

Ağır Petrol-Linyit / Bitümlü Şist Karışımlarının Yanma Etkinliklerinin Belirlenmesi ve Alternatif Enerji Kaynağı Olarak Kullanabilirliğinin Araştırılması

Proje No: 106T728

Prof.Dr. Mustafa Verşan KÖK

Prof. Dr. Mehmet ŐENER

Dr. İlker ŐENGÜLER

Araş. Gör. Çiğdem METİN

MAYIS 2010
ANKARA

ÖNSÖZ

Bu rapor Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenen 106T728 no'lu "Ağır Petrol-Linyit / Bitümlü Şist Karışımlarının Yanma Etkinliklerinin Belirlenmesi ve Alternatif Enerji Kaynağı Olarak Kullanabilirliğinin Araştırılması" projenin çalışmaları sırasında elde edilen bilgi ve sonuçları kapsamaktadır.

Bu proje kapsamında düşük kaliteli linyitlerin ve bitümlü şistlerin katı yapılarını bozmadan düşük °API gravitedeki petrolle kendi aralarında farklı oranlarda karıştırılarak piroliz ve yanma etkinliklerinin belirlenmesi ve oluşturulan yeni yakıt türünün alternatif enerji kaynağı olarak ekonomik kullanım alanları araştırılmıştır. Proje kapsamındaki tüm deneyler ODTÜ Mühendislik Fakültesi Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği bölümünde gerçekleştirilmiştir.

Proje ekibi adına, bu projenin gerçekleştirilmesine olanak sağlayan ve projeyi destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna (TÜBİTAK) içten teşekkürlerimizi sunarım.

Prof.Dr. Mustafa Verşan KÖK
Proje Yürütücüsü

İÇİNDEKİLER

Tablolar Listesi	5
Şekiller Listesi	12
Öz	20
Abstract	21
1- Giriş	22
1.1 Isısal Analiz Tekniklerinin Kömür, Linyit ve Asfalt Numunelerindeki Uygulamaları	22
1.2 Isıl Analiz Tekniklerinin Ham Petrol Numuneleri Üzerindeki Uygulamaları	39
1.3 Isıl Analiz Tekniklerinin Bitümlü Şist Numuneleri Üzerindeki Uygulamaları:	47
2- Deney Yöntemleri ve Ekipmalar	55
2.1 Deney Yöntemleri	55
2.2 Numune hazırlama	55
2.3 Kullanılan Cihazlar	55
3- Saha Bilgileri	56
3.1 Himmetoğlu Kömür ve Bitümlü Şist (Şeyl) Sahası:	57
3.2 Çayırhan Kömür ve Bitümlü Şist (Şeyl) Sahası:	58
3.3 Raman ve B.Raman Petrol Sahaları:	60
4- Sonuçlar ve Tartışma	60
4.1 DSC ve TG/DTG Piroliz Deneyleri	60
4.1.1 Petrol Numunelerinin Piroliz Deneyleri	61
4.1.2 Kömür Numunelerinin Piroliz Deneyleri	62
4.1.3 Bitümlü Şist Numunelerinin Piroliz Deneyleri	63
4.1.4 Raman Petrolü ve Kömür Numunelerinin Piroliz Deneyleri	64
4.1.5 Batı Raman Petrolü ve Kömür Numunelerinin Piroliz Deneyleri	66
4.1.6 Raman Petrolü ve Bitümlü Şist Numunelerinin Piroliz Deneyleri	68
4.1.7 Batı Raman Petrolü ve Bitümlü Şist Numunelerinin Piroliz Deneyleri	71
4.1.8 Çayırhan Kömürü ve Bitümlü Şist Numunelerinin Piroliz Deneyleri:	73
4.1.9 Himmetoğlu Kömürü ve Bitümlü Şist Numunelerinin Piroliz Deneyleri	75
4.1.10 Raman Petrolü ve Kömür Numunelerinin Piroliz Deneyleri (Temizlenmiş)	77
4.1.11 Batı Raman Petrolü ve Kömür Numunelerinin Piroliz Deneyleri (Temizlenmiş)	79

4.1.12 Raman Petrolü ve Bitümlü Şist Numunelerinin Piroliz Deneyleri (Temizlenmiş)	81
4.1.13 Batı Raman Petrolü ve Bitümlü Şist Numunelerinin Piroliz Deneyleri (Temizlenmiş)	83
4.1.14 Çayırhan Kömürü ve Bitümlü Şist Numunelerinin Piroliz Deneyleri (Temizlenmiş)	85
4.1.15 Himmetoğlu Kömürü ve Bitümlü Şist Numunelerinin Piroliz Deneyleri (Temizlenmiş)	87
4.1.16 Petrol, Kömür ve Bitümlü Şist Numunelerinin Piroliz Deneyleri (Orijinal - Temizlenmiş)	89
4.2 DSC ve TG/DTG Yanma Deneyleri	92
4.2.1 Petrol Numunelerinin Yanma Deneyleri	92
4.2.2 Kömür Numunelerinin Yanma Deneyleri (Orijinal-Temizlenmiş)	92
4.2.3 Bitümlü Şist Numunelerinin Yanma Deneyleri (Orijinal-Temizlenmiş)	93
4.2.4 Raman Petrolü ve Kömür Numunelerinin Yanma Deneyleri (Orijinal-Temizlenmiş)	94
4.2.5 Batı Raman Petrolü ve Kömür Numunelerinin Yanma Deneyleri (Orijinal-Temizlenmiş)	97
4.2.6 Raman Petrolü ve Bitümlü Şist Numunelerinin Yanma Deneyleri (Orijinal-Temizlenmiş)	99
4.2.7 Batı Raman Petrolü ve Bitümlü Şist Numunelerinin Yanma Deneyleