkisini incelemiş, üç boyutlu model üzerinde yaptığı yükselim ve azalım testlerinde enjeksiyon sırasında nafta ve buhar kullanımının, azalım sırasında da buharla birlikte CO₂ veya etan kullanımının en iyi sonuçları verdiğini görmüştür.

Doscher, Ying ve Kostura (1988), laboratuvarında geliştirdikleri 3-boyutlu modelde buharla birlikte gaz enjeksiyonu deneyleri yapmışlardır. 3-boyutlu modelde yaptıkları deneylerle alansal ve dikey süpürme katsayılarını hesaplamışlar ve gaz enjeksiyonunun petrol kurtarımı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Metwally (1990), Lindbergh petrol rezervuarından alınan konsolide karot numuneleriyle geliştirdiği karot tutucuda deneyler yapmıştır. Bu deneylerde, buharla birlikte CO₂ ve metan gazlarını enjekte ederek bu yöntemlerin petrol üretimi üzerindeki etkilerini çalışmıştır. Bu tür gazların buharla birlikte enjeksiyonuyla buhar enjektivitesinin arttığını ve buharın ısıttığı alanın genişlediğini ve bunların petrol üretiminin artırılmasında önemli rol oynadığını gözlemiştir.

Özen (1967), buharla birlikte N₂ gazı kullanarak sürekli buhar enjeksiyonunda gaz ötelemesi etkisini incelemiştir. 3.8 mPas (25 °C) viskoziteye sahip Bradford petrolünü deneylerinde kullanmıştır. N₂-buhar enjeksiyonunun, yalnız buhara göre petrol kurtarımını % 4-5 yükselttiğini rapor etmiştir. Deneylerinde buharın yüksek kalitede olmasından dolayı, bir diğer gaz fazının petrol kurtarımını önemli ölçüde etkilemediğini söylemiştir. Petrol kurtarımında ki artışa, petrolün distilasyonunun neden olduğunu belirtmiştir. Slobod ve Merriam (1965), deneylerinde sıcak su ve N₂ gazını birlikte kullanarak, buhar enjeksiyonundaki gaz ötelemesi mekanizmasını incelemişlerdir. Petrol yerine hekzan kullanmışlardır. N₂/su oranlarını 1/5 ve 1/10 seçmişler ve 79 °C sıcaklıktaki bu deneylerde gazın varlığı sırasıyla % 9.4 ve % 14.8 daha fazla petrol

kurtarımı sağlamıştır. Gaz fazının petrol kurtarımı açısından yararlı olduğunu rapor etmişlerdir.

Harding (1986), tek boyutlu ölçeklendirilmemiş modelinde 29.2 °API gravite ve 0.228 Pas (24 °C)viskoziteye sahip petrol kurtarımı için, buharla birlikte yanma gazları, N₂ ve CO₂'in performansını incelemiştir. Diğer çalışmalardan farklı olarak sürekli buhar enjeksiyonu uygulamıştır. Deneyleerde, yanma gazının buhara oranı 459-590 dm³/lt, N₂/buhar oranı 454 dm³/lt ve CO₂/buhar oranı 110 – 120 dm³/lt seçilmiştir. Bu petrol için, buhar-gaz enjeksiyonunun üretim hızını artırdığını fakat sonuç üretiminin yalnız buharla aynı olduğunu ve buhar-CO₂' in en iyi performansı verdiğini belirtmiştir. Stone ve Malcolm (1985), Athabasca petrollü kumlarından bitümen kurtarımı için 150 cm iççap ve 270 cm boyunda deney modeli kullanmıştır. Buhar-CO₂ karışımında, CO₂ mol yüzdesi 2.1 seçilmiş ve üretimi narttığı tesbit edilmiştir. Buhar-CO₂ ve buhar uygulamalarında rastlanan kum taşınımı problemininde aydınlatılması için deneysel ve nümerik modelleme çalışmaları yapılmıştır. Bu deneyleerde döngüsel buhar enjeksiyonu uygulanmıştır. Gümrah ve Okandan (1987), Çamurlu ve Batı Raman ağır petrolleriyle yapılan yalnız buhar, buhar-CO₂ ve CO₂ deneyleerinin sonuçlarını rapor etmişlerdir. Buharla birlikte CO₂ enjeksiyonu petrol üretimini hızlandırmış ve yalnız buhara göre % 10-13 arasında daha fazla petrol kurtarmıştır. CO₂'den sonra buhar enjeksiyonu, yalnız buhara göre petrol kurtarımını arttırmıştır. Deney şartlarındaki optimum CO₂/buhar oranları Çamurlu petrolü için 22.3 dm³/lt ve Batı Raman petrolü için 23.8 dm³/lt bulunmuştur. Buhar-CO₂ enjeksiyonunda petrol üretimindeki artışa, distilasyon ve gaz ötelemesi mekanizmalarının daha verimli olmasının sağladığını rapor etmişlerdir.

3.2. PETROLLÜ ŞEYL DENEYLERİ

Petrollü şeyllerin gelecekteki enerji tüketimi için öneminin anlaşılmasından sonra yanma etkinlikleri ve kinetikleri ile ilgili ayrıntılı çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmalarda esas olarak türevsel taramalı kalorimetre (DSC), termogravimetri (TG) ve türevsel termogravimetri (DTG) cihazları kullanılmaktadır.

Rajeshwar ve diğeri (1983) Colorado petrolü şeyleri ile yaptıkları çalışmalarda potansiyel yield için geliştirilmiş türevsel taramalı kalorimetre tekniğini kullanmışlardır. Bu teknik konvansiyonel Fischer yöntemine göre daha uygun olmasına karşılık peak alanlarının ölçümünde kesin bir çözüm öngörmemektedir. Bununla birlikte piroliz mekanizmasının çok kompleks olması peak alan ölçümlerinde “base line“ oluşturulmasında çok dikkatli olmayı gerektirmektedir. Bu olumsuzluklara karşın veri analizinin basitliği ve azalması türevsel taramalı kalorimetre tekniğini daha avantajlı duruma getirmektedir.

Earnest (1982), Green River petrolü şeylerinin oksidasyon profillerini dinamik hava atmosferinde micro-bilgisayar kontrollü termogravimetri ile elde etmiştir. Belirtilen petrolü şeylerin oksidasyon davranışları organik maceral birleşenlerine ve mineral madde içeriklerine yönelik olarak tartışılmıştır.

Skala ve Sokic (1992) yaptıkları çalışmalar sonucunda petrolü şeylerinin ısısal analizinde kullanılan kinetik verilerin (aktivasyon enerjisi ve reaksiyon hız sabiti) isothermal veya non-isothermal termogravimetri yöntemiyle elde edilebileceğini göstermişlerdir. Bu çalışmada farklı petrolü şeylerinin sonuçları tartışılmış ve aynı zamanda isothermal veya non-isothermal termogravimetri etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar yanma mekanizmasının birden fazla basit reaksiyon içeren kompleks bir reaksiyon şemasına dayandığı öngörülmüştür.

Skala ve diğeri (1990) petrolü şeylerin piroliz kinetiklerini DSC ve TG kullanarak non-isothermal ortamda araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlar petrolü şey örneklerinin çok basamaklı kinetik modele eşlendiğini göstermiştir. Petrolü şey için geliştirilen modelin aynı kerojen tipindeki diğeri petrolü şeylerin piroliz modellemesinde geçerli olduğu sonucuna varılmıştır.

Levy ve Stuart (1984) farklı petrollü şeyl ve kerojen konsantrasyonları için termogravimetrik oksidasyon profillerini dinamik hava atmosferinde elde etmişlerdir. Aynı çalışmada “evolved analiz” deneyleride gerçekleştirilmiş ve lineer ısıtma sırasında meydana çıkan gaz türlerinin IR bandlarının optik emilmesindeki artışın izlenilmesi ile elde edildiği sonucuna varılmıştır. Kerojenin yanması sonucunda türevsel termogravimetri profillerinde oluşan iki farklı peak’ten ilkinin alifatik bileşenlerin tamamının yada tamamına yakın kısmının yanarak aromatik yapı içeren “char” ın açığa çıkmasını sağladığı sonucuna varılmıştır.

Warne ve French (1984) farklı yapıdaki petrollü şeyllerin retort analizleri üzerine araştırmalar yapmışlar ve “retort” olayının ısıtma sırasındaki bütün petrollü şeyl minerallerinin reaksiyonunu kapsadığı sonucuna varmışlardır. Yapılan çalışmada endothermic ve exothermic reaksiyonların DTG ile karakterize edilebileceği ve seçilen ısıtma oranı ve gaz atmosferi koşullarında sonuçların retort analizleri ile birlikte değerlendirilmesinin reaksiyon türü ve büyüklüğü hakkında bilgi verebileceği ileri sürülmüştür.

Miron (1983) yaptığı çalışmada Green River petrollü şeyllerinin ısısal çözülmesinde değişik dondurulmuş nitrat tuzlarının etkisini araştırmış ve nitrat içeren petrollü şeyllerdeki ağırlık kayıplarının nitrat olmadığı durumdaki ağırlık kaybından fazla olduğu sonucuna varmıştır. En etkili nitrat tuzunun amonyum nitrat olduğu belirlenmiş ve petrollü şeyl örneklerinin taramalı elektron mikroskopu ile yapılan deneylerin sonucunda amonyum nitratın petrollü şeylin hem inorganik hemde organik yapısına etkili olduğu sonucuna varmıştır.

Rajeshwar (1981) Green River petrollü şeyl kerojeninin ısıyla ayrışmasının kinetik özelliklerini non-isothermal termogravimetri ile araştırmıştır. Ağırlık kaybı verileri Coats-Redfern ve Freeman-Carroll teknikleri ile analiz edilmiştir. Bu yöntemlerle elde edilen kinetik parametreler petrollü şeyl kerojeninin ısısal ayrışması ile ilgili daha önce yapılan çalışmaların ışığı altında tartışılmıştır. Isıtma hızı ve gaz atmosferi gibi kinetik

verileri etkileyen faktörler incelenmiş ve birinci derece kinetik modelinin Green River petrolü şeylinin sıcaklık davranışlarındaki genel yönelişlerin açıklanması için geçerli olduğu sonucuna varılmıştır.

Levy (1988) DSC ve TG cihazlarıyla yaptığı çalışmalarda petrolü şeylerdeki organik ve uçucu madde miktarını belirleyecek basit ve kesin bir yöntem geliştirdi. Bu yöntem termogravimetri cihazı ile öncelikle nitrojen ortamında uçucu madde miktarını daha sonra ise oksijen ortamında “residual char” miktarının belirlenmesini içerir. Sonuçlar tekrarlanabilir olup farklı yapıdaki petrolü şeylerin Green River petrolü şeyli ile mukayesesi amacıyla da kullanılmıştır.

Deepak ve Thakar (1987) termogravimetri cihazı ile petrolü şeylerin ısısal ve kinetik özelliklerini isothermal ve non-isothermal yöntemle araştırmıştır. Non-isothermal yöntemde kinetik analizler üç farklı yöntemle araştırılmış olup isothermal termogravimetri verileri integral metodu ile analiz edilmiştir. Petrolü şeylerin ardışık iki reaksiyon içerdiği görülmüş ve sonuçlar literatürdeki diğer çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

Skala ve diğerleri (1987) DSC ve termogravimetri kullanarak petrolü şeylerin ısısal ve kinetik özelliklerini araştırmışlardır. Birinci dereceden kinetik model varsayılarak termogravimetri verileri integral metoduyla, DSC verileri ise ASTM yöntemiyle analiz edilmiş ve sonuçlar tartışılmış, yanma ve kinetik özelliklerine katalist etkisi araştırılmıştır.

Su ve Yang (1995) termogravimetri cihazıyla farklı tane boyutundaki petrolü şeylerin yanma etkilerini ve kinetik özelliklerini araştırmış, piroliz reaksiyonlarının birinci dereceden olduğu sonucuna varmışlardır. Farklı sıcaklık bölgelerinde farklı aktivasyon enerjisi tanımlamışlardır.

Roger ve Bibby (1979) farklı petrol u Şeylerin yanma ısılarını DTA ile araştırmışlar ve dört farklı “peak” elde etmiş ve bu farklı “peak” lerin kerojen molekülünün farklı sıcaklıklarda oksitlenmesi sonucu oluştuğu sonucuna varmışlardır.

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMANIN AMACI

Yeryüzünde büyük rezervleri bulunan petrollü şeylden petrol ve gaz eldesi, katı yakıt olarak termik santrallarda kullanımı, küllerinden çimento ve refrakter yapımı ile kıymetli eser elementler eldesi ve tarımda gübre olarak kullanılması gibi çeşitli yararlanma olanakları mevcuttur. Petrollü şeylerden değişik yöntemlerle petrol veya gaz üretilmektedir. Petrol üretiminde Ex-sitü ve İn-situ olmak üzere iki yöntem uygulanmaktadır. Ex-sitü yönteminde petrollü şeyler maden işletmeciliği metodları ile yerinden alınıp değişik proseslerle 500 °C'ye kadar ısıtıldıklarında şeyl petrolü veya gazı üretilmektedir. İn-sitü (Yerinde) yönteminde ise petrollü şeyler buldukları yerde ısıtılarak petrol üretilmektedir.

Petrollü şeylerle bugüne kadar yapılan çalışmalarda yerinde yanma ve buhar enjeksiyonu yöntemleriyle petrol üretimi konusunda çalışma çok az yapılmıştır. Türkiye'de de önemli petrollü şeyl yatakları belirlenmiş olup, petrol üretimi veya katı yakıt olarak yararlanılabileceklerine dair ön bilgiler alınmıştır.

Yerinde yanma yöntemiyle ağır petroller ve petrollü şeylerden petrol üretilmesi literatürde yapılan bazı çalışmalardan gözlenmiştir. Yanma yüzeyinin yerlatında devamlı hava enjeksiyonuyla oluşturulmasından sonra, üretim kuyularına ötelenen petrol ve yanma gazları üretilmektedir. 500 °C'de oluşturulan yanma yüzeyi petrollü şeylin içerisinde devamlı hava enjeksiyonuyla hareket ettirilebilmektedir. Yanma yüzeyinin hareketi ile petrollü şeylden üretilen petrol, üretim kuyularına doğru ötelenebilmektedir. Buhar enjeksiyonu uygulamalarında, yüksek sıcaklıkta yüzeyde üretilen buhar, petrollü şeyl rezervine enjekte edilerek petrol üretilmekte ve üretim kuyularına doğru ötelenebilmektedir.

Bugüne kadar, MTA tarafından yapılan çalışmalarla, Beypazarı, Seyitömer, Himmetoğlu ve Hatıldığ petrollü şeyl sahalarının tenör, rezerv ve işletme yönünden yerinde yanma ve buhar enjeksiyonu yöntemlerinin uygulanabilirliği elverişli görölmektedir. Günümüze kadar, Türkiye’de mevcut 4 büyük petrollü şeyl sahasında (Seyitömer, Beypazarı, Hatıldığ, Himmetoğlu) herhangi bir üretim ve değerlendirme çalışması yapılmamıştır. Bu yerinde yanma ve buhar enjeksiyonu yöntemlerinin mevcut petrollü şeyl sahalarında uygulanması ve sentetik petrol üretimi çalışmaları yapılmamıştır. Bu yöntemlerin uygulanabilirliğini tesbit etmek için, öncelikle, petrollü şeyl numunelerinin yanma reaksiyon kinetik özellikleri tesbit edilmelidir. Laboratuvarda 1-boyutlu ve 3-boyutlu fiziksel modellerde yerinde yanma ve buhar enjeksiyonu deneyleri yapılmalıdır.

Bu projede amaca ulaşabilmek için aşağıda verilen çalışmalar yapılmıştır:

1. Yerinde yanma yönteminin uygulanmasında, petrollü şeyllerin hava ile olan yanma reaksiyon kinetiği mekanizmaları yanma reaksiyon hücresinde yapılan deneylerle tesbit edilmiştir.
2. TGA ve DSC termal analiz cihazları kullanılarak 4 ayrı petrollü şeyl numunesinin yanma reaksiyon mekanizmaları tesbit edilmiştir.
3. 3-boyutlu laboratuvar modelinde buhar enjeksiyonu deneyleri yapılarak buhar enjeksiyonunun petrollü şeylden petrol eldesine olan etkisi çalışılmıştır.
4. 1-boyutlu dikey yanma tüpünde 500-700 °C’de yanma yüzeyleri oluşturularak petrollü şeylden petrol eldesi çalışılmış ve yöntemin uygulanabilmesi için parametrelerin ne olacağı tesbit edilmiştir.

Tüm deneylerde sahalardan alınan Beypazarı, Seyitömer, Himmetoğlu ve Hatıldığ petrollü şeylleri kullanılmıştır.

BÖLÜM 5

ARAŞTIRMADA KULLANILAN DENEY EKİPMANLARI

5.1. THERMAL ANALİZ DENEYLERİ

Bu araştırmada numunelerin yanma etkinlikleri Dupont 9900 Isısal Analiz sistemine bağlı olarak çalışan Türevsel Taramalı Kalorimetre (DSC-Differential Scanning Calorimeter) ve Termogravimetri (TG/DTG-Thermogravimetric Analyser) cihazları kullanılmıştır.

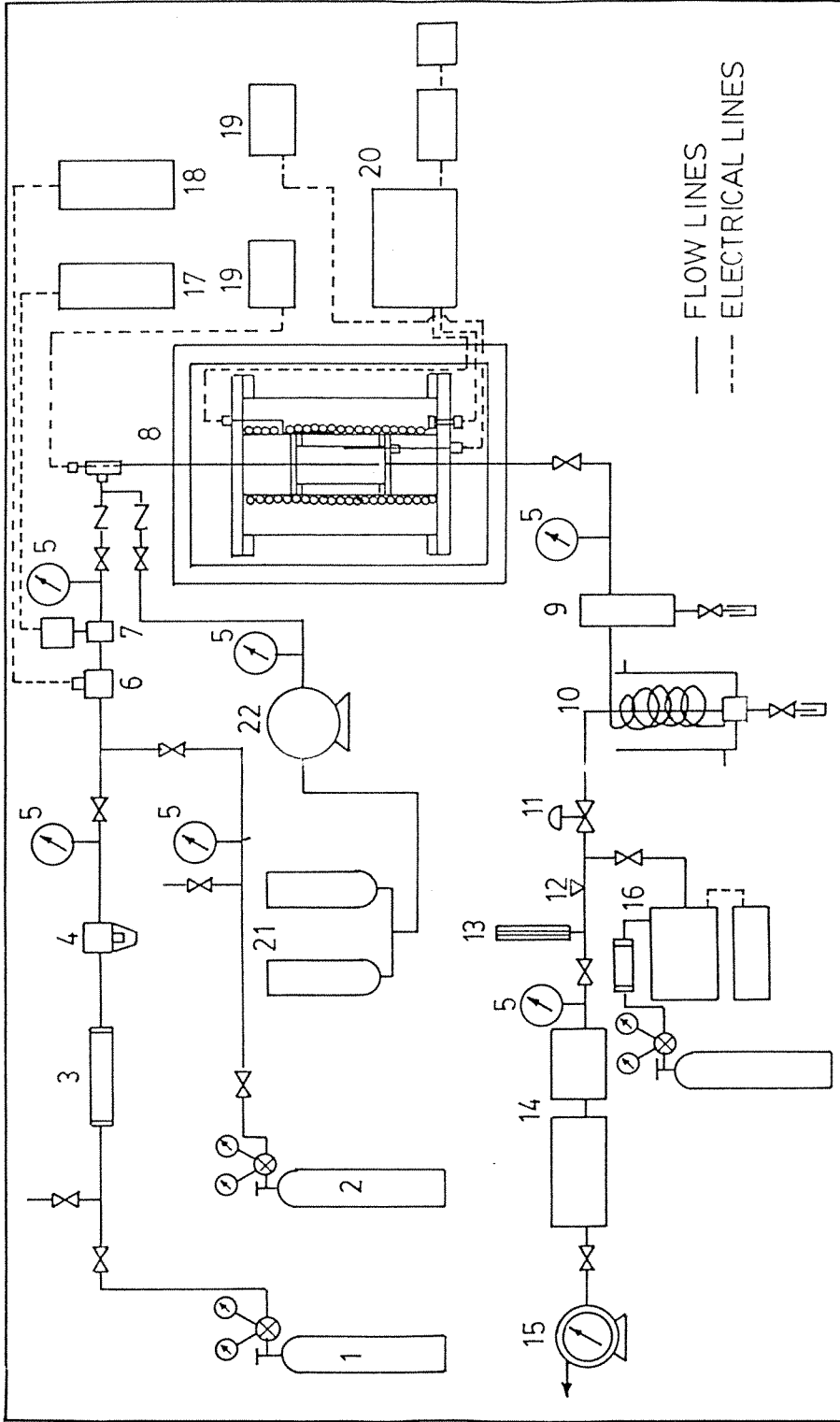
Dupont 910 Türevsel Taramalı Kalorimetre (DSC) zaman ve/veya sıcaklığa karşı ısı akış hızını isothermal/non-isothermal deney şartlarında, farklı ısıtma hızlarında ve değişik gaz atmosferlerinde ölçer. Dupont 951 Termogravimetri cihazı (TG/DTG) ise zamana ve/veya sıcaklığa karşı ağırlık kaybını isothermal/non-isothermal deney şartlarında, farklı ısıtma hızlarında ve değişik gaz atmosferlerinde belirleme imkanı verir.

5.2. YERİNDE YANMA VE REAKSİYON KİNETİK DENEYLERİ

Yanma reaksiyon kinetiği ve yerinde yanma yöntemini belirleyen parametreleri bulabilmek için iki ayrı deneysel modelin tasarımı yapılmış ve deneylerde kullanılmıştır.

Reaksiyon kinetik deneyleri için reaksiyon hücresi tasarımı yapılmış, bu hücre ile birlikte fırın, sıcaklık programlayıcı, hava ve azot akış ölçer ve kontrol edici, dijital sıcaklık okuyucu, basınç göstergeleri, devamlı gaz analiz cihazları kullanılmıştır. Reaksiyon kinetik hücresi ve yardımcı ekipmanların şematik diyagramı Şekil 5.1 'de gösterilmiştir.

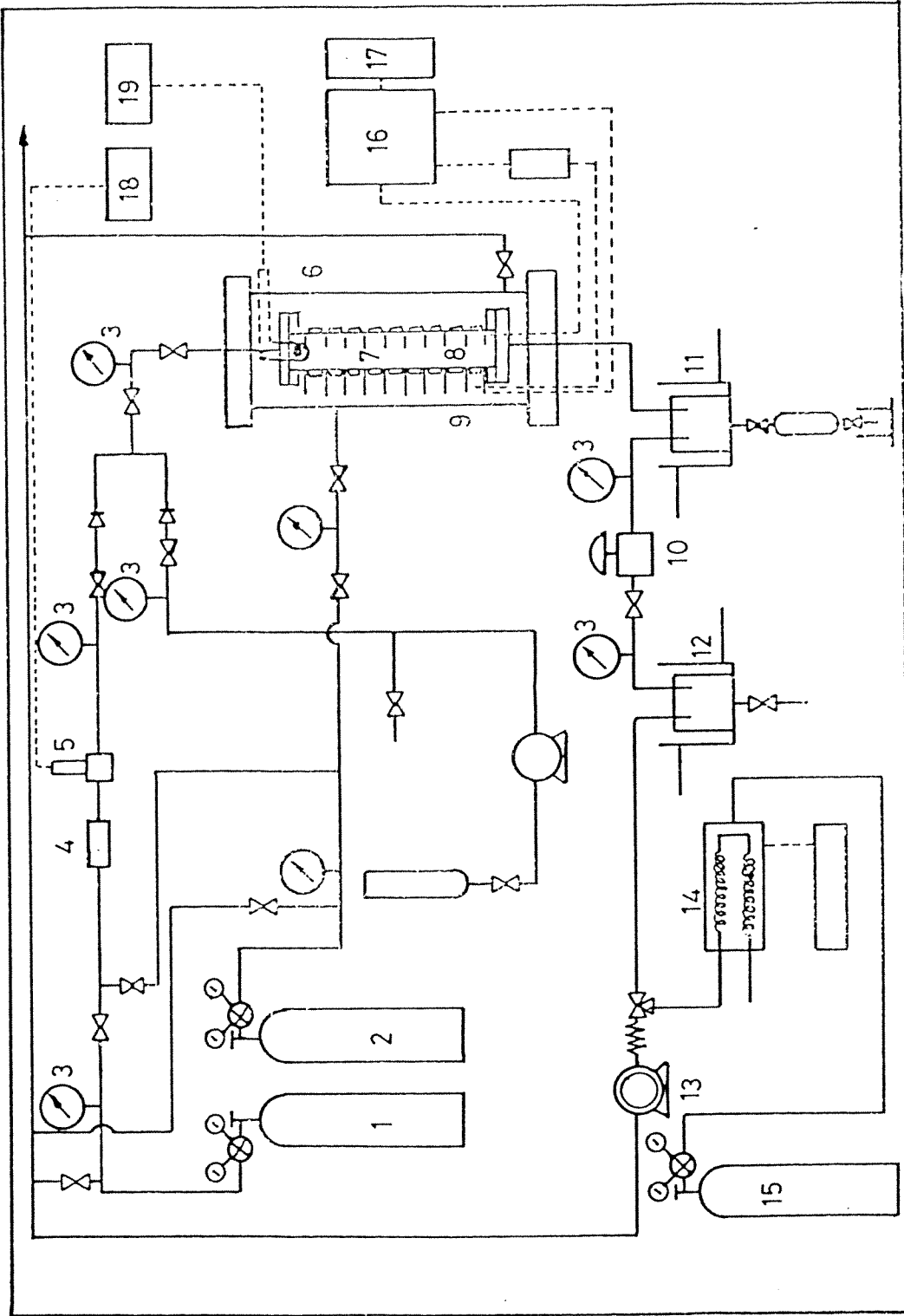
Yanma tüpü deneyleri için, dikay yanma tüpü tasarımı yapılarak, gerekli olan ısıtıcı aletler, merkez termokupllar, sıcaklık kontrol sistemi, hava ve azot akış kontrol sistemi, su



Şekil 5.1. Reaksiyon kinetik hücresi ve yardımcı ekipmanların şematik diyagramı

Reaksiyon kinetiđi deney dűzeneđinde kullanılan ekipmanlar:

1. Yűksek basınçlı hava tűpű
2. Yűksek basınçlı azot tűpű
3. Hava filtresi
4. Hava filtresi
5. Basınç göstergeleri
6. Akıř sensűrű
7. Otomatik kontrollű vana
8. Reaksiyon kinetik hűcre si
9. Yűksek basınç separatűrű
10. Yoğunlaştırıcı
11. Ters basınç dűzenleyici
12. İğne uçlu vana
13. Akış ۆlçer
14. Devamlı gaz analiz cihazı
15. Wet test meter
16. Gaz kromatografi
17. Kűtle akıř ۆlçer
18. Otomatik akış kontrol cihazı
19. Dijital sıcaklık okuyucu
20. Sıcaklık programlayıcı



Şekil 5.2. Yanma tüpü deney düzeneğinin şematik diyagramı

Yanma tüpü deney düzeneğinde kullanılan ekipmanlar:

1. Yüksek basınçlı hava tüpü
2. Yüksek basınçlı azot tüpü
3. Basınç göstergeleri
4. Hava filtresi
5. Akış sensörü
6. Basınç çeket tüpü
7. Yanma tüpü
8. Merkez termokupllar
9. Isıtıcı bantlar
10. Ters basınç düzenleyici
11. Yüksek basınç separatörü
12. Düşük basınç separatörü
13. Wet test meter
14. Gaz kromatografi
15. Yüksek basınçlı helyum tüpü
16. Elektronik sıcaklık tarayıcı
17. Dijital sıcaklık okuyucu
18. Kütle akış ölçer
19. Sıcaklık kontrol ve ölçme cihazı

enjeksiyon sistemi, basınç separatörleri, basınç göstergeleri, sıcaklık tarayıcı ve okuyucu ve gaz analiz sistemi kullanılmıştır. Yanma tüpü deney düzeneğinin şematik diyagramı Şekil 5.2 'de gösterilmiştir. Her iki deney düzeneği beş önemli kısımdan oluşmaktadır:

1. Gaz (hava ve azot) enjeksiyon sistemi
2. Reaksiyon kinetik hücresi
3. Sıvı (petrol, gaz ve su) üretim sistemi
4. Gaz analiz sistemi
5. Otomatik kontrol ve veri kaydetme cihazları

5.2.1. Gaz (hava ve azot) enjeksiyon sistemi

Gaz enjeksiyon sistemi, reaksiyon kinetik hücresi ve yanma tüpüne deneyler sırasında hava, azot ve suyu enjekte etmek için tasarlanmıştır. Kuru hava ve azot tanklarından yüksek basınçlarda çıkan gaz regülatörler ve hava filtrelerinden geçtikten sonra, enjeksiyon basıncına düşürülmektedir. Modellere enjekte edilen hava ve azotun enjeksiyon hızları kütle akış ölçeri kullanılarak ölçülmektedir.

5.2.2. Reaksiyon Kinetik Hücresi

Reaksiyon kinetik deneylerinde kullanılan reaksiyon kinetik hücresi 130.2 mm uzunluğunda, 34.2 mm dış çapında ve 1.1 mm et kalınlığında paslanmaz çelik çekme borudan yapılmıştır. Hücrenin merkez sıcaklığını ölçmek ve sıcaklık programlayıcıyı kontrol etmek için iki adet termokupl kullanılmıştır.

5.2.3. Sıvı Üretim Sistemi

Yanma tüpünden üretilen su ve petrol veya reaksiyon kinetik hücresinden üretilen yanma gazları basınç separatörlerinden geçirildikten sonra ölçülmüştür. Yoğunlaşabilen gazlar ise yoğunlaştırıcılarda yoğunlaştırılarak miktarları ölçülmüştür. Üretilen gaz dışarıya atılmadan önce, ters basınç regülatöründen geçirilerek, yanma tüpüne ve reaksiyon kinetik

hücresine sabit basınçta hava enjeksiyonu sağlanmıştır. Atmosferik basınç seviyesine düşen üretilen gaz akış ölçerden geçirilerek üretilen gazın debisi wet test meterden geçirilerek toplam gaz üretimi ölçülmüştür.

5.2.4. Gaz Analiz Sistemi

Yanma tüpünden üretilen yanma gazlarının analizi gaz kromatografi cihazı kullanılarak yapılmıştır. Reaksiyon kinetik deneylerinde, üretilen gaz içerisindeki CO₂, CO ve O₂ miktarları gaz analiz cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Deneyler boyunca ölçülen CO₂, CO, O₂ ve N₂ gazlarının miktarları yanma yönteminin uygulanabilirliğini belirlemektedir.

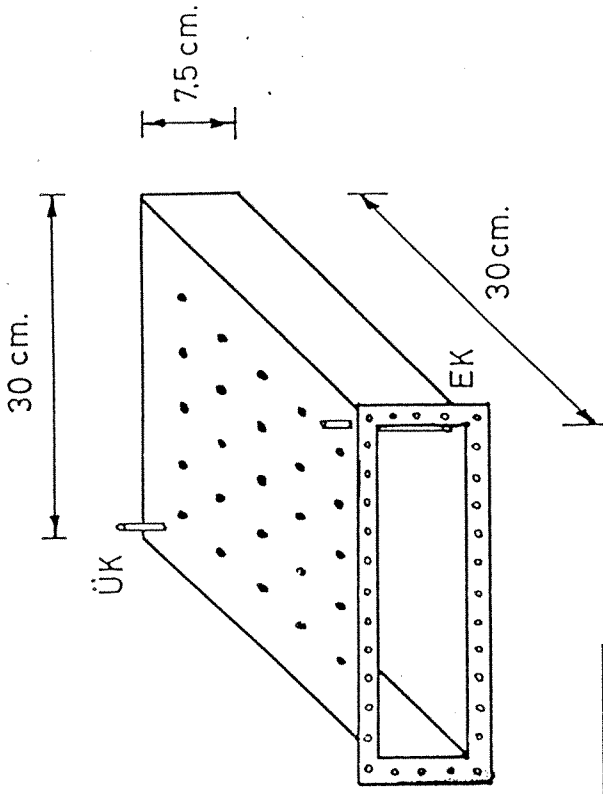
5.2.5. Otomatik Kontrol ve Veri Kaydetme Cihazları

Otomatik kontrol ve veri kaydetme cihazları olarak sıcaklık kontrol sistemi, elektronik sıcaklık tarayıcı, dijital sıcaklık okuyucu, sıcaklık programlayıcı, kütle debi ölçer, otomatik akış düzenleyici ve dijital basınç okuyucu cihazları kullanılmıştır. Bütün cihazlar laboratuvarında hazırlanan kontrol paneli üzerine yerleştirilmiştir.

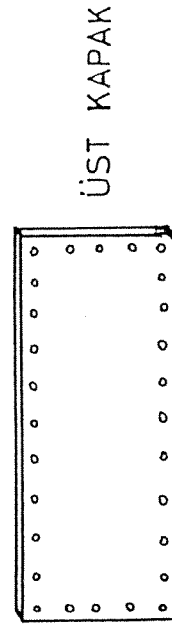
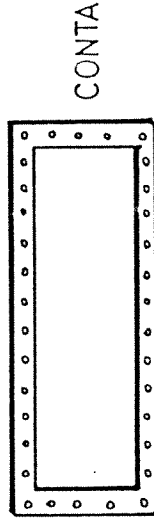
5.3. 3-BOYUTLU BUHAR ENJEKSİYON MODELİ

Şekil 5.3 'de gösterilen 3-boyutlu laboratuvar modelinin tasarımı yapılmıştır. Bu çalışmada tasarımı yapılan 3-boyutlu model 5-nokta düzeneğinin 1/4 'ünü temsil etmektedir. Model 30 cm x 30 cm x 7.5 cm boyutlarında ve kutu şeklindedir. Çelik sac levhadan yapılan model içerisinde sıcaklık dağılımını ölçmek için 25 adet termokupl kullanılmıştır. Modelden oluşacak olan ısı kaybını engellemek için modelin alt ve üstüne ısıtıcılar yerleştirilmiştir. Ayrıca model 3-boyutlu izolasyon kutusu içerisine yerleştirilmektedir. 3-boyutlu buhar enjeksiyon modeli için laboratuvarında yapılan deney düzeneğinin şematik diyagramı Şekil 5.4 'de gösterilmiştir. Deney ekipmanları üç ana kısımdan oluşmaktadır:

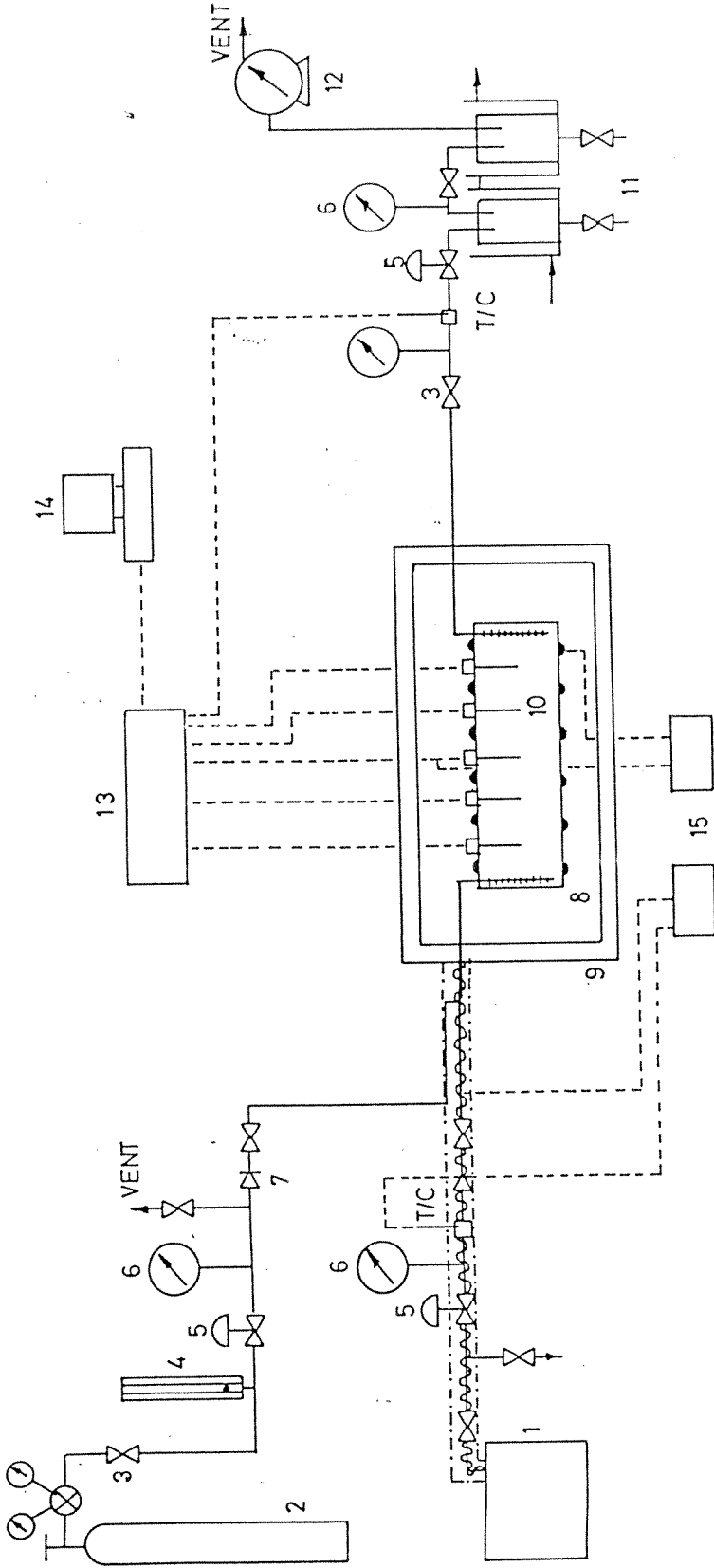
1. Buhar enjeksiyon sistemi



EK : ENJEKSİYON KUYUSU
ÜK : ÜRETİM KUYUSU



Şekil 5.3. 3-boyutlu buhar enjeksiyonu laboratuvar modeli



1. Buhar jeneratörü
2. Metan gazı tüpü
3. Küresel vana
4. Rotameter
5. Akış kontrol vanası
6. Basınç göstergesi
7. Check vanası
8. Laboratuvar modeli
9. İzolasyon kutusu
10. Merkez termokupllar
11. Ayırıcılar
12. Wet test meter
13. Data logger
14. Bilgisayar
15. Sıcaklık kontrol cihazı

Şekil 5.4. 3-boyutlu buhar enjeksiyonu laboratuvar modeli deney düzenineşinin şematik diyagramı

2. Sıvı üretim sistemi

3. Veri ölçme ve kontrol sistemi

Buhar enjeksiyon sistemi, 3-boyutlu modele buhar enjekte edecek şekilde tasarlanmıştır. Buhar jeneratöründen üretilen buharın (50 psig, 180 °C) modele enjekte edilmesi için 8 mm çapında çelik boru ve üzerinde hız ayar vanası ve basınç göstergesi olan bağlantı hattı kullanılmıştır. Buharın modele süper ısıtılmış olarak enjekte edilebilmesi için enjeksiyon borusu ısıtıcı ile sarılmış ve üzerine izolasyon yapılmıştır. Buharın sıcaklığı modele girmeden önce devamlı ölçülmüştür.

Sıvı üretim sisteminde, 3-boyutlu modelden üretilen su, petrol ve gaz basınç separatörlerinden geçirildikten sonra ölçülmüştür. Yoğuşabilen gazlar, buhar ve hafif hidrokarbonlar ise yoğuşturularak kondensat miktarları ölçülmüştür.

Veri ölçme ve kontrol sisteminde, sıcaklık dağılımları veri toplayıcı (datalogger) kullanılarak otomatik olarak ölçülmüştür. Ayrıca deneyler sırasında enjeksiyon ve üretim basınçları, basınç göstergeleri kullanılarak ölçülmüştür. Modellerin sıcaklıklarının kontrolünde, buhar hattının ısıtılması ve sıcaklığının kontrolünde sıcaklık kontrol cihazları kullanılmıştır.

BÖLÜM 6

DENEYLERDE İZLENEN YÖNTEMLER

6.1. THERMAL ANALİZ DENEYLERİ

Proje kapsamında tüm deneyler türevsel taramalı kalorimetre ve termogravimetri cihazlarıyla 20-600 °C sıcaklık aralığında, 5 °C/dak 'lık ısıtma hızı ve 50 ml/dak 'lık hava akış hızıyla yaklaşık 10 mg numune (< 60 mesh size) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneyler öncesinde türevsel taramalı kalorimetre için sıcaklık kalibrasyonu indium kullanılarak, termogravimetri için sıcaklık kalibrasyonu calcium oxalate monohydrate buoyancy kalibrasyonu ise erime sıcaklığı 960.8 °C olan gümüş kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm deneyler ikişer defa yapılmış olup deneylerin tekrarlanabilirlik oranlarının çok yüksek olduğu gözlenmiştir. Ölçülen veriler ve analiz sonuçları Ek-A 'da verilmiştir.

6.2. REAKSİYON KİNETİK DENEYLERİ

Reaksiyon kinetik hücresi, 20 gr petrolü numunesi (-14 + 35 mesh ölçüsü) ile doldurulmuştur. Reaksiyon kinetik hücre sine artan sıcaklık programıyla ısıtma sağlanmış, aynı zamanda 2.5 lt/dak hızla hava enjekte edilmeye başlanmıştır. Deneyler sırasında, hücre nin merkezinde hücre sıcaklığı ölçülmüş, devamlı gaz analiz cihazı kullanılarak üretilen gazın içerisindeki O₂, N₂, CO₂ ve CO gazlarının analizi yapılmıştır. Deneylerde ölçülen veriler Ek-B'de verilmiştir.

6.3. BUHAR ENJEKSİYON DENEYLERİ

3-boyutlu modelde buhar enjeksiyonu deneylerinde, model – 14 + 35 tane boyutunda hazırlanan petrolü şeyl numunesi ile doldurulmuştur. Modelin üzerine termokupllar (25

adet) yerleştirilip alt ve üstüne ısıtıcılar monte edildikten sonra izolasyon kutusu içerisine yerleştirilmiştir. Modelin giriş ve çıkış bağlantılarının deney düzeneğindeki gibi bağlanmasından sonra, model rezervuar sıcaklığına (50-60 °C) kadar ısıtılmıştır. Rezervuar sıcaklığının dengelenmesinden sonra deney şartlarına göre modele buhar enjekte edilerek deneyler yapılmıştır. Deneyler sırasında enjeksiyon ve üretim basınçları, model içerisinde sıcaklık dağılımları ve üretilen petrol ve su miktarları ölçülüp kaydedilmiştir. Deneylerde ölçülen veriler Ek-C 'de verilmiştir.

6.4. YERİNDE YANMA DENEYLERİ

Yanma tüpü petrolü şeyl numunesi ile sıkıca doldurulmuştur. Yanma tüpünün üzerine ısıtıcı bantlar yerleştirilmiş, elektrik bağlantıları hazırlandıktan sonra, besinç çeket tüpünün içerisine yerleştirilmiştir. Giriş ve çıkış hatlarının bağlantıları ve gerekli elektrik bağlantıları yapılmıştır.

Deneylerde yanma tüpü rezerv sıcaklığına kadar ısıtıcı bantlarla ısıtılmış, girişteki ateşleyici çalıştırılarak, yanma yüzeyinin oluşması için, giriş 300-400 °C 'ye kadar ısıtılmıştır. İlk ısıtma işleminde, gaz geçirgenliğini elde etmek için ttüpün içine sabit hızla azot enjekte edilmiştir. Giriş sıcaklığı 350 °C 'ye ısıtıldıktan sonra, yanma yüzeyinin tüp içerisinde ilerletilebilmesi için hava enjeksiyonuna başlanmıştır. Deneyler sırasında hava enjeksiyon hızı ve basıncı sabit tutulmuştur. Çeket tüpü ile yanma tüpü arasındaki anülüs, yanma tüpünden dışarı ısı transferini azaltmak için izolasyon maddesi vermikülit ile doldurulmuştur.

Yanma deneylerinde merkez sıcaklıkları, hava enjeksiyon basıncı, hava enjeksiyon hızı, üretilen gazın hızı, toplam üretilen gazın hacmi, petrol ve su üretimleri ölçülmüştür. Üretilen gazın analizi devamlı gaz analiz cihazı ve her 20 dakikada bir gaz kromatografi ile yapılmıştır. Yanma tüpü deneyleri sırasında ölçülen veriler Ek-D' de verilmiştir.

BÖLÜM 7

DENEYSEL VERİLERİN ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

7.1. THERMAL ANALİZ DENEYLERİ

Projede, Maden Tetkik Araştırma Enstitüsü (MTA) laboratuvarlarında numunelerin “proximate” ve “ultimate” analizleri gerçekleştirilmiş olup araştırmada kullanılan petrollü şeyllerin ortalama üst kalorifik değer limitleri 780 – 1086 cal/gr; su oranları 1.60 - 12.90 %; kül oranları 60.50 – 80.50 %; karbon oranları 5.63 – 14.24 %; hidrojen oranları 1.30 – 2.20 %; oksijen-nitrojen oranları 3.89 – 10.48 % ve sülfür oranları 0.21 – 12.50 arasında değiştiği gözlenmiştir. Deneylerde kullanılan petrollü şeyllerin proximate ve ultimate analiz sonuçları Tablo 7.1 ‘de verilmiştir.

Tablo 7.1. Numunelerin “Proximate” ve “Ultimate “ analiz sonuçları.

Numune	Üst Kalori (cal/gr)	Alt Kalori (cal/gr)	Su (%)	Kül (%)	C (%)	H (%)	O,N (%)	S (%)
Beypazarı	850	725	2.40	65.20	8.40	1.60	4.55	0.21
Seyitömer	1006	930	2.80	70.90	8.58	1.40	4.39	0.19
Hatıldağ	774	658	1.60	66.20	5.63	1.30	3.89	1.25
Himmetoğlu	1086	964	12.90	60.50	13.60	1.50	10.48	0.99

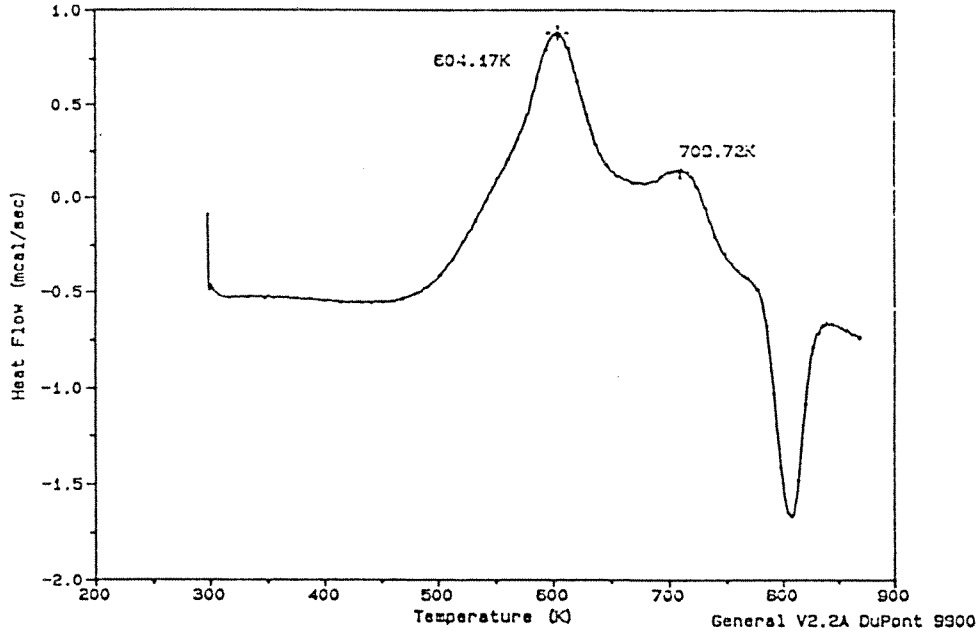
Termal analiz deneylerinde, tüm numunelerin ısısal analizleri türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ve termogravimetrik analiz (TG/DTG) cihazlarıyla yapılmıştır. Tüm deneyler çalışılan sahalardan alınan numunelerden 10 mg’lık örnekler alınarak cihazların numune kaplarına yerleştirilerek yapılmıştır. Deneylerde 5 °C/dakika doğrusal ısıtma hızı kullanılmış, sıcaklık aralığı 20-600 °C arasında tutulmuştur. Hava enjeksiyon hızı 50 ml/dakika olarak sabit tutulmuştur. Deneylerden önce cihazların kalibrasyonları indium (DSC) ve calcium oxalate monohydrate (TG/DTG) kullanılarak gerçekleştirilmiş ve tekrarlanabilirliği görme açısından tüm deneyler iki kere yapılmıştır.

Petrollü şeylerin türevsel taramalı kalorimetre (DSC) sonuçları Şekil 7.1 – 7.4 ‘de gösterilmiştir. DSC eğrilerinin analizinden Seyitömer için 485.5 cal/gr, Himmetoğlu için 2842.2 cal/gr, Hatıldağ için 199.1 cal/gr ve Beypazarı için 440.1 cal/gr ısı açığa çıktığı belirlenmiştir. Çalışılan tüm numunelerde, organik madde transferinde iki veya üç ayrı reaksiyon zonunun olduğu gözlenmiştir. Himmetoğlu ve Beypazarı petrollü şeylerinde üçüncü zonun ≈ 460 °C ‘de olduğu tesbit edilmiştir. Himmetoğlu petrollü şeylinin yanma karakteristiğinin diğer petrollü şeylere göre yüksek olduğu, açığa çıkardığı enerjinin yüksek olması şeklinde açıklanmıştır. Yüksek ısıl değere sahip olan petrollü şeylin organik madde miktarı diğer petrollü şeylere göre daha fazladır. Teorik olarak petrollü şeylerin yanması numune yüzeyinin oksijenle teması neticesinde oluşur. Ancak petrollü şeylin kompozisyonu, sıcaklık ve oksijen oranı reaksiyonun oluşumunu belirleyen faktörlerdir. Türevsel taramalı kalorimetre ile ölçülen peak sıcaklıkları Tablo 7.2 ‘de verilmiştir.

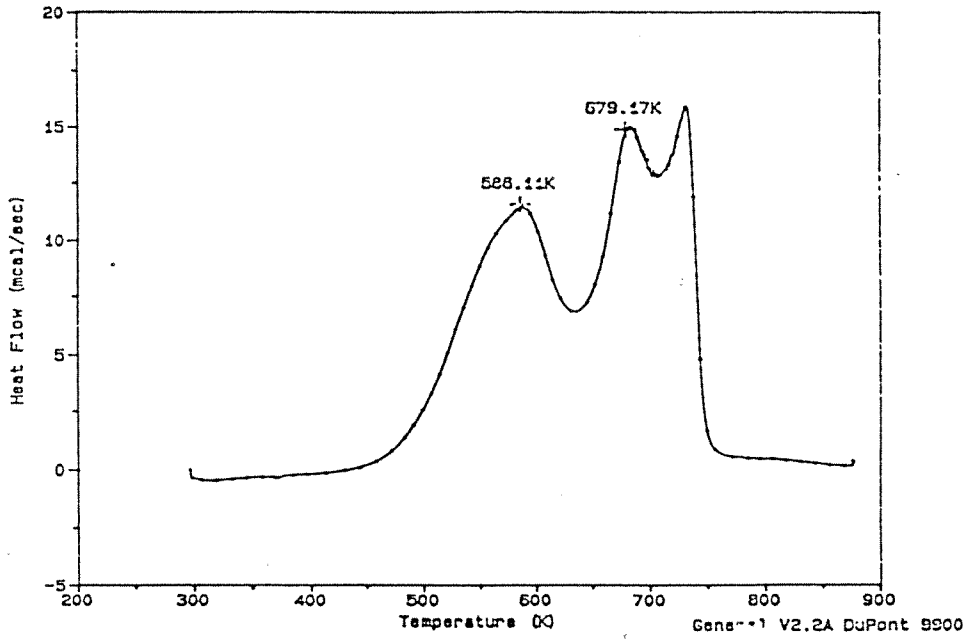
Tablo 7.2. Numunelerin peak sıcaklık değerleri

Numune	Peak – 1 (°C)	Peak – 2 (°C)	Peak – 3 (°C)
Beypazarı	335	389	467
Hatıldağ	331	427	-
Himmetoğlu	319	406	457
Seyitömer	318	375	-

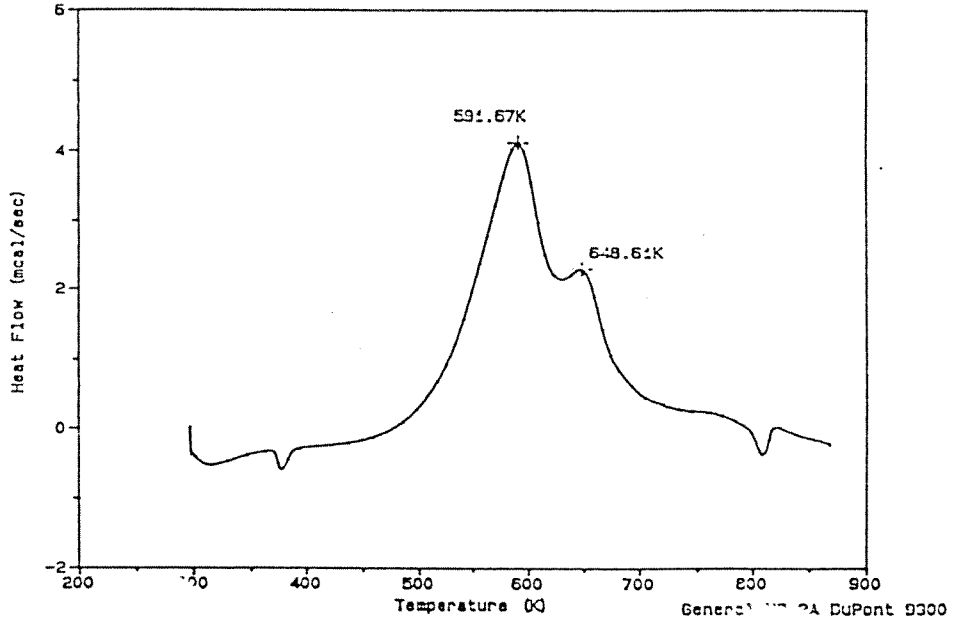
TG/DTG eğrilerinin esas karakteristiği kütle kaybının en fazla olduğu zamana eşit olan yüksek sıcaklıktır. Yüksek sıcaklığa bağlı olarak türev eğrisi yanma sıcaklıklarında hızla azalmaktadır. Yanma sıcaklığı (burn-out temperature) numunenin tamamıyla yandığı andaki sıcaklığı göstermektedir. Şekil 7.5 – 7.8 ‘de TG/DTG analiz eğrileri gösterilmiştir. Bu analizlerden, Seyitömer, Himmetoğlu, Hatıldağ ve Beypazarı petrollü şeyleri için yanma sıcaklıkları 575, 480, 590 ve 500 °C olarak bulunmuştur. Deneyler



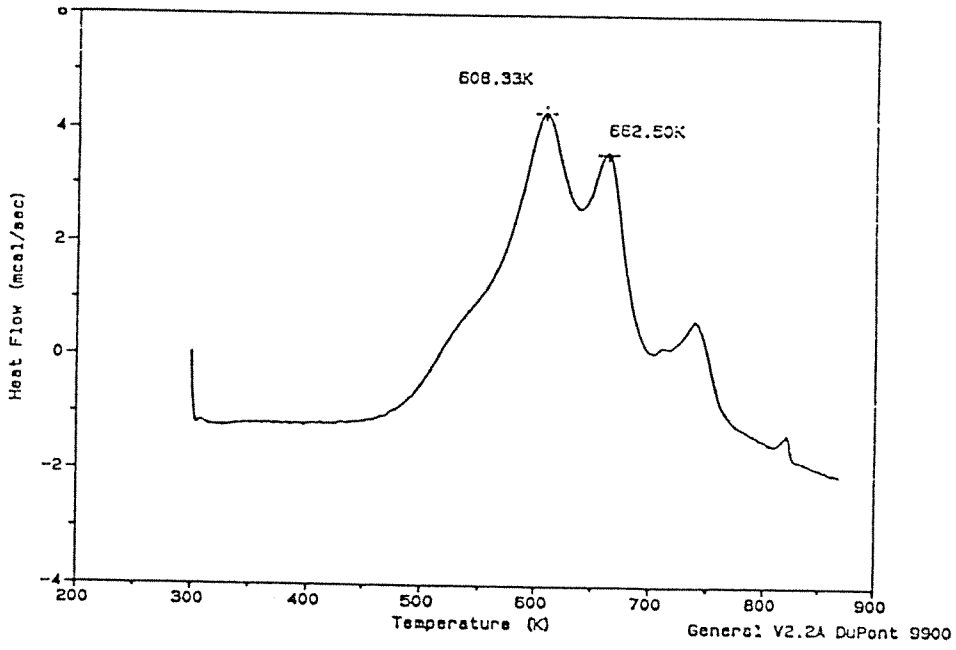
Şekil 7.1. Hatıldağ petrolü şeyli DSC eğrisi



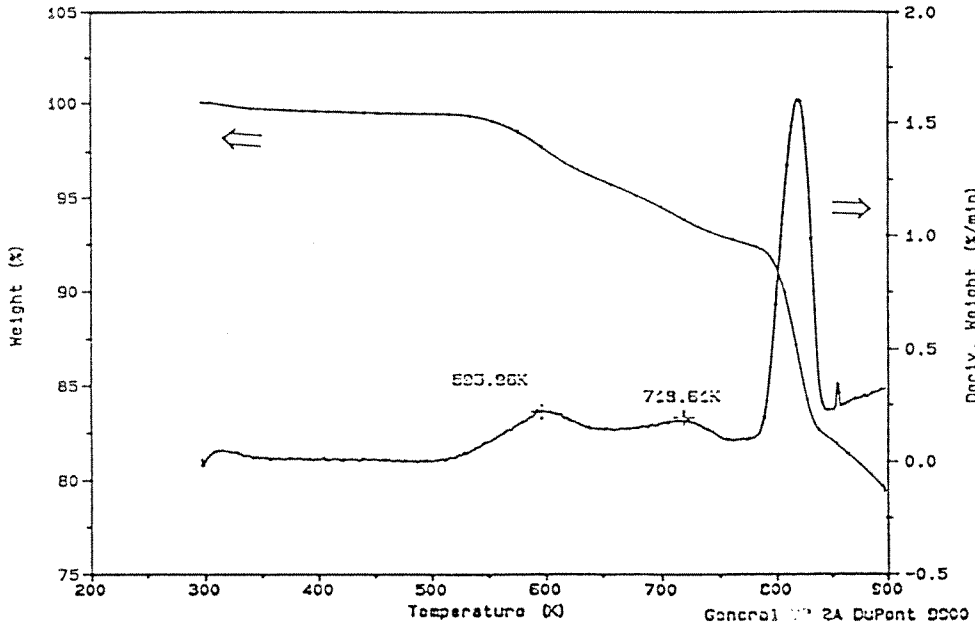
Şekil 7.2. Himmetoğlu petrolü şeyli DSC eğrisi



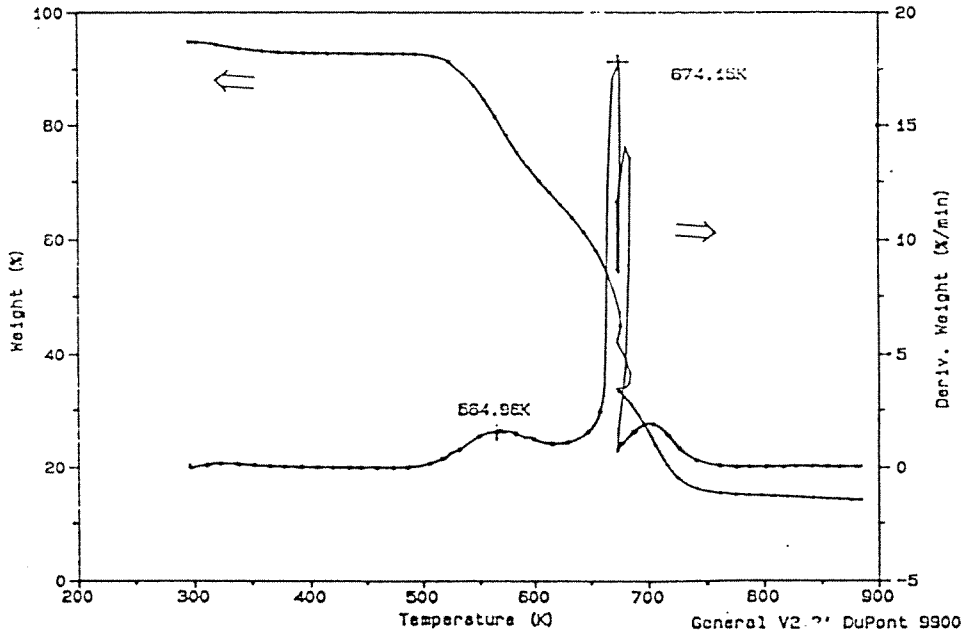
Şekil 7.3. Seyitömer petrolü şeyli DSC eğrisi



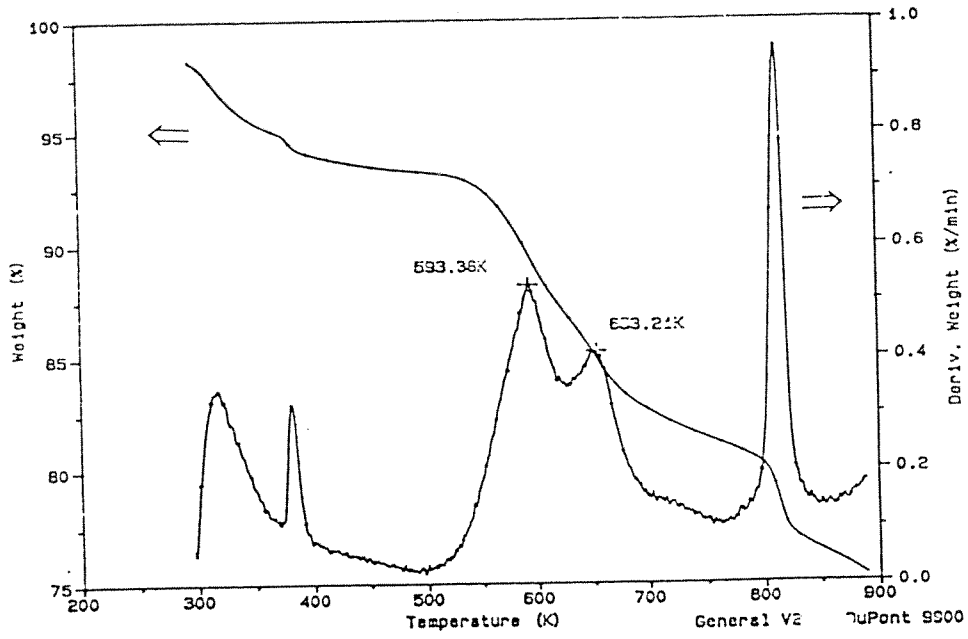
Şekil 7.4. Beypazarı petrolü şeyli DSC eğrisi



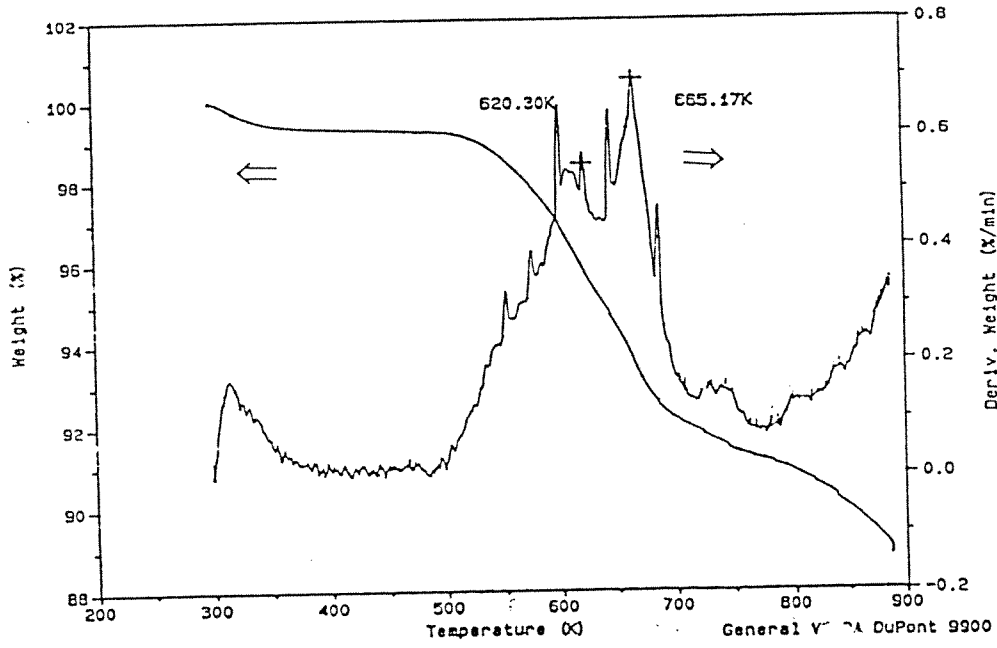
Şekil 7.5. Hatıdağ petrolü şeyli TG/DTG eğrisi



Şekil 7.6. Himmetoğlu petrolü şeyli TG/DTG eğrisi



Şekil 7.7. Seyitömer petrolü şeyli TG/DTG eğrisi



Şekil 7.8. Beypazarı petrolü şeyli TG/DTG eğrisi

sonucunda, yanma reaksiyonunda organik madde miktarının yüzde 7.5 – 80 arasında değiştiği gözlenmiştir. Himmetoğlu petrolü için organik madde miktarı % 80 olmuştur. Bu oran Hatıldığ ve Beypazarı petrolü için % 7.4 iken, Seyitömer petrolü için % 10 olmuştur. Petrolü şeylin derecesi artan organik madde miktarının artmasıyla artmıştır.

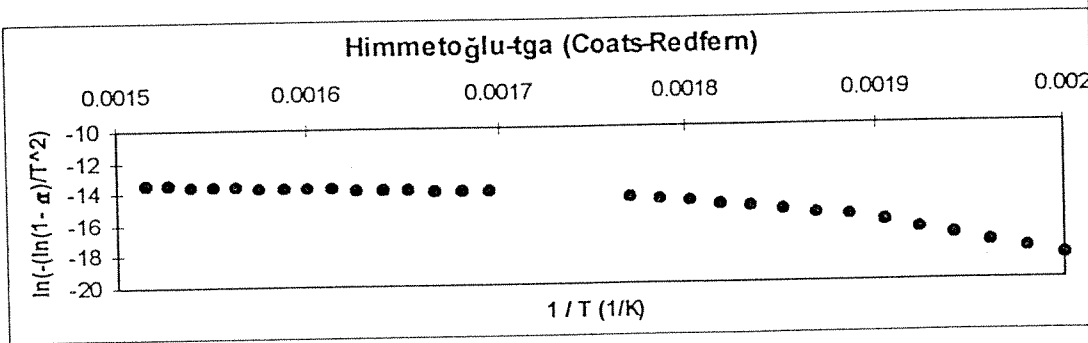
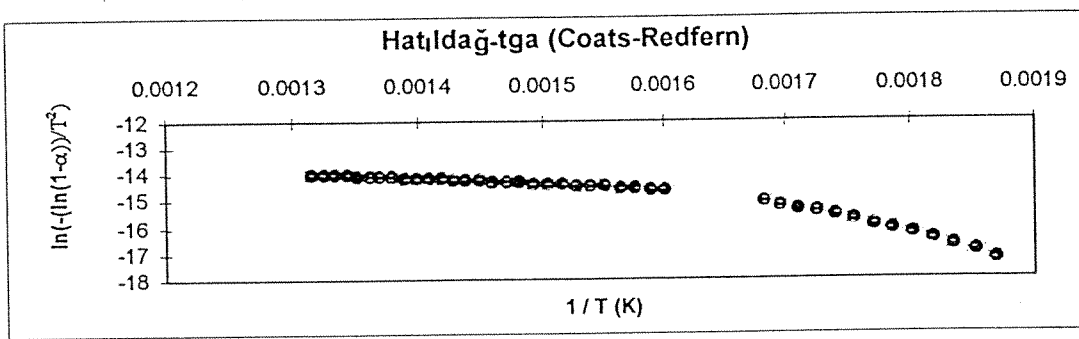
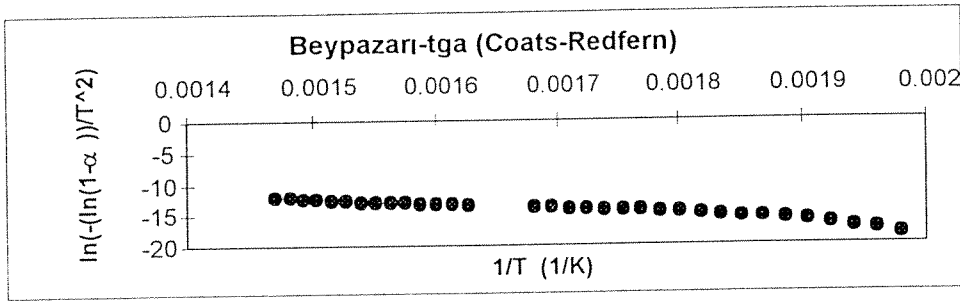
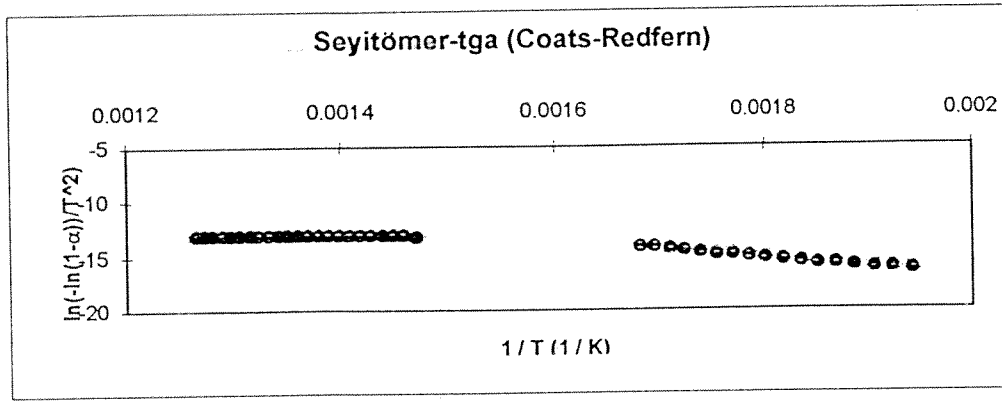
Kinetik analiz yöntemi olarak Arrhenius teorisine bağlı Coats ve Redfern yöntemi kullanılmış ve yapılan kinetik analiz sonuçları her bir petrolü şeyl için Şekil 7.9 'da verilmiştir. Coats ve Redfern, TG/DTG verilerine uygulanabilen, reaksiyon sabitlerini varsayan integral bir yöntem geliştirmişlerdir. Doğru seçilen bir reaksiyon sabiti ile aktivasyon enerjisinin tesbit edilebilmesi için doğrusal bir eğri elde edilmelidir. Bu analiz için önerilen formül şu şekildedir:

$$\ln \left[\frac{1 - (1 - \alpha)^{1-n}}{T^2(1-n)} \right] = \ln \left[\left(\frac{A_r}{(\beta E)(1 - 2RT - E)} \right) \right] - \left[\frac{E}{(RT)} \right]$$

bu formülde; β ısıtma hızıdır.

Böylece, $\ln \left[\frac{1 - (1 - \alpha)^{1-n}}{T^2(1-n)} \right]$ değerini $1/T$ 'ye karşı grafiğini çizersek, doğrusal yaklaşım elde edilir, bu doğrunun eğiminden reaksiyon katsayısı (n)'in doğru tespit edilmesiyle $-E/R$ değerleri bulunur.

Coats ve Redfern modeline göre kinetik parametreler aşağıda belirtilen yöntemle bulunmuştur. Her bir petrolü şeyl için farklı reaksiyon sabitleri (1/2, 2/3, 1 ve 3/2) alınmış ve çalışılan tüm petrolü şeyllerin reaksiyon sabitinin "1" olduğu gözlenmiştir. Petrolü şeyl numuneleri için hesaplanan aktivasyon enerjileri Tablo 7.3 'de verilmiştir. Arrhenius sabitleri hesaplanmış ve Tablo 7.4 'de verilmiştir.



Şekil 7.9. Kinetik analiz sonuçları

Tablo 7.3. Numunelerin Aktivasyon enerji değerleri

Numune	Aktivasyon enerjisi (Kj/mol)
Beypazarı (1)	111.6
Beypazarı (2)	64.4
Hatıldağ (1)	88.7
Hatıldağ (2)	17.9
Himmetoğlu (1)	127.6
Himmetoğlu (2)	24.5
Seyitömer (1)	73.8
Seyitömer (2)	5.9

Tablo 7.4. Arrhenius Sabitleri

Numune	Arrhenius Sabitleri (1/dak)
Beypazarı (1)	7.05×10^3
Beypazarı (2)	2.01×10^4
Hatıldağ (1)	3.85×10^4
Hatıldağ (2)	1.18×10^4
Himmetoğlu (1)	4.12×10^{10}
Himmetoğlu (2)	3.05×10^5
Seyitömer (1)	1.11×10^5
Seyitömer (2)	2.41×10^3

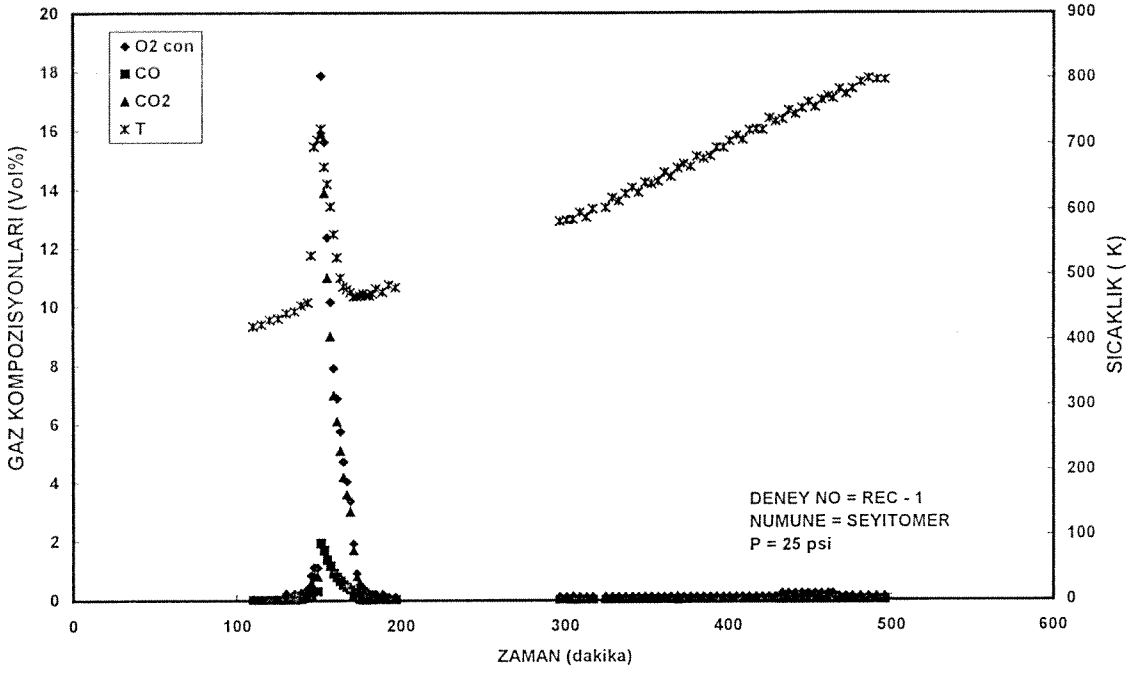
7.2. REAKSİYON KİNETİK DENEYLERİ

Projenin bu aşamasında, toplam 12 adet deney Beypazarı, Himmetoğlu, Seyitömer ve Hatıldağ petrollü şeyl numuneleri kullanılarak yapılmıştır. Tablo 7.5 'de deney şartları verilmiştir. Reaksiyon kinetiği deneylerinde, esas amaç üretilen gazların analizinin yapılmasıdır. Reaksiyon hücresi 500 °C 'ye 1 °C/dakika ısıtma hızıyla ısıtılırken, hava

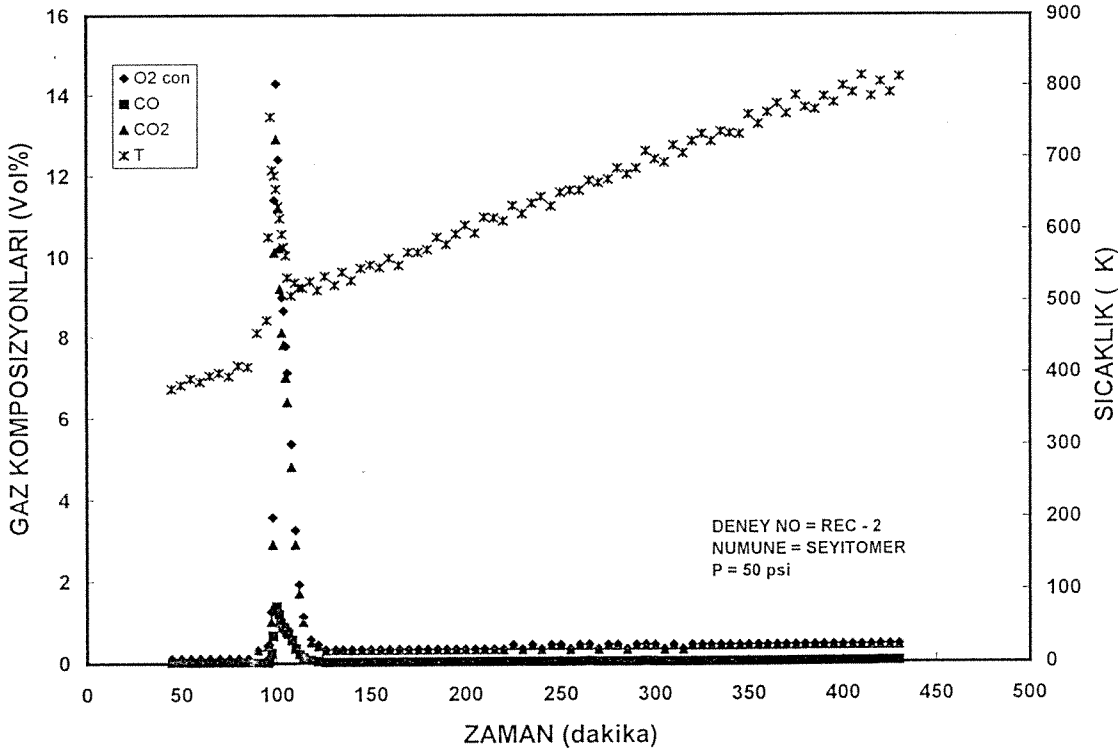
enjeksiyonu neticesinde, üretilen gazın içerisindeki O₂, CO₂, CO ve N₂ gazlarının analizleri yapılmış ve sıcaklıklar kaydedilmiştir. Bu verilerin tümü ve yapılan hesaplamalar Ek-E 'de verilmiştir. Üretilen CO₂, CO, tüketilen O₂ ve sıcaklığın hava enjeksiyonunun başlamasından sonra zamana göre çizilen grafikleri Şekil 7.10 - 7.21 'de gösterilmiştir. Bu şekillerden görüldüğü gibi, tüketilen O₂, CO₂ ve CO eğrilerinde değişen sıcaklıklarda, bazı petrolü şeylerde (Beypazarı, Hatıldağ) iki ayrı yükselme görülmektedir. Birinci yükselme, düşük sıcaklık oksidasyonunu, ikinci yükselme ise yüksek sıcaklık oksidasyonunu ve yakıt yanmasını göstermektedir. Bu iki yükselme arasındaki bölge, sıcaklık artmasına rağmen, yakıt depolamasını göstermektedir. Bu reaksiyon sırasında, ham petrol koklaşmakta ve katı matriks üzerinde yakıt (fuel) olarak depolanmaktadır. Bu yakıt, yerinde yanma yönteminde, yanma yüzeyinin oluşturulup, rezervuar boyunca ilerletilmesinde önemli rol oynamaktadır.

Tablo 7.5. Reaksiyon kinetik deney şartları

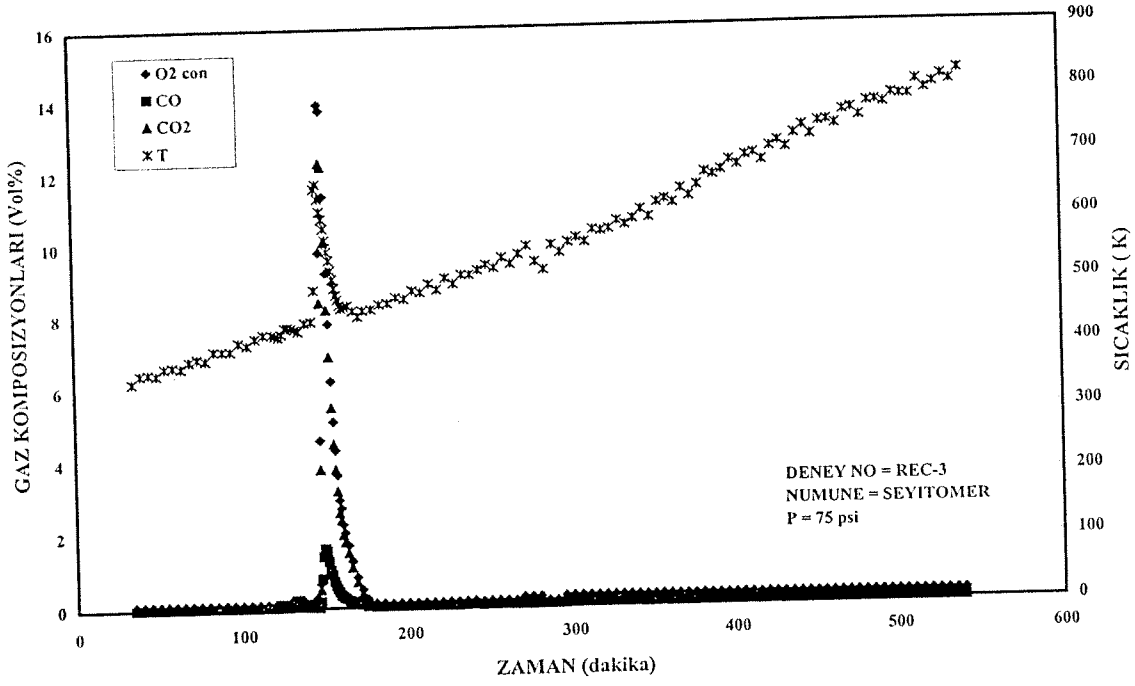
Deney No.	Numune	Basınç (psi)	Hava Enj. Hızı (lt/dak)
REC-1	Seyitömer	25	2.50
REC-2	Seyitömer	50	2.50
REC-3	Seyitömer	75	1.80
REC-4	Beypazarı	25	1.50
REC-5	Beypazarı	50	1.80
REC-6	Beypazarı	75	1.80
REC-7	Himmetoğlu	25	1.50
REC-8	Himmetoğlu	50	1.50
REC-9	Himmetoğlu	75	1.50
REC-10	Hatıldağ	25	1.80
REC-11	Hatıldağ	50	3.00
REC-12	Hatıldağ	75	1.50



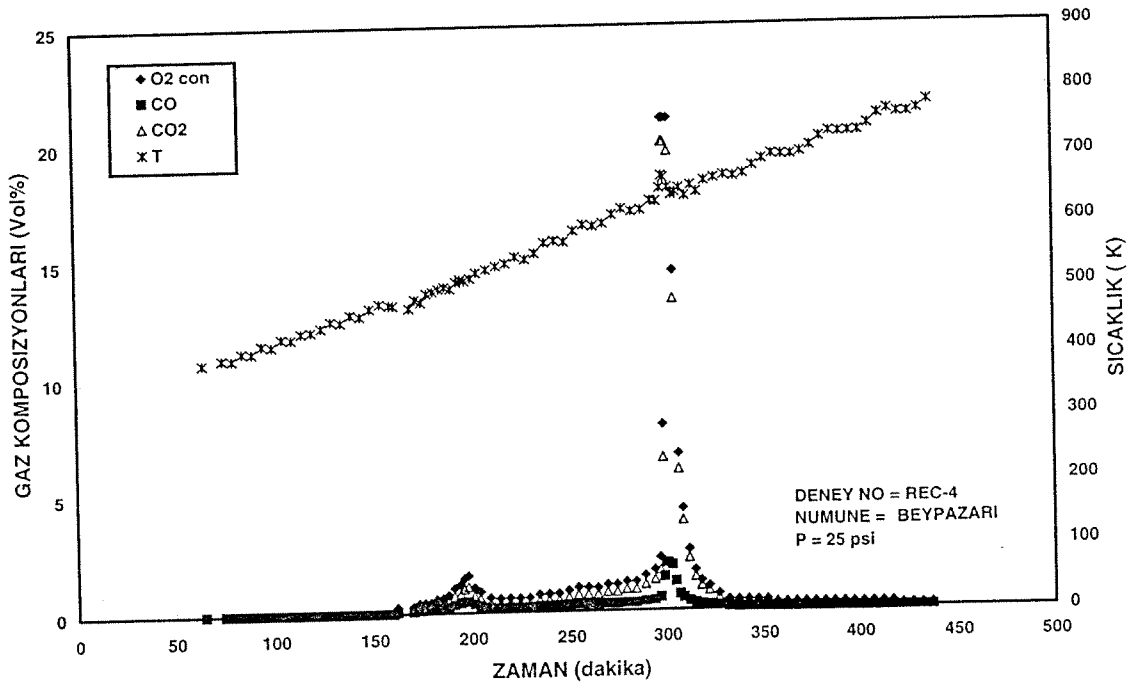
Şekil 7.10. Üretilen gazların ve sıcaklığın zamanla değişimi (REC-1)



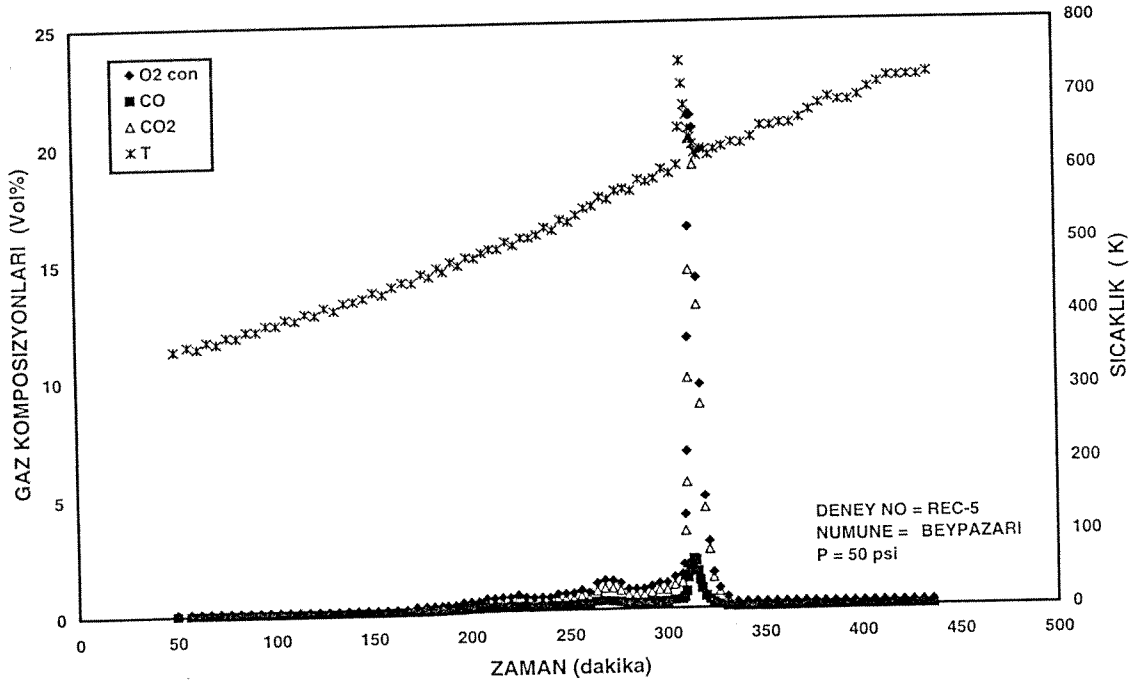
Şekil 7.11. Üretilen gazların ve sıcaklığın zamanla değişimi (REC-2)



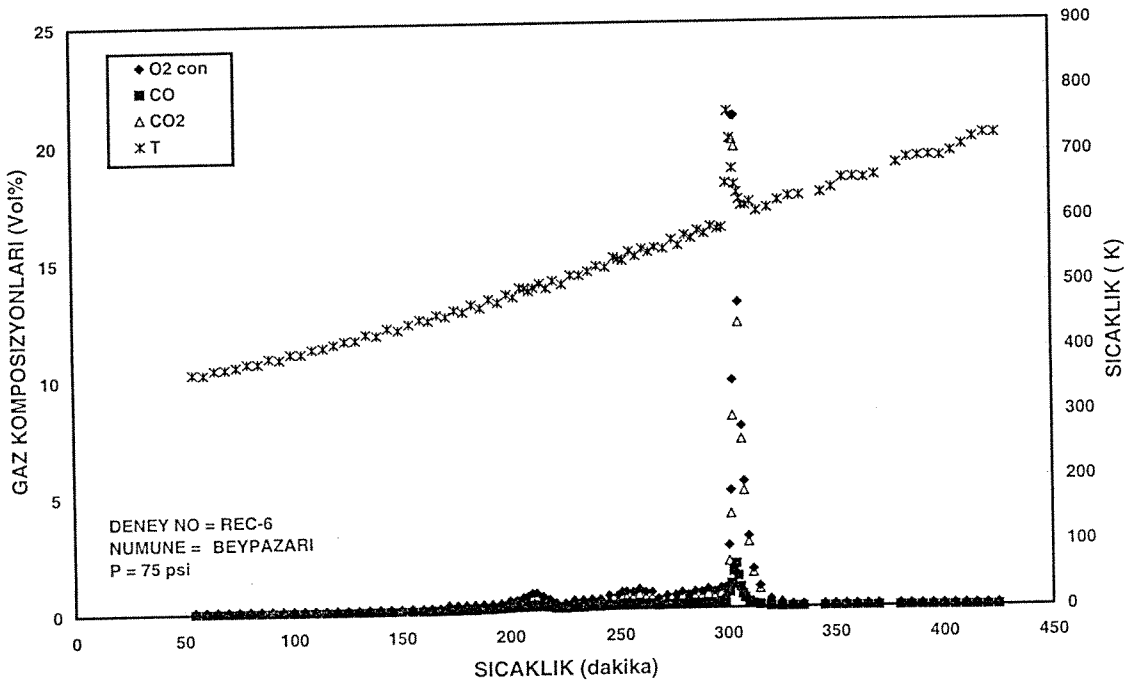
Şekil 7.12. Üretilen gazların ve sıcaklığın zamanla değişimi (REC-3)



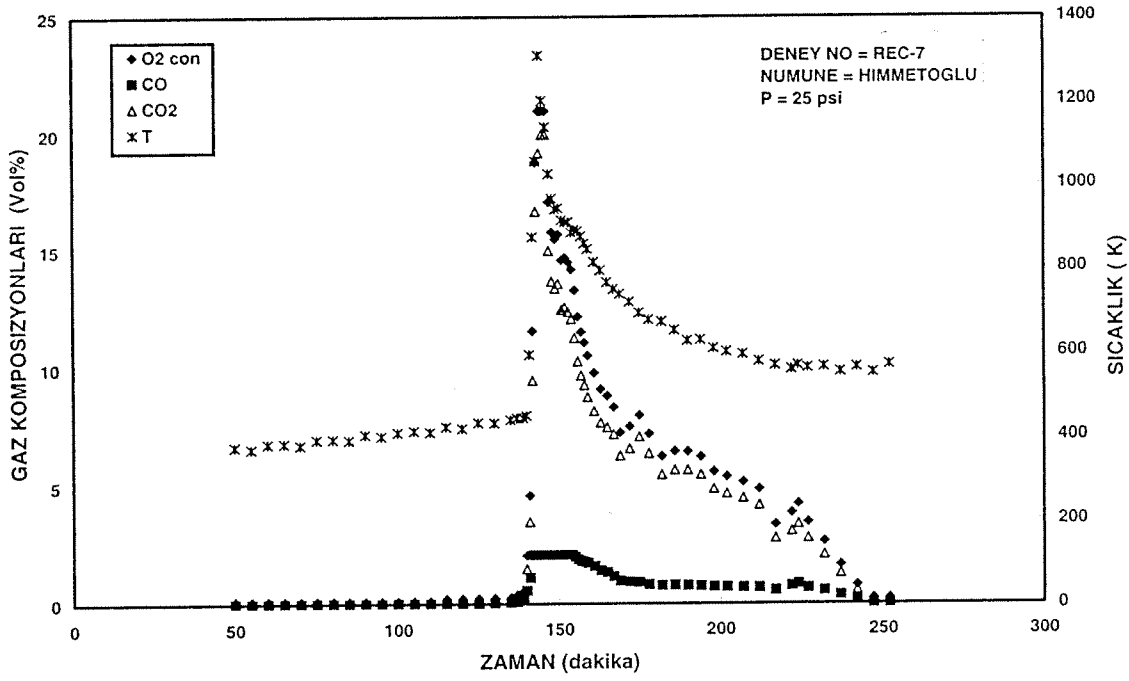
Şekil 7.13. Üretilen gazların ve sıcaklığın zamanla değişimi (REC-4)



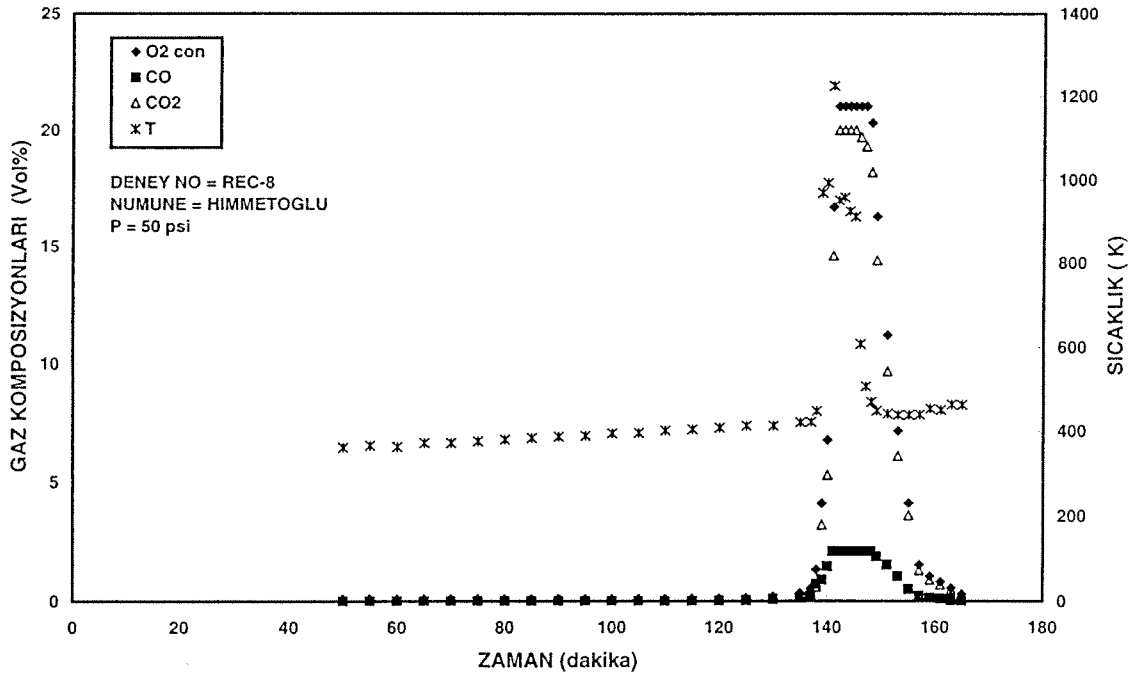
Şekil 7.14. Üretilen gazların ve sıcaklığın zamanla değişimi (REC-5)



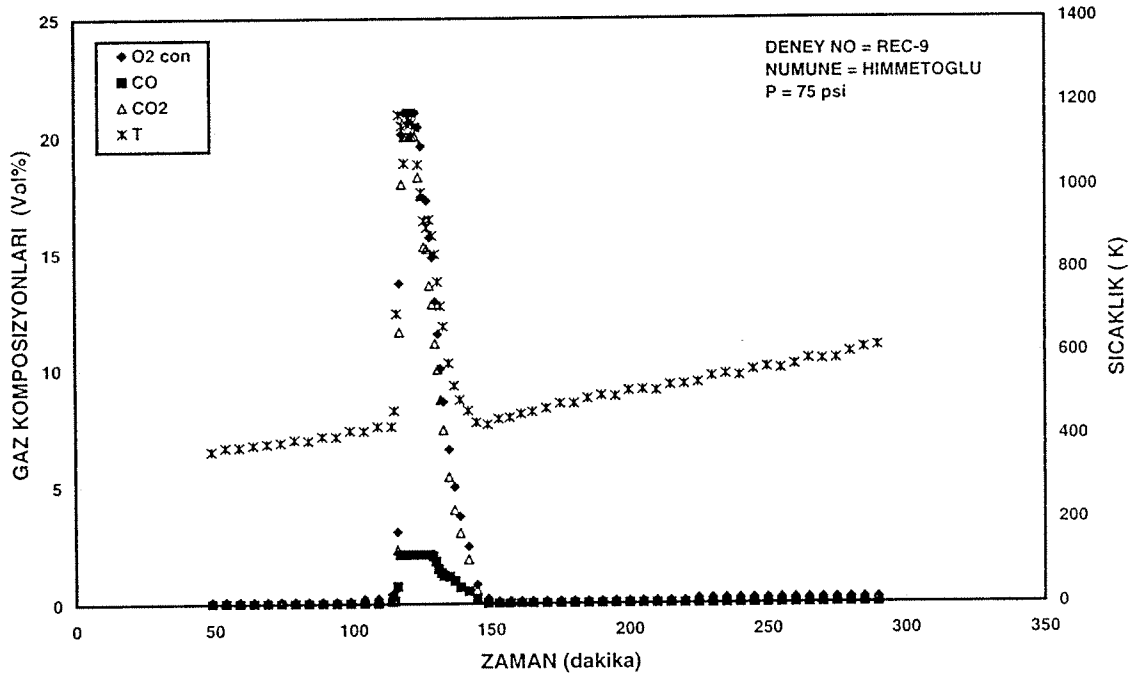
Şekil 7.15. Üretilen gazların ve sıcaklığın zamanla değişimi (REC-6)



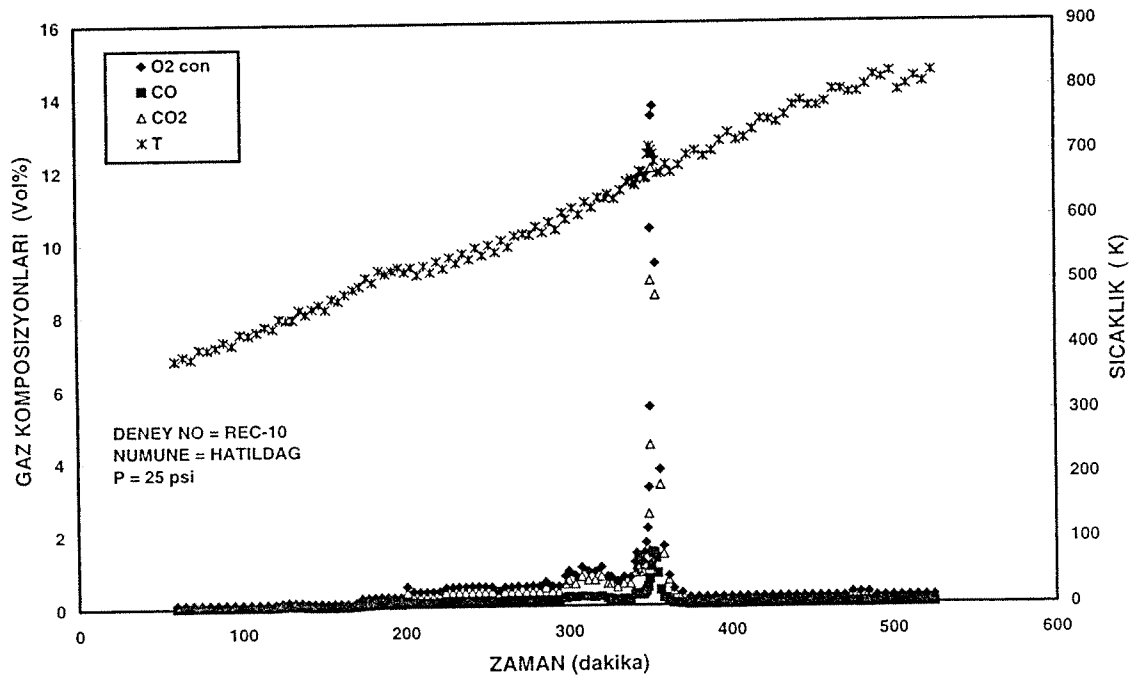
Şekil 7.16. Üretilen gazların ve sıcaklığın zamanla değişimi (REC-7)



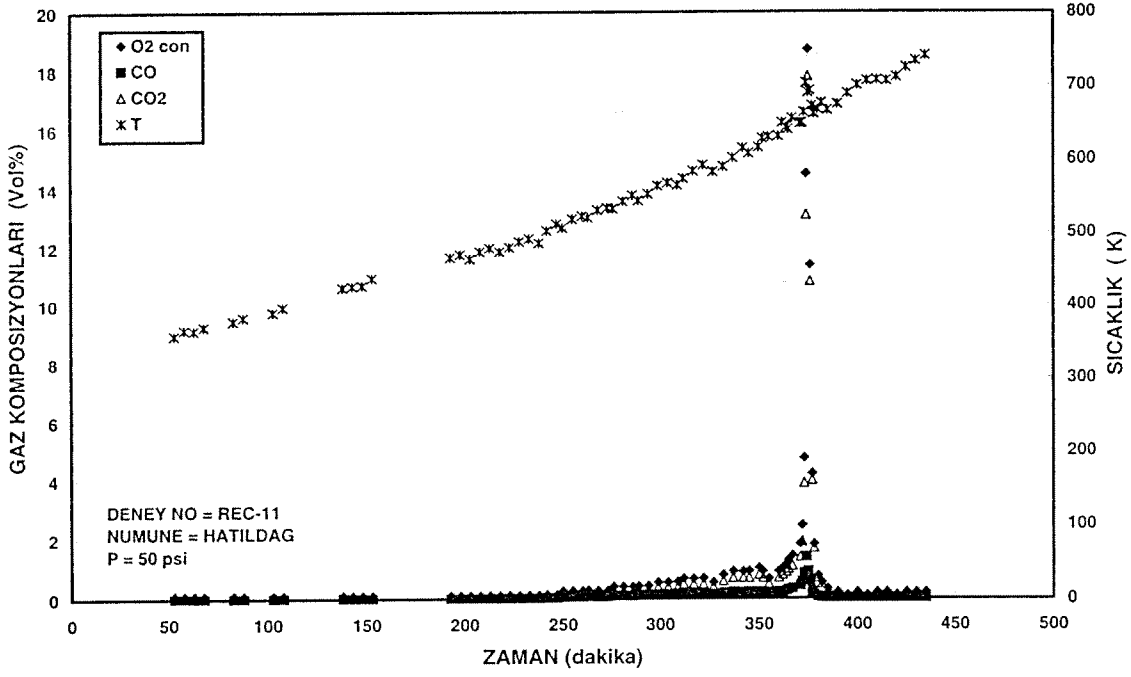
Şekil 7.17. Üretilen gazların ve sıcaklığın zamanla değişimi (REC-8)



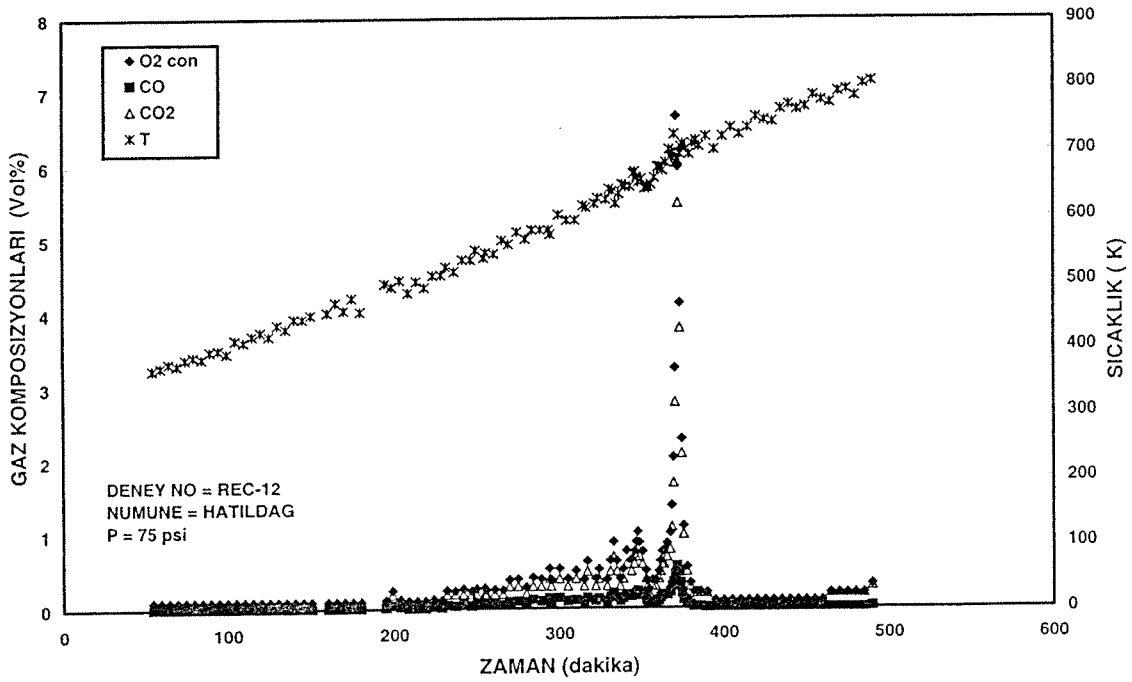
Şekil 7.18. Üretilen gazların ve sıcaklığın zamanla değişimi (REC-9)



Şekil 7.19. Üretilen gazların ve sıcaklığın zamanla değişimi (REC-10)



Şekil 7.20. Üretilen gazların ve sıcaklığın zamanla değişimi (REC-11)



Şekil 7.21. Üretilen gazların ve sıcaklığın zamanla değişimi (REC-12)

7.2.1. Tüketilen Oksijen

Her deneyde, enjekte edilen hava hızının sabit tutulmasına rağmen, üretilen gazın üretim hızında değişiklikler olmaktadır. Bunun nedeni reaksiyona giren ve üretilen gaz içerisindeki mol sayıları arasındaki farklılıktan gelmektedir. Bu farklılığı hesaplara dahil etmek için, tüketilen oksijen miktarları Ek-E'de 6. No.lu denklem kullanılarak hesaplanmıştır. Karbon oksitlerin üretimini incelersek, farklı sıcaklıklarda iki ayrı bölgede en yüksek değerlerine ulaşmaktadırlar. Buna göre, yüksek sıcaklıklarda tüketilen oksijen miktarı üretilen karbon oksitlerin miktarı ile karşılaştırılabilmektedir. Fakat düşük sıcaklıklarda, tüketilen oksijen miktarı üretilen karbon oksitlerden fazladır.

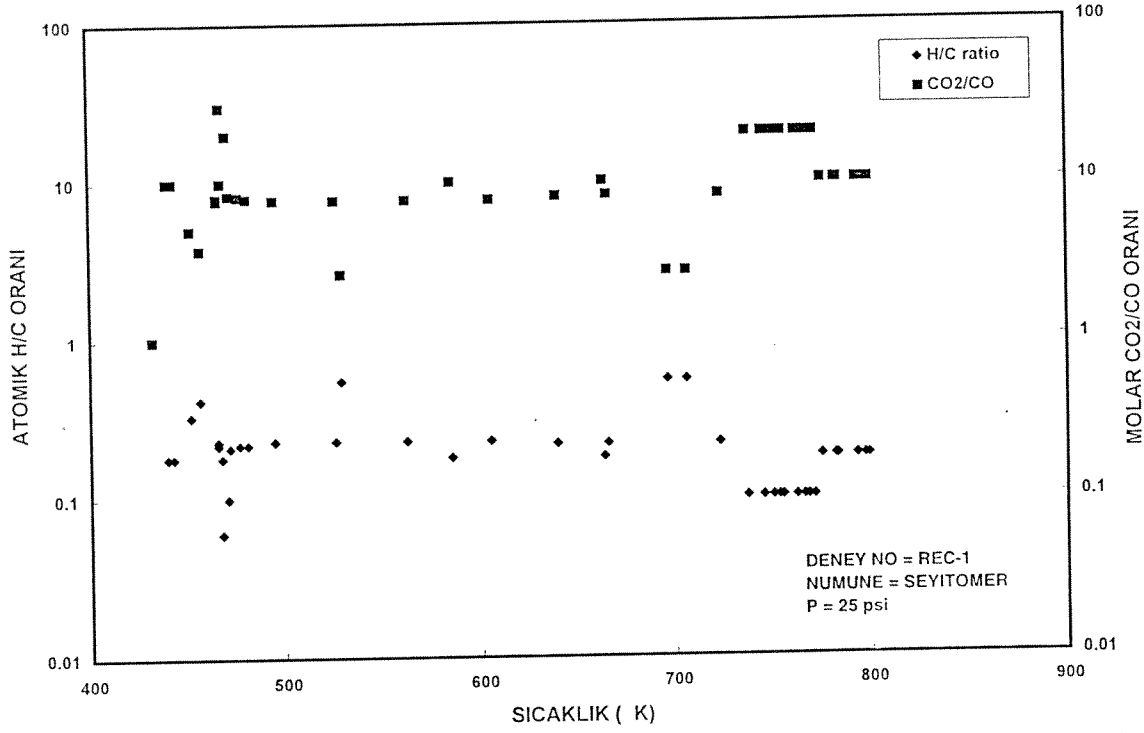
7.2.2. Molar CO₂/CO Oranı

Düşük sıcaklık oksidasyonu, yakıt depolanmasını ve yakıt yanmasını incelemek için, her petrolün sıcaklıkla değişen molar CO₂/CO oranları hesaplanmıştır. Petrollü şeylin oksidasyonunda üretilen karbon oksitlerin farklı sıcaklıklardaki üretilen molar CO₂/CO oranları Şekil 7.22 – 7.33 'de gösterilmiştir. Molar CO₂/CO oranlarının farklı sıcaklıklardaki değişimi, reaksiyonların birbirine geçiş bölgelerini tesbit etmekte kullanılmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda, molar CO₂/CO oranı sabit kalmakta, düşük sıcaklıklarda ve yakıt depolanması bölgesinde molar CO₂/CO oranları artmaya devam etmektedir. Yüksek sıcaklıklarda, molar CO₂/CO oranının sabit kalması, karbon oksitlerin aynı reaksiyon neticesinde üretildiğini göstermektedir.

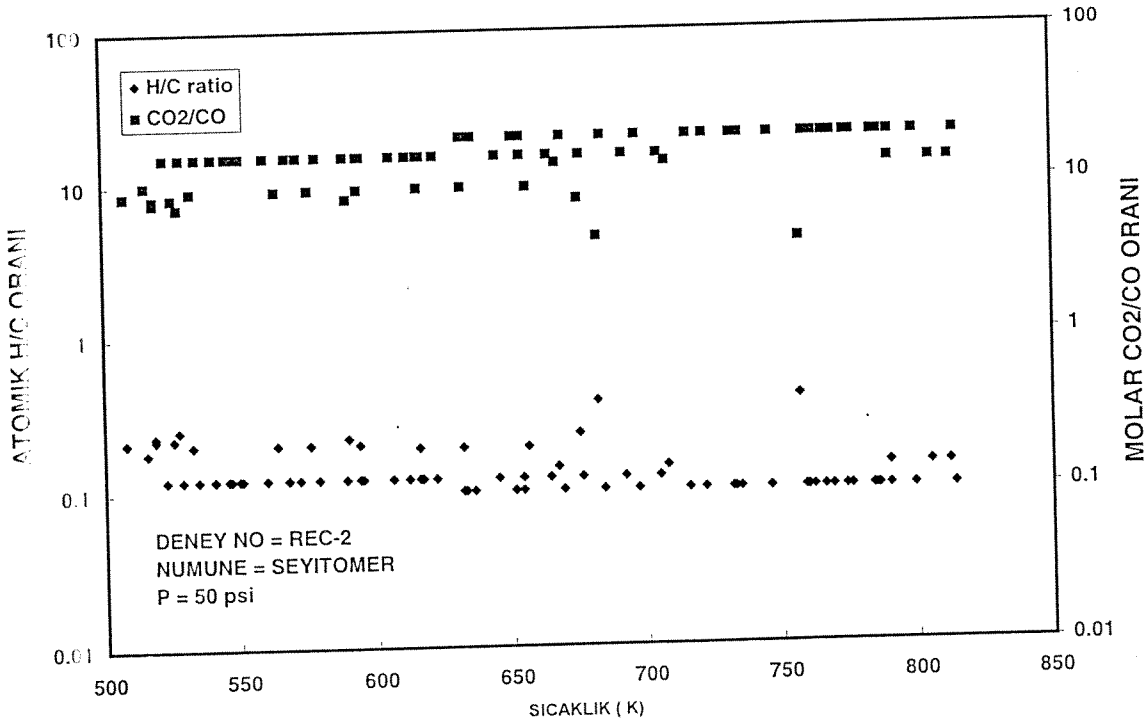
Üretilen gaz içerisindeki CO₂ miktarı, reaksiyon kinetik hücresinin sıcaklığı arttıkça artmaktadır. Bu da Wilson ve diğerlerinin (1958) sonuçlarıyla aynıdır ve deneylerinde sıcaklığın artmasıyla, CO₂ 'ye dönüşümünde arttığını gözlemişlerdir. Farklı reaksiyon bölgeleri için bulunan molar CO₂/CO oranları Tablo 7.6 'da verilmiştir.

7.2.3. Atomik H/C Oranı

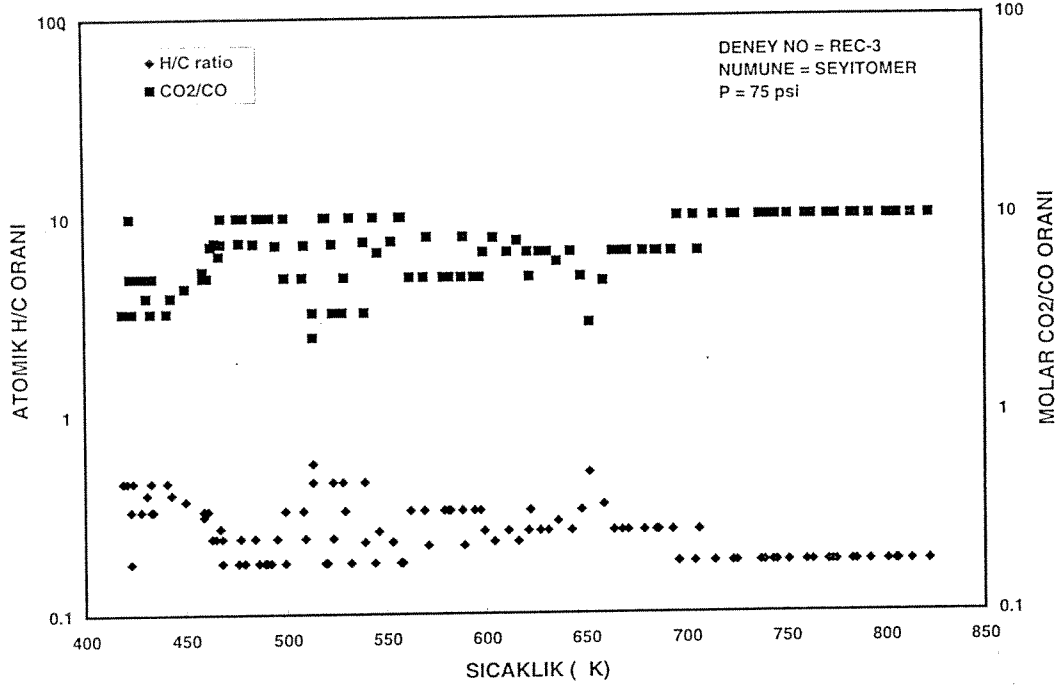
Atomik H/C oranı sıcaklığın fonksiyonu olarak üretilen gazların analizinden hesaplanmaktadır. Atomik H/C ile üretilen gazların arasındaki ilişki:



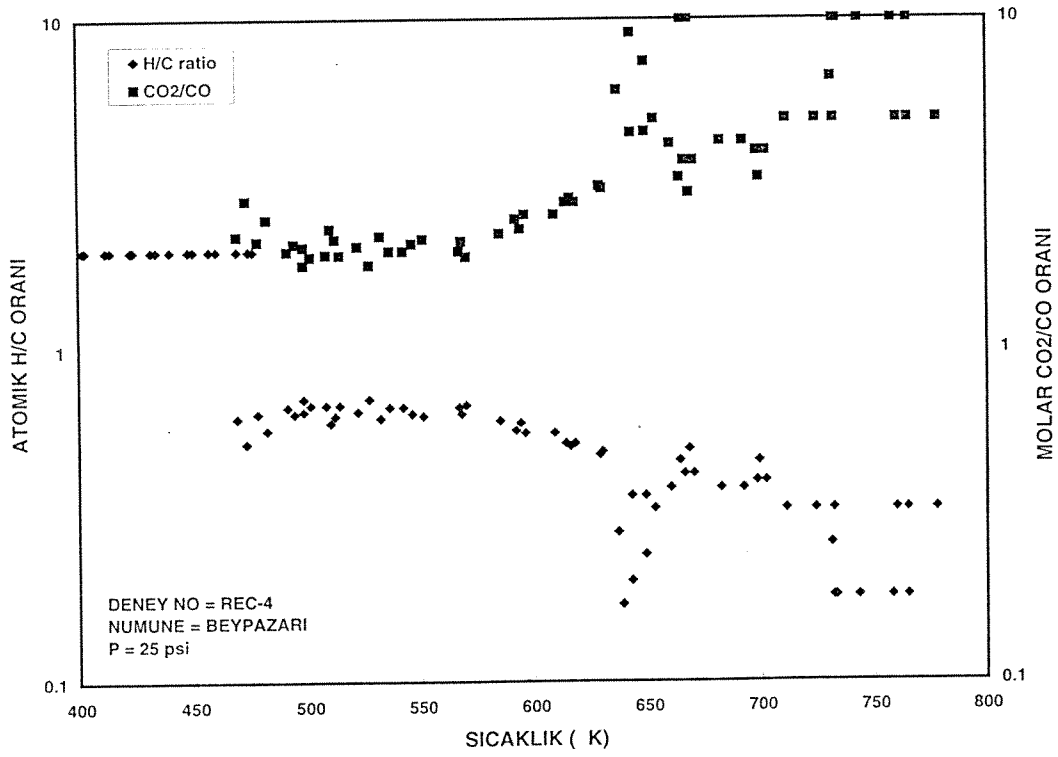
Şekil 7.22. Molar CO₂/CO ve atomik H/C oranlarının sıcaklıkla değişimi (REC-1)



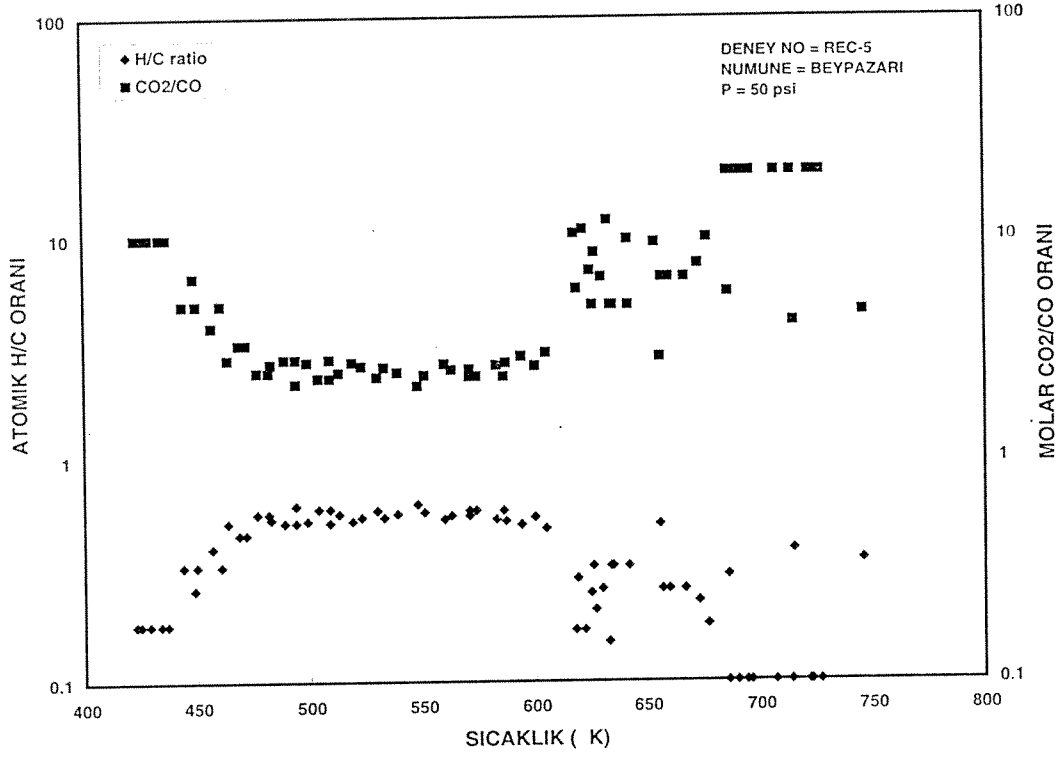
Şekil 7.23. Molar CO₂/CO ve atomik H/C oranlarının sıcaklıkla değişimi (REC-2)



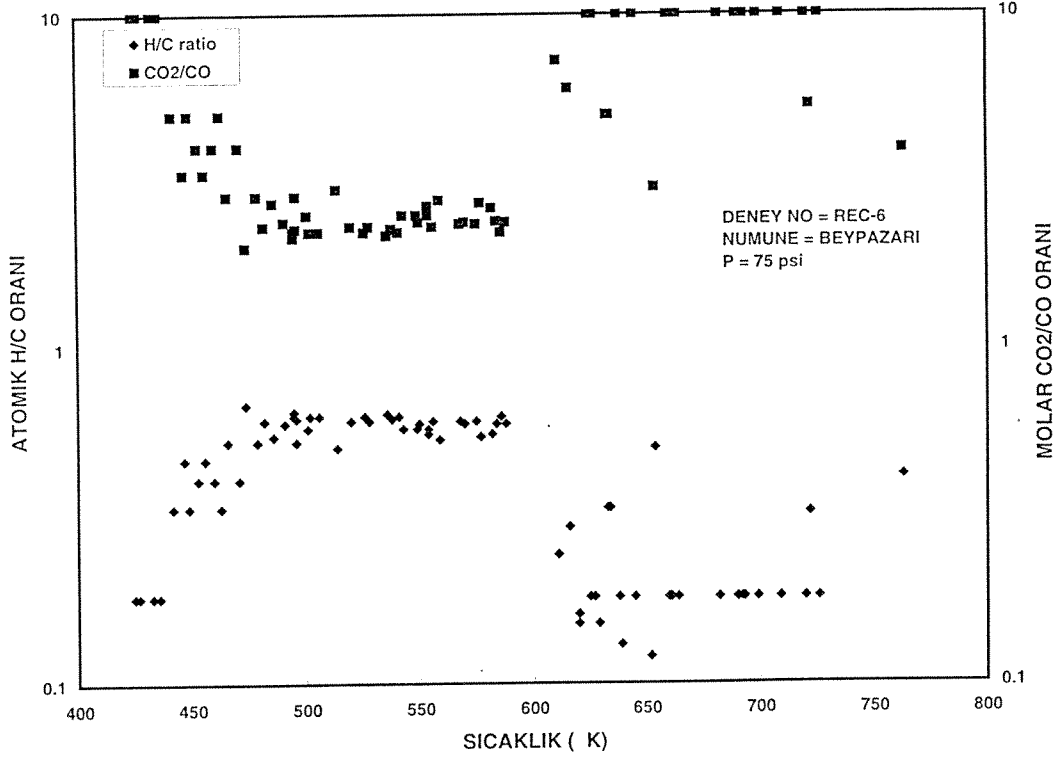
Şekil 7.24. Molar CO₂/CO ve atomik H/C oranlarının sıcaklıkla değişimi (REC-3)



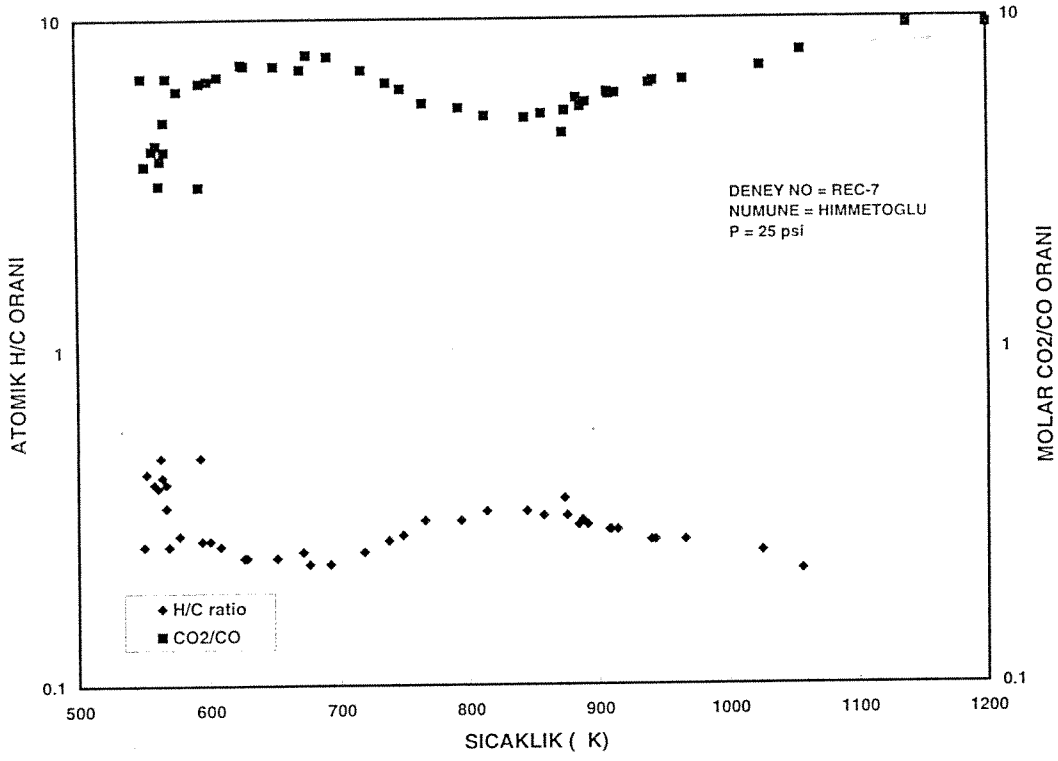
Şekil 7.25. Molar CO₂/CO ve atomik H/C oranlarının sıcaklıkla değişimi (REC-4)



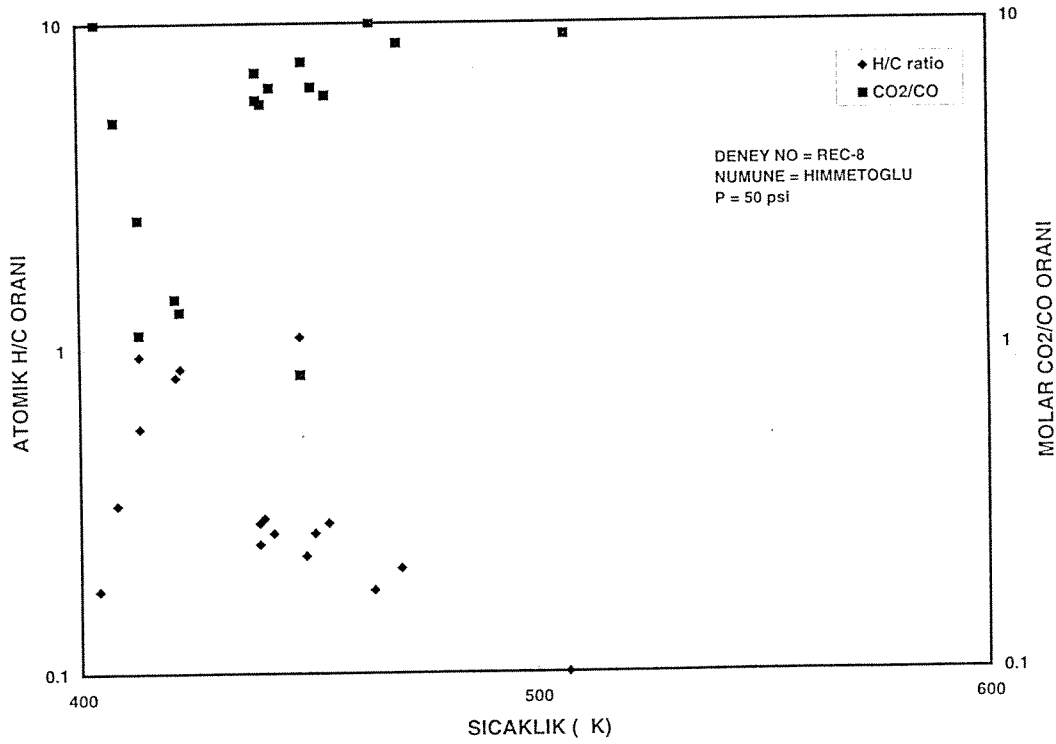
Şekil 7.26. Molar CO₂/CO ve atomik H/C oranlarının sıcaklıkla değişimi (REC-5)



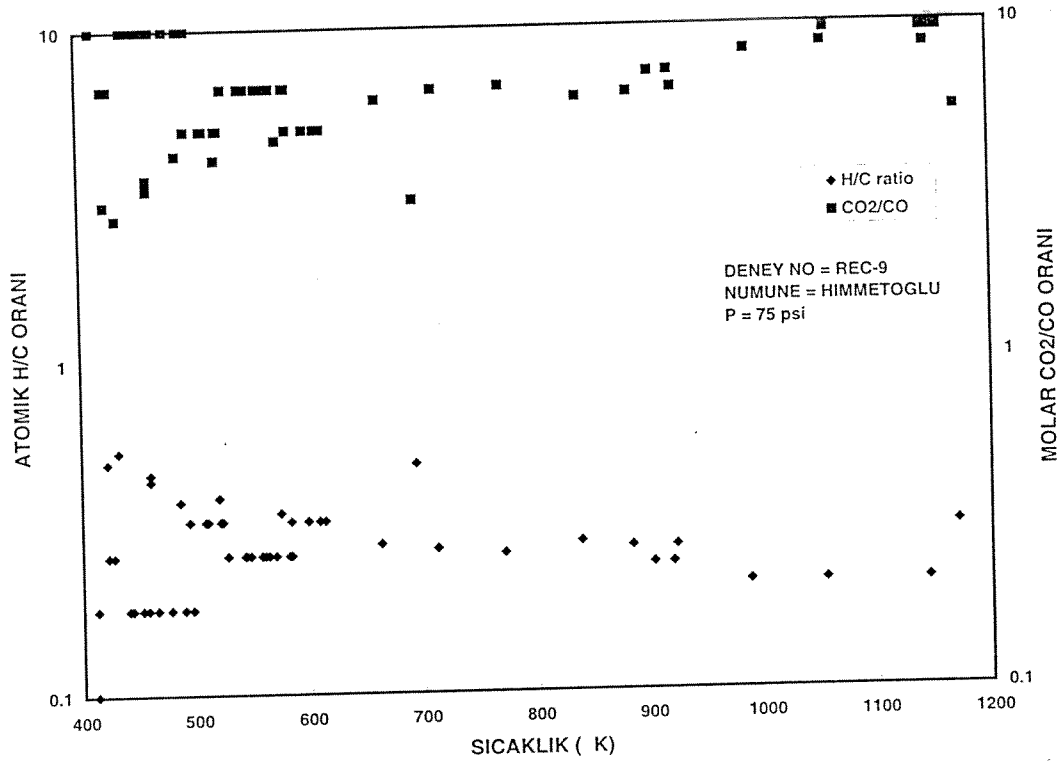
Şekil 7.27. Molar CO₂/CO ve atomik H/C oranlarının sıcaklıkla değişimi (REC-6)



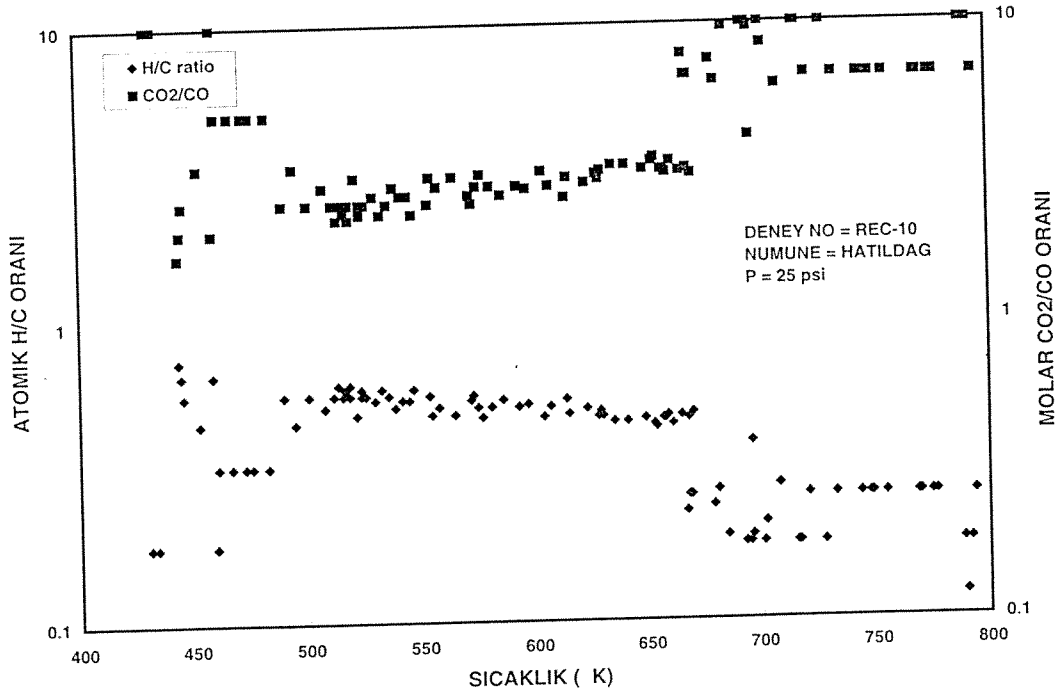
Şekil 7.28. Molar CO₂/CO ve atomik H/C oranlarının sıcaklıkla değişimi (REC-7)



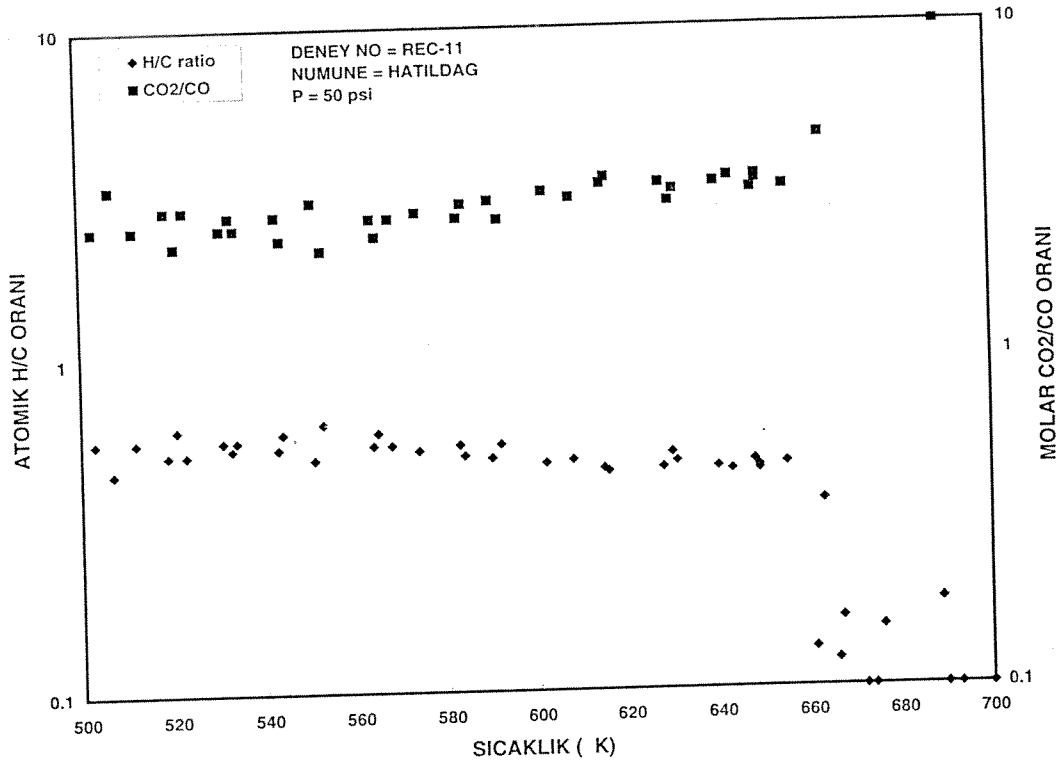
Şekil 7.29. Molar CO₂/CO ve atomik H/C oranlarının sıcaklıkla değişimi (REC-8)



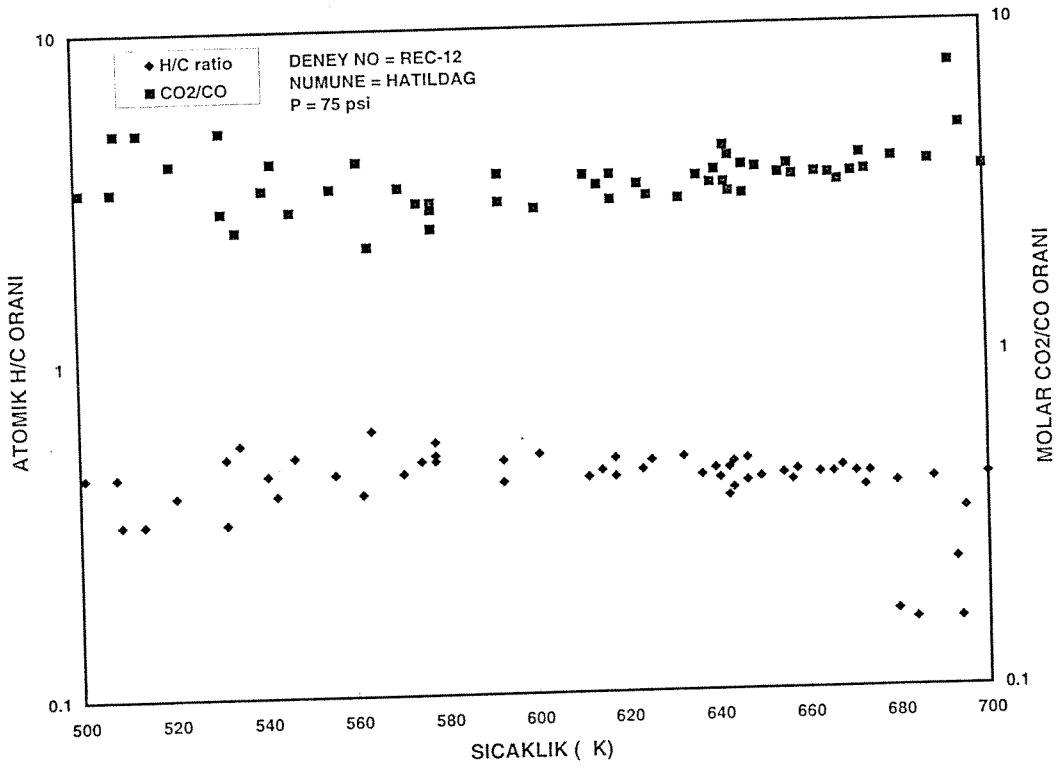
Şekil 7.30. Molar CO₂/CO ve atomik H/C oranlarının sıcaklıkla değişimi (REC-9)



Şekil 7.31. Molar CO₂/CO ve atomik H/C oranlarının sıcaklıkla değişimi (REC-10)



Şekil 7.32. Molar CO₂/CO ve atomik H/C oranlarının sıcaklıkla değişimi (REC-11)



Şekil 7.33. Molar CO₂/CO ve atomik H/C oranlarının sıcaklıkla değişimi (REC-12)

$$(H/C) = \frac{4[(\gamma_i/v_i)\gamma_o - CO_2 - 0.5CO - \gamma_o]}{(CO_2 + CO)}$$

ile belirtilmektedir. Bu denklemde,

γ_o = üretilen oksijen miktarı, mol %

γ_i = enjekte edilen oksijen miktarı, mol %

v_i = enjekte edilen azot miktarı, mol %

v_o = üretilen azot miktarı, mol %

Hesaplanan H/C oranları sıcaklığa karşılık Şekil 7.22 – 7.33 'de çizilmiştir. Yüksek ve düşük sıcaklıklardaki atomik H/C değerleri düşük konsantrasyonların ölçümündeki hassaslığın az olması nedeniyle çizilmemiştir.

Tablo 7.6. Molar CO₂/CO oranları.

DENEY NO.	NUMUNE	MOLAR CO ₂ /CO ORANI
REC-1	Seyitömer	9.25
REC-2	Seyitömer	9.80
REC-3	Seyitömer	8.70
REC-4	Beypazarı	3.85
REC-5	Beypazarı	3.10
REC-6	Beypazarı	3.50
REC-7	Himmetoğlu	8.25
REC-8	Himmetoğlu	8.65
REC-9	Himmetoğlu	8.80
REC-10	Hatıldağ	6.70
REC-11	Hatıldağ	5.25
REC-12	Hatıldağ	6.95

Tüm deneylerde, sıcaklığın artması ile atomik H/C oranlarında bir düşme gözlenmektedir. Bu ise aşağıdaki denklem ile ifade edilmektedir:

$$\ln(H/C) = a + bT$$

Bu denklemdeki a ve b sabitleri Tablo 7.7 'de verilmiştir. Bu tablodan sıcaklığın artması ile atomik H/C oranı azalmaktadır. Bu gözlem, literatürde, Bousaid ve Ramey(1968), Tadema(1959), Fassihi ve diğerleri(1984), Alexander ve diğerlerinin(1962), buldukları sonuçlarla aynıdır.

Tablo 7.7. $\ln(H/C)=a+bT$ korelasyon sabitleri

DENEY NO.	NUMUNE	a	b
REC-1	Seyitömer	16.70	0.0296
REC-2	Seyitömer	12.67	0.0189
REC-3	Seyitömer	10.87	0.0176
REC-4	Beypazarı	5.772	0.0099
REC-5	Beypazarı	12.163	0.0071
REC-6	Beypazarı	10.600	0.0086
REC-7	Himmetoğlu	17.850	0.0176
REC-8	Himmetoğlu	16.500	0.0186
REC-9	Himmetoğlu	14.300	0.0203
REC-10	Hatıldağ	6.403	0.0101
REC-11	Hatıldağ	7.406	0.0105
REC-12	Hatıldağ	8.415	0.0170

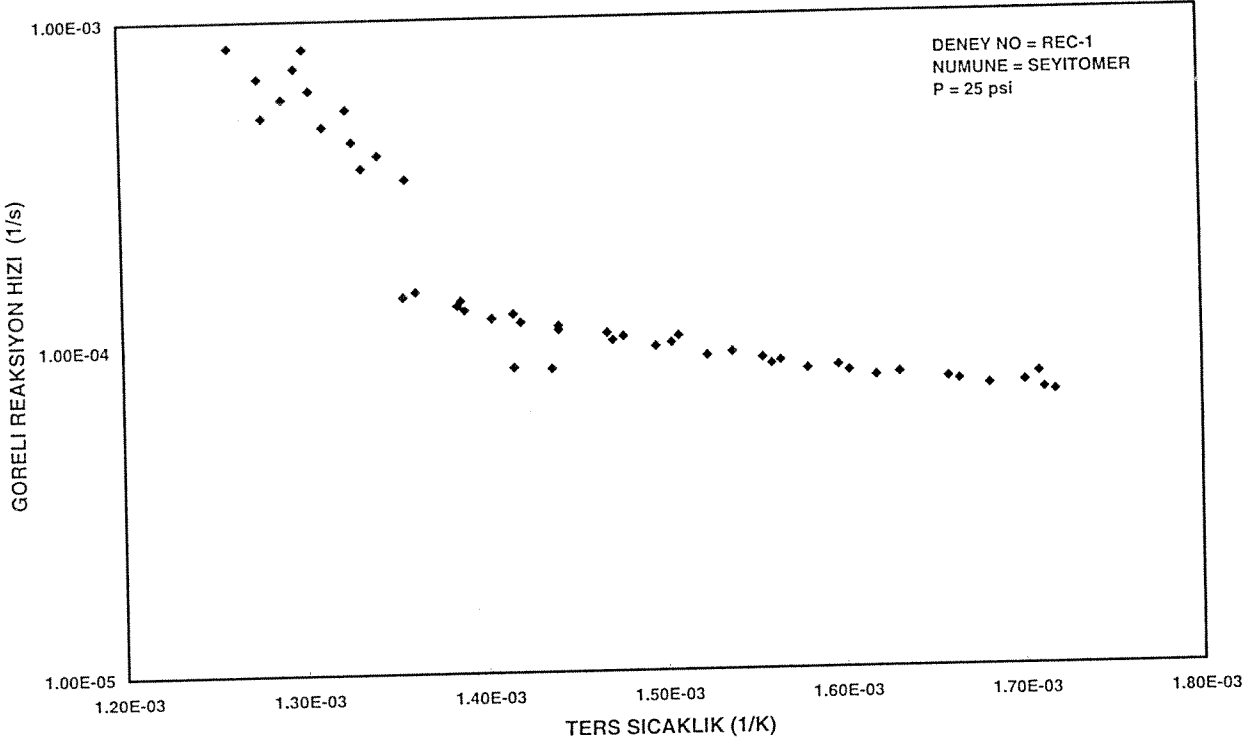
7.2.4. Yanma Reaksiyon Kinetiğinin Modellenmesi

Bu çalışmada, Fassihi ve diğerlerinin (1984) yanma reaksiyon kinetiğine adapte ettikleri, Ek-E 'de Weijdema (1968) tarafından geliştirilen kinetik model, verilerin analizinde kullanılmıştır. Bu modelde, sıcaklık zamana bağlı olarak doğrusal artmakta ve

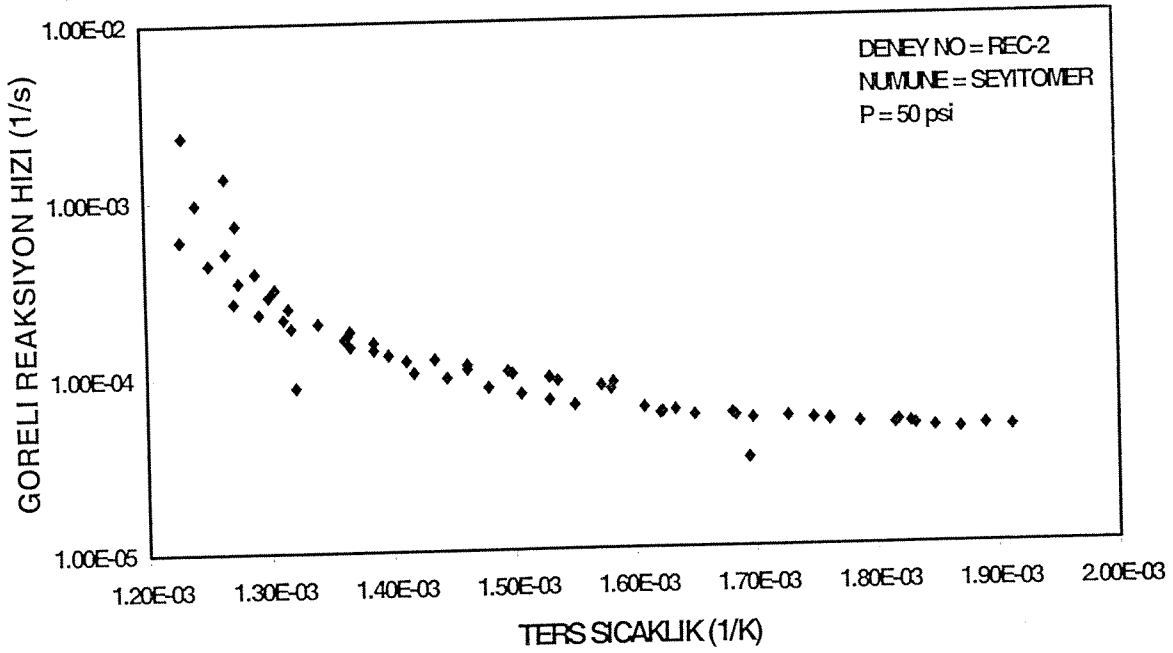
görelî reaksiyon hızları tüketilen oksijen değerleri kullanılarak hesaplanabilmektedir. Görelî reaksiyon hızlarının düşük sıcaklık oksidasyonu, yakıt depolaması ve yakıt yanmasının sonucu olarak zamanla ve sıcaklıkla değişimleri analiz edilebilmektedir.

Denklem E-6 'da, eşitliğin sol kısmındaki değerleri bulmak için, $W=f(t)$ eğrisine grafiksel integrasyon uygulanabilmektedir. Görelî reaksiyon hızının hesaplanabilmesi için bu eğrinin altındaki alan, trapezoidal yöntem kullanarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama yönteminden, hesaplanmış görelî reaksiyon hızının ters sıcaklığın ($1/T$) fonksiyonu olarak çizilmiş grafikleri 7.34 – 7.45 'de verilmiştir. Bu şekillerden görüldüğü gibi, yakıt yanması veya yüksek sıcaklık oksidasyonu bölgesinde görelî reaksiyon hızı doğrusal olarak azalmaktadır. Bu bölgedeki doğrunun eğiminden yakıt yanması bölgesindeki aktivasyon enerjisi hesaplanabilmektedir. Aynı yöntem kullanılarak yüksek sıcaklık bölgesindeki tüketilen oksijenin, orijinal tüketilen oksijen miktarından çıkartılmasıyla yeni görelî reaksiyon hızı sıcaklık ($1/T$) grafiği çizilebilmektedir. Yakıt depolaması bölgesine doğru eğri elde edilememektedir. Doğru elde edebilmek için $z / \int_z^{\infty} z dt'$ ($z = CO_2 + 1/2CO$) hesaplanmıştır. Yeni eğri doğru olarak elde edilmekte ve yakıt depolanma bölgesi için aktivasyon enerjisi bu eğrinin eğiminden hesaplanmaktadır. Düşük sıcaklık bölgesinde doğru elde etmek için, oksijen tüketimi bir önceki eğriden çıkarılabilmekte ve hesaplanabilmektedir. Aynı eğrinin eğiminden, düşük sıcaklık oksidasyonunun aktivasyon enerjisi hesaplanabilmektedir. Hesaplanan aktivasyon enerji değerleri Tablo 7.8. 'de verilmiştir.

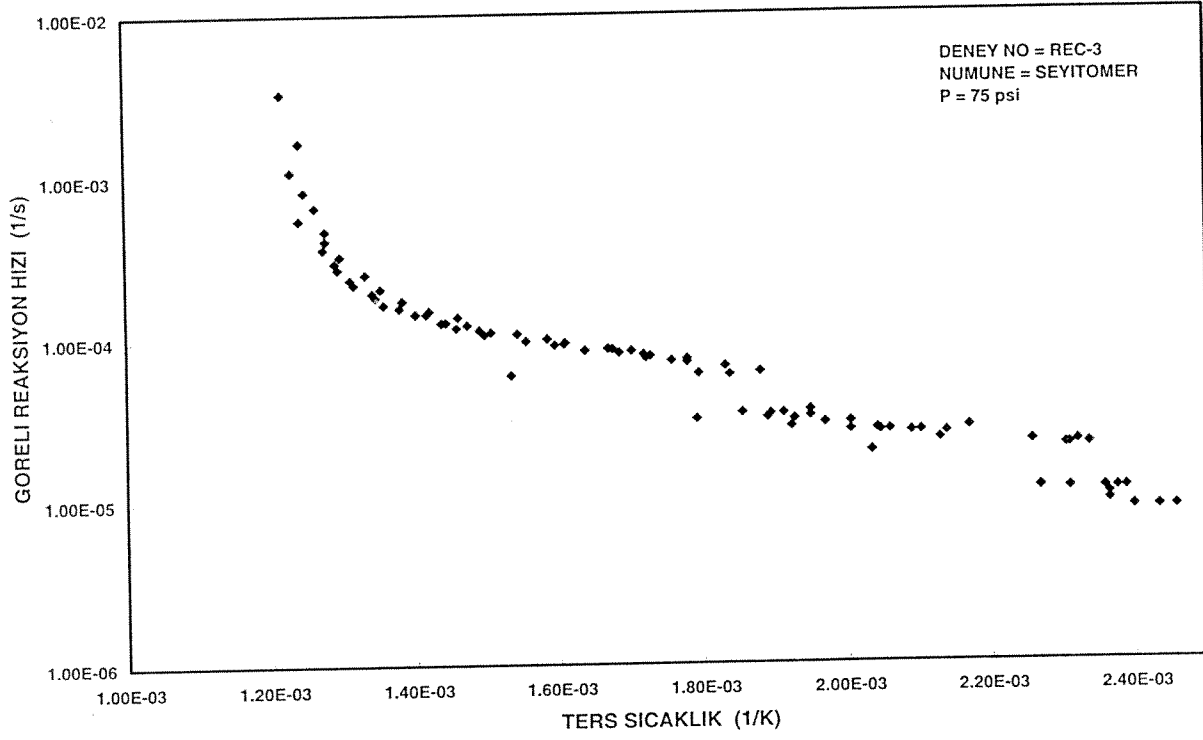
Görelî reaksiyon hız verilerinde, aktivasyon enerjilerinin bulunabilmesi için, deneyler sonucunda bulunan noktalardan en uygun geçen doğru çizilmiş ve bu doğrudan aykırı olan noktalar kullanılmıştır. Böylece aynı eğime sahip noktalardan geçen doğruların tekrar çizilmesiyle, ortalama aktivasyon enerji değerleri belirlenebilmektedir.



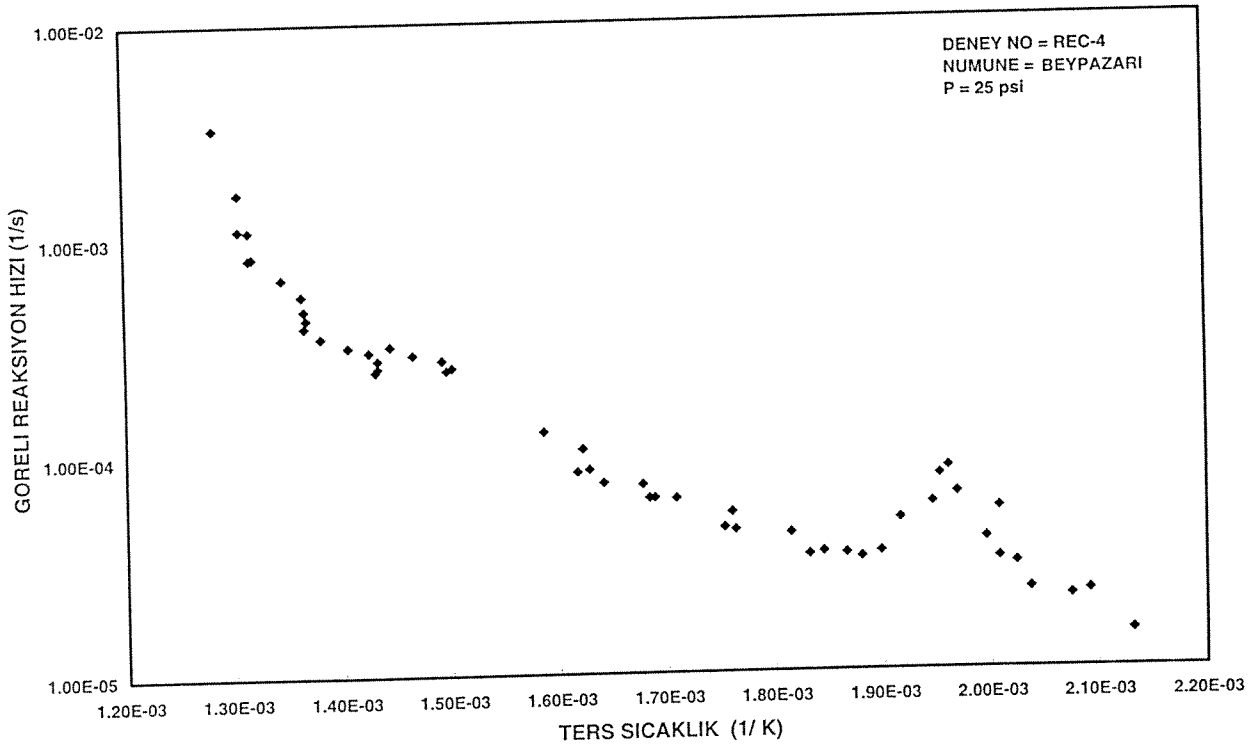
Şekil 7.34. Görelî reaksiyon hızının ters sıcaklıkla değişimi (REC-1)



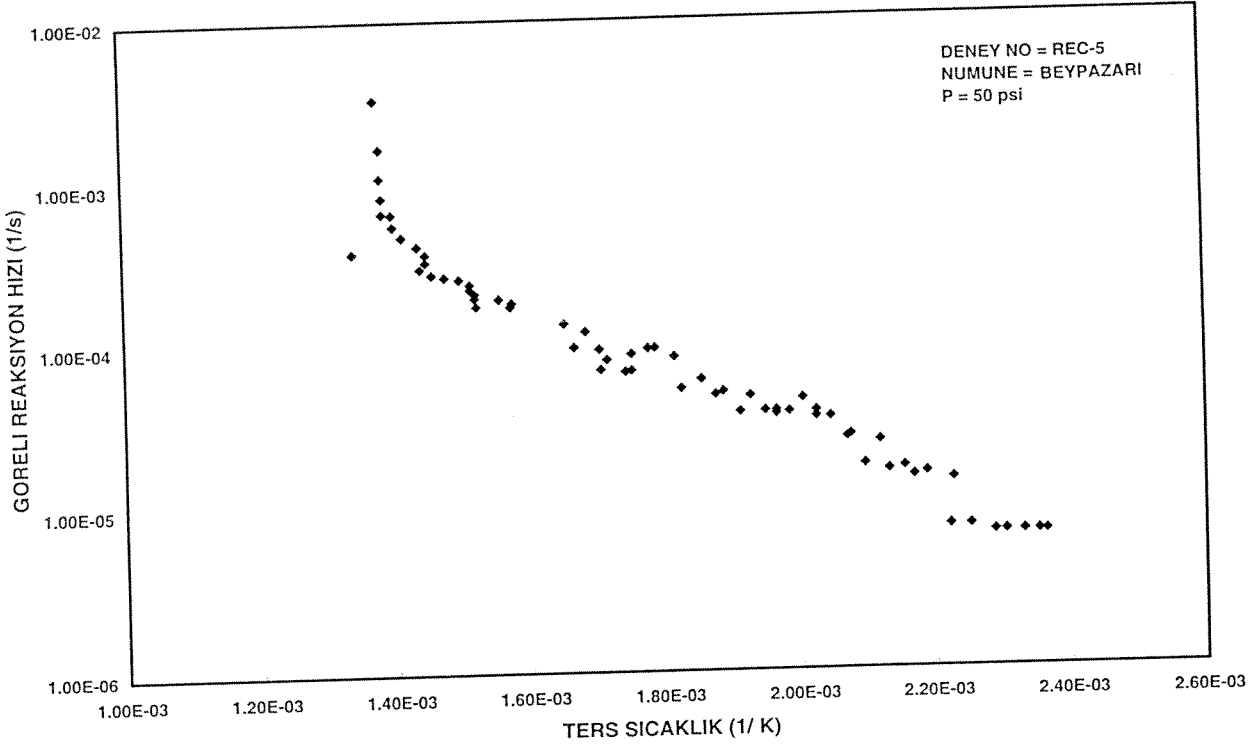
Şekil 7.35. Görelî reaksiyon hızının ters sıcaklıkla değişimi (REC-2)



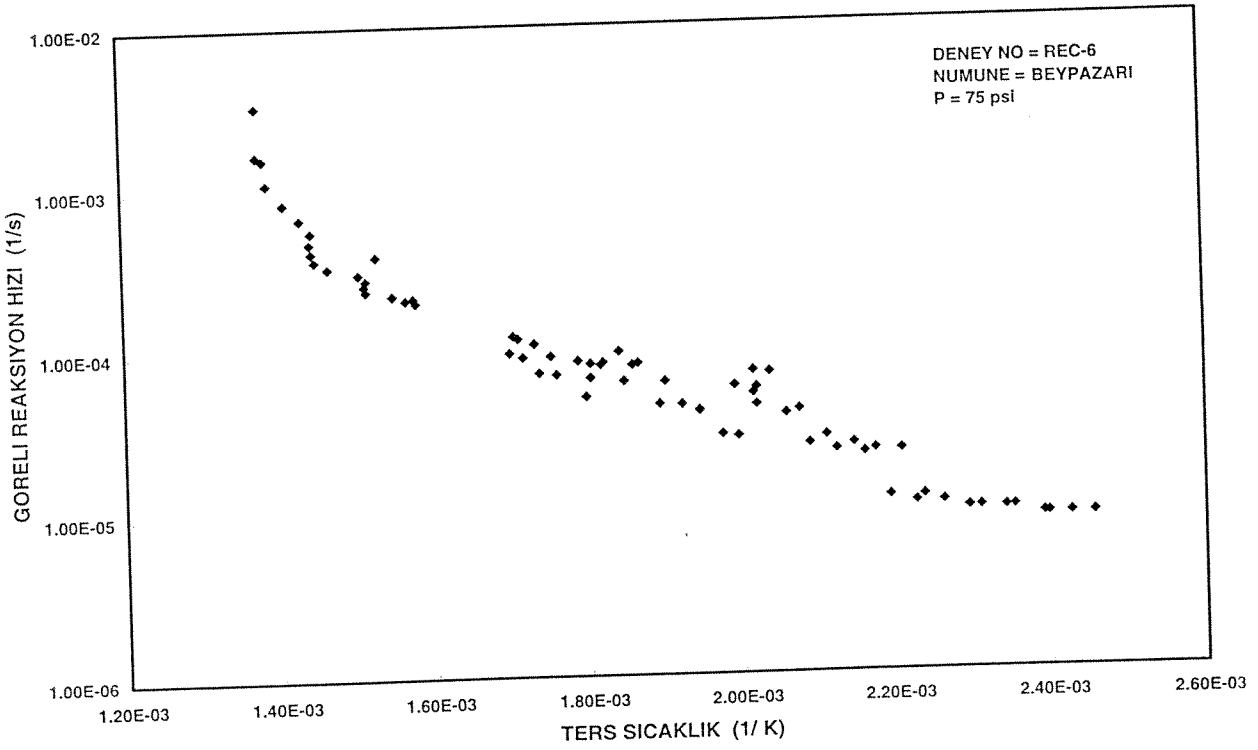
Şekil 7.36. Görelî reaksiyon hızının ters sıcaklıkla değişimi (REC-3)



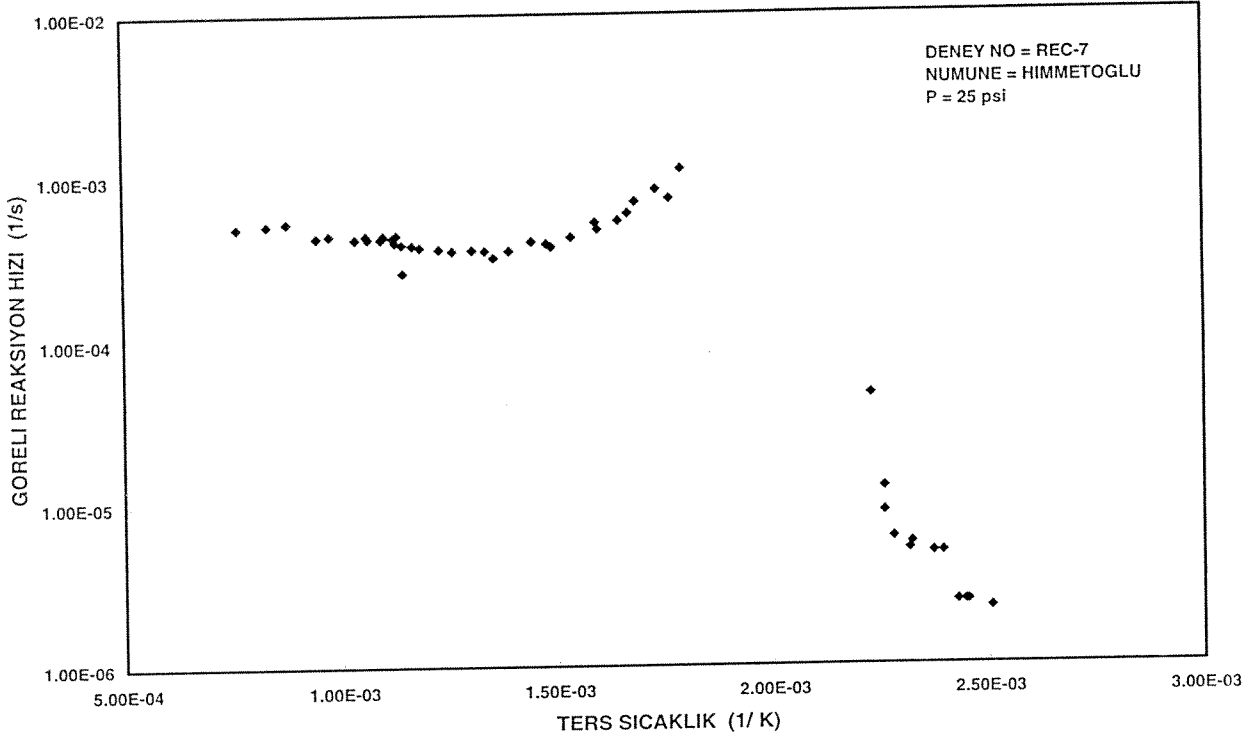
Şekil 7.37. Görelî reaksiyon hızının ters sıcaklıkla değişimi (REC-4)



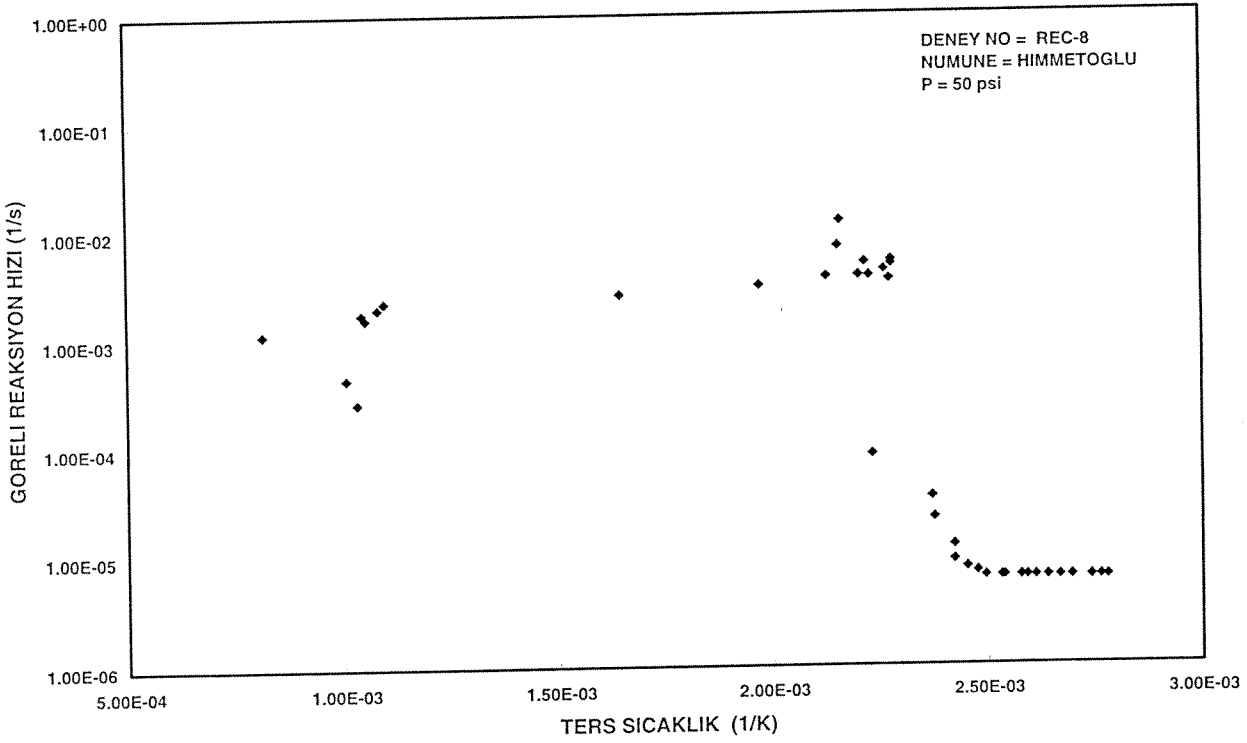
Şekil 7.38. Görelî reaksiyon hızının ters sıcaklıkla değişimi (REC-5)



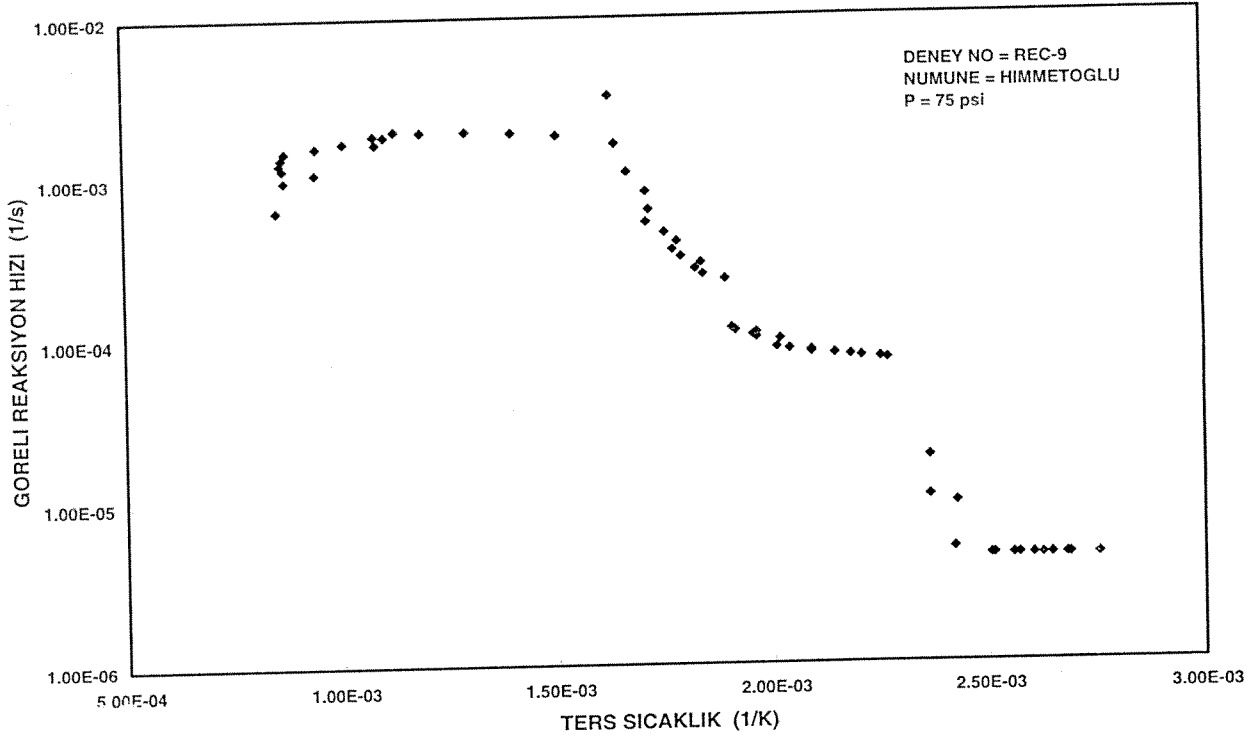
Şekil 7.39. Görelî reaksiyon hızının ters sıcaklıkla değişimi (REC-6)



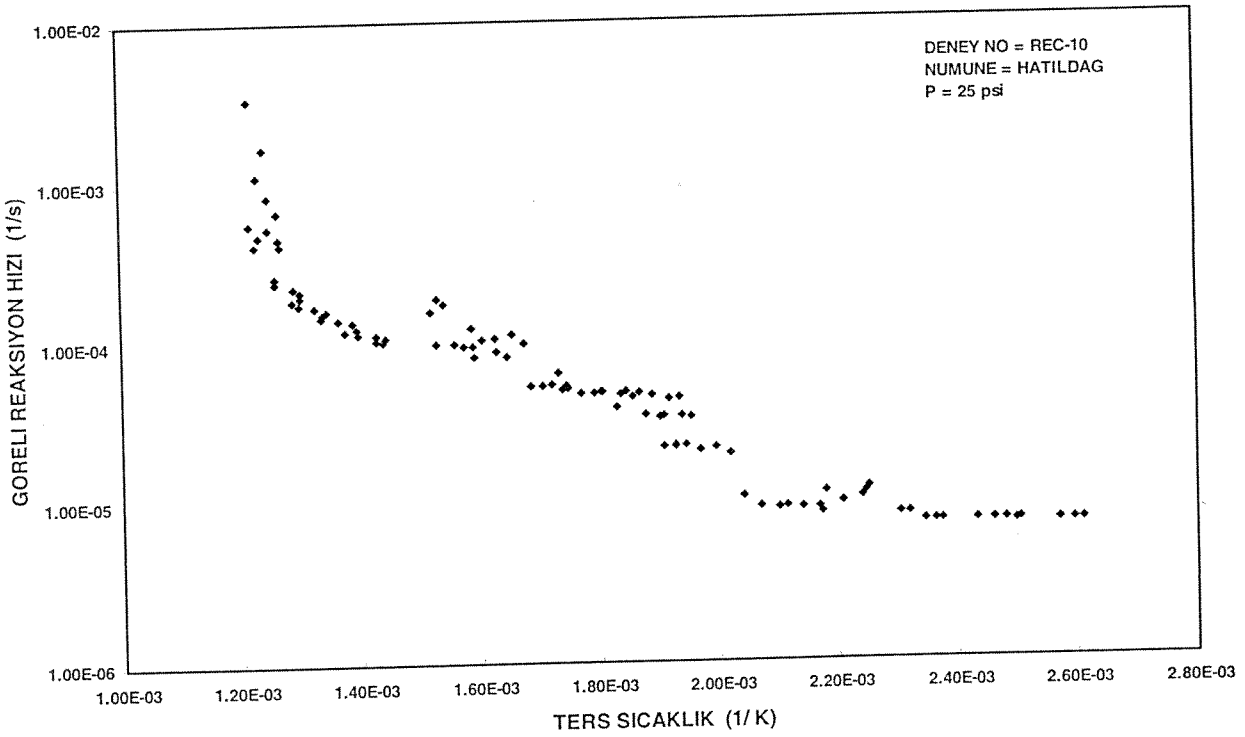
Şekil 7.40. Görelü reaksiyon hızının ters sıcaklıkla değişimi (REC-7)



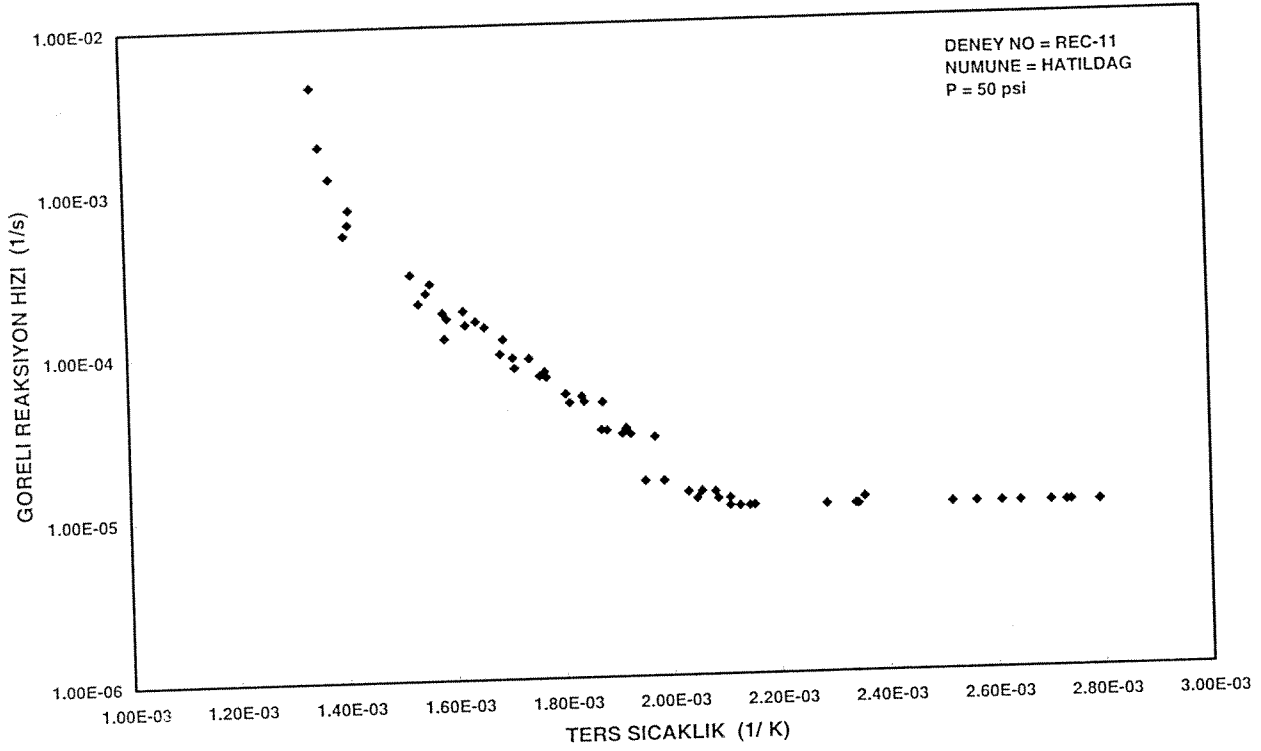
Şekil 7.41. Görelü reaksiyon hızının ters sıcaklıkla değişimi (REC-8)



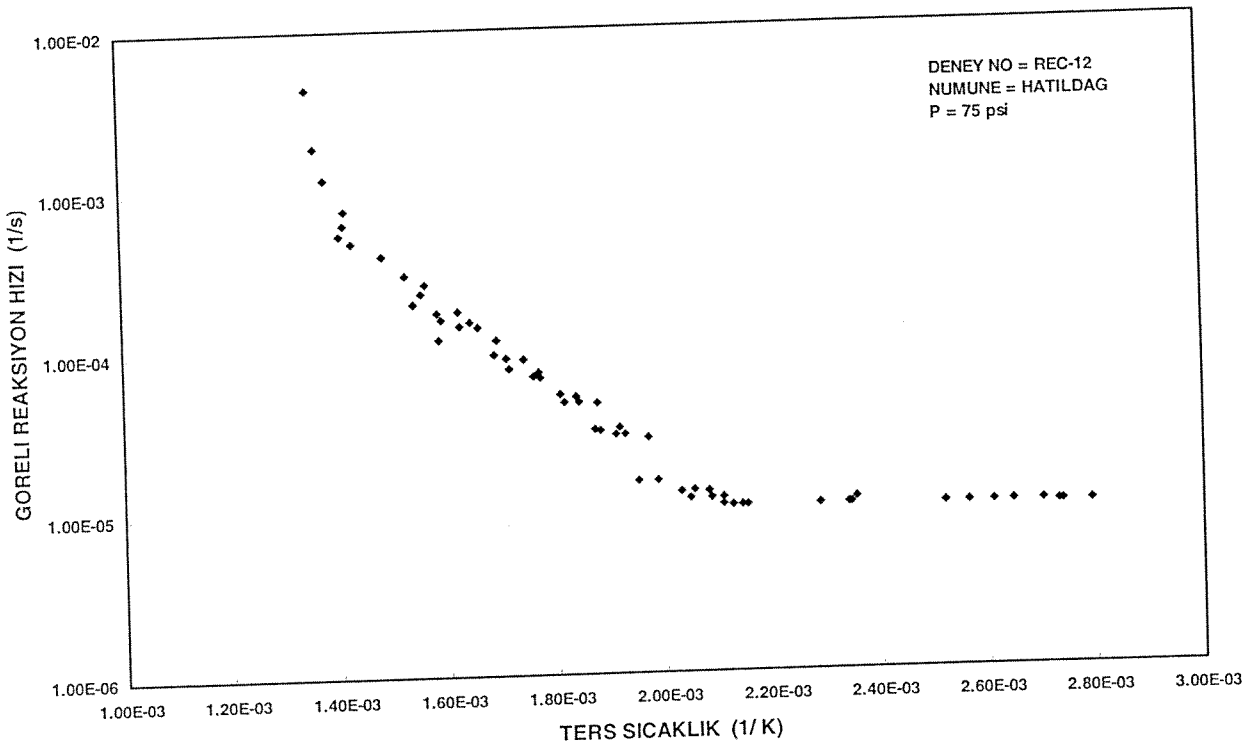
Şekil 7.42. Görelî reaksiyon hızının ters sıcaklıkla değişimi (REC-9)



Şekil 7.43. Görelî reaksiyon hızının ters sıcaklıkla değişimi (REC-10)



Şekil 7.44. Görelî reaksiyon hızının ters sıcaklıkla değişimi (REC-11)



Şekil 7.45. Görelî reaksiyon hızının ters sıcaklıkla değişimi (REC-12)

Ek-E 'de, Denklem E-7, kesişme noktası ile oksijenin kısmi basıncı arasındaki log-log ilişkiden yararlanarak Arrhenius sabiti A_r ve kısmi oksijen basıncı ile bağıntılı olan reaksiyon katsayısı m bulunabilmektedir. Bu ilişkide kesişme noktası A_r 'yi, eğim ise $A_r P_{O_2}^m$ 'i vermektedir. Aynı yöntemi kullanarak, bulunan reaksiyon kinetik parametreleri Tablo 7.9 'da verilmiştir.

Tablo 7.8. Aktivasyon enerji değerleri

DENEY NO.	NUMUNE	AKTİVASYON ENERJİSİ (kJ/mol)
REC-1	Seyitömer	75.80
REC-2	Seyitömer	36.20
REC-3	Seyitömer	45.35
REC-4	Beypazarı	120.46
REC-5	Beypazarı	118.41
REC-6	Beypazarı	85.25
REC-7	Himmetoğlu	140.65
REC-8	Himmetoğlu	125.70
REC-9	Himmetoğlu	103.75
REC-10	Hatıldağ	85.70
REC-11	Hatıldağ	81.45
REC-12	Hatıldağ	70.68

Tablo 7.9. Reaksiyon kinetik parametreleri

DENEY NO.	NUMUNE	ARRHENIUS SABİTLERİ (1/dak)
REC-1	Seyitömer	1.25×10^5
REC-2	Seyitömer	1.40×10^6
REC-3	Seyitömer	2.45×10^4
REC-4	Beypazarı	6.58×10^3
REC-5	Beypazarı	4.05×10^4
REC-6	Beypazarı	3.75×10^4
REC-7	Himmetoğlu	4.21×10^{10}
REC-8	Himmetoğlu	4.30×10^8
REC-9	Himmetoğlu	3.70×10^5
REC-10	Hatıldağ	3.45×10^4
REC-11	Hatıldağ	2.20×10^4
REC-12	Hatıldağ	1.80×10^4

7.3. YERİNDE YANMA DENEYLERİ

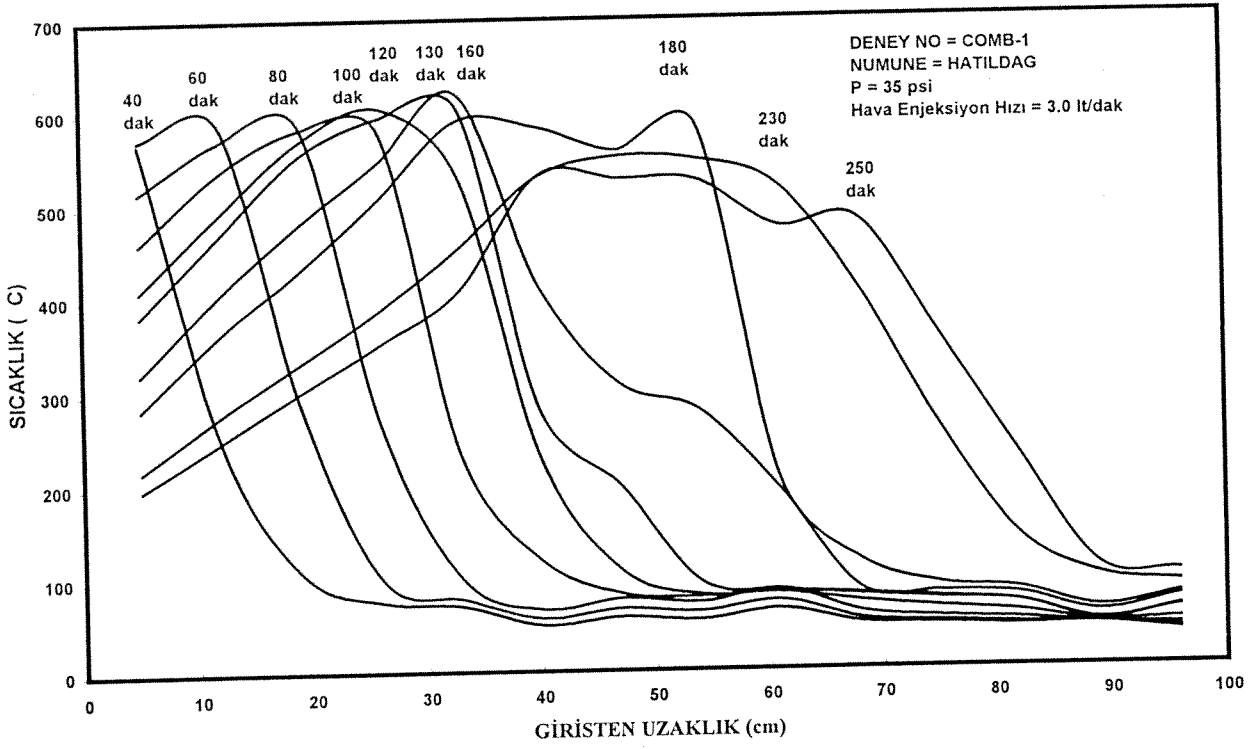
Projenin bu aşamasında, Seyitömer, Beypazarı, Hatıldağ ve Himmetoğlu petrolü şeylleri kullanılarak kuru yanma deneyleri dikey yanma tüpü kullanılarak yapılmıştır. Tablo 7.10 'da kuru yerinde yanma deney şartları verilmiştir. Her deneyde, üretilen gazın içerisindeki CO₂, CO, O₂, N₂ miktarları, yanma tüpü boyunca merkez sıcaklıklar, hava enjeksiyon hızı, üretilen gazın hızı, giriş ve çıkış basınçları deney süresinde ölçülüp kaydedilmiştir.

Tablo 7.10. Yanma tüpü deney şartları

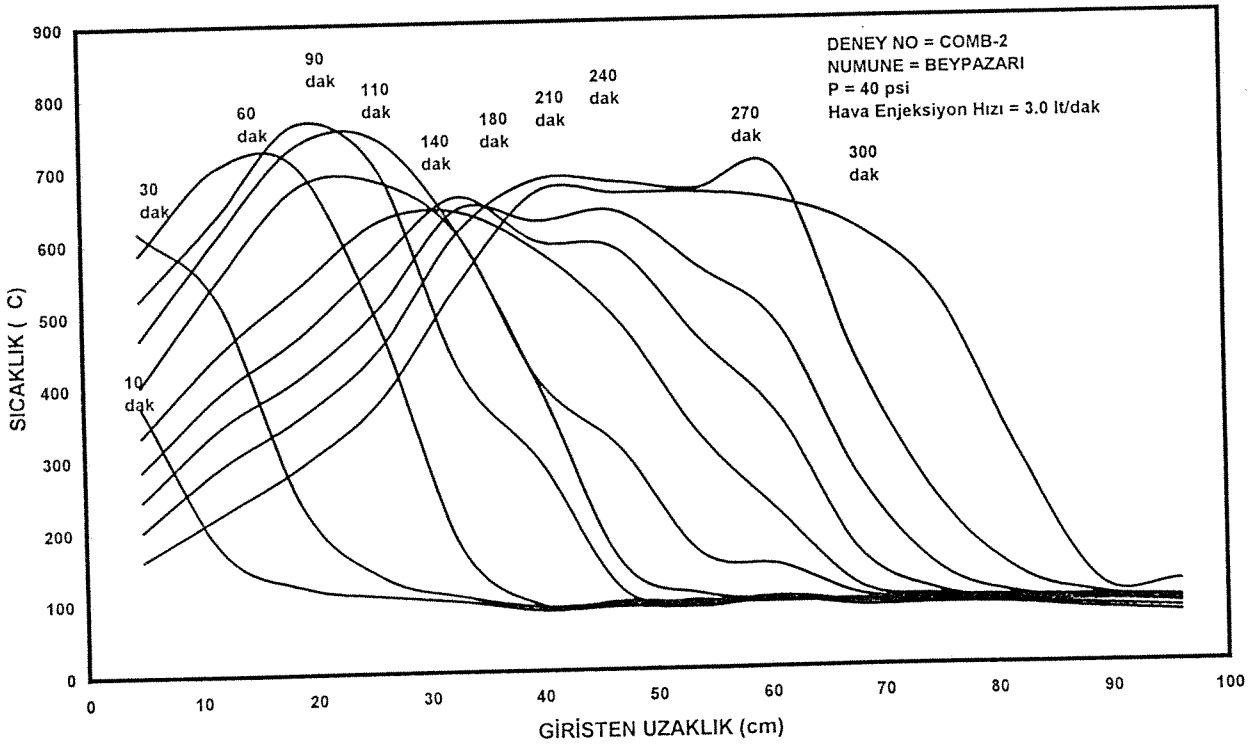
DENEY NO.	COMB-1	COMB-2	COMB-3	COMB-4
NUMUNE	Seyitömer	Himmetoğlu	Hatıldağ	Beypazarı
NUMUNE MİKTARI	6950 gr	4565 gr	4260 gr	3600 gr
ENJEKSİYON BASINCI(psi)	35	40	45	35
HAVA ENJEKSİYON DEBİSİ(lt/dak)	3.0	3.0	3.0	3.0

Şekil 7.46 – 7.49 'da yanma tüpü boyunca sıcaklık profilleri çizilmiştir. Sıcaklık profili çizilirken, her termokupl lokasyonunda ölçülen en yüksek yanma yüzeyi sıcaklıkları kullanılmıştır. Genellikle, yanma yüzeyi sıcaklıklarını, girişten itibaren maksimum değerlerle başlayıp yanma tüpünün çıkışına doğru düşme göstermektedir. Tüm deneylerde sıcaklık düşmelerinin sebebi, yanma yüzeyinin önündeki birim hacimdeki yakıt konsantrasyonunun az olmasındandır.

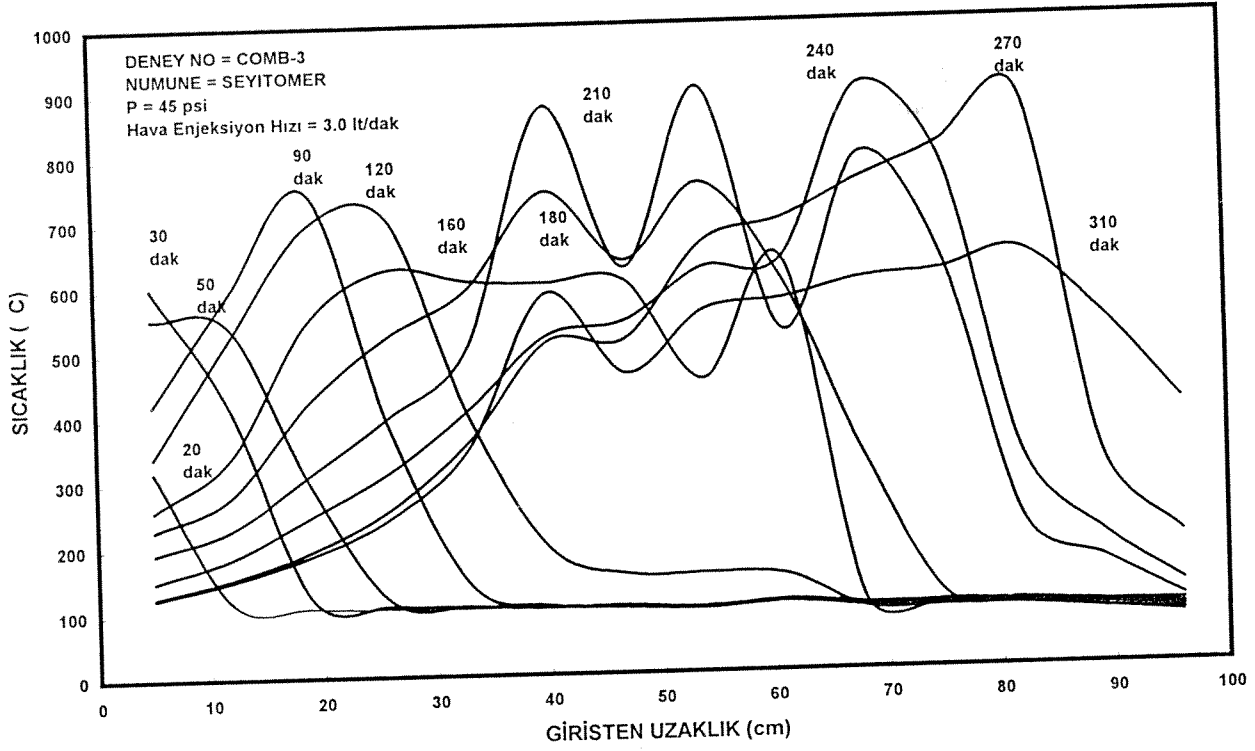
Deney tüpünden üretilen gazın içerisindeki, azot, karbondioksit, karbonmonoksit, oksijen ve bazen düşük konsantrasyonlarda hidrojen ve hidrokarbonların analizi yapılmıştır. Üretilen gazın içerisindeki azotun konsantrasyonu genellikle yüzde 78 ve 80 arasında değişmektedir. Üretilen gaz içerisindeki karbon oksitlerin (CO+CO₂) konsantrasyonunda yüzde 10 ve 19 arasında değişmektedir. Zamana göre çizilen üretilen



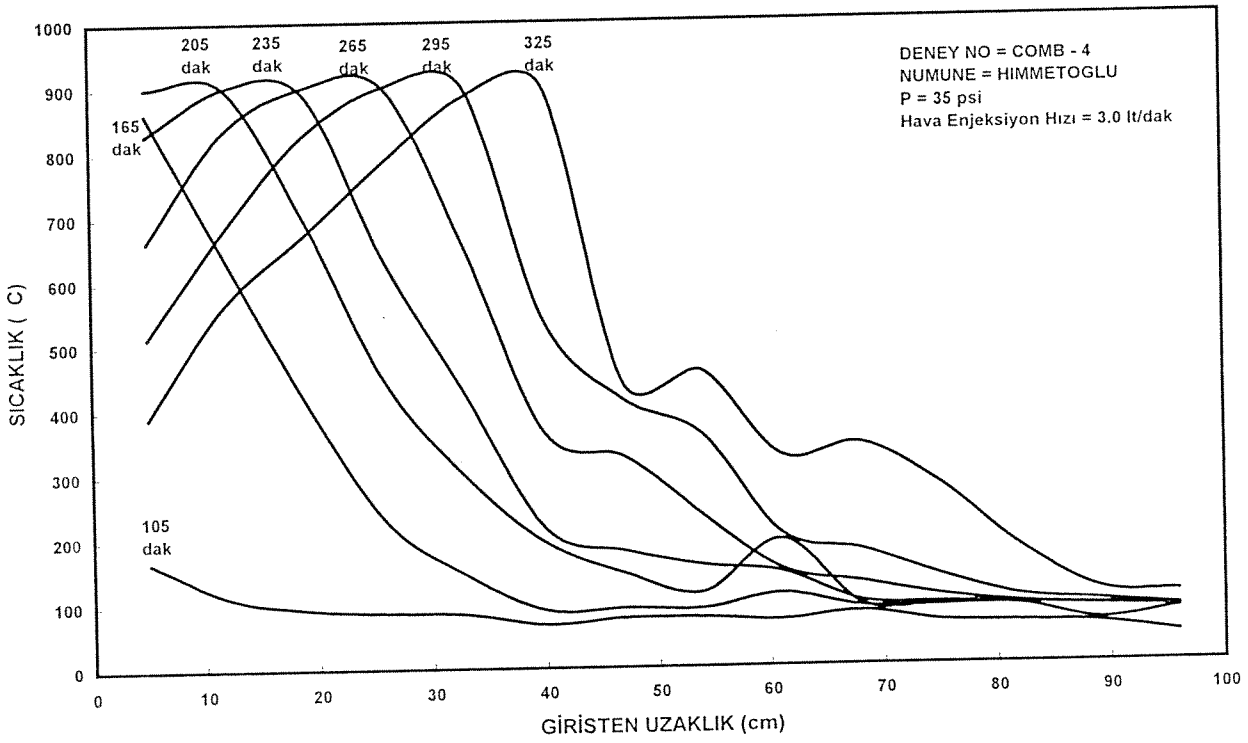
Şekil 7.46. Yanma tüpü boyunca sıcaklık dağılımı (COMB-1)



Şekil 7.47. Yanma tüpü boyunca sıcaklık dağılımı (COMB-2)



Şekil 7.48. Yanma tüpü boyunca sıcaklık dağılımı (COMB-3)



Şekil 7.49. Yanma tüpü boyunca sıcaklık dağılımı (COMB-4)

gaz kompozisyonu grafikleri Şekil 7.50 – 7.53 'de çizilmiştir. Yanma yüzeyi boyunca tüketilen enjekte edilen oksijenin yüzdesinin ölçülmesiyle yanma yönteminin uygunluğu belirlenebilmektedir. Her deneyde, enjekte edilen oksijenin miktarı yüzde 21 'dir ve yanma yüzeyi yanma tüpünün çıkışına doğru ilerledikçe bu değerden daha az olarak üretilen gazın içerisinde analiz edilmektedir.

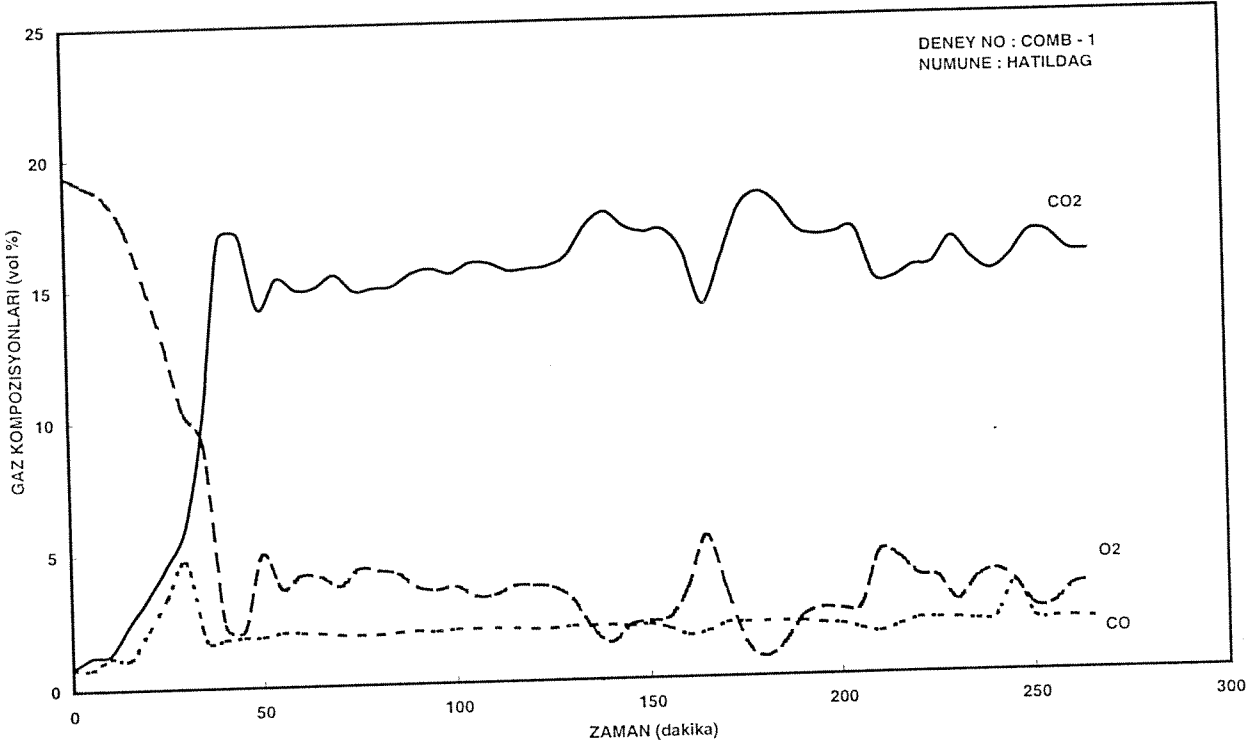
Hava-yakıt oranı, 1 kg yakıtı yakmak için gerekli olan hava miktarı ve 1 m³ petrolü üretmek için gerekli olan hava miktarı, hava-petrol oranı yerinde yanma yönteminin performansını belirleyen parametrelerdir. Hava gereksinmesi m³(st)/m³, hava-yakıt oranı ve hava-petrol oranı değerleri Tablo 7.11 'de verilmiştir. Bu verilerden petrolü şeylerin yerinde yanma yöntemiyle üretilebilecekleri elde edilmiştir. Petrol elde edilebilme değerleri Tablo 7.12 'de verilmiştir.

Tablo 7.11. Yanma Parametreleri

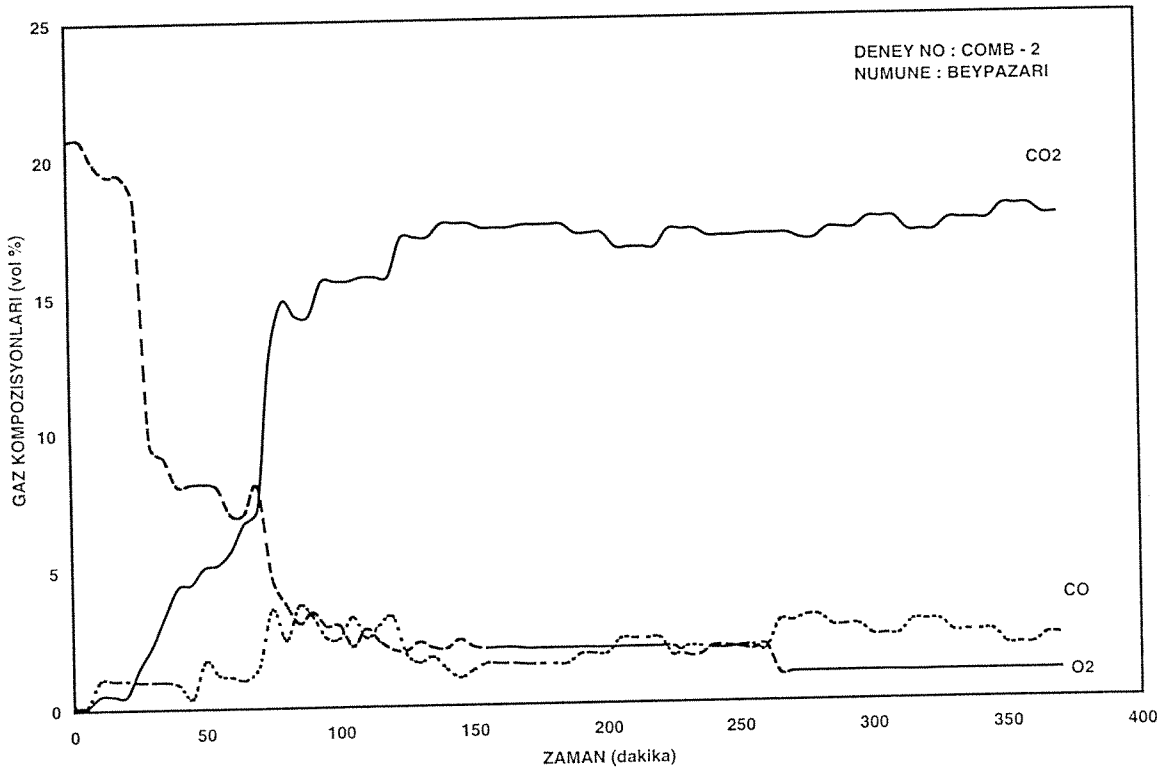
DENEY NO.	HAVA GEREKSİNMESİ (m ³ (st)/m ³)	HAVA-YAKIT ORANI (m ³ (st)/kg)	HAVA-PETROL ORANI (m ³ (st)/kg)
COMB-1	131.49	10.26	499.42
COMB-2	159.37	10.18	897.05
COMB-3	114.27	10.04	1050.57
COMB-4	137.43	10.69	1092.14

Tablo 7.12. Petrol ve Su Üretimleri

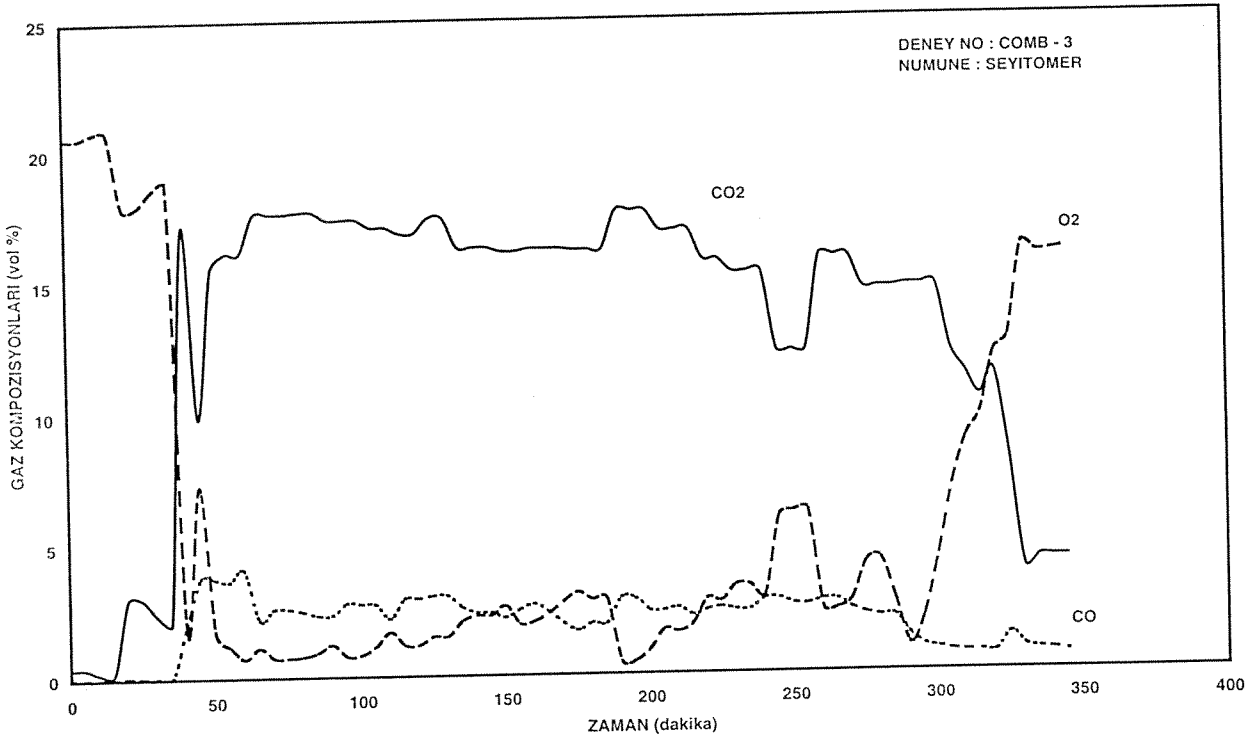
DENEY NO.	NUMUNE MİKTARI (gr)	PETROL ELDESİ (lt/ton)	PETROL ÜRETİMİ (cc)	SU ÜRETİMİ (cc)
COMB-1	6950	18.27	127	67
COMB-2	4565	18.84	86	225
COMB-3	4260	4.46	19	357
COMB-4	3600	16.11	58	149



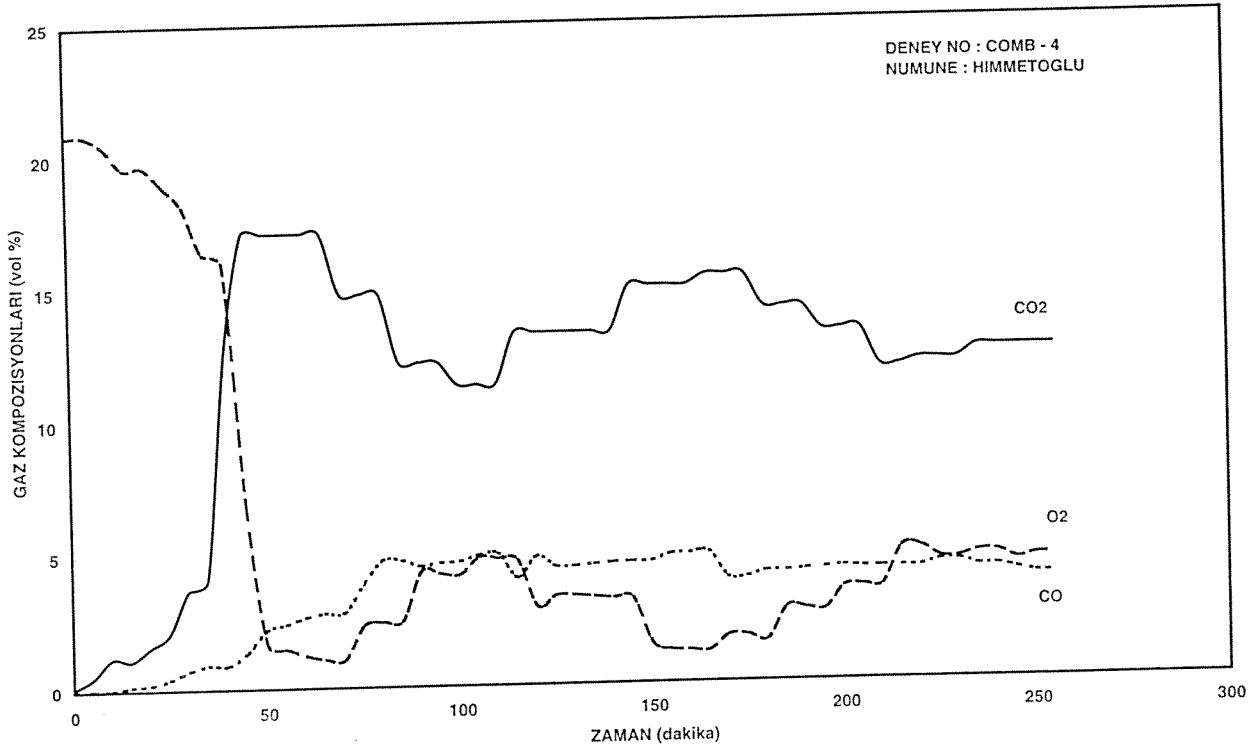
Şekil 7.50. Üretilen gaz kompozisyonları (COMB-1)



Şekil 7.51. Üretilen gaz kompozisyonları (COMB-2)



Şekil 7.52. Üretilen gaz kompozisyonları (COMB-3)



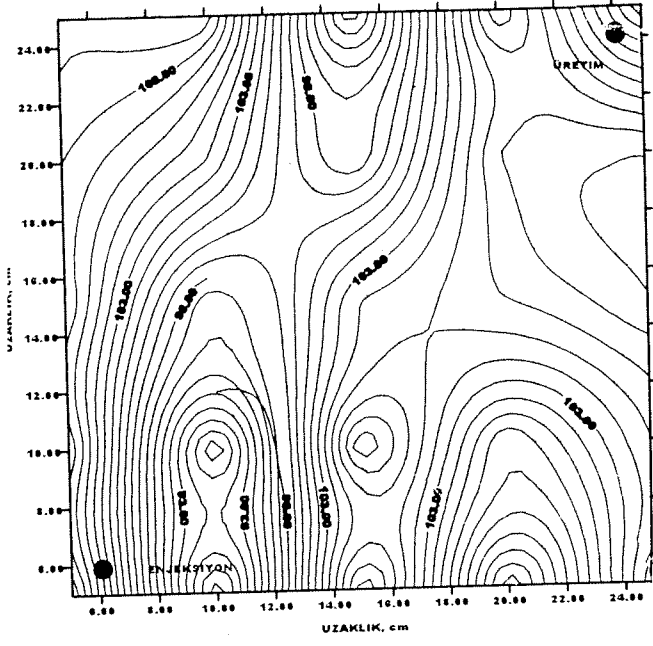
Şekil 7.53. Üretilen gaz kompozisyonları (COMB-4)

7.4. BUHAR ENJEKSİYONU DENEYLERİ

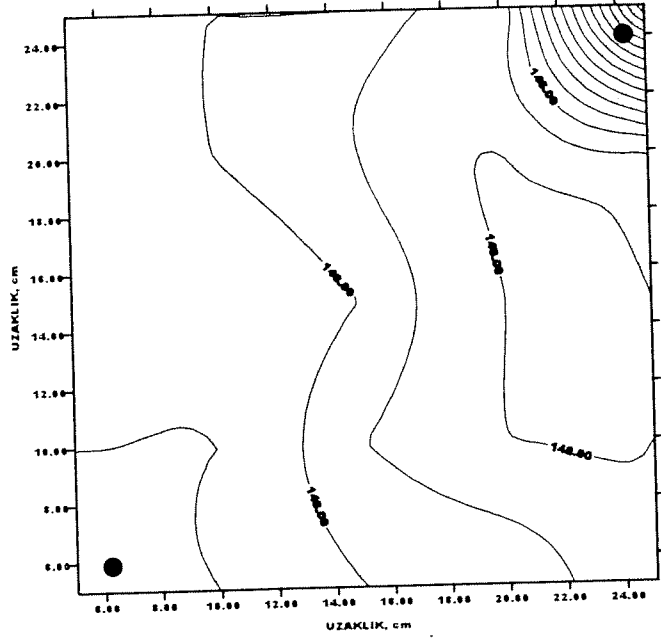
3-boyutlu laboratuvar modeli kullanılarak sadece buhar enjeksiyonu deneyleri dört farklı petrollü şeyl numunesi kullanılarak yapılmıştır. Buhar enjeksiyonu yapılan deneylerin şartları Tablo 7.13 'de verilmiştir. Buhar enjekte edilerek yapılan deneylerde petrollü şeyllerden petrol üretimi gözlenmemiştir. Petrol üretiminin olmasının nedeni buhar yüzeyinin sıcaklığının 140 – 150 °C 'de olması ve petrol üretimine neden olan termal kraking prosesinin gerçekleşmemesidir. Sadece Himmetoğlu ve Hatıldağ petrollü şeylleri kullanılarak yapılan deneylerde çok az miktarda hafif hidrokarbon emaresine rastlanmıştır. Yapılan analizlerde bu emarelerin petrol ürünü olarak değerlendirilemeyeceği tesbit edilmiştir. Deneylerde ölçülen sıcaklıklar kullanılarak çizilen 3-boyutlu sıcaklık dağılımları Şekil 7.54 – 7.57 'de gösterilmiştir.

Tablo 7.13. Buhar enjeksiyonu deney şartları

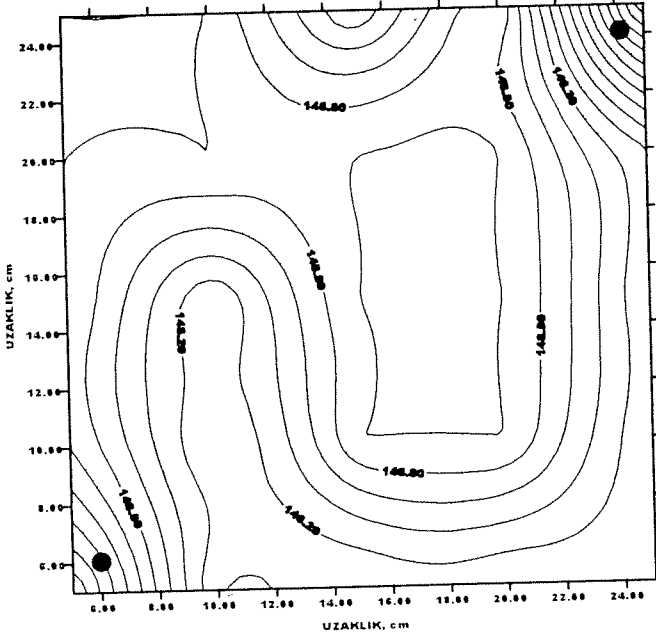
DENEY NO.	BUHAR-1	BUHAR-2	BUHAR-3	BUHAR-4
NUMUNE	Seyitömer	Himmetoğlu	Hatıldağ	Beypazarı
NUMUNE MİKTARI	8140 gr	6100 gr	11550 gr	10100 gr
ENJEKSİYON BASINCI(psi)	48	55	49	50
ÇIKIŞ BASINCI(psi)	45	53	47	48
BUHAR SICAKLIĞI(°C)	193	184	200	185
ÜRETİLEN SU(cc)	1785	3434	1500	3750
BUHAR ENJEKSİYON DEBİSİ(cc/dak)	8.50	8.20	4.20	9.90



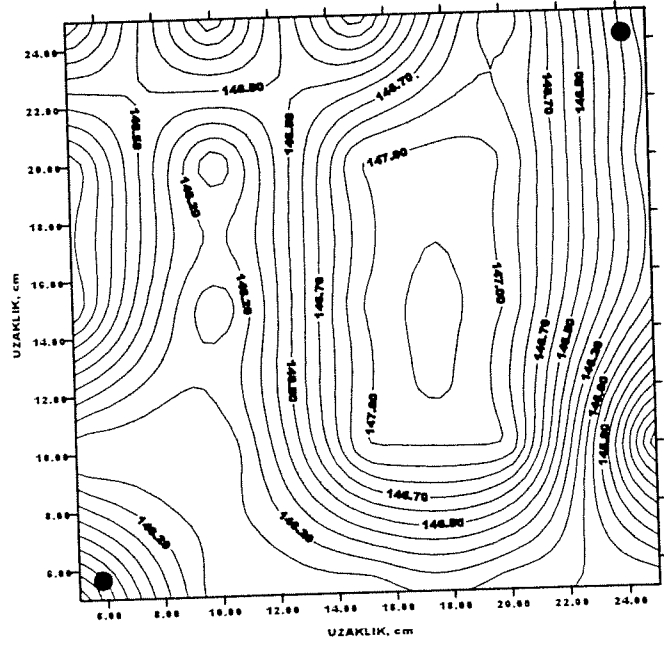
t = 10 dakika



t = 30 dakika

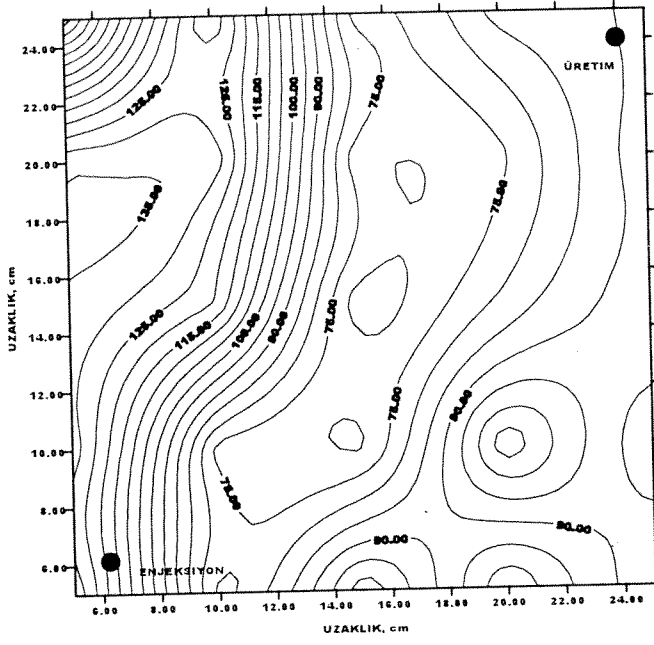


t = 110 dakika

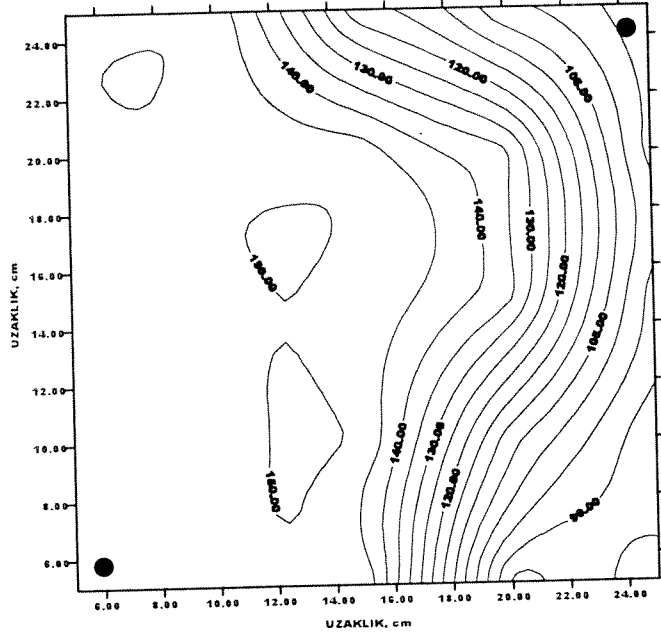


t = 230 dakika

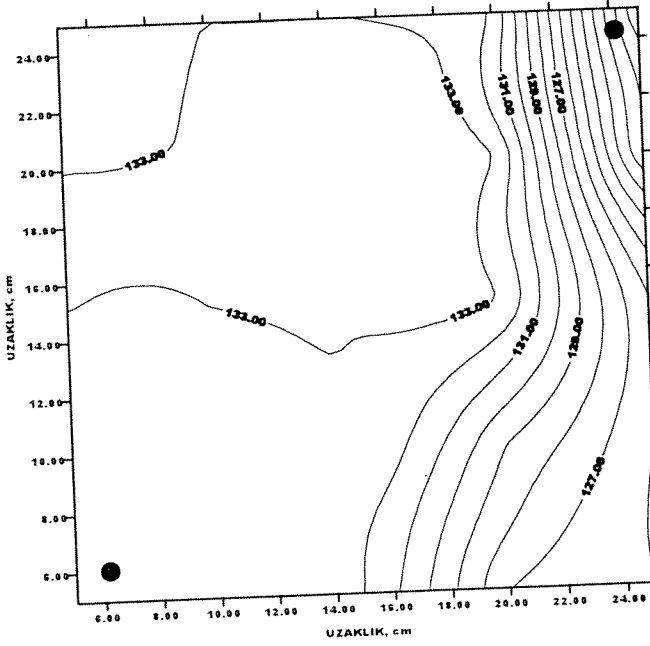
Şekil 7.54. Buhar enjeksiyonu 3-boyutlu sıcaklık dağılımı (BUHAR-1)



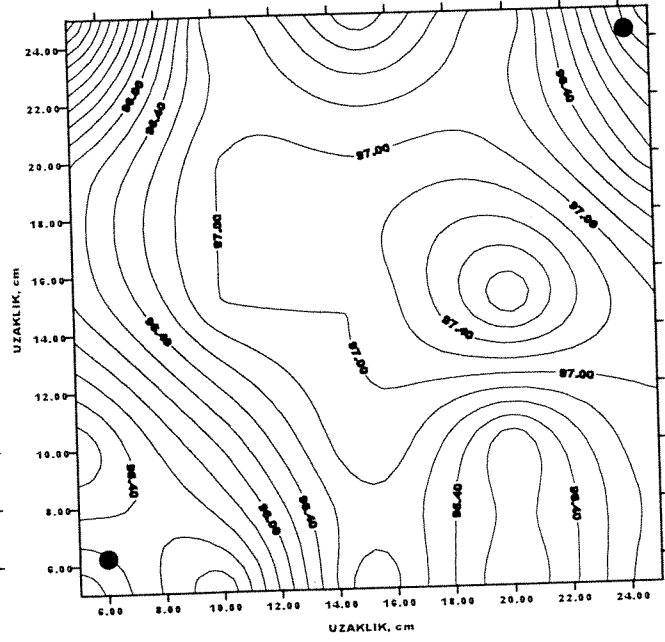
t = 5 dakika



t = 10 dakika

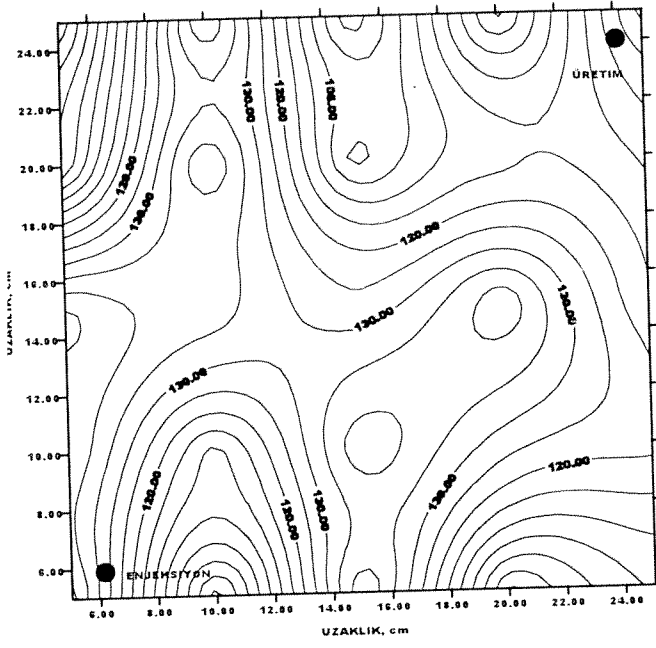


t = 105 dakika

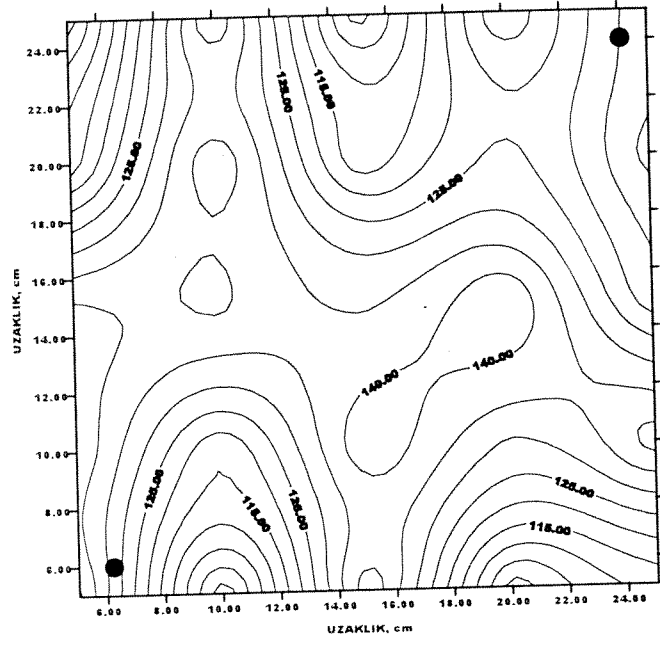


t = 185 dakika

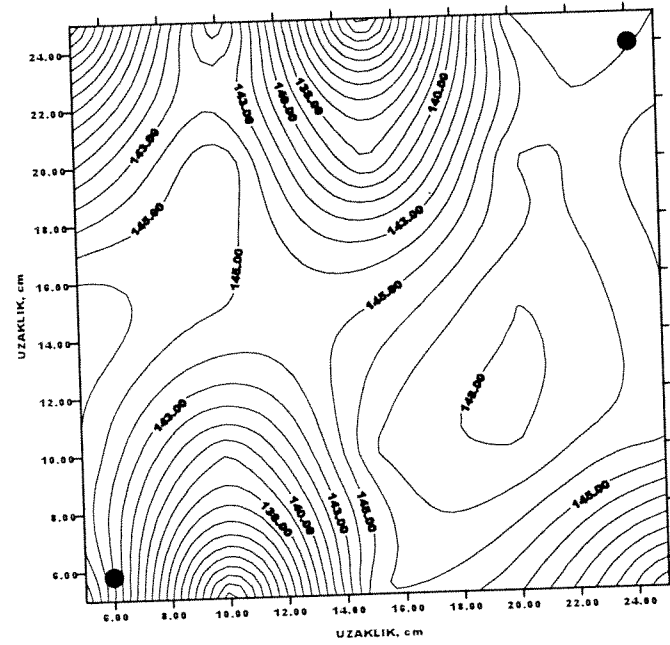
Şekil 7.55. Buhar enjeksiyonu 3-boyutlu sıcaklık dağılımı (BUHAR-2)



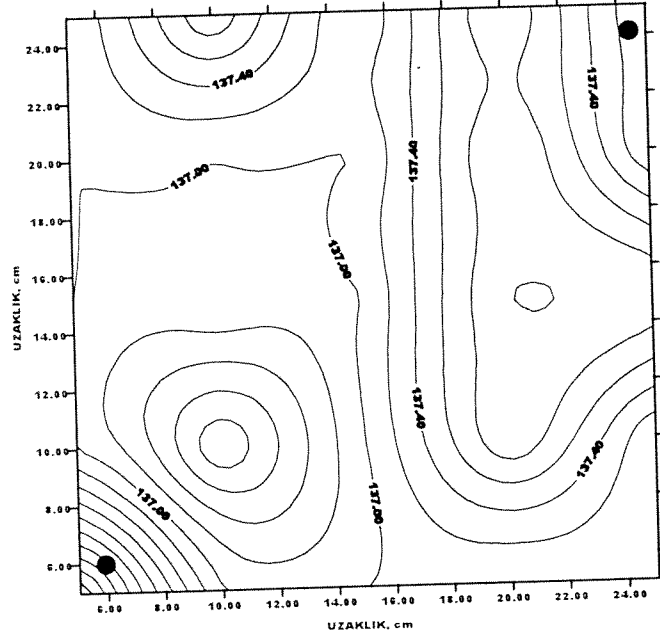
t = 73 dakika



t = 83 dakika

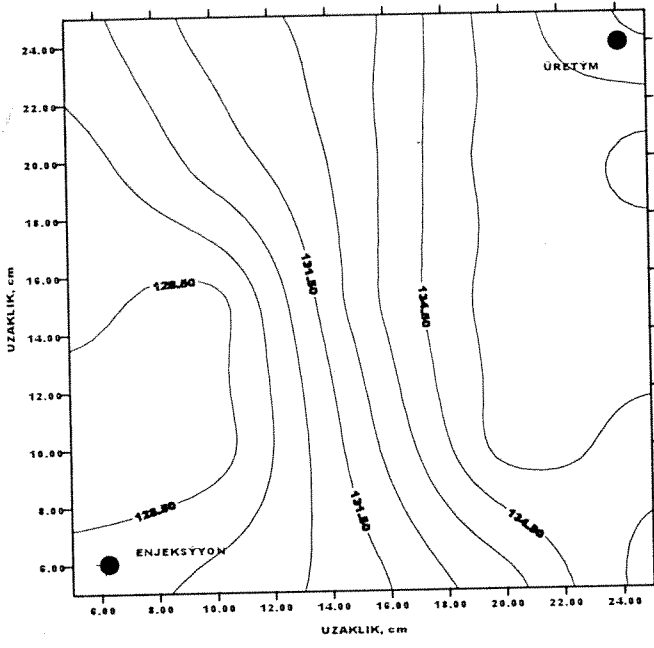


t = 110 dakika

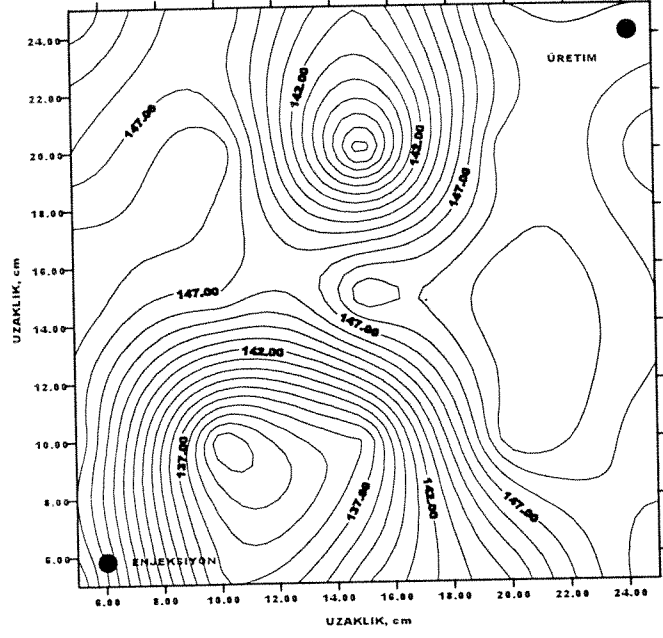


t = 205 dakika

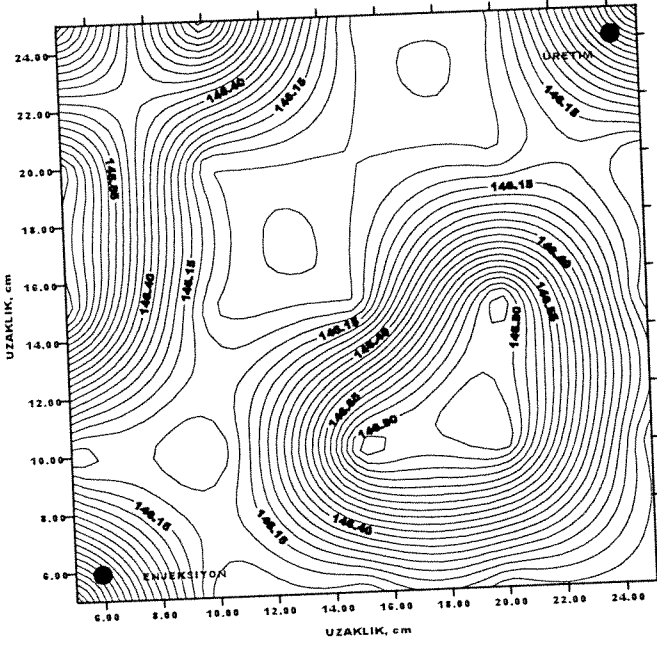
Şekil 7.56. Buhar enjeksiyonu 3-boyutlu sıcaklık dağılımı (BUHAR-3)



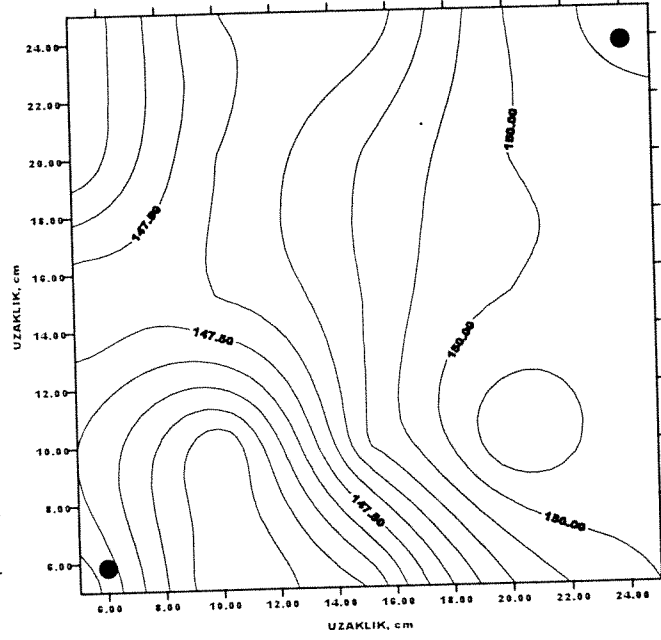
t = 5 dakika



t = 25 dakika



t = 115 dakika



t = 255 dakika

Şekil 7.57. Buhar enjeksiyonu 3-boyutlu sıcaklık dağılımı (BUHAR-4)

BÖLÜM 8

SONUÇLAR

4 ayrı petrolü şeyl sahasından alınan numunelerle (Seyitömer, Beypazarı, Hatıldağ, Himmetoğlu) yapılan deneyler neticesinde aşağıdaki sonuçlar çıkartılmıştır:

1. Tüm petrolü şeyl numuneleri için, düşük sıcaklık oksidasyonu ve yakıt depolanmasında molar CO_2/CO oranları artan sıcaklıkla değişmektedir. Yüksek sıcaklıklarda, molar CO_2/CO oranları sabit kalmaktadır.
2. DSC eğrilerinin analizinden Seyitömer için 485.5 cal/gr, Himmetoğlu için 2842.2 cal/gr, Hatıldağ için 199.1 cal/gr ve Beypazarı için 440.1 cal/gr ısı açığa çıktığı belirlenmiştir.
3. Himmetoğlu petrolü şeylinin yanma karakteristiğinin diğer petrolü şeyllere göre yüksek olduğu, açığa çıkardığı enerjinin yüksek olması şeklinde açıklanmıştır. Yüksek ısı değere sahip olan petrolü şeylin organik madde miktarı diğer petrolü şeyllere göre daha fazladır.
4. Seyitömer, Himmetoğlu, Hatıldağ ve Beypazarı petrolü şeylleri için yanma sıcaklıkları 575, 480, 590, ve 500 °C olarak bulunmuştur. Himmetoğlu petrolü şeyli için organik madde miktarı % 80 olmuştur. Bu oran Hatıldağ ve Beypazarı petrolü şeylleri için % 7.4 iken Seyitömer petrolü şeyli için % 10 olmuştur. Petrollü şeylin derecesi artan organik madde miktarının artmasıyla artmıştır.
5. Yerinde yanma deneyleri neticesinde, Hatıldağ petrolü şeyli için petrol eldesi 18.27 lt/ton, Beypazarı için 18.84 lt/ton, Seyitömer için 4.46 lt/ton ve Himmetoğlu için 16.11 lt/ton bulunmuştur. Bu verilerden petrolü şeyllerin yerinde yanma yöntemiyle üretilebilecekleri tesbit edilmiştir.
6. Buhar enjekte edilerek yapılan deneylerde petrolü şeyllerden petrol üretimi gözlenmemiştir.

BÖLÜM 9

KAYNAKLAR

1. Akkuş, M.F., Ünalın, G. ve Sümer, A. :”Bitümlü Şistlerin Enerji Hammaddesi Olarak Önemi ve Türkiye'nin Bitümlü Şist Yatakları”, Türkiye 3. Genel Enerji Kongresi, Bölüm 1, Alışılmış Enerji Kaynakları, Ankara, 1978.
2. “Bitümlü Şistler ve Türkiye'deki Bitümlü Şist Sahaları”, MTA Enstitüsü Yayını, Haziran 1989, Ankara, 38 sayfa.
3. “Investigation of Oil Shale Deposits in Western Turkey, Part-1:Seyitömer and Beypazarı-Çayırhan”, MTA Enstitüsü Yayını, 1989, 141 sayfa.
4. “Investigation of Oil Shale Deposits in Western Turkey, Part-2:Himmetoğlu and Hatıldığ”, MTA Enstitüsü Yayını, 1991, 72 sayfa.
5. Şengüler, İ., “Bitümlü Şeyl”, Yeryuvarı ve İnsan, Cilt 11, Sayı 6, 21-26.
6. Yıldırım, A., Tanboğa, H., Arbak, R. ve Ayaz, E., :”Beypazarı Bitümlü Şistlerinden Retortlama Yöntemi ile Sentetik Ham Petrol Eldesi Olanaklarının Araştırılması”, MTA Enstitüsü Laboratuvarlar Daire Başkanlığı, Ankara, Kasım 1978.
7. Binder, G.G., Jr. Elzinga, E.R., Tarmy, B.L. and Willman, B.T. : “Scaled Model Tests of In-Situ Combustion in Massive Unconsolidated Sands”, 1967.
8. Bousaid, I.S. and Ramey, H.J., Jr. :”Oxidation of Crude Oil in Porous Media”, Soc. Pet. Eng. J. (June, 1968), 137-148.
9. Burger, J.G. and Sahuquet, B.C. :”Chemical Aspects of In-Situ Combustion Heat of Combustion and Kinetics”, Soc. Pet. Eng. J. (October, 1972), 410-422.
10. Dabbous, M.K. and Fulton, P.F. :”Low-Temperature Oxidation Reaction Kinetics and Effects on the In-Situ Combustion Process”, Soc. Pet. Eng. J. (June, 1974), 253-262.
11. Fassihi, M.R., Brigham, W.E. and Ramey, H.J., Jr. :”The Frontal Behavior of In-Situ Combustion”, SPE Paper 8907, presented at the 1980 California Regional Meeting of SPE of AIME, Los Angeles, CA, April 9-11, 1980.
12. Fuchida, Takado :”Laboratory and Field Experiments on Fireflood Recovery Method”, Producers Monthly, (1959), Vol. 23, No.9, 30-35.

13. Garon, A. M. and Wygal, R.J., Jr. : "A Laboratory Investigation of Fire-Water Flooding", Soc. Pet. Eng. J. (December, 1974), 537-544.
14. Güvernir, I.M, Vossoughi, S., Willhite, G.P., Kritikos, W.P. and El-Shourbary, Y. : "Automation of an In-Situ Combustion Tube and Study of the Effect of Clay on the In-Situ Combustion Process", Soc. Pet. Eng. J. (August, 1982), 493-502.
15. Harding, T.G. : "A Combustion Tube for Investigation of In-Situ Oil Recovery", M.Sc. Thesis, University of Calgary (June, 1976).
16. Kuhn, C.S. and Koch, R.L. : "In-Situ Combustion-Newest Method of Increasing Oil Recovery", Oil and Gas Journal (August 10, 1953), 92-96.
17. Martin, W.L., Alexander, J.D. and Dew, J.N. : "Process Variables of In-Situ Combustion", Trans. AIME (1958), Vol. 213, 28-35.
18. Nelson, T.W. and McNeil, J.S. : "Thermal Methods Provide Three Ways to Improve Oil Recovery", The Oil and Gas Journal (January, 1959), 86-98.
19. Parrish, D.R. and Craig F.F., Jr. : "Laboratory Study of a Combination of Forward Combustion and Waterflooding-The COFCAW Process", Jour. Pet. Tech. (June, 1969) 753-761.
20. Satman, A., Brigham, W.E. and Ramey, H.J., Jr. : "An Investigation of Steam Plateau Phenomena", SPE Paper 7965, presented at the 1979 California Regional Meeting of SPE of AIME, Ventura, CA, (April 18-20, 1979).
21. Thomas, G.W., Buthod, A.P. and Allag, O. : "An Experimental Study of the Kinetics of Dry, Forward Combustion-Final Report", Report No. BETC-1820-1, distributed by Department of Energy, (February, 1979).
22. Weijdema, J. : "Determination of the Oxidation of Kinetics of the In-Situ Combustion Process", Report from Koninlijke/Shell, Exploratie en Produktie Laboratorium, Rijswijk, The Netherlands, (1968).
23. Wilson, L.A., Wygal, R.J., Reed, R.W., Gergins, R.L. and Henderson, J.H. : "Fluid Dynamics During an Underground Combustion Process", Trans. AIME (1958), Vol. 213, 146-154.
24. Farouq Ali, S.M. and Abad, B., : "Bitumen Recovery from Oil Sands, Using Solvents in Conjunction With Steam", J. Can. Pet. Tech. (July-Sept., 1976), 80-90.

25. Farouq Ali, S.M., Look, Yee, K.C., Cordero, F.J. and Figueroa, J.M., : "Role of Injection -Production Strategy in the Solvent-Steam Flooding of the Athabasca Oil Sands", J. Can. Pet. Tech., (Oct.-Dec., 1979), 27-33.
26. Redford, D.A., : "The Use of Solvents and Gases with Steam in the Recovery of Bitumen from Oil Sands", J. Can. Pet. Tech., (Jan.-Feb., 1982), 45-53.
27. Doscher, T.M., Ying, A. and Kostura, J.A. : "Improving the Steam Drive: Physical Model Studies of Inert Gas Injection and Horizontal Wells", Proceeding of SPE California Regional Meeting, Long Beach, CA, (March 23-25, 1988), 443-448.
28. Metwally, M., : "Effect of Gaseous Additives on Steam Processes for Lindbergh Field, Alberta", J. Can. Pet. Tech. (Nov.-Dec. 1990), 26-30.
29. Özen, Ali, S., : "An Investigation of the Recovery of Oil by Steamflooding", M. Sc. Thesis, Petroleum and Natural Gas Engineering Department, The Pennsylvania State University, USA, March, 1967.
30. Slobod, R.L. and Merriam, L.G., : "Use of a Permanent Gas Phase to Augment the Benefits of Steam Injection", Producers Monthly, (January, 6-15, 1965).
31. Fox, R.L., Donaldson, A.B. and Mulac, A.J., "Development of Technology for Downhole Steam Production", SPE Paper 9776, presented at the 1981 SPE/DOE Joint Symposium on Enhanced Oil Recovery, Tulsa, Oklahoma, (April 5-8, 1981).
32. Stone, T. and Malcom, J.D. : "Simulation of a Large Steam-Carbon dioxide Co-Injection Experiment", J. of Can. Pet. Tech., (Nov.-Dec., 1985), 51-59.
33. Gümrah, F. and Okandan, E., : "Laboratory Investigation of Steam-Carbon dioxide Co-Injection on Heavy Oil Recovery", presented at 7 th Biannual Petroleum Congress of Turkey, Ankara, (April 6-10, 1987).
34. Shamsul, A. and Bağcı, S., : "Dry Forward Combustion in a 3-D Semi Scaled Laboratory Model with the Application of Different Well Configurations Using Medium Gravity Crude Oil", Türk Petrol ve Doğal Gaz Dergisi, Vol. 2, No. 2, (Haziran, 1996), 39-52.
35. Bağcı, S. and Shamsul, A., : "A Comparison of Dry Forward Combustion with Diverse Well Configurations in a 3-D Physical Model Using Medium and Low Gravity Crudes", Paper HWC 94-44, Canadian SPE/CIM/CANMET International Conference on Recent Advances in Horizontal Well Applications, (March 20-23, 1994), Calgary, Alberta, Canada.

36. Coats, A. W. and Redfern, J.P.,:Kinetic Parameters from Thermogravimetric Data", Nature, 201, 1964, 68-73.
37. Earnest, C. M., :”Thermogravimetry of Selected American and Australian Oil Shales in Inert Dynamic Atmosphere”, Thermochemica Acta, 58, 1982, 271-288.
38. Lee, I.C., Lee, M.D. and Shon, H.Y., :”A DTA Study of Some Oxidation Characteristics of Colorado Oil Shale”, Thermochemica Acta, 84, 1985, 371-375.
39. Levy, J.H. and Stuart, W.I., :”Oxidative Profiles of Some Australian Oil Shales by Thermal Analysis and Infrared Spectroscopy”, Thermochemica Acta, 74, 1984, 227-234.
40. Miron, Y., :”Thermal Degredatation of Oil Shale with Molten Nitrates”, Thermochemica Acta, 65, 1983, 213-237.
41. Rajeshwar, K., :”The Kinetics of the Thermal Decomposition of Green River Oil Shale Kerojen by Non-isothermal Thermogravimetry”, Thermochemica Acta, 45, 1981, 253-263.
42. Rajeshwar, K., Rosenvold, R.J. and Dubow, J.B., :”Thermogravimetric assay of Oil Shale”, Thermochemica Acta, 66, 1983, 373-376.
43. Rogers, D.E. and Bibby, D.M., :”A Study of a New Zealand Oil Shale by Differential Thermal Analysis”, Thermochemica Acta, 30, 1979, 303-310.
44. Skala, D., Kopsch, H., Sokic, M. and Jovanovic, J., :”Thermogravimetrically and Differential Scanning Calorimetrically Derived kinetics of Oil Shale Pyrolysis”, Fuel, 66, 1987, 1185-1191.
45. Skala, D. and Sokic, M., :”The Determination of a Complex Kinetic Expression of Oil Shale Pyrolysis Using Combined Non-isothermal and Isothermal TG”, Journal of Thermal Analysis, 38, 1992, 729-738.
46. Su, J. and Yang, J., :”Non-isothermal Pyrolysis of Two Kinds of Chinese Oil Shale”, Fuel Science and Technology International, 13 (8), 1995, 945-956.
47. Thakur, D.S. and Nuttall, H.E., :”Kinetics of Pyrolysis of Moroccan Oil Shale by Thermogravimetry”, Ind. Eng. Chem. Res., 26, 1987, 1351-1356.

48. Warne, S.J. and French, D.H., : "The Application of Simultaneous DTA and TG to Some Aspects of Oil Shale Mineralogy", *Thermochimica Acta*, 76, 1984, 179-200.

EK – A

TERMAL ANALİZ DENEY VERİLERİ VE ANALİZ SONUÇLARI

NUMUNE : Seyitömer

PEAK - 1

Sıcaklık (°K)	α	1/T (1/K)	$\ln(-\ln(1-\alpha))/T^2$
515	0.022261	0.001942	-16.282
520	0.024605	0.001923	-16.2001
525	0.027534	0.001905	-16.1052
530	0.031049	0.001887	-16.0022
535	0.036321	0.001869	-15.8615
540	0.042179	0.001852	-15.7275
545	0.049209	0.001835	-15.5881
550	0.058582	0.001818	-15.4271
555	0.069713	0.001802	-15.2654
560	0.082601	0.001786	-15.1068
565	0.097832	0.00177	-14.9471
570	0.115407	0.001754	-14.7899
575	0.135325	0.001739	-14.637
580	0.157001	0.001724	-14.4934
585	0.181019	0.001709	-14.3542
590	0.207967	0.001695	-14.2163
595	0.236673	0.001681	-14.0862
600	0.265964	0.001667	-13.9676

PEAK - 2

Sıcaklık (°K)	α	1/T (1/K)	$\ln(-\ln(1-\alpha))/T^2$
680	0.595196	0.001471	-13.1447
685	0.606913	0.00146	-13.1274
690	0.616872	0.001449	-13.1148
695	0.626245	0.001439	-13.1038
700	0.635618	0.001429	-13.0927
705	0.64382	0.001418	-13.0846
710	0.652021	0.001408	-13.0764
715	0.660223	0.001399	-13.0681
720	0.668424	0.001389	-13.0597
725	0.67604	0.001379	-13.0527
730	0.683656	0.00137	-13.0455
735	0.690685	0.001361	-13.0398
740	0.697715	0.001351	-13.034
745	0.704159	0.001342	-13.0296
750	0.710603	0.001333	-13.0251
755	0.716462	0.001325	-13.022
760	0.72232	0.001316	-13.0188

765	0.728178	0.001307	-13.0154
770	0.734036	0.001299	-13.0118
775	0.74048	0.00129	-13.0064
780	0.74751	0.001282	-12.9991
785	0.75454	0.001274	-12.9916
790	0.762156	0.001266	-12.9821

NUMUNE : Himmetoğlu

PEAK - 1

Sıcaklık (°K)	α	1/T (1/K)	$\ln(-\ln(1-\alpha))/T^2$
500	0.004208	0.002	-17.89798
505	0.006503	0.00198	-17.48141
510	0.009945	0.001961	-17.0745
515	0.014663	0.001942	-16.7034
520	0.025373	0.001923	-16.16891
525	0.036721	0.001905	-15.81257
530	0.047813	0.001887	-15.56181
535	0.060309	0.001869	-15.34187
540	0.074971	0.001852	-15.13508
545	0.091547	0.001835	-14.94486
550	0.109397	0.001818	-14.77524
555	0.12814	0.001802	-14.62479
560	0.14752	0.001786	-14.49092
565	0.167283	0.00177	-14.37159

PEAK - 2

Sıcaklık (°K)	α	1/T (1/K)	$\ln(-\ln(1-\alpha))/T^2$
590	0.258957	0.001695	-13.96523
595	0.275277	0.001681	-13.91043
600	0.290578	0.001667	-13.863
605	0.305113	0.001653	-13.82104
610	0.318883	0.001639	-13.78398
615	0.332143	0.001626	-13.75037
620	0.345404	0.001613	-13.71808
625	0.359046	0.0016	-13.68564
630	0.373199	0.001587	-13.6526
635	0.388244	0.001575	-13.6177
640	0.404437	0.001563	-13.58024
645	0.422542	0.00155	-13.53794
650	0.443325	0.001538	-13.48877
655	0.467678	0.001527	-13.4305
660	0.496494	0.001515	-13.36113

NUMUNE : Hatıldağ

PEAK - 1

Sıcaklık (°K)	α	1/T (1/K)	$\ln(-(\ln(1-\alpha))/T^2)$
540			
545			
550			
555			
560			
565			
570			
575			
580			
585			
590			
595			
600			

PEAK - 2

Sıcaklık (°K)	α	1/T (1/K)	$\ln(-(\ln(1-\alpha))/T^2)$
630	0.17295	0.001587	-14.5527
635	0.181329	0.001575	-14.5163
640	0.189707	0.001563	-14.4819
645	0.198085	0.00155	-14.4492
650	0.205865	0.001538	-14.4214
655	0.213645	0.001527	-14.3949
660	0.220826	0.001515	-14.3727
665	0.228606	0.001504	-14.3484
670	0.236984	0.001493	-14.3221
675	0.244764	0.001481	-14.2998
680	0.252543	0.001471	-14.2783
685	0.260922	0.00146	-14.2550
690	0.2693	0.001449	-14.2325
695	0.278276	0.001439	-14.2083
700	0.287253	0.001429	-14.1850
705	0.29623	0.001418	-14.1625
710	0.305805	0.001408	-14.1384
715	0.315978	0.001399	-14.1128
720	0.325554	0.001389	-14.0903
725	0.335129	0.001379	-14.0684
730	0.344704	0.00137	-14.0473
735	0.353082	0.001361	-14.0309

740	0.360862	0.001351	-14.0171
745	0.368043	0.001342	-14.0056
750	0.374626	0.001333	-13.9964
755	0.38061	0.001325	-13.9894
760	0.385996	0.001316	-13.9846

NUMUNE : Beypazarı

PEAK – 1

Sıcaklık (°K)	α	1/T (1/K)	$\ln(-(\ln(1-\alpha))/T^2)$
505	0.0029895	0.00198	-18.26026
510	0.0059791	0.001961	-17.58531
515	0.0104634	0.001942	-17.04295
520	0.0179372	0.001923	-16.5195
525	0.0254111	0.001905	-16.18653
530	0.0343797	0.001887	-15.8986
535	0.0463378	0.001869	-15.6127
540	0.0597907	0.001852	-15.36937
545	0.0747384	0.001835	-15.15674
550	0.0896861	0.001818	-14.98466
555	0.1106129	0.001802	-14.78162
560	0.1300448	0.001786	-14.6269
565	0.1494768	0.00177	-14.49441
570	0.1704036	0.001754	-14.3689
575	0.1943199	0.001739	-14.2409
580	0.2182362	0.001724	-14.12766
585	0.2421525	0.001709	-14.02598
590	0.2675636	0.001695	-13.92699
595	0.2959641	0.001681	-13.8243

PEAK – 2

Sıcaklık (°K)	α	1/T (1/K)	$\ln(-(\ln(1-\alpha))/T^2)$
615	0.4409567	0.001626	-13.38534
620	0.4768311	0.001613	-13.29353
625	0.5142003	0.0016	-13.20129
630	0.5470852	0.001587	-13.12457
635	0.5784753	0.001575	-13.05357
640	0.6083707	0.001563	-12.98754
645	0.6472347	0.00155	-12.8974
650	0.6816143	0.001538	-12.81898
655	0.7174888	0.001527	-12.73496
660	0.7563528	0.001515	-12.63945
665	0.8011958	0.001504	-12.51997
670	0.8460389	0.001493	-12.38805
675	0.8863976	0.001481	-12.25237
680	0.9177877	0.001471	-12.12851

EK – B

REAKSİYON KİNETİK DENEY VERİLERİ VE ANALİZ SONUÇLARI

RUN = REC-1 SEYITOMER P = 25 psi

Zaman(dal)	O2 con	CO	CO2	T	T	T	H/C ratio	CO2/CO	Inv temp	1/s
110	0.01	0	0.01	420	420	420	0		2.38E-03	7.46E-07
115	0.01	0	0.01	423	423	423	0		2.36E-03	7.46E-07
120	0.01	0	0.01	430	430	430	0		2.33E-03	7.46E-07
125	0.02	0.01	0.01	432	432	432	1	1	2.32E-03	1.49E-06
130	0.22	0.02	0.2	440	440	440	0.18	10	2.27E-03	1.65E-05
135	0.22	0.02	0.2	443	443	443	0.18	10	2.26E-03	1.65E-05
139	0.24	0.04	0.2	452	452	452	0.33	5	2.21E-03	1.81E-05
143	0.38	0.08	0.3	457	457	457	0.42	3.75	2.19E-03	2.89E-05
145	0.83	0.23	0.6	529	529	529	0.55	2.609	1.89E-03	6.34E-05
147	1.1	0.3	0.8	696	696	696	0.55	2.667	1.44E-03	8.47E-05
149	1.1	0.3	0.8	706	706	706	0.55	2.667	1.42E-03	8.56E-05
151	17.85	1.95	15.9	723	723	723	0.22	8.154	2.14E-03	1.22E-04
153	15.62	1.7	13.9	665	665	665	0.22	8.176	2.13E-03	1.24E-04
155	12.37	1.37	11	639	639	639	0.22	8.029	2.09E-03	1.26E-04
157	10.17	1.17	9	605	605	605	0.23	7.692	2.11E-03	1.30E-04
159	7.91	0.91	7	562	562	562	0.23	7.692	2.07E-03	6.65E-05
161	6.89	0.79	6.1	526	526	526	0.23	7.722	2.08E-03	6.75E-05
163	5.76	0.66	5.1	495	495	495	0.23	7.727	1.72E-03	6.86E-05
165	4.73	0.53	4.2	481	481	481	0.22	7.925	1.71E-03	6.98E-05
167	4.04	0.44	3.6	477	477	477	0.22	8.182	1.71E-03	7.82E-05
169	3.36	0.36	3	472	472	472	0.21	8.333	1.68E-03	7.23E-05
171	1.92	0.22	1.7	466	466	466	0.23	7.727	1.70E-03	7.36E-05
173	0.9	0.1	0.8	466	466	466	0.22	8	1.66E-03	7.49E-05
175	0.55	0.05	0.5	468	468	468	0.18	10	1.66E-03	7.63E-05
177	0.42	0.02	0.4	471	471	471	0.1	20	1.62E-03	7.77E-05
179	0.31	0.01	0.3	468	468	468	0.06	30	1.63E-03	7.92E-05
181	0.2	0	0.2	467	467	467	0		1.60E-03	8.08E-05
183	0.2	0	0.2	470	470	470	0		1.58E-03	8.24E-05
185	0.2	0	0.2	478	478	478	0		1.60E-03	8.40E-05
189	0.2	0	0.2	473	473	473	0		1.56E-03	8.57E-05
193	0.1	0	0.1	484	484	484	0		1.57E-03	8.75E-05
197	0.1	0	0.1	480	480	480	0		1.56E-03	8.94E-05
297	0.1	0	0.1	582	582	582	0		1.52E-03	9.14E-05
301	0.1	0	0.1	584	584	584	0		1.54E-03	9.34E-05

305	0.11	0.01	0.1	585		585	0.18	10	1.51E-03	1.05E-04
309	0.1	0	0.1	595		595	0		1.50E-03	9.80E-05
313	0.1	0	0.1	588		588	0		1.50E-03	1.00E-04
317	0.1	0	0.1	601		601	0		1.47E-03	1.03E-04
325	0.1	0	0.1	603		603	0		1.48E-03	1.06E-04
329	0.1	0	0.1	618		618	0		1.47E-03	1.08E-04
333	0.1	0	0.1	613		613	0		1.44E-03	1.11E-04
337	0.1	0	0.1	624		624	0		1.44E-03	1.14E-04
341	0.1	0	0.1	633		633	0		1.42E-03	1.17E-04
345	0.1	0	0.1	626		626	0		1.40E-03	1.21E-04
349	0.1	0	0.1	641		641	0		1.42E-03	1.24E-04
353	0.1	0	0.1	639		639	0		1.39E-03	1.28E-04
357	0.1	0	0.1	643		643	0		1.39E-03	1.32E-04
361	0.1	0	0.1	656		656	0		1.39E-03	1.37E-04
365	0.1	0	0.1	650		650	0		1.36E-03	1.41E-04
369	0.11	0.01	0.1	663		663	0.18	10	1.36E-03	1.46E-04
373	0.1	0	0.1	669		669	0		1.36E-03	3.25E-04
377	0.1	0	0.1	665		665	0		1.33E-03	3.52E-04
381	0.1	0	0.1	680		680	0		1.34E-03	3.85E-04
385	0.1	0	0.1	677		677	0		1.33E-03	4.24E-04
389	0.1	0	0.1	681		681	0		1.31E-03	4.72E-04
393	0.1	0	0.1	694		694	0		1.33E-03	5.32E-04
397	0.1	0	0.1	694		694	0		1.31E-03	6.10E-04
401	0.1	0	0.1	704		704	0		1.30E-03	7.14E-04
405	0.1	0	0.1	712		712	0		1.30E-03	8.20E-04
409	0.1	0	0.1	706		706	0		1.28E-03	5.05E-04
413	0.1	0	0.1	720		720	0		1.29E-03	5.75E-04
417	0.1	0	0.1	722		722	0		1.28E-03	6.67E-04
421	0.1	0	0.1	721		721	0		1.26E-03	8.33E-04
425	0.1	0	0.1	738		738	0		1.25E-03	1.11E-03
429	0.1	0	0.1	734		734	0		1.26E-03	1.67E-03
433	0.21	0.01	0.2	737		737	0.1	20	1.26E-03	3.33E-03
437	0.21	0.01	0.2	750		750	0.1	20		
441	0.21	0.01	0.2	745		745	0.1	20		
445	0.21	0.01	0.2	753		753	0.1	20		
449	0.21	0.01	0.2	762		762	0.1	20		

453	0.21	0.01	0.2	755		755	0.1	20	
457	0.21	0.01	0.2	766		766	0.1	20	
461	0.21	0.01	0.2	771		771	0.1	20	
464	0.21	0.01	0.2	768		768	0.1	20	
468	0.11	0.01	0.1	782		782	0.18	10	
472	0.11	0.01	0.1	775		775	0.18	10	
476	0.11	0.01	0.1	783		783	0.18	10	
481	0.11	0.01	0.1	793		793	0.18	10	
486	0.11	0.01	0.1	799		799	0.18	10	
491	0.11	0.01	0.1	797		797	0.18	10	
496	0.11	0.01	0.1	797		797	0.18	10	

RUN = REC-2 SEYITOMER P = 50 psi

Zaman(dal)	O2 con	CO	CO2	T	T	H/C ratio	CO2/CO	Inv temp	1/s
45	0.1	0	0.1	378	378	0		2.65E-03	6.85E-06
50	0.1	0	0.1	383	383	0		2.61E-03	6.86E-06
55	0.1	0	0.1	392	392	0		2.55E-03	6.87E-06
60	0.1	0	0.1	388	388	0		2.58E-03	6.89E-06
65	0.1	0	0.1	396	396	0		2.53E-03	6.90E-06
70	0.1	0	0.1	400	400	0		2.50E-03	6.92E-06
75	0.1	0	0.1	395	395	0		2.53E-03	6.93E-06
80	0.1	0	0.1	410	410	0		2.44E-03	6.95E-06
85	0.1	0	0.1	408	408	0		2.45E-03	6.96E-06
90	0.3	0	0.3	455	455	0		2.20E-03	2.10E-05
95	0.41	0.01	0.4	473	473	0.05	40	2.11E-03	2.89E-05
96	0.45	0.05	0.4	590	590	0.22	8	1.70E-03	3.17E-05
97	1.24	0.24	1	757	757	0.39	4.167	1.32E-03	8.78E-05
98	3.56	0.66	2.9	682	682	0.37	4.394	1.87E-03	4.53E-05
99	11.39	1.29	10.1	675	675	0.23	7.829	1.91E-03	4.59E-05
100	14.28	1.38	12.9	656	656	0.19	9.348	1.85E-03	4.64E-05
101	12.39	1.19	11.2	632	632	0.19	9.412	1.89E-03	4.71E-05
102	10.18	0.98	9.2	616	616	0.19	9.388	1.83E-03	4.77E-05
103	8.98	0.88	8.1	594	594	0.2	9.205	1.82E-03	4.84E-05
104	8.65	0.85	7.8	576	576	0.2	9.176	1.83E-03	4.91E-05
105	7.77	0.77	7	564	564	0.2	9.091	1.79E-03	4.99E-05
106	7.11	0.71	6.4	533	533	0.2	9.014	1.82E-03	5.06E-05
108	5.36	0.56	4.8	508	508	0.21	8.571	1.76E-03	5.14E-05
110	3.25	0.35	2.9	526	526	0.22	8.286	1.76E-03	5.22E-05
112	1.91	0.21	1.7	519	519	0.22	8.095	1.75E-03	5.30E-05
114	1.13	0.13	1	519	519	0.23	7.692	1.70E-03	5.39E-05
118	0.57	0.07	0.5	528	528	0.25	7.143	1.73E-03	5.48E-05
122	0.44	0.04	0.4	516	516	0.18	10	1.68E-03	5.57E-05
126	0.32	0.02	0.3	535	535	0.12	15	1.65E-03	5.67E-05
131	0.32	0.02	0.3	523	523	0.12	15	1.68E-03	5.76E-05
135	0.32	0.02	0.3	541	541	0.12	15	1.62E-03	5.86E-05
140	0.32	0.02	0.3	529	529	0.12	15	1.62E-03	5.97E-05
145	0.32	0.02	0.3	546	546	0.12	15	1.63E-03	6.08E-05
150	0.32	0.02	0.3	551	551	0.12	15	1.58E-03	8.15E-05

155	0.32	0.02	0.3	547	547	0.12	15	1.61E-03	6.35E-05
160	0.32	0.02	0.3	560	560	0.12	15	1.57E-03	8.52E-05
165	0.32	0.02	0.3	550	550	0.12	15	1.55E-03	6.64E-05
170	0.32	0.02	0.3	568	568	0.12	15	1.58E-03	8.92E-05
175	0.32	0.02	0.3	568	568	0.12	15	1.54E-03	9.16E-05
180	0.32	0.02	0.3	572	572	0.12	15	1.53E-03	7.15E-05
185	0.32	0.02	0.3	589	589	0.12	15	1.53E-03	9.63E-05
190	0.32	0.02	0.3	579	579	0.12	15	1.50E-03	1.02E-04
195	0.32	0.02	0.3	594	594	0.12	15	1.51E-03	7.76E-05
200	0.32	0.02	0.3	606	606	0.12	15	1.50E-03	1.05E-04
205	0.32	0.02	0.3	595	595	0.12	15	1.46E-03	1.08E-04
210	0.32	0.02	0.3	617	617	0.12	15	1.48E-03	8.48E-05
215	0.32	0.02	0.3	616	616	0.12	15	1.46E-03	1.15E-04
220	0.32	0.02	0.3	612	612	0.12	15	1.41E-03	1.22E-04
225	0.42	0.02	0.4	633	633	0.1	20	1.44E-03	1.23E-04
230	0.32	0.02	0.3	622	622	0.12	15	1.45E-03	9.71E-05
235	0.42	0.02	0.4	636	636	0.1	20	1.40E-03	1.32E-04
240	0.32	0.02	0.3	645	645	0.12	15	1.42E-03	1.04E-04
245	0.42	0.02	0.4	632	632	0.1	20	1.39E-03	1.42E-04
250	0.42	0.02	0.4	651	651	0.1	20	1.37E-03	1.48E-04
255	0.32	0.02	0.3	654	654	0.12	15	1.39E-03	1.55E-04
260	0.42	0.02	0.4	654	654	0.1	20	1.36E-03	1.62E-04
265	0.43	0.03	0.4	667	667	0.14	13.333	1.36E-03	1.71E-04
270	0.32	0.02	0.3	664	664	0.12	15	1.37E-03	1.80E-04
275	0.42	0.02	0.4	669	669	0.1	20	1.32E-03	1.90E-04
280	0.42	0.02	0.4	684	684	0.1	20	1.34E-03	2.02E-04
285	0.32	0.02	0.3	676	676	0.12	15	1.31E-03	2.15E-04
290	0.42	0.02	0.4	684	684	0.1	20	1.29E-03	2.30E-04
295	0.43	0.03	0.4	708	708	0.14	13.333	1.32E-03	2.47E-04
300	0.42	0.02	0.4	697	697	0.1	20	1.27E-03	2.66E-04
305	0.32	0.02	0.3	692	692	0.12	15	1.30E-03	2.89E-04
310	0.42	0.02	0.4	716	716	0.1	20	1.31E-03	3.17E-04
315	0.32	0.02	0.3	705	705	0.12	15	1.28E-03	3.50E-04
320	0.42	0.02	0.4	722	722	0.1	20	1.29E-03	3.91E-04
325	0.42	0.02	0.4	732	732	0.1	20	1.25E-03	4.43E-04
330	0.42	0.02	0.4	722	722	0.1	20	1.27E-03	5.11E-04

335	0.42	0.02	0.4	735	735	0.1	20	1.23E-03	6.03E-04
340	0.42	0.02	0.4	733	733	0.1	20	1.27E-03	7.37E-04
345	0.42	0.02	0.4	732	732	0.1	20	1.24E-03	9.72E-04
350	0.42	0.02	0.4	759	759	0.1	20	1.27E-03	1.37E-03
355	0.42	0.02	0.4	746	746	0.1	20	1.23E-03	2.33E-03
360	0.42	0.02	0.4	762	762	0.1	20		
365	0.42	0.02	0.4	774	774	0.1	20		
370	0.42	0.02	0.4	760	760	0.1	20		
375	0.42	0.02	0.4	786	786	0.1	20		
380	0.42	0.02	0.4	769	769	0.1	20		
385	0.42	0.02	0.4	766	766	0.1	20		
390	0.42	0.02	0.4	784	784	0.1	20		
395	0.42	0.02	0.4	776	776	0.1	20		
400	0.42	0.02	0.4	799	799	0.1	20		
405	0.42	0.02	0.4	790	790	0.1	20		
410	0.42	0.02	0.4	814	814	0.1	20		
415	0.42	0.02	0.4	785	785	0.1	20		
420	0.43	0.03	0.4	805	805	0.14	13.333		
425	0.43	0.03	0.4	790	790	0.14	13.333		
430	0.43	0.03	0.4	812	812	0.14	13.333		

RUN=REC-3 SEYITOMER P=75 psi

Zaman(dak)	O2 con	CO	CO2	T	T	H/C ratio	CO2/CO	Inv temp	1/s
35	0.1	0	0.1	351	351	0		2.85E-03	8.38E-06
40	0.1	0	0.1	363	363	0		2.76E-03	8.40E-06
45	0.1	0	0.1	365	365	0		2.74E-03	8.42E-06
50	0.1	0	0.1	363	363	0		2.76E-03	8.44E-06
55	0.1	0	0.1	373	373	0		2.68E-03	8.46E-06
60	0.1	0	0.1	375	375	0		2.67E-03	8.49E-06
65	0.1	0	0.1	373	373	0		2.68E-03	8.51E-06
70	0.1	0	0.1	383	383	0		2.61E-03	8.53E-06
75	0.1	0	0.1	387	387	0		2.58E-03	8.55E-06
80	0.1	0	0.1	384	384	0		2.60E-03	8.57E-06
85	0.1	0	0.1	398	398	0		2.51E-03	8.60E-06
90	0.1	0	0.1	398	398	0		2.51E-03	8.62E-06
95	0.1	0	0.1	398	398	0		2.51E-03	8.64E-06
100	0.1	0	0.1	411	411	0		2.43E-03	8.66E-06
105	0.1	0	0.1	407	407	0		2.46E-03	8.69E-06
110	0.1	0	0.1	417	417	0		2.40E-03	8.71E-06
115	0.11	0.01	0.1	423	423	0.18	10	2.36E-03	9.60E-06
120	0.12	0.02	0.1	423	423	0.33	5	2.36E-03	1.05E-05
122	0.13	0.03	0.1	421	421	0.46	3.333	2.38E-03	1.14E-05
124	0.13	0.03	0.1	419	419	0.46	3.333	2.39E-03	1.14E-05
126	0.13	0.03	0.1	424	424	0.46	3.333	2.36E-03	1.14E-05
128	0.13	0.03	0.1	433	433	0.46	3.333	2.31E-03	1.15E-05
130	0.24	0.04	0.2	434	434	0.33	5	2.30E-03	2.12E-05
132	0.24	0.04	0.2	433	433	0.33	5	2.31E-03	2.12E-05
134	0.25	0.05	0.2	431	431	0.4	4	2.32E-03	2.22E-05
136	0.24	0.04	0.2	428	428	0.33	5	2.34E-03	2.13E-05
140	0.13	0.03	0.1	441	441	0.46	3.333	2.27E-03	1.16E-05
144	0.25	0.05	0.2	443	443	0.4	4	2.26E-03	2.24E-05
146	0.22	0.02	0.2	492	492	0.18	10	2.03E-03	1.98E-05
147	0.67	0.17	0.5	652	652	0.51	2.941	1.53E-03	6.04E-05
148	4.6	0.8	3.8	659	659	0.35	4.75	2.17E-03	2.77E-05
149	9.81	1.41	8.4	636	636	0.29	5.957	2.14E-03	2.56E-05
150	13.92	1.62	12.3	616	616	0.23	7.593	2.13E-03	2.35E-05
151	13.75	1.55	12.2	604	604	0.23	7.871	2.09E-03	2.60E-05

152	11.37	1.27	10.1	589		589	0.22	7.953		2.10E-03	2.62E-05
153	9.23	1.03	8.2	571		571	0.22	7.961		2.05E-03	2.64E-05
154	7.81	0.91	6.9	553		553	0.23	7.582		2.06E-03	2.66E-05
155	6.23	0.73	5.5	539		539	0.23	7.534		2.00E-03	2.69E-05
156	5.11	0.61	4.5	523		523	0.24	7.377		2.04E-03	2.71E-05
157	4.32	0.52	3.8	509		509	0.24	7.308		1.97E-03	2.98E-05
158	3.64	0.44	3.2	495		495	0.24	7.273		2.00E-03	3.01E-05
159	2.95	0.35	2.6	484		484	0.24	7.429		1.95E-03	3.29E-05
160	2.72	0.32	2.4	477		477	0.24	7.5		1.95E-03	3.58E-05
161	2.27	0.27	2	468		468	0.24	7.407		1.92E-03	2.84E-05
162	2.05	0.25	1.8	463		463	0.24	7.2		1.89E-03	3.38E-05
164	1.7	0.2	1.5	465		465	0.24	7.5		1.91E-03	3.42E-05
166	1.27	0.17	1.1	467		467	0.27	6.471		1.86E-03	3.45E-05
169	0.83	0.13	0.7	459		459	0.31	5.385		1.89E-03	3.22E-05
172	0.49	0.09	0.4	450		450	0.37	4.444		1.84E-03	5.99E-05
175	0.24	0.04	0.2	459		459	0.33	5		1.80E-03	6.10E-05
180	0.12	0.02	0.1	461		461	0.33	5		1.88E-03	6.21E-05
185	0.11	0.01	0.1	468		468	0.18	10		1.93E-03	3.15E-05
190	0.1	0	0.1	470		470	0	0		1.79E-03	3.18E-05
195	0.11	0.01	0.1	479		479	0.18	10		1.83E-03	6.75E-05
200	0.11	0.01	0.1	476		476	0.18	10		1.78E-03	7.19E-05
205	0.11	0.01	0.1	489		489	0.18	10		1.76E-03	7.35E-05
210	0.11	0.01	0.1	486		486	0.18	10		1.78E-03	7.51E-05
215	0.11	0.01	0.1	499		499	0.18	10		1.72E-03	7.69E-05
220	0.11	0.01	0.1	490		490	0.18	10		1.73E-03	7.87E-05
225	0.12	0.02	0.1	508		508	0.33	5		1.72E-03	8.06E-05
230	0.12	0.02	0.1	499		499	0.33	5		1.68E-03	8.26E-05
235	0.13	0.03	0.1	513		513	0.46	3.333		1.70E-03	8.47E-05
240	0.14	0.04	0.1	513		513	0.57	2.5		1.68E-03	8.69E-05
245	0.11	0.01	0.1	520		520	0.18	10		1.64E-03	8.54E-05
250	0.13	0.03	0.1	528		528	0.46	3.333		1.67E-03	8.77E-05
255	0.13	0.03	0.1	523		523	0.46	3.333		1.61E-03	9.40E-05
260	0.13	0.03	0.1	539		539	0.46	3.333		1.60E-03	9.27E-05
265	0.12	0.02	0.1	529		529	0.33	5		1.61E-03	9.53E-05
270	0.22	0.02	0.2	544		544	0.18	10		1.56E-03	9.81E-05
275	0.22	0.02	0.2	557		557	0.18	10		1.59E-03	1.01E-04

280	0.22	0.02	0.2	532	532	0.18	10	1.54E-03	1.09E-04
285	0.11	0.01	0.1	519	519	0.18	10	1.50E-03	1.08E-04
290	0.11	0.01	0.1	558	558	0.18	10	1.51E-03	1.11E-04
295	0.23	0.03	0.2	546	546	0.26	6.667	1.49E-03	1.15E-04
300	0.24	0.04	0.2	562	562	0.33	5	1.46E-03	1.19E-04
305	0.24	0.04	0.2	569	569	0.33	5	1.47E-03	1.24E-04
310	0.24	0.04	0.2	562	562	0.33	5	1.44E-03	1.29E-04
315	0.24	0.04	0.2	581	581	0.33	5	1.44E-03	1.28E-04
320	0.24	0.04	0.2	579	579	0.33	5	1.46E-03	1.39E-04
325	0.24	0.04	0.2	582	582	0.33	5	1.42E-03	1.45E-04
330	0.24	0.04	0.2	594	594	0.33	5	1.40E-03	1.45E-04
335	0.24	0.04	0.2	588	588	0.33	5	1.42E-03	1.52E-04
340	0.24	0.04	0.2	597	597	0.33	5	1.38E-03	1.59E-04
345	0.23	0.03	0.2	611	611	0.26	6.667	1.36E-03	1.67E-04
350	0.23	0.03	0.2	599	599	0.26	6.667	1.38E-03	1.75E-04
355	0.24	0.04	0.2	622	622	0.33	5	1.35E-03	1.85E-04
360	0.23	0.03	0.2	627	627	0.26	6.667	1.34E-03	1.96E-04
365	0.23	0.03	0.2	621	621	0.26	6.667	1.35E-03	2.08E-04
370	0.23	0.03	0.2	643	643	0.26	6.667	1.32E-03	2.22E-04
375	0.23	0.03	0.2	631	631	0.26	6.667	1.31E-03	2.38E-04
380	0.24	0.04	0.2	648	648	0.33	5	1.33E-03	2.56E-04
385	0.23	0.03	0.2	668	668	0.26	6.667	1.29E-03	2.78E-04
390	0.23	0.03	0.2	664	664	0.26	6.667	1.29E-03	3.03E-04
395	0.23	0.03	0.2	671	671	0.26	6.667	1.30E-03	3.33E-04
400	0.23	0.03	0.2	686	686	0.26	6.667	1.27E-03	3.70E-04
405	0.23	0.03	0.2	679	679	0.26	6.667	1.28E-03	4.17E-04
410	0.23	0.03	0.2	693	693	0.26	6.667	1.28E-03	4.76E-04
415	0.22	0.02	0.2	696	696	0.18	10	1.24E-03	5.56E-04
420	0.23	0.03	0.2	685	685	0.26	6.667	1.26E-03	6.67E-04
425	0.23	0.03	0.2	706	706	0.26	6.667	1.25E-03	8.33E-04
430	0.22	0.02	0.2	714	714	0.18	10	1.23E-03	1.11E-03
435	0.22	0.02	0.2	704	704	0.18	10	1.24E-03	1.67E-03
440	0.22	0.02	0.2	725	725	0.18	10	1.22E-03	3.33E-03
445	0.22	0.02	0.2	737	737	0.18	10		
450	0.22	0.02	0.2	723	723	0.18	10		
455	0.22	0.02	0.2	743	743	0.18	10		

460	0.22	0.02	0.2	745		745	0.18	10
465	0.22	0.02	0.2	739		739	0.18	10
470	0.22	0.02	0.2	760		760	0.18	10
475	0.22	0.02	0.2	763		763	0.18	10
480	0.22	0.02	0.2	751		751	0.18	10
485	0.22	0.02	0.2	773		773	0.18	10
490	0.22	0.02	0.2	775		775	0.18	10
495	0.22	0.02	0.2	771		771	0.18	10
500	0.22	0.02	0.2	785		785	0.18	10
505	0.22	0.02	0.2	783		783	0.18	10
510	0.22	0.02	0.2	783		783	0.18	10
515	0.22	0.02	0.2	806		806	0.18	10
520	0.22	0.02	0.2	792		792	0.18	10
525	0.22	0.02	0.2	801		801	0.18	10
530	0.22	0.02	0.2	813		813	0.18	10
535	0.22	0.02	0.2	805		805	0.18	10
540	0.22	0.02	0.2	822		822	0.18	10

RUN= REC-4 BEYPAZARI P = 25 psi

Zaman(dal)	O2 con	CO	CO2	T	T	H/C ratio	CO2/CO	Inv temp	1/s
65	0.01	0.01	0	386	386	2	0	2.59E-03	4.99E-07
75	0.01	0.01	0	393	393	2	0	2.55E-03	4.99E-07
80	0.01	0.01	0	392	392	2	0	2.55E-03	4.99E-07
85	0.01	0.01	0	403	403	2	0	2.48E-03	4.99E-07
90	0.01	0.01	0	402	402	2	0	2.49E-03	5.00E-07
95	0.01	0.01	0	414	414	2	0	2.42E-03	5.00E-07
100	0.01	0.01	0	412	412	2	0	2.43E-03	5.00E-07
105	0.01	0.01	0	424	424	2	0	2.36E-03	5.00E-07
110	0.01	0.01	0	423	423	2	0	2.36E-03	5.00E-07
115	0.01	0.01	0	432	432	2	0	2.32E-03	5.00E-07
120	0.01	0.01	0	434	434	2	0	2.30E-03	5.00E-07
125	0.01	0.01	0	440	440	2	0	2.27E-03	5.00E-07
130	0.01	0.01	0	450	450	2	0	2.22E-03	5.00E-07
135	0.01	0.01	0	448	448	2	0	2.23E-03	5.00E-07
140	0.01	0.01	0	460	460	2	0	2.17E-03	5.00E-07
145	0.01	0.01	0	457	457	2	0	2.19E-03	5.00E-07
150	0.01	0.01	0	469	469	2	0	2.13E-03	5.00E-07
155	0.02	0.02	0	476	476	2	0	2.10E-03	1.00E-06
160	0.02	0.02	0	474	474	2	0	2.11E-03	1.00E-06
162	0.27	0.07	0.2	473	473	0.52	2.857	2.11E-03	1.35E-05
170	0.29	0.09	0.2	469	469	0.62	2.222	2.13E-03	1.46E-05
173	0.42	0.12	0.3	482	482	0.57	2.5	2.08E-03	2.13E-05
176	0.44	0.14	0.3	478	478	0.64	2.143	2.09E-03	2.24E-05
179	0.45	0.15	0.3	491	491	0.67	2	2.04E-03	2.30E-05
182	0.59	0.19	0.4	494	494	0.64	2.105	2.02E-03	3.02E-05
185	0.62	0.22	0.4	498	498	0.71	1.818	2.01E-03	3.20E-05
188	0.76	0.26	0.5	501	501	0.68	1.923	2.00E-03	3.94E-05
191	1.04	0.34	0.7	498	498	0.65	2.059	2.01E-03	5.44E-05
194	1.21	0.41	0.8	508	508	0.68	1.951	1.97E-03	6.40E-05
196	1.46	0.46	1	512	512	0.63	2.174	1.95E-03	7.79E-05
198	1.57	0.47	1.1	510	510	0.6	2.34	1.96E-03	8.46E-05
201	1.06	0.36	0.7	514	514	0.68	1.944	1.95E-03	5.78E-05
204	0.89	0.29	0.6	522	522	0.65	2.069	1.92E-03	4.90E-05
209	0.62	0.22	0.4	527	527	0.71	1.818	1.90E-03	3.46E-05

214	0.58	0.18	0.4	532		532	0.62	2.222	1.88E-03	3.27E-05
219	0.6	0.2	0.4	536		536	0.67	2	1.87E-03	3.41E-05
224	0.59	0.19	0.4	546		546	0.64	2.105	1.83E-03	3.39E-05
229	0.6	0.2	0.4	542		542	0.67	2	1.85E-03	3.49E-05
234	0.73	0.23	0.5	551		551	0.63	2.174	1.82E-03	4.29E-05
239	0.75	0.25	0.5	567		567	0.67	2	1.76E-03	4.47E-05
244	0.76	0.26	0.5	570		570	0.68	1.923	1.75E-03	4.59E-05
249	0.88	0.28	0.6	568		568	0.64	2.143	1.76E-03	5.39E-05
254	1.01	0.31	0.7	585		585	0.61	2.258	1.71E-03	6.30E-05
259	1	0.3	0.7	594		594	0.6	2.333	1.68E-03	6.36E-05
264	0.98	0.28	0.7	592		592	0.57	2.5	1.69E-03	6.35E-05
269	1.11	0.31	0.8	596		596	0.56	2.581	1.68E-03	7.34E-05
274	1.11	0.31	0.8	609		609	0.56	2.581	1.64E-03	7.50E-05
279	1.22	0.32	0.9	618		618	0.52	2.813	1.62E-03	8.45E-05
284	1.22	0.32	0.9	614		614	0.52	2.813	1.63E-03	8.67E-05
289	1.48	0.38	1.1	616		616	0.51	2.895	1.62E-03	1.08E-04
294	1.72	0.42	1.3	630		630	0.49	3.095	1.59E-03	1.30E-04
297	2.24	0.54	1.7	629		629	0.48	3.148	1.50E-03	2.52E-04
299	7.92	1.42	6.5	649		649	0.36	4.577	1.50E-03	2.58E-04
300	21	2	20	668		668	0	10	1.49E-03	2.80E-04
301	21	2	20	665		665	0	10	1.47E-03	2.97E-04
303	21	1.91	19.6	650		650	0.06	10.262	1.45E-03	3.26E-04
305	14.51	1.21	13.3	639		639	0.17	10.992	1.43E-03	2.50E-04
307	6.66	0.66	6	643		643	0.2	9.091	1.43E-03	2.59E-04
309	4.31	0.51	3.8	649		649	0.24	7.451	1.43E-03	2.81E-04
312	2.56	0.36	2.2	637		637	0.28	6.111	1.43E-03	3.07E-04
315	1.68	0.28	1.4	653		653	0.33	5	1.41E-03	3.24E-04
318	1.22	0.22	1	643		643	0.36	4.545	1.38E-03	3.59E-04
322	0.99	0.19	0.8	660		660	0.38	4.211	1.37E-03	4.02E-04
327	0.65	0.15	0.5	664		664	0.46	3.333	1.37E-03	4.37E-04
332	0.4	0.1	0.3	668		668	0.5	3	1.37E-03	4.79E-04
337	0.38	0.08	0.3	666		666	0.42	3.75	1.36E-03	5.60E-04
342	0.38	0.08	0.3	670		670	0.42	3.75	1.35E-03	6.73E-04
347	0.37	0.07	0.3	682		682	0.38	4.286	1.32E-03	8.43E-04
352	0.37	0.07	0.3	692		692	0.38	4.286	1.31E-03	1.13E-03
357	0.26	0.06	0.2	699		699	0.46	3.333	1.32E-03	8.33E-04

362	0.25	0.05	0.2	698		698	0.4	4	1.32E-03	1.11E-03
367	0.25	0.05	0.2	698		698	0.4	4	1.31E-03	1.67E-03
372	0.25	0.05	0.2	702		702	0.4	4	1.29E-03	3.33E-03
377	0.24	0.04	0.2	711		711	0.33	5		
382	0.24	0.04	0.2	724		724	0.33	5		
387	0.24	0.04	0.2	732		732	0.33	5		
392	0.23	0.03	0.2	731		731	0.26	6.667		
397	0.22	0.02	0.2	732		732	0.18	10		
402	0.22	0.02	0.2	733		733	0.18	10		
407	0.22	0.02	0.2	743		743	0.18	10		
412	0.22	0.02	0.2	758		758	0.18	10		
417	0.22	0.02	0.2	765		765	0.18	10		
422	0.12	0.02	0.1	760		760	0.33	5		
427	0.12	0.02	0.1	760		760	0.33	5		
432	0.12	0.02	0.1	765		765	0.33	5		
437	0.12	0.02	0.1	778		778	0.33	5		

RUN=REC-5 BEYPAZARI P=50 psi

Zaman(dak)	O2 con	CO	CO2	T	T	T	H/C ratio	CO2/CO	Inv temp	1/s
50	0.1	0	0.1	361	361	361	0		2.77E-03	5.78E-06
57	0.1	0	0.1	367	367	367	0		2.73E-03	5.80E-06
62	0.1	0	0.1	364	364	364	0		2.75E-03	5.81E-06
67	0.1	0	0.1	373	373	373	0		2.68E-03	5.82E-06
72	0.1	0	0.1	370	370	370	0		2.70E-03	5.83E-06
77	0.1	0	0.1	379	379	379	0		2.64E-03	5.84E-06
82	0.1	0	0.1	378	378	378	0		2.65E-03	5.85E-06
87	0.1	0	0.1	386	386	386	0		2.59E-03	5.86E-06
92	0.1	0	0.1	386	386	386	0		2.59E-03	5.87E-06
97	0.1	0	0.1	394	394	394	0		2.54E-03	5.88E-06
102	0.1	0	0.1	394	394	394	0		2.54E-03	5.89E-06
107	0.1	0	0.1	402	402	402	0		2.49E-03	5.90E-06
112	0.1	0	0.1	400	400	400	0		2.50E-03	5.91E-06
117	0.1	0	0.1	409	409	409	0		2.45E-03	5.92E-06
122	0.1	0	0.1	407	407	407	0		2.46E-03	5.93E-06
127	0.1	0	0.1	417	417	417	0		2.40E-03	5.94E-06
132	0.1	0	0.1	413	413	413	0		2.42E-03	5.95E-06
137	0.11	0.01	0.1	423	423	423	0.18	10	2.36E-03	6.56E-06
142	0.11	0.01	0.1	425	425	425	0.18	10	2.35E-03	6.57E-06
147	0.11	0.01	0.1	429	429	429	0.18	10	2.33E-03	6.59E-06
152	0.11	0.01	0.1	437	437	437	0.18	10	2.29E-03	6.60E-06
157	0.11	0.01	0.1	434	434	434	0.18	10	2.30E-03	6.61E-06
162	0.12	0.02	0.1	444	444	444	0.33	5	2.25E-03	7.23E-06
167	0.12	0.02	0.1	450	450	450	0.33	5	2.22E-03	7.24E-06
172	0.23	0.03	0.2	449	449	449	0.26	6.667	2.23E-03	1.39E-05
177	0.24	0.04	0.2	461	461	461	0.33	5	2.17E-03	1.46E-05
181	0.25	0.05	0.2	457	457	457	0.4	4	2.19E-03	1.53E-05
185	0.26	0.06	0.2	469	469	469	0.46	3.333	2.13E-03	1.59E-05
188	0.27	0.07	0.2	464	464	464	0.52	2.857	2.16E-03	1.66E-05
192	0.28	0.08	0.2	477	477	477	0.57	2.5	2.10E-03	1.73E-05
196	0.39	0.09	0.3	472	472	472	0.46	3.333	2.12E-03	2.42E-05
200	0.41	0.11	0.3	483	483	483	0.54	2.727	2.07E-03	2.56E-05
204	0.42	0.12	0.3	482	482	482	0.57	2.5	2.08E-03	2.64E-05
208	0.54	0.14	0.4	489	489	489	0.52	2.857	2.05E-03	3.41E-05

212	0.54	0.14	0.4	494		494	0.52	2.857		2.02E-03	3.44E-05
216	0.58	0.18	0.4	494		494	0.62	2.222		2.02E-03	3.73E-05
220	0.57	0.17	0.4	504		504	0.6	2.353		1.98E-03	3.70E-05
224	0.68	0.18	0.5	499		499	0.53	2.778		2.00E-03	4.45E-05
228	0.57	0.17	0.4	509		509	0.6	2.353		1.97E-03	3.77E-05
232	0.54	0.14	0.4	509		509	0.52	2.857		1.97E-03	3.60E-05
236	0.56	0.16	0.4	513		513	0.57	2.5		1.95E-03	3.77E-05
240	0.55	0.15	0.4	523		523	0.55	2.667		1.91E-03	3.74E-05
244	0.68	0.18	0.5	519		519	0.53	2.778		1.93E-03	4.67E-05
248	0.69	0.19	0.5	533		533	0.55	2.632		1.88E-03	4.79E-05
252	0.71	0.21	0.5	530		530	0.59	2.381		1.89E-03	4.99E-05
256	0.84	0.24	0.6	539		539	0.57	2.5		1.86E-03	5.98E-05
260	0.73	0.23	0.5	548		548	0.63	2.174		1.83E-03	5.27E-05
264	1.13	0.33	0.8	551		551	0.58	2.424		1.82E-03	8.28E-05
268	1.25	0.35	0.9	563		563	0.56	2.571		1.78E-03	9.36E-05
272	1.23	0.33	0.9	560		560	0.54	2.727		1.79E-03	9.42E-05
276	1.11	0.31	0.8	571		571	0.56	2.581		1.75E-03	8.69E-05
280	0.85	0.25	0.6	574		574	0.59	2.4		1.74E-03	6.78E-05
284	0.85	0.25	0.6	571		571	0.59	2.4		1.75E-03	6.89E-05
288	0.85	0.25	0.6	586		586	0.59	2.4		1.71E-03	7.01E-05
292	0.96	0.26	0.7	583		583	0.54	2.692		1.72E-03	8.06E-05
296	1.09	0.29	0.8	587		587	0.53	2.759		1.70E-03	9.34E-05
300	1.1	0.3	0.8	600		600	0.55	2.667		1.67E-03	9.64E-05
304	1.34	0.34	1	594		594	0.51	2.941		1.68E-03	1.21E-04
308	1.46	0.36	1.1	605		605	0.49	3.056		1.65E-03	1.36E-04
309	1.88	0.48	1.4	656		656	0.51	2.917		1.52E-03	1.76E-04
310	4.01	0.71	3.3	746		746	0.35	4.648		1.34E-03	3.82E-04
311	6.69	1.29	5.4	715		715	0.39	4.186		1.40E-03	6.57E-04
312	11.52	1.72	9.8	686		686	0.3	5.698		1.58E-03	1.74E-04
313	16.28	1.88	14.4	673		673	0.23	7.66		1.58E-03	1.84E-04
314	21	2.1	20	654		654	0	9.524		1.56E-03	1.94E-04
315	21	2.03	20	642		642	0	9.852		1.52E-03	1.98E-04
316	20.47	1.57	18.9	633		633	0.15	12.038		1.52E-03	2.10E-04
317	14.08	1.18	12.9	622		622	0.17	10.932		1.52E-03	2.24E-04
318	9.53	0.83	8.7	618		618	0.17	10.482		1.52E-03	2.40E-04
320	4.8	0.5	4.3	627		627	0.21	8.6		1.50E-03	2.59E-04

322	2.85	0.35	2.5	625		625	0.25	7.143		1.48E-03	2.68E-04
324	1.52	0.22	1.3	619		619	0.29	5.909		1.46E-03	2.78E-04
327	0.84	0.14	0.7	626		626	0.33	5		1.44E-03	3.03E-04
331	0.46	0.06	0.4	630		630	0.26	6.667		1.45E-03	3.33E-04
336	0.24	0.04	0.2	635		635	0.33	5		1.45E-03	3.70E-04
341	0.24	0.04	0.2	634		634	0.33	5		1.44E-03	4.17E-04
346	0.24	0.04	0.2	642		642	0.33	5		1.41E-03	4.76E-04
351	0.23	0.03	0.2	657		657	0.26	6.667		1.40E-03	5.56E-04
356	0.23	0.03	0.2	657		657	0.26	6.667		1.39E-03	6.67E-04
361	0.23	0.03	0.2	660		660	0.26	6.667		1.39E-03	8.33E-04
366	0.23	0.03	0.2	660		660	0.26	6.667		1.38E-03	1.11E-03
371	0.23	0.03	0.2	667		667	0.26	6.667		1.38E-03	1.67E-03
376	0.22	0.02	0.2	677		677	0.18	10		1.38E-03	3.33E-03
381	0.21	0.01	0.2	686		686	0.1	20			
386	0.21	0.01	0.2	694		694	0.1	20			
391	0.21	0.01	0.2	690		690	0.1	20			
396	0.21	0.01	0.2	690		690	0.1	20			
401	0.21	0.01	0.2	696		696	0.1	20			
406	0.21	0.01	0.2	707		707	0.1	20			
411	0.21	0.01	0.2	714		714	0.1	20			
416	0.21	0.01	0.2	722		722	0.1	20			
421	0.21	0.01	0.2	722		722	0.1	20			
426	0.21	0.01	0.2	723		723	0.1	20			
431	0.21	0.01	0.2	723		723	0.1	20			
436	0.21	0.01	0.2	727		727	0.1	20			

RUN=REC-6 BEYPAZARI P = 75 psi

Zaman(dal)	O2 con	CO	CO2	T	T	T	H/C ratio	CO2/CO	Inv temp	1/s
55	0.1	0	0.1	369	369	369	0		2.71E-03	8.56E-06
60	0.1	0	0.1	368	368	368	0		2.72E-03	8.58E-06
65	0.1	0	0.1	375	375	375	0		2.67E-03	8.61E-06
70	0.1	0	0.1	376	376	376	0		2.66E-03	8.63E-06
75	0.1	0	0.1	379	379	379	0		2.64E-03	8.65E-06
80	0.1	0	0.1	384	384	384	0		2.60E-03	8.67E-06
85	0.1	0	0.1	384	384	384	0		2.60E-03	8.70E-06
90	0.1	0	0.1	392	392	392	0		2.55E-03	8.72E-06
95	0.1	0	0.1	390	390	390	0		2.56E-03	8.74E-06
100	0.1	0	0.1	398	398	398	0		2.51E-03	8.76E-06
105	0.1	0	0.1	398	398	398	0		2.51E-03	8.79E-06
110	0.1	0	0.1	405	405	405	0		2.47E-03	8.81E-06
115	0.1	0	0.1	407	407	407	0		2.46E-03	8.83E-06
120	0.1	0	0.1	412	412	412	0		2.43E-03	8.86E-06
125	0.1	0	0.1	417	417	417	0		2.40E-03	8.88E-06
130	0.1	0	0.1	418	418	418	0		2.39E-03	8.90E-06
135	0.11	0.01	0.1	427	427	427	0.18	10	2.34E-03	9.82E-06
140	0.11	0.01	0.1	425	425	425	0.18	10	2.35E-03	9.85E-06
145	0.11	0.01	0.1	436	436	436	0.18	10	2.29E-03	9.88E-06
150	0.11	0.01	0.1	433	433	433	0.18	10	2.31E-03	9.91E-06
155	0.12	0.02	0.1	442	442	442	0.33	5	2.26E-03	1.08E-05
160	0.12	0.02	0.1	449	449	449	0.33	5	2.23E-03	1.09E-05
164	0.13	0.03	0.1	447	447	447	0.46	3.333	2.24E-03	1.18E-05
168	0.13	0.03	0.1	456	456	456	0.46	3.333	2.19E-03	1.19E-05
172	0.25	0.05	0.2	453	453	453	0.4	4	2.21E-03	2.29E-05
176	0.24	0.04	0.2	463	463	463	0.33	5	2.16E-03	2.21E-05
180	0.25	0.05	0.2	460	460	460	0.4	4	2.17E-03	2.31E-05
184	0.25	0.05	0.2	471	471	471	0.4	4	2.12E-03	2.33E-05
188	0.27	0.07	0.2	466	466	466	0.52	2.857	2.15E-03	2.53E-05
192	0.27	0.07	0.2	479	479	479	0.52	2.857	2.09E-03	2.54E-05
196	0.3	0.1	0.2	474	474	474	0.67	2	2.11E-03	2.84E-05
200	0.41	0.11	0.3	486	486	486	0.54	2.727	2.06E-03	3.92E-05
203	0.43	0.13	0.3	482	482	482	0.6	2.308	2.08E-03	4.14E-05
206	0.54	0.14	0.4	496	496	496	0.52	2.857	2.02E-03	5.24E-05

208	0.58	0.18	0.4	495		495	0.62	2.222	2.02E-03	5.67E-05
210	0.71	0.21	0.5	491		491	0.59	2.381	2.04E-03	6.99E-05
212	0.72	0.22	0.5	496		496	0.61	2.273	2.02E-03	7.15E-05
215	0.58	0.18	0.4	502		502	0.62	2.222	1.99E-03	5.83E-05
218	0.44	0.14	0.3	495		495	0.64	2.143	2.02E-03	4.46E-05
221	0.29	0.09	0.2	506		506	0.62	2.222	1.98E-03	2.96E-05
225	0.28	0.08	0.2	501		501	0.57	2.5	2.00E-03	2.88E-05
229	0.4	0.1	0.3	514		514	0.5	3	1.95E-03	4.15E-05
233	0.4	0.1	0.3	514		514	0.5	3	1.95E-03	4.19E-05
237	0.43	0.13	0.3	520		520	0.6	2.308	1.92E-03	4.55E-05
241	0.43	0.13	0.3	528		528	0.6	2.308	1.89E-03	4.60E-05
245	0.58	0.18	0.4	526		526	0.62	2.222	1.90E-03	6.29E-05
249	0.58	0.18	0.4	541		541	0.62	2.222	1.85E-03	6.38E-05
251	0.72	0.22	0.5	538		538	0.61	2.273	1.86E-03	7.99E-05
253	0.73	0.23	0.5	536		536	0.63	2.174	1.87E-03	8.18E-05
256	0.71	0.21	0.5	550		550	0.59	2.381	1.82E-03	8.08E-05
259	0.84	0.24	0.6	543		543	0.57	2.5	1.84E-03	9.71E-05
262	0.7	0.2	0.5	554		554	0.57	2.5	1.81E-03	8.22E-05
265	0.7	0.2	0.5	549		549	0.57	2.5	1.82E-03	8.34E-05
268	0.43	0.13	0.3	556		556	0.6	2.308	1.80E-03	5.19E-05
272	0.55	0.15	0.4	554		554	0.55	2.667	1.81E-03	6.73E-05
276	0.57	0.17	0.4	568		568	0.6	2.353	1.76E-03	7.09E-05
279	0.68	0.18	0.5	559		559	0.53	2.778	1.79E-03	8.58E-05
282	0.57	0.17	0.4	575		575	0.6	2.353	1.74E-03	7.30E-05
285	0.71	0.21	0.5	570		570	0.59	2.381	1.75E-03	9.23E-05
288	0.69	0.19	0.5	582		582	0.55	2.632	1.72E-03	9.12E-05
291	0.82	0.22	0.6	577		577	0.54	2.727	1.73E-03	1.10E-04
294	0.71	0.21	0.5	588		588	0.59	2.381	1.70E-03	9.73E-05
297	0.85	0.25	0.6	584		584	0.59	2.4	1.71E-03	1.19E-04
299	0.87	0.27	0.6	586		586	0.62	2.222	1.71E-03	1.23E-04
301	2.66	0.66	2	654		654	0.5	3.03	1.53E-03	3.89E-04
302	5.02	1.02	4	763		763	0.41	3.922	1.39E-03	1.58E-03
303	9.74	1.54	8.2	722		722	0.32	5.325	1.58E-03	2.01E-04
304	21	1.87	20	676		676	0	10.695	1.58E-03	2.13E-04
305	21	1.35	19.7	652		652	0.12	14.593	1.57E-03	2.08E-04
306	13.07	0.87	12.2	639		639	0.13	14.023	1.55E-03	2.22E-04

307	7.77	0.57	7.2	629			629	0.15	12.632	1.52E-03	2.38E-04
308	5.4	0.4	5	620			620	0.15	12.5	1.51E-03	2.56E-04
310	3.04	0.24	2.8	620			620	0.16	11.667	1.52E-03	2.78E-04
312	1.65	0.15	1.5	625			625	0.18	10	1.51E-03	3.03E-04
315	0.91	0.11	0.8	611			611	0.24	7.273	1.47E-03	3.33E-04
320	0.35	0.05	0.3	616			616	0.29	6	1.45E-03	3.70E-04
325	0.22	0.02	0.2	627			627	0.18	10	1.45E-03	4.17E-04
330	0.12	0.02	0.1	633			633	0.33	5	1.44E-03	4.76E-04
335	0.12	0.02	0.1	634			634	0.33	5	1.45E-03	5.56E-04
345	0.11	0.01	0.1	638			638	0.18	10	1.43E-03	6.67E-04
350	0.11	0.01	0.1	645			645	0.18	10	1.41E-03	8.33E-04
355	0.11	0.01	0.1	660			660	0.18	10	1.39E-03	1.11E-03
360	0.11	0.01	0.1	661			661	0.18	10	1.38E-03	1.67E-03
365	0.11	0.01	0.1	660			660	0.18	10	1.38E-03	3.33E-03
370	0.11	0.01	0.1	664			664	0.18	10		
380	0.11	0.01	0.1	682			682	0.18	10		
385	0.11	0.01	0.1	690			690	0.18	10		
390	0.11	0.01	0.1	692			692	0.18	10		
395	0.11	0.01	0.1	693			693	0.18	10		
400	0.11	0.01	0.1	692			692	0.18	10		
405	0.11	0.01	0.1	699			699	0.18	10		
410	0.11	0.01	0.1	709			709	0.18	10		
415	0.11	0.01	0.1	720			720	0.18	10		
420	0.11	0.01	0.1	726			726	0.18	10		
425	0.11	0.01	0.1	726			726	0.18	10		

RUN=REC-7 HIMMETOGLU P = 25 psi

Zaman(dat)	O2 con	CO	CO2	T	T	H/C ratio	CO2/CO	Inv temp	1/s
50	0.11	0.01	0.1	374	374	0.18	10	2.67E-03	2.46E-06
55	0.1	0	0.1	369	369	0		2.71E-03	2.24E-06
60	0.11	0.01	0.1	381	381	0.18	10	2.63E-03	2.46E-06
65	0.1	0	0.1	382	382	0		2.62E-03	2.24E-06
70	0.1	0	0.1	378	378	0		2.65E-03	2.24E-06
75	0.11	0.01	0.1	391	391	0.18	10	2.56E-03	2.47E-06
80	0.11	0.01	0.1	392	392	0.18	10	2.55E-03	2.47E-06
85	0.1	0	0.1	390	390	0		2.56E-03	2.25E-06
90	0.1	0	0.1	403	403	0		2.48E-03	2.25E-06
95	0.1	0	0.1	399	399	0		2.51E-03	2.25E-06
100	0.11	0.01	0.1	408	408	0.18	10	2.45E-03	2.48E-06
105	0.11	0.01	0.1	412	412	0.18	10	2.43E-03	2.48E-06
110	0.11	0.01	0.1	409	409	0.18	10	2.45E-03	2.48E-06
115	0.22	0.02	0.2	422	422	0.18	10	2.37E-03	4.97E-06
120	0.22	0.02	0.2	418	418	0.18	10	2.39E-03	4.98E-06
125	0.23	0.03	0.2	432	432	0.26	6.667	2.32E-03	5.21E-06
130	0.25	0.05	0.2	431	431	0.4	4	2.32E-03	5.67E-06
135	0.27	0.07	0.2	439	439	0.52	2.857	2.28E-03	6.14E-06
137	0.39	0.09	0.3	443	443	0.46	3.333	2.26E-03	8.87E-06
139	0.55	0.15	0.4	443	443	0.55	2.667	2.26E-03	1.25E-05
140	2.07	0.57	1.5	449	449	0.55	2.632	2.23E-03	4.72E-05
141	4.62	1.12	3.5	593	593	0.48	3.125	1.15E-03	2.69E-04
142	11.6	2.1	9.5	873	873	0.36	4.524	9.47E-04	4.45E-04
143	18.8	2.1	16.7	1056	1056	0.22	7.952	7.65E-04	5.12E-04
144	21	2.1	19.2	1308	1308	0.13	9.143	8.33E-04	5.28E-04
145	21	2.1	20	1200	1200	0	9.524	8.79E-04	5.45E-04
146	21	2.1	20	1138	1138	0	9.524	9.76E-04	4.58E-04
147	17.1	2.1	15	1025	1025	0.25	7.143	1.04E-03	4.34E-04
148	15.8	2.1	13.7	966	966	0.27	6.524	1.06E-03	4.37E-04
149	15.5	2.1	13.4	940	940	0.27	6.381	1.06E-03	4.55E-04
150	15.7	2.1	13.6	943	943	0.27	6.476	1.09E-03	4.35E-04
151	14.6	2.1	12.5	914	914	0.29	5.952	1.10E-03	4.49E-04
152	14.7	2.1	12.6	908	908	0.29	6	1.10E-03	4.56E-04
153	14.5	2.1	12.4	909	909	0.29	5.905	1.13E-03	4.58E-04

154	14.2	2.1	12.1	884			884	0.3	5.762	1.12E-03	4.42E-04
155	13.32	2.02	11.3	891			891	0.3	5.594	1.13E-03	4.15E-04
156	12.2	1.9	10.3	887			887	0.31	5.421	1.14E-03	4.03E-04
157	11.54	1.84	9.7	875			875	0.32	5.272	1.17E-03	3.97E-04
158	11.1	1.8	9.3	857			857	0.32	5.167	1.19E-03	3.86E-04
159	10.55	1.75	8.8	844			844	0.33	5.029	1.23E-03	3.76E-04
161	9.81	1.61	8.2	813			813	0.33	5.093	1.26E-03	3.65E-04
163	9.13	1.43	7.7	793			793	0.31	5.385	1.31E-03	3.70E-04
165	8.85	1.35	7.5	765			765	0.31	5.556	1.34E-03	3.66E-04
167	8.37	1.17	7.2	748			748	0.28	6.154	1.36E-03	3.32E-04
169	7.28	0.98	6.3	737			737	0.27	6.429	1.39E-03	3.66E-04
172	7.54	0.94	6.6	718			718	0.25	7.021	1.45E-03	4.18E-04
175	8.02	0.92	7.1	692			692	0.23	7.717	1.48E-03	4.05E-04
178	7.22	0.82	6.4	676			676	0.23	7.805	1.49E-03	3.88E-04
182	6.28	0.78	5.5	671			671	0.25	7.051	1.54E-03	4.42E-04
186	6.49	0.79	5.7	651			651	0.24	7.215	1.60E-03	4.94E-04
190	6.48	0.78	5.7	626			626	0.24	7.308	1.59E-03	5.40E-04
194	6.26	0.76	5.5	628			628	0.24	7.237	1.65E-03	5.54E-04
198	5.63	0.73	4.9	608			608	0.26	6.712	1.67E-03	6.13E-04
202	5.42	0.72	4.7	600			600	0.27	6.528	1.68E-03	7.18E-04
207	5.2	0.7	4.5	594			594	0.27	6.429	1.73E-03	8.53E-04
212	4.89	0.69	4.2	577			577	0.28	6.087	1.76E-03	7.50E-04
217	3.37	0.57	2.8	567			567	0.34	4.912	1.79E-03	1.14E-03
222	3.87	0.77	3.1	558			558	0.4	4.026		
224	4.25	0.85	3.4	567			567	0.4	4		
227	3.47	0.67	2.8	561			561	0.39	4.179		
232	2.66	0.56	2.1	564			564	0.42	3.75		
237	1.66	0.36	1.3	552			552	0.43	3.611		
242	0.79	0.19	0.6	563			563	0.48	3.158		
247	0.23	0.03	0.2	550			550	0.26	6.667		
252	0.23	0.03	0.2	569			569	0.26	6.667		

RUN = REC-8 HIMMETOGLU P = 50 psi

Zaman(dat)	O2 con	CO	CO2	T	T	H/C ratio	CO2/CO	Inv temp	1/s
50	0.1	0	0.1	360	360	0	0	2.78E-03	6.31E-06
55	0.1	0	0.1	365	365	0	0	2.74E-03	6.32E-06
60	0.1	0	0.1	362	362	0	0	2.76E-03	6.33E-06
65	0.1	0	0.1	371	371	0	0	2.70E-03	6.34E-06
70	0.1	0	0.1	371	371	0	0	2.70E-03	6.36E-06
75	0.1	0	0.1	375	375	0	0	2.67E-03	6.37E-06
80	0.1	0	0.1	379	379	0	0	2.64E-03	6.38E-06
85	0.1	0	0.1	383	383	0	0	2.61E-03	6.39E-06
90	0.1	0	0.1	386	386	0	0	2.59E-03	6.41E-06
95	0.1	0	0.1	388	388	0	0	2.58E-03	6.42E-06
100	0.1	0	0.1	394	394	0	0	2.54E-03	6.43E-06
105	0.1	0	0.1	395	395	0	0	2.53E-03	6.44E-06
110	0.1	0	0.1	401	401	0	0	2.49E-03	6.46E-06
115	0.11	0.01	0.1	404	404	0.18	10	2.48E-03	7.12E-06
120	0.12	0.02	0.1	408	408	0.33	5	2.45E-03	7.78E-06
125	0.14	0.04	0.1	413	413	0.57	2.5	2.42E-03	9.10E-06
130	0.19	0.09	0.1	413	413	0.95	1.111	2.42E-03	1.24E-05
135	0.34	0.14	0.2	421	421	0.82	1.429	2.38E-03	2.23E-05
137	0.53	0.23	0.3	422	422	0.87	1.304	2.37E-03	3.49E-05
138	1.32	0.72	0.6	448	448	1.09	0.833	2.23E-03	8.71E-05
139	4.1	0.9	3.2	969	969	0.44	3.556	1.03E-03	2.74E-04
140	6.76	1.46	5.3	993	993	0.43	3.63	8.16E-04	1.20E-03
141	16.7	2.1	14.6	1225	1225	0.25	6.952	1.05E-03	1.64E-03
142	21	2.1	20	951	951	0	9.524	1.04E-03	1.82E-03
143	21	2.1	20	958	958	0	9.524	1.08E-03	2.04E-03
144	21	2.1	20	925	925	0	9.524	1.10E-03	2.32E-03
145	21	2.1	20	912	912	0	9.524	1.65E-03	2.70E-03
146	21	2.1	19.7	608	608	0.01	9.381	1.97E-03	3.22E-03
147	21	2.1	19.3	507	507	0.1	9.19	2.13E-03	3.84E-03
148	20.3	2.1	18.2	470	470	0.21	8.667	2.23E-03	3.89E-03
149	16.29	1.89	14.4	449	449	0.23	7.619	2.26E-03	4.42E-03
151	11.23	1.53	9.7	442	442	0.27	6.34	2.28E-03	4.98E-03
153	7.15	1.05	6.1	439	439	0.29	5.81	2.28E-03	5.40E-03
155	4.11	0.51	3.6	439	439	0.25	7.059	2.27E-03	3.62E-03

157	1.53	0.23	1.3	440	440	440	0.3	5.652	2.20E-03	3.92E-03
159	1.05	0.15	0.9	454	454	454	0.29	6	2.22E-03	5.17E-03
161	0.81	0.11	0.7	451	451	451	0.27	6.364	2.16E-03	7.33E-03
163	0.55	0.05	0.5	464	464	464	0.18	10	2.16E-03	1.25E-02
165	0.3	0	0.3	463	463	463	0			

RUN = REC-9 HIMMETOGLU P = 75 psi

Zaman(dat)	O2 con	CO	CO2	T	T	H/C ratio	CO2/CO	Inv temp	1/s
49	0.1	0	0.1	363	363	0		2.76E-03	4.48E-06
54	0.1	0	0.1	372	372	0		2.69E-03	4.48E-06
59	0.1	0	0.1	373	373	0		2.68E-03	4.49E-06
64	0.1	0	0.1	378	378	0		2.65E-03	4.50E-06
69	0.1	0	0.1	381	381	0		2.63E-03	4.50E-06
74	0.1	0	0.1	384	384	0		2.60E-03	4.51E-06
79	0.1	0	0.1	391	391	0		2.56E-03	4.52E-06
84	0.1	0	0.1	389	389	0		2.57E-03	4.52E-06
89	0.1	0	0.1	399	399	0		2.51E-03	4.53E-06
94	0.1	0	0.1	398	398	0		2.51E-03	4.53E-06
99	0.11	0.01	0.1	413	413	0.18	10	2.42E-03	4.99E-06
104	0.21	0.01	0.2	412	412	0.1	20	2.43E-03	9.55E-06
109	0.23	0.03	0.2	423	423	0.26	6.667	2.36E-03	1.05E-05
114	0.4	0.1	0.3	423	423	0.5	3	2.36E-03	1.83E-05
115	0.52	0.12	0.4	461	461	0.46	3.333	8.54E-04	6.47E-04
116	3.05	0.75	2.3	694	694	0.49	3.067	8.73E-04	9.97E-04
117	13.7	2.1	11.6	1171	1171	0.31	5.524	9.45E-04	1.11E-03
118	20.1	2.1	18	1145	1145	0.21	8.571	8.70E-04	1.19E-03
119	21	2.1	20	1058	1058	0	9.524	8.64E-04	1.28E-03
120	21	2.1	20	1149	1149	0	9.524	8.68E-04	1.39E-03
121	21	2.1	20	1157	1157	0	9.524	8.76E-04	1.51E-03
122	21	2.1	20	1152	1152	0	9.524	9.48E-04	1.61E-03
123	21	2.1	20	1142	1142	0	9.524	1.01E-03	1.71E-03
124	20.4	2.1	18.3	1055	1055	0.21	8.714	1.09E-03	1.68E-03
125	19.6	2.1	17.5	988	988	0.21	8.333	1.11E-03	1.86E-03
126	17.4	2.1	15.3	920	920	0.24	7.286	1.08E-03	1.89E-03
127	17.3	2.1	15.2	903	903	0.24	7.238	1.13E-03	2.01E-03
128	15.7	2.1	13.6	923	923	0.27	6.476	1.19E-03	1.97E-03
129	14.83	2.03	12.8	884	884	0.27	6.305	1.30E-03	1.97E-03
130	12.91	1.81	11.1	839	839	0.28	6.133	1.40E-03	1.93E-03
131	11.5	1.5	10	771	771	0.26	6.667	1.51E-03	1.86E-03
132	10.03	1.33	8.7	712	712	0.27	6.541	2.27E-03	7.37E-05
133	8.61	1.21	7.4	663	663	0.28	6.116	2.25E-03	7.50E-05
135	6.56	1.16	5.4	575	575	0.35	4.655	2.21E-03	7.64E-05

137	4.98	0.98	4	521		521	0.39	4.082	2.18E-03	7.79E-05
139	3.71	0.71	3	487		487	0.38	4.225	2.15E-03	7.97E-05
142	2.43	0.53	1.9	461		461	0.44	3.585	2.09E-03	8.17E-05
145	0.82	0.22	0.6	433		433	0.54	2.727	2.09E-03	8.37E-05
149	0.23	0.03	0.2	428		428	0.26	6.667	2.04E-03	8.59E-05
153	0.11	0.01	0.1	441		441	0.18	10	2.01E-03	8.81E-05
157	0.11	0.01	0.1	444		444	0.18	10	2.02E-03	9.89E-05
161	0.11	0.01	0.1	453		453	0.18	10	1.97E-03	1.02E-04
165	0.11	0.01	0.1	458		458	0.18	10	1.96E-03	1.05E-04
170	0.11	0.01	0.1	466		466	0.18	10	1.97E-03	1.09E-04
175	0.11	0.01	0.1	478		478	0.18	10	1.92E-03	1.12E-04
180	0.11	0.01	0.1	478		478	0.18	10	1.91E-03	1.16E-04
185	0.11	0.01	0.1	490		490	0.18	10	1.89E-03	2.35E-04
190	0.11	0.01	0.1	497		497	0.18	10	1.84E-03	2.52E-04
195	0.12	0.02	0.1	495		495	0.33	5	1.83E-03	2.73E-04
200	0.12	0.02	0.1	509		509	0.33	5	1.84E-03	2.97E-04
205	0.12	0.02	0.1	511		511	0.33	5	1.79E-03	3.26E-04
210	0.12	0.02	0.1	509		509	0.33	5	1.77E-03	3.62E-04
215	0.12	0.02	0.1	522		522	0.33	5	1.78E-03	4.06E-04
220	0.12	0.02	0.1	524		524	0.33	5	1.75E-03	4.62E-04
225	0.23	0.03	0.2	528		528	0.26	6.667	1.71E-03	5.36E-04
230	0.23	0.03	0.2	543		543	0.26	6.667	1.72E-03	6.39E-04
235	0.23	0.03	0.2	548		548	0.26	6.667	1.71E-03	8.29E-04
240	0.23	0.03	0.2	544		544	0.26	6.667	1.67E-03	1.10E-03
245	0.23	0.03	0.2	558		558	0.26	6.667	1.64E-03	1.65E-03
250	0.23	0.03	0.2	564		564	0.26	6.667	1.63E-03	3.27E-03
255	0.23	0.03	0.2	561		561	0.26	6.667		
260	0.23	0.03	0.2	570		570	0.26	6.667		
265	0.23	0.03	0.2	584		584	0.26	6.667		
270	0.23	0.03	0.2	582		582	0.26	6.667		
275	0.24	0.04	0.2	584		584	0.33	5		
280	0.24	0.04	0.2	599		599	0.33	5		
285	0.24	0.04	0.2	609		609	0.33	5		
290	0.24	0.04	0.2	614		614	0.33	5		

RUN = REC-10 HATILDAG P = 25 psi

Zaman(dat)	O2 con	CO	CO2	T	T	H/C ratio	CO2/CO	Inv temp	1/s
60	0.1	0	0.1	383	383	0	0	2.61E-03	7.03E-06
65	0.1	0	0.1	389	389	0	0	2.57E-03	7.04E-06
70	0.1	0	0.1	385	385	0	0	2.60E-03	7.06E-06
75	0.1	0	0.1	400	400	0	0	2.50E-03	7.07E-06
80	0.1	0	0.1	399	399	0	0	2.51E-03	7.09E-06
85	0.1	0	0.1	403	403	0	0	2.48E-03	7.10E-06
90	0.1	0	0.1	411	411	0	0	2.43E-03	7.12E-06
95	0.1	0	0.1	406	406	0	0	2.46E-03	7.13E-06
100	0.1	0	0.1	423	423	0	0	2.36E-03	7.15E-06
105	0.1	0	0.1	421	421	0	0	2.38E-03	7.16E-06
110	0.1	0	0.1	426	426	0	0	2.35E-03	7.18E-06
115	0.11	0.01	0.1	434	434	0.18	10	2.30E-03	7.91E-06
120	0.11	0.01	0.1	431	431	0.18	10	2.32E-03	7.93E-06
124	0.14	0.04	0.1	446	446	0.57	2.5	2.24E-03	1.01E-05
128	0.16	0.06	0.1	444	444	0.75	1.667	2.25E-03	1.16E-05
132	0.15	0.05	0.1	445	445	0.67	2	2.25E-03	1.09E-05
136	0.15	0.05	0.1	459	459	0.67	2	2.18E-03	1.09E-05
140	0.13	0.03	0.1	453	453	0.46	3.333	2.21E-03	9.49E-06
144	0.12	0.02	0.1	461	461	0.33	5	2.17E-03	8.78E-06
148	0.12	0.02	0.1	467	467	0.33	5	2.14E-03	8.80E-06
152	0.11	0.01	0.1	460	460	0.18	10	2.17E-03	8.08E-06
156	0.12	0.02	0.1	476	476	0.33	5	2.10E-03	8.84E-06
160	0.12	0.02	0.1	473	473	0.33	5	2.11E-03	8.86E-06
164	0.12	0.02	0.1	483	483	0.33	5	2.07E-03	8.88E-06
169	0.14	0.04	0.1	490	490	0.57	2.5	2.04E-03	1.04E-05
173	0.26	0.06	0.2	495	495	0.46	3.333	2.02E-03	1.94E-05
177	0.27	0.07	0.2	508	508	0.52	2.857	1.97E-03	2.02E-05
181	0.28	0.08	0.2	501	501	0.57	2.5	2.00E-03	2.10E-05
185	0.29	0.09	0.2	519	519	0.62	2.222	1.93E-03	2.19E-05
189	0.29	0.09	0.2	514	514	0.62	2.222	1.95E-03	2.20E-05
193	0.28	0.08	0.2	519	519	0.57	2.5	1.93E-03	2.14E-05
197	0.28	0.08	0.2	524	524	0.57	2.5	1.91E-03	2.15E-05
201	0.57	0.17	0.4	517	517	0.6	2.353	1.93E-03	4.41E-05
205	0.43	0.13	0.3	524	524	0.6	2.308	1.91E-03	3.36E-05

209	0.42	0.12	0.3	512			512	0.57	2.5	1.95E-03	3.31E-05
213	0.42	0.12	0.3	526			526	0.57	2.5	1.90E-03	3.33E-05
217	0.42	0.12	0.3	516			516	0.57	2.5	1.94E-03	3.36E-05
221	0.43	0.13	0.3	533			533	0.6	2.308	1.88E-03	3.47E-05
225	0.53	0.13	0.4	522			522	0.49	3.077	1.92E-03	4.31E-05
229	0.54	0.14	0.4	539			539	0.52	2.857	1.86E-03	4.44E-05
233	0.55	0.15	0.4	530			530	0.55	2.667	1.89E-03	4.57E-05
237	0.55	0.15	0.4	545			545	0.55	2.667	1.84E-03	4.62E-05
241	0.56	0.16	0.4	536			536	0.57	2.5	1.87E-03	4.76E-05
245	0.56	0.16	0.4	554			554	0.57	2.5	1.81E-03	4.82E-05
249	0.55	0.15	0.4	542			542	0.55	2.667	1.85E-03	4.78E-05
253	0.54	0.14	0.4	558			558	0.52	2.857	1.79E-03	4.75E-05
257	0.43	0.13	0.3	547			547	0.6	2.308	1.83E-03	3.82E-05
261	0.53	0.13	0.4	565			565	0.49	3.077	1.77E-03	4.76E-05
265	0.53	0.13	0.4	555			555	0.49	3.077	1.80E-03	4.82E-05
269	0.55	0.15	0.4	572			572	0.55	2.667	1.75E-03	5.06E-05
274	0.54	0.14	0.4	575			575	0.52	2.857	1.74E-03	5.04E-05
278	0.56	0.16	0.4	573			573	0.57	2.5	1.75E-03	5.29E-05
282	0.55	0.15	0.4	586			586	0.55	2.667	1.71E-03	5.26E-05
286	0.66	0.16	0.5	577			577	0.48	3.125	1.73E-03	6.41E-05
290	0.54	0.14	0.4	593			593	0.52	2.857	1.69E-03	5.32E-05
294	0.54	0.14	0.4	581			581	0.52	2.857	1.72E-03	5.38E-05
298	0.81	0.21	0.6	607			607	0.52	2.857	1.65E-03	8.21E-05
300	0.95	0.25	0.7	597			597	0.53	2.8	1.68E-03	9.73E-05
304	0.83	0.23	0.6	614			614	0.55	2.609	1.63E-03	8.69E-05
308	1.05	0.25	0.8	604			604	0.48	3.2	1.66E-03	1.13E-04
312	0.94	0.24	0.7	623			623	0.51	2.917	1.61E-03	1.04E-04
316	0.93	0.23	0.7	615			615	0.49	3.043	1.63E-03	1.05E-04
320	1.05	0.25	0.8	630			630	0.48	3.2	1.59E-03	1.22E-04
324	0.8	0.2	0.6	629			629	0.5	3	1.59E-03	9.52E-05
326	0.78	0.18	0.6	635			635	0.46	3.333	1.58E-03	9.39E-05
330	0.66	0.16	0.5	628			628	0.48	3.125	1.59E-03	8.12E-05
334	0.78	0.18	0.6	641			641	0.46	3.333	1.56E-03	9.80E-05
338	0.77	0.17	0.6	654			654	0.44	3.529	1.53E-03	9.91E-05
341	1.18	0.28	0.9	658			658	0.47	3.214	1.52E-03	1.55E-04
342	1.42	0.32	1.1	653			653	0.45	3.438	1.53E-03	1.89E-04

343	1.31	0.31	1	649		649	0.47	3.226	1.54E-03	1.76E-04
344	1.18	0.28	0.9	657		657	0.47	3.214	1.44E-03	1.01E-04
346	1.19	0.29	0.9	670		670	0.49	3.103	1.43E-03	1.04E-04
347	1.44	0.34	1.1	668		668	0.47	3.235	1.44E-03	1.08E-04
348	1.71	0.41	1.3	665		665	0.48	3.171	1.43E-03	1.11E-04
349	2.11	0.51	1.6	659		659	0.48	3.137	1.40E-03	1.15E-04
350	3.23	0.73	2.5	661		661	0.45	3.425	1.37E-03	1.19E-04
351	5.46	1.06	4.4	696		696	0.39	4.151	1.40E-03	1.24E-04
352	10.35	1.45	8.9	708		708	0.28	6.138	1.39E-03	1.34E-04
353	13.42	1.42	12	702		702	0.21	8.451	1.36E-03	1.40E-04
354	13.69	1.29	12.4	696		696	0.19	9.612	1.34E-03	1.46E-04
355	9.38	0.88	8.5	685		685	0.19	9.659	1.34E-03	1.53E-04
357	3.72	0.42	3.3	667		667	0.23	7.857	1.34E-03	1.60E-04
359	1.61	0.21	1.4	668		668	0.26	6.667	1.33E-03	1.68E-04
362	0.81	0.11	0.7	681		681	0.27	6.364	1.30E-03	1.77E-04
365	0.46	0.06	0.4	669		669	0.26	6.667	1.29E-03	1.87E-04
370	0.34	0.04	0.3	679		679	0.24	7.5	1.30E-03	1.98E-04
375	0.22	0.02	0.2	695		695	0.18	10	1.30E-03	2.10E-04
380	0.22	0.02	0.2	701		701	0.18	10	1.29E-03	2.25E-04
385	0.22	0.02	0.2	693		693	0.18	10	1.26E-03	2.41E-04
390	0.22	0.02	0.2	701		701	0.18	10	1.26E-03	2.59E-04
395	0.22	0.02	0.2	716		716	0.18	10	1.27E-03	4.11E-04
400	0.22	0.02	0.2	728		728	0.18	10	1.27E-03	4.54E-04
405	0.22	0.02	0.2	717		717	0.18	10	1.25E-03	5.26E-04
410	0.23	0.03	0.2	721		721	0.26	6.667	1.23E-03	4.17E-04
415	0.23	0.03	0.2	733		733	0.26	6.667	1.23E-03	4.76E-04
420	0.23	0.03	0.2	749		749	0.26	6.667	1.22E-03	5.56E-04
425	0.23	0.03	0.2	748		748	0.26	6.667	1.26E-03	6.67E-04
430	0.23	0.03	0.2	744		744	0.26	6.667	1.25E-03	8.33E-04
435	0.23	0.03	0.2	755		755	0.26	6.667	1.23E-03	1.11E-03
440	0.23	0.03	0.2	770		770	0.26	6.667	1.24E-03	1.67E-03
445	0.23	0.03	0.2	777		777	0.26	6.667	1.22E-03	3.33E-03
450	0.23	0.03	0.2	769		769	0.26	6.667		
455	0.23	0.03	0.2	769		769	0.26	6.667		
460	0.23	0.03	0.2	775		775	0.26	6.667		
465	0.23	0.03	0.2	794		794	0.26	6.667		

470	0.23	0.03	0.2	794		794	0.26	6.667	
475	0.33	0.03	0.3	789		789	0.18	10	
480	0.32	0.02	0.3	790		790	0.12	15	
485	0.32	0.02	0.3	801		801	0.12	15	
490	0.22	0.02	0.2	816		816	0.18	10	
495	0.22	0.02	0.2	812		812	0.18	10	
500	0.22	0.02	0.2	821		821	0.18	10	
505	0.22	0.02	0.2	792		792	0.18	10	
510	0.22	0.02	0.2	801		801	0.18	10	
515	0.22	0.02	0.2	813		813	0.18	10	
520	0.22	0.02	0.2	805		805	0.18	10	
525	0.22	0.02	0.2	822		822	0.18	10	

RUN = REC-11 HATILDAG P = 50 psi

Zaman(dal)	O2 con	CO	CO2	T	T	H/C ratio	CO2/CO	Inv temp	1/s
53	0.1	0	0.1	358	358	0		2.79E-03	1.02E-05
58	0.1	0	0.1	366	366	0		2.73E-03	1.02E-05
63	0.1	0	0.1	365	365	0		2.74E-03	1.03E-05
68	0.1	0	0.1	370	370	0		2.70E-03	1.03E-05
83	0.1	0	0.1	378	378	0		2.65E-03	1.03E-05
88	0.1	0	0.1	383	383	0		2.61E-03	1.04E-05
103	0.1	0	0.1	390	390	0		2.56E-03	1.04E-05
108	0.1	0	0.1	397	397	0		2.52E-03	1.04E-05
138	0.11	0.01	0.1	424	424	0.18	10	2.36E-03	1.15E-05
143	0.1	0	0.1	426	426	0		2.35E-03	1.05E-05
148	0.1	0	0.1	427	427	0		2.34E-03	1.05E-05
153	0.1	0	0.1	437	437	0		2.29E-03	1.06E-05
193	0.1	0	0.1	466	466	0		2.15E-03	1.06E-05
198	0.1	0	0.1	470	470	0		2.13E-03	1.06E-05
203	0.1	0	0.1	464	464	0		2.16E-03	1.07E-05
208	0.1	0	0.1	474	474	0		2.11E-03	1.07E-05
213	0.11	0.01	0.1	479	479	0.18	10	2.09E-03	1.18E-05
218	0.11	0.01	0.1	474	474	0.18	10	2.11E-03	1.18E-05
223	0.12	0.02	0.1	480	480	0.33	5	2.08E-03	1.30E-05
228	0.11	0.01	0.1	488	488	0.18	10	2.05E-03	1.19E-05
233	0.12	0.02	0.1	492	492	0.33	5	2.03E-03	1.31E-05
238	0.12	0.02	0.1	486	486	0.33	5	2.06E-03	1.31E-05
242	0.14	0.04	0.1	503	503	0.57	2.5	1.99E-03	1.54E-05
247	0.14	0.04	0.1	512	512	0.57	2.5	1.95E-03	1.54E-05
250	0.26	0.06	0.2	507	507	0.46	3.333	1.97E-03	2.88E-05
255	0.27	0.07	0.2	519	519	0.52	2.857	1.93E-03	3.01E-05
260	0.27	0.07	0.2	523	523	0.52	2.857	1.91E-03	3.04E-05
263	0.29	0.09	0.2	521	521	0.62	2.222	1.92E-03	3.29E-05
268	0.28	0.08	0.2	531	531	0.57	2.5	1.88E-03	3.20E-05
273	0.28	0.08	0.2	534	534	0.57	2.5	1.87E-03	3.23E-05
276	0.41	0.11	0.3	533	533	0.54	2.727	1.88E-03	4.77E-05
281	0.41	0.11	0.3	543	543	0.54	2.727	1.84E-03	4.84E-05
286	0.4	0.1	0.3	551	551	0.5	3	1.82E-03	4.79E-05
289	0.43	0.13	0.3	544	544	0.6	2.308	1.84E-03	5.20E-05

294	0.44	0.14	0.3	553				553	0.64	2.143		1.81E-03	5.40E-05
299	0.55	0.15	0.4	564				564	0.55	2.667		1.77E-03	6.88E-05
304	0.55	0.15	0.4	568				568	0.55	2.667		1.76E-03	7.02E-05
309	0.57	0.17	0.4	565				565	0.6	2.353		1.77E-03	7.44E-05
312	0.68	0.18	0.5	574				574	0.53	2.778		1.74E-03	9.00E-05
317	0.67	0.17	0.5	584				584	0.51	2.941		1.71E-03	9.12E-05
322	0.69	0.19	0.5	592				592	0.55	2.632		1.69E-03	9.66E-05
327	0.55	0.15	0.4	583				583	0.55	2.667		1.72E-03	7.90E-05
332	0.8	0.2	0.6	590				590	0.5	3		1.70E-03	1.18E-04
337	0.92	0.22	0.7	602				602	0.48	3.182		1.66E-03	1.42E-04
342	0.91	0.21	0.7	615				615	0.46	3.333		1.63E-03	1.46E-04
345	0.93	0.23	0.7	608				608	0.49	3.043		1.65E-03	1.54E-04
350	1.03	0.23	0.8	616				616	0.45	3.478		1.62E-03	1.79E-04
352	0.91	0.21	0.7	628				628	0.46	3.333		1.59E-03	1.61E-04
355	0.67	0.17	0.5	630				630	0.51	2.941		1.59E-03	1.22E-04
360	0.92	0.22	0.7	631				631	0.48	3.182		1.59E-03	1.75E-04
362	1.03	0.23	0.8	649				649	0.45	3.478		1.54E-03	2.00E-04
364	1.16	0.26	0.9	643				643	0.45	3.462		1.56E-03	2.31E-04
365	1.3	0.3	1	640				640	0.46	3.333		1.56E-03	2.63E-04
367	1.44	0.34	1.1	655				655	0.47	3.235		1.53E-03	3.01E-04
371	1.84	0.44	1.4	648				648	0.48	3.182		1.41E-03	6.25E-04
372	2.46	0.56	1.9	649				649	0.46	3.393		1.42E-03	7.69E-04
373	4.75	0.85	3.9	663				663	0.36	4.588		1.41E-03	5.37E-04
374	14.5	1.4	13.1	703				703	0.19	9.357		1.38E-03	1.21E-03
375	18.71	0.91	17.8	690				690	0.1	19.56		1.36E-03	1.89E-03
376	11.37	0.57	10.8	693				693	0.1	18.947		1.35E-03	4.38E-03
377	4.22	0.22	4	672				672	0.1	18.182			
378	1.82	0.12	1.7	661				661	0.13	14.167			
380	0.76	0.06	0.7	667				667	0.16	11.667			
382	0.54	0.04	0.5	676				676	0.15	12.5			
385	0.32	0.02	0.3	666				666	0.12	15			
390	0.21	0.01	0.2	674				674	0.1	20			
395	0.11	0.01	0.1	689				689	0.18	10			
400	0.21	0.01	0.2	700				700	0.1	20			
405	0.11	0.01	0.1	706				706	0.18	10			
410	0.21	0.01	0.2	707				707	0.1	20			

415	0.21	0.01	0.2	706		706	0.1	20
420	0.12	0.02	0.1	711		711	0.33	5
425	0.21	0.01	0.2	724		724	0.1	20
430	0.21	0.01	0.2	733		733	0.1	20
435	0.21	0.01	0.2	740		740	0.1	20

RUN = REC-12 HATILDAG P = 75 psi

Zaman(dat	O2 con	CO	CO2	T	T	T	H/C ratio	CO2/CO	Inv temp	1/s
55	0.1	0	0.1	365	365	365	0		2.79E-03	1.02E-05
60	0.1	0	0.1	369	369	369	0		2.73E-03	1.02E-05
65	0.1	0	0.1	375	375	375	0		2.74E-03	1.03E-05
70	0.1	0	0.1	372	372	372	0		2.70E-03	1.03E-05
75	0.1	0	0.1	381	381	381	0		2.65E-03	1.03E-05
80	0.1	0	0.1	385	385	385	0		2.61E-03	1.04E-05
85	0.1	0	0.1	382	382	382	0		2.56E-03	1.04E-05
90	0.1	0	0.1	393	393	393	0		2.52E-03	1.04E-05
95	0.1	0	0.1	395	395	395	0		2.36E-03	1.15E-05
100	0.1	0	0.1	390	390	390	0		2.35E-03	1.05E-05
105	0.1	0	0.1	410	410	410	0		2.34E-03	1.05E-05
110	0.1	0	0.1	407	407	407	0		2.29E-03	1.06E-05
115	0.1	0	0.1	416	416	416	0		2.15E-03	1.06E-05
120	0.1	0	0.1	422	422	422	0		2.13E-03	1.06E-05
125	0.1	0	0.1	416	416	416	0		2.16E-03	1.07E-05
130	0.1	0	0.1	433	433	433	0		2.11E-03	1.07E-05
135	0.1	0	0.1	427	427	427	0		2.09E-03	1.18E-05
140	0.1	0	0.1	442	442	442	0		2.11E-03	1.18E-05
145	0.1	0	0.1	442	442	442	0		2.08E-03	1.30E-05
150	0.1	0	0.1	448	448	448	0		2.05E-03	1.19E-05
160	0.1	0	0.1	452	452	452	0		2.03E-03	1.31E-05
165	0.1	0	0.1	467	467	467	0		2.06E-03	1.31E-05
170	0.1	0	0.1	455	455	455	0		1.99E-03	1.54E-05
175	0.1	0	0.1	474	474	474	0		1.95E-03	1.54E-05
180	0.1	0	0.1	453	453	453	0		1.97E-03	2.88E-05
195	0.12	0.02	0.1	496	496	496	0.33	5	1.93E-03	3.01E-05
199	0.25	0.05	0.2	491	491	491	0.4	4	1.91E-03	3.04E-05
204	0.13	0.03	0.1	501	501	501	0.46	3.333	1.92E-03	3.29E-05
209	0.11	0.01	0.1	482	482	482	0.18	10	1.88E-03	3.20E-05
214	0.11	0.01	0.1	499	499	499	0.18	10	1.87E-03	3.23E-05
219	0.11	0.01	0.1	490	490	490	0.18	10	1.88E-03	4.77E-05
224	0.13	0.03	0.1	508	508	508	0.46	3.333	1.84E-03	4.84E-05
229	0.12	0.02	0.1	509	509	509	0.33	5	1.82E-03	4.79E-05
232	0.25	0.05	0.2	521	521	521	0.4	4	1.84E-03	5.20E-05

237	0.24	0.04	0.2	514		514	0.33	5	1.81E-03	5.40E-05
242	0.27	0.07	0.2	532		532	0.52	2.857	1.77E-03	6.88E-05
247	0.24	0.04	0.2	532		532	0.33	5	1.76E-03	7.02E-05
250	0.27	0.07	0.2	547		547	0.52	2.857	1.77E-03	7.44E-05
255	0.28	0.08	0.2	535		535	0.57	2.5	1.74E-03	9.00E-05
256	0.25	0.05	0.2	543		543	0.4	4	1.71E-03	9.12E-05
261	0.26	0.06	0.2	541		541	0.46	3.333	1.69E-03	9.66E-05
266	0.25	0.05	0.2	562		562	0.4	4	1.72E-03	7.90E-05
270	0.39	0.09	0.3	556		556	0.46	3.333	1.70E-03	1.18E-04
275	0.4	0.1	0.3	575		575	0.5	3	1.66E-03	1.42E-04
280	0.29	0.09	0.2	564		564	0.62	2.222	1.63E-03	1.46E-04
284	0.42	0.12	0.3	578		578	0.57	2.5	1.65E-03	1.54E-04
289	0.4	0.1	0.3	578		578	0.5	3	1.62E-03	1.79E-04
294	0.54	0.14	0.4	578		578	0.52	2.857	1.59E-03	1.61E-04
295	0.39	0.09	0.3	571		571	0.46	3.333	1.59E-03	1.22E-04
300	0.54	0.14	0.4	601		601	0.52	2.857	1.59E-03	1.75E-04
305	0.4	0.1	0.3	593		593	0.5	3	1.54E-03	2.00E-04
310	0.51	0.11	0.4	593		593	0.43	3.636	1.56E-03	2.31E-04
315	0.39	0.09	0.3	615		615	0.46	3.333	1.56E-03	2.63E-04
317	0.64	0.14	0.5	612		612	0.44	3.571	1.53E-03	3.01E-04
322	0.4	0.1	0.3	618		618	0.5	3	1.48E-03	3.98E-04
324	0.53	0.13	0.4	626		626	0.49	3.077	1.43E-03	4.86E-04
329	0.39	0.09	0.3	624		624	0.46	3.333	1.41E-03	6.25E-04
331	0.65	0.15	0.5	640		640	0.46	3.333	1.42E-03	7.69E-04
333	0.9	0.2	0.7	637		637	0.44	3.5	1.41E-03	5.37E-04
335	0.64	0.14	0.5	618		618	0.44	3.571	1.38E-03	1.21E-03
337	0.4	0.1	0.3	633		633	0.5	3	1.36E-03	1.89E-03
339	0.53	0.13	0.4	647		647	0.49	3.077	1.35E-03	4.38E-03
341	0.78	0.18	0.6	643		643	0.46	3.333		
344	0.66	0.16	0.5	644		644	0.48	3.125		
346	0.77	0.17	0.6	663		663	0.44	3.529		
347	0.9	0.2	0.7	666		666	0.44	3.5		
348	1.03	0.23	0.8	658		658	0.45	3.478		
349	0.89	0.19	0.7	650		650	0.43	3.684		
351	0.77	0.17	0.6	655		655	0.44	3.529		
353	0.51	0.11	0.4	641		641	0.43	3.636		

354	0.37	0.07	0.3	643		643	0.38	4.286		
355	0.25	0.05	0.2	644		644	0.4	4		
357	0.38	0.08	0.3	647		647	0.42	3.75		
359	0.38	0.08	0.3	657		657	0.42	3.75		
361	0.5	0.1	0.4	673		673	0.4	4		
362	0.64	0.14	0.5	674		674	0.44	3.571		
363	0.77	0.17	0.6	671		671	0.44	3.529		
364	0.78	0.18	0.6	668		668	0.46	3.333		
366	0.88	0.18	0.7	680		680	0.41	3.889		
368	1.02	0.22	0.8	700		700	0.43	3.636		
369	1.39	0.29	1.1	688		688	0.42	3.793		
370	2.05	0.35	1.7	695		695	0.34	4.857		
371	3.26	0.46	2.8	723		723	0.28	6.087		
372	6.67	0.57	6.1	680		680	0.17	10.702		
373	5.99	0.49	5.5	684		684	0.16	11.224		
374	4.14	0.34	3.8	694		694	0.16	11.176		
375	2.3	0.2	2.1	704		704	0.17	10.5		
376	1.11	0.11	1	709		709	0.2	9.091		
378	0.56	0.06	0.5	701		701	0.21	8.333		
380	0.34	0.04	0.3	693		693	0.24	7.5		
382	0.22	0.02	0.2	709		709	0.18	10		
384	0.22	0.02	0.2	714		714	0.18	10		
386	0.22	0.02	0.2	705		705	0.18	10		
390	0.21	0.01	0.2	720		720	0.1	20		
395	0.1	0	0.1	700		700	0			
400	0.1	0	0.1	720		720	0			
405	0.1	0	0.1	733		733	0			
410	0.1	0	0.1	723		723	0			
415	0.1	0	0.1	733		733	0			
420	0.1	0	0.1	749		749	0			
425	0.1	0	0.1	744		744	0			
430	0.1	0	0.1	742		742	0			
435	0.1	0	0.1	761		761	0			
440	0.1	0	0.1	767		767	0			
445	0.1	0	0.1	760		760	0			
450	0.1	0	0.1	764		764	0			

455	0.1	0	0.1	781	781	0	0	0	0
460	0.1	0	0.1	774	774	0	0	0	0
465	0.2	0	0.2	770	770	0	0	0	0
470	0.2	0	0.2	787	787	0	0	0	0
475	0.2	0	0.2	790	790	0	0	0	0
480	0.2	0	0.2	780	780	0	0	0	0
485	0.2	0	0.2	799	799	0	0	0	0
490	0.32	0.02	0.3	803	803	0.12	0.12	0.12	15

EK – C

BUHAR ENJEKSİYONU DENEY VERİLERİ

DENEY NO : BUHAR-1

NUMUNE : Seyitömer

NUMUNE MİKTARI : 8140 gr.

Zaman (dakika)	Giriş Basıncı (psi)	Çıkış Basıncı (psi)	Buhar Enjeksiyon Sıcaklığı (°C)
0	50	40	185
5	50	50	172
10	45	45	174
15	45	38	236
20	50	50	228
25	50	50	219
30	50	50	197
35	50	50	174
40	45	45	204
45	40	35	161
50	32	21	174
55	50	42	210
60	50	45	185
65	27	23	124
70	40	37	138
75	53	50	250
80	50	48	259
85	53	50	228
90	50	50	213
95	50	50	174
100	54	52	164
105	50	50	180
110	50	50	182
115	50	50	233
120	50	50	215
125	53	53	195
130	50	50	168
135	50	50	168
140	50	50	197
145	50	50	194
150	53	53	263
155	50	49	243
160	51	51	214
165	51	51	189
170	50	50	166
175	50	50	198

180	50	50	192
185	50	45	192
190	50	45	190
195	50	48	210
200	50	48	203
205	50	48	205
210	50	47	202

DENEY NO : BUHAR-2

NUMUNE : Himmetoğlu

NUMUNE MİKTARI : 6100 gr.

Zaman (dakika)	Giriş Basıncı (psi)	Çıkış Basıncı (psi)	Buhar Enjeksiyon Sıcaklığı (°C)
0	25	20	152
5	33	33	203
10	45	45	153
15	55	55	193
20	50	50	177
25	55	53	167
30	50	50	172
35	53	53	209
40	55	55	202
45	50	50	180
50	55	55	160
55	52	52	176
60	50	50	175
65	50	50	203
70	50	50	202
75	45	45	188
80	40	40	140
85	40	40	199
90	35	35	272
95	32	32	264
100	30	30	228
105	30	30	179
110	30	30	164
115	25	25	203
120	25	25	210
125	25	25	210
130	15	15	192
135	10	10	184
140	15	13	181
145	14	14	173
150	15	12	166
155	20	18	191
160	23	20	188
165	25	24	175
170	25	23	164
175	25	23	191

180	23	20	190
185	23	20	178
190	24	21	166

DENEY NO : BUHAR-3

NUMUNE : Hatıldağ

NUMUNE MİKTARI : 11550 gr.

Zaman (dakika)	Giriş Basıncı (psi)	Çıkış Basıncı (psi)	Buhar Enjeksiyon Sıcaklığı (°C)
0	20	10	170
5	20	15	170
10	15	0	159
15	15	0	217
20	15	0	207
25	35	32	175
30	55	50	171
35	50	50	170
40	50	50	186
45	50	50	145
50	55	50	218
55	50	50	200
60	50	50	195
65	50	50	154
70	50	50	187
75	50	50	292
80	50	50	266
85	53	53	208
90	50	50	175
95	50	50	162
100	50	50	217
105	50	50	223
110	55	55	213
115	50	50	181
120	53	53	157
125	50	50	264
130	50	50	216
135	55	55	210
140	50	50	181
145	54	54	146
150	50	50	233
155	52	50	216
160	55	50	219
165	50	50	176
170	55	55	154
175	50	50	264

180	50	50	248
185	55	55	239
190	50	50	216
195	50	50	191
200	50	50	235
205	50	50	180
210	55	55	147
215	50	50	218
220	50	50	229
225	55	52	233
230	50	50	192
235	55	55	158
240	50	50	228
245	50	50	219
250	50	50	224
255	50	50	186
260	55	55	153
265	50	50	170
270	50	50	186
275	55	55	169
280	50	50	180
285	55	55	220
290	50	50	219
295	50	50	151
300	55	55	202
305	50	50	226
310	53	53	207
315	50	50	172
320	50	50	203
325	50	50	163
330	50	50	247
335	50	53	265
340	53	50	239
345	50	50	157
350	50	55	231
355	55	50	199
360	50	55	152
365	55	55	145

DENEY NO : BUHAR-4

NUMUNE : Beypazarı

NUMUNE MİKTARI : 10100 gr.

Zaman (dakika)	Giriş Basıncı (psi)	Çıkış Basıncı (psi)	Buhar Enjeksiyon Sıcaklığı (°C)
0	43	38	155
5	58	54	179
10	50	44	178
15	50	45	156
20	54	50	186
25	50	47	185
30	49	45	157
35	50	50	198
40	45	45	202
45	50	50	171
50	50	50	161
55	47	47	171
60	50	50	167
65	45	45	177
70	50	50	169
75	50	45	189
80	50	48	171
85	50	50	163
90	50	48	180
95	50	50	178
100	50	48	177
105	50	50	169
110	50	50	209
115	50	50	174
120	50	50	171
125	50	50	177
130	50	50	177
135	46	46	167
140	50	50	163
145	46	46	208
150	50	50	180
155	50	50	181
160	50	50	170
165	50	50	168
170	46	46	167
175	50	50	217

180	49	49	237
185	50	50	199
190	50	50	178
195	50	50	164
200	50	50	182
205	50	49	179
210	50	50	164
215	53	53	195
220	50	50	189
225	50	50	180
230	50	50	163
235	50	50	186
240	50	50	200
245	50	50	179
250	50	50	153
255	48	38	257
260	50	40	207
265	50	45	203
270	50	40	158
275	50	40	163
280	50	43	174
285	50	40	196
290	48	40	145
295	50	45	261
300	50	40	249
305	50	40	203
310	50	45	170
315	50	40	209
320	50	40	167
325	50	45	171
330	50	40	198
335	50	40	181
340	50	45	166
345	50	40	212
350	50	40	151

EK – D
YANMA TÜPÜ DENEY VERİLERİ

DENEY NO : COMB - 1

NUMUNE : Hatıldağ

NUMUNE MİKTARI : 6950 gr.

Zaman (dakika)	CO ₂ (vol %)	O ₂ (vol%)	CO (vol %)
0	0.80	19.40	0.80
5	1.20	19.03	0.77
10	1.30	18.58	1.17
15	2.40	17.50	1.10
20	3.40	15.39	2.21
25	4.57	13.05	3.38
30	6.00	10.30	4.70
35	10.13	9.10	1.77
40	16.93	2.31	1.76
45	17.09	2.06	1.85
50	14.21	4.94	1.85
55	15.37	3.63	2.00
60	14.91	4.12	1.97
65	15.00	4.06	1.94
70	15.46	3.68	1.86
75	14.83	4.33	1.84
80	14.93	4.23	1.84
85	14.99	4.10	1.91
90	15.47	3.57	1.96
95	15.62	3.47	1.91
100	15.44	3.57	1.99
105	15.82	3.19	1.99
110	15.78	3.23	1.99
115	15.48	3.55	1.97
120	15.54	3.54	1.92
125	15.62	3.46	1.92
130	16.01	2.99	2.00
135	17.14	1.86	2.00
140	17.65	1.35	2.00
145	17.08	1.98	1.94
150	16.87	2.13	2.00
155	16.95	2.23	1.82
160	16.10	3.34	1.56
165	14.04	5.28	1.68
170	15.80	3.22	1.98
175	17.74	1.26	2.00

180	18.30	0.70	2.00
185	17.83	1.17	2.00
190	16.84	2.17	1.99
195	16.62	2.48	1.90
200	16.71	2.43	1.86
205	16.82	2.51	1.67
210	14.94	4.54	1.52
215	14.93	4.32	1.76
220	15.36	3.64	2.00
225	15.46	3.54	2.00
230	16.41	2.67	1.98
235	15.62	3.46	1.92
240	15.15	3.79	2.03
245	15.64	3.34	3.32
250	16.57	2.43	2.00
255	16.54	2.50	1.96
260	15.88	3.16	1.96
265	15.81	3.29	1.90

DENEY NO : COMB – 2

NUMUNE : Beypazarı

NUMUNE MİKTARI : 4565 gr.

Zaman (dakika)	CO ₂ (vol %)	O ₂ (vol%)	CO (vol %)
0	0.10	20.74	0.16
5	0.10	20.74	0.16
10	0.50	19.86	1.06
15	0.50	19.44	1.06
20	0.50	19.44	1.06
25	1.50	18.50	1.00
30	2.30	9.59	1.00
35	3.40	9.11	1.00
40	4.40	8.08	0.88
45	4.50	8.12	0.38
50	5.10	8.14	1.73
55	5.20	8.00	1.22
60	5.70	7.02	1.15
65	6.70	7.03	1.04
70	7.20	8.02	1.53
75	12.70	4.72	3.58
80	14.80	3.75	2.45
85	14.25	3.05	3.70
90	14.25	3.46	3.29
95	15.54	2.94	2.52
100	15.54	2.97	2.49
105	15.54	2.19	3.27
110	15.68	2.83	2.49
115	15.68	2.36	2.96
120	15.68	2.06	3.26
125	17.11	2.00	1.89
130	17.11	2.32	1.57
135	17.11	2.11	1.78
140	17.60	2.07	1.33
145	17.60	2.39	1.01
150	17.60	2.12	1.28
155	17.42	2.06	1.52
160	17.42	2.08	1.50
165	17.42	2.08	1.50
170	17.51	2.03	1.46
175	17.51	2.03	1.46

180	17.51	2.03	1.46
185	17.51	2.03	1.46
190	17.17	2.03	1.80
195	17.17	2.02	1.81
200	17.17	2.02	1.81
205	16.64	2.03	2.33
210	16.64	2.03	2.33
215	16.64	2.03	2.33
220	16.64	2.03	2.33
225	17.27	2.03	1.70
230	17.27	1.71	2.02
235	17.27	1.71	2.02
240	17.02	2.03	1.95
245	17.02	2.03	1.95
250	17.02	1.97	2.01
255	17.07	1.89	2.04
260	17.07	2.03	1.90
265	17.07	1.03	2.90
270	17.07	1.04	2.89
275	16.88	1.04	3.08
280	16.88	1.04	3.08
285	17.24	1.04	2.72
290	17.24	1.04	2.72
295	17.24	1.04	2.72
300	17.60	1.04	2.36
305	17.60	1.04	2.36
310	17.60	1.03	2.37
315	17.12	1.02	2.86
320	17.12	1.02	2.86
325	17.12	1.03	2.85
330	17.52	1.03	2.45
335	17.52	1.03	2.45
340	17.52	1.03	2.45
345	17.52	1.03	2.45
350	18.00	1.03	1.97
355	18.00	1.03	1.97
360	18.00	1.03	1.97
365	17.67	1.03	2.30
370	17.67	1.04	2.29

DENEY NO : COMB – 3

NUMUNE : Seyitömer

NUMUNE MİKTARI : 4260 gr.

Zaman (dakika)	CO ₂ (vol %)	O ₂ (vol%)	CO (vol %)
0	0.40	20.58	0.02
5	0.40	20.58	0.02
10	0.20	20.79	0.01
15	0.20	20.79	0.01
20	3.00	17.94	0.06
25	3.00	17.97	0.03
30	2.40	18.57	0.03
35	2.10	18.87	0.03
40	17.10	1.90	2.00
45	9.90	7.30	3.80
50	15.55	1.70	3.75
55	16.18	1.17	3.65
60	16.18	0.72	4.10
65	17.66	1.14	2.20
70	17.66	0.74	2.60
75	17.66	0.74	2.60
80	17.72	0.78	2.50
85	17.72	0.93	2.35
90	17.42	1.23	2.35
95	17.42	0.78	2.80
100	17.42	0.82	2.76
105	17.11	1.15	2.74
110	17.11	1.69	2.20
115	16.87	1.18	2.95
120	16.87	1.18	2.95
125	17.45	1.50	3.05
130	17.45	1.50	3.05
135	16.32	2.08	2.60
140	16.32	2.28	2.40
145	16.32	2.28	2.40
150	16.16	2.64	2.20
155	16.16	1.94	2.50
160	16.26	2.04	2.70
165	16.26	2.34	2.40
170	16.26	2.78	1.96

175	16.20	3.12	1.68
180	16.20	2.84	1.96
185	16.20	2.87	1.93
190	17.67	0.43	2.90
195	17.67	0.48	2.85
200	17.67	0.93	2.40
205	16.92	1.68	2.40
210	16.92	1.58	2.50
215	16.92	1.88	2.20
220	15.78	2.82	2.40
225	15.78	2.72	2.50
230	15.29	3.31	2.40
235	15.29	3.31	2.40
240	15.29	2.91	2.80
245	12.27	5.93	2.80
250	12.27	6.13	2.60
255	12.27	6.15	2.58
260	15.86	2.40	2.74
265	15.86	2.40	2.74
270	15.86	2.74	2.40
275	14.65	4.15	2.20
280	14.65	4.25	2.10
285	14.65	2.70	2.09
290	14.73	1.00	1.38
295	14.73	2.10	0.97
300	14.73	4.40	0.86
305	12.27	7.10	0.75
310	11.39	8.90	0.71
315	10.49	9.80	0.71
320	11.39	12.10	0.71
325	8.19	12.70	1.38
330	3.91	16.20	0.89
335	4.29	15.92	0.79
340	4.29	15.96	0.75
345	4.29	16.05	0.66

DENEY NO : COMB – 4

NUMUNE : Himmetoğlu

NUMUNE MİKTARI : 3600 gr.

Zaman (dakika)	CO ₂ (vol %)	O ₂ (vol%)	CO (vol %)
0	0.10	20.88	0.02
5	0.50	20.88	0.02
10	1.20	20.46	0.04
15	1.10	19.65	0.15
20	1.60	19.70	0.20
25	2.10	19.00	0.40
30	3.70	18.19	0.71
35	4.10	16.39	0.91
40	12.60	16.01	0.89
45	17.13	7.02	1.38
50	17.13	1.67	2.20
55	17.13	1.47	2.40
60	17.13	1.22	2.65
65	17.13	1.07	2.80
70	14.82	1.05	2.82
75	14.82	2.32	3.86
80	14.82	2.44	4.74
85	12.20	2.46	4.72
90	12.20	4.30	4.50
95	12.20	4.20	4.60
100	11.34	4.15	4.65
105	11.34	4.79	4.87
110	11.34	4.74	4.92
115	13.28	4.66	4.00
120	13.28	2.92	4.80
125	13.28	3.32	4.40
130	13.28	3.32	4.40
135	13.28	3.26	4.46
140	13.28	3.20	4.52
145	14.99	3.18	4.54
150	14.99	1.46	4.55
155	14.99	1.21	4.80
160	14.99	1.19	4.82
165	15.38	1.16	4.85
170	15.38	1.72	3.90
175	15.38	1.72	3.90

180	14.15	1.52	4.10
185	14.15	2.75	4.10
190	14.15	2.70	4.15
195	13.27	2.65	4.20
200	13.27	3.48	4.25
205	13.27	3.53	4.20
210	11.87	3.53	4.20
215	11.87	4.93	4.20
220	12.08	4.93	4.20
225	12.08	4.52	4.40
230	12.08	4.52	4.40
235	12.53	4.72	4.20
240	12.53	4.72	4.20
245	12.53	4.42	4.05
250	12.53	4.57	3.90
255	12.53	4.57	3.90

EK – E

REAKSİYON HIZ VERİLERİNİN HESAPLANMASINDA
KULLANILACAK DENKLEMLERİN TÜRETİLMESİ

Birim hacimdeki oksijen tüketim hızı :

$$\frac{q\Delta\gamma}{AL} = A_r P_{O_2}^m C_f^n \exp(-E/RT) \quad (E-1)$$

ile tanımlanmaktadır. Bu eşitlik petrol doymuşluğundaki azalma hızına eşittir.

$$\frac{q\Delta\gamma}{AL} = -\alpha \frac{dC_f}{dt} \quad (E-2)$$

burada, α , oransal faktördür ve 1 gram petrole reaksiyona giren oksijenin miktarına eşittir.

Oksijen tüketim hızı, (E-1) ve (E-2) denklemlerinin birleştirilmesiyle elde edilir:

$$\frac{q\Delta\gamma}{AL} = A_r P_{O_2}^m \exp(-E/RT) C_f^n = \alpha \frac{dC_f}{dt} \quad (E-3)$$

(E-3) denkleminin $t = t$ ve $t = \infty$ iken integrali alınınca:

$$C_f^n(t) = \int_t^{\infty} \frac{q\Delta\gamma}{AL} dt \quad (E-4)$$

burada $t = \infty$ olursa $C_f = 0$ 'dır. Denklem (E-3) 'den;

$$C_f^n(t) = \frac{q}{AL A_r P_{O_2}^m \exp(-E/RT)} \quad (E-5)$$

(E-5) denklemini, (E-4) denklemine dahil edersek;

$$\frac{\Delta\gamma}{\left[\int_i^\alpha \Delta\gamma dt \right]} = \beta \exp(-E/RT) \quad (E-6)$$

elde edilir. Burada:

$$\beta = \left(\frac{q}{AL} \right)^{n-1} \frac{A_r P_{O_2}^m}{\alpha^n} \quad (E-7)$$

Denklem (E-6)'nın solundaki değerleri $\Delta\gamma=Wf(t)$ eğrisinin grafiksel integrasyonu ile bulunabilmektedir. (E-6) 'nın solundaki eşitliğin logaritması $1/T$ 'ye karşılık grafik çizilirse, elde edilen eğrinin eğiminden $(-E/2.303 R)$ elde edilir ve kesişme noktasından β elde edilir.

BİBLİYOGRAFİK BİLGİ FORMU

1. Proje No : MİSAG – 141

2. Rapor Tarihi : Aralık, 2000

3. Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri : 20.8.1999 – 20.8.2000

4. Projenin Adı : TÜRKİYE'DE MEVCUT PETROLLÜ ŞEYL (OIL SHALE) YATAKLARININ YERİNDE KURTARIM YÖNTEMLERİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ

5. Proje Yürütücüsü ve Yardımcı Araştırmacılar : Prof. Dr. Suat Bağcı
Prof. Dr. Mustafa Kök, Dr. İlker Şengüler, Güneş Güner6. Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi : ODTÜ, Petrol ve Doğal Gaz Müh. Böl.
06531, ANKARA

7. Destekleyen Kurus(ların) Adı ve Adresi : M.T.A.

8. ÖZ(Abtract) : Petrollü şeyllerden petrol üretiminde iki yöntem uygulanmaktadır. Birinci yöntemde, petrollü şeyller maden işletmeciliği metodları ile yerinden alınıp değişik proseslerle 500 °C'ye kadar ısıtıldıklarında şeyl petrolü veya gazı üretilmektedir. İkinci yöntemde ise petrollü şeyller buldukları yerlerde buhar veya hava ile ısıtılarak petrol üretilmektedir. Bu yöntemlerin uygulanabilirliğini tesbit etmek için öncelikle, petrollü şeyl numunelerinin yanma reaksiyon kinetik özelliklerinin reaksiyon hücresi kullanılarak tesbit edilmesi gerekmektedir. Ek olarak, 1-boyutlu ve 3-boyutlu fiziksel modellerde yerinde yanma ve buhar enjeksiyonu deneyleri yapılmaktadır. Bu deneylerden petrollü şeyller için bu yöntemlerin uygulanmasında kullanılacak parametreler elde edilmiştir.

DSC eğrilerinden, Seyitömer için 485.5 cal/gr, Himmetoğlu için 2842.2 cal/gr, Hatıldağ için 199.1 cal/gr ve Beypazarı için 440.1 cal/gr ısı açığa çıktığı belirlenmiştir. Seyitömer, Himmetoğlu, Hatıldağ ve Beypazarı petrollü şeylleri için yanma sıcaklıkları 575, 480, 590, ve 500 °C olarak bulunmuştur. Himmetoğlu petrollü şeyli için organik madde miktarı % 80 olmuştur. Bu oran Hatıldağ ve Beypazarı petrollü şeylleri için % 7.4 iken Seyitömer petrollü şeyli için % 10 olmuştur. Petrollü şeylin derecesi artan organik madde miktarının artmasıyla artmıştır. Yerinde yanma deneyleri neticesinde, Hatıldağ petrollü şeyli için petrol eldesi 18.27 lt/ton, Beypazarı için 18.84 lt/ton, Seyitömer için 4.46 lt/ton ve Himmetoğlu için 16.11 lt/ton bulunmuştur. Bu verilerden petrollü şeyllerin yerinde yanma yöntemiyle üretilebilecekleri tesbit edilmiştir. Buhar enjekte edilerek yapılan deneylerde petrollü şeyllerden petrol üretimi gözlenmemiştir.

Anahtar Kelimeler : Petrollü şeyl, yerinde yanma, buhar enjeksiyonu

9. Proje ile ilgili Yayın/Tebliğlerle ilgili Bilgiler : Hazırlanan abstarct ve makaleler kongre ve dergilere gönderilecektir.

10. Bilim Dalı : Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği

Doçentlik B. Dalı Kodu : Petrol Üretimini Yükseltme Yöntemleri

11. Dağıtım : Sınırlı Sınırsız12. Raporun Gizlilik Durumu : Gizli Gizli Değil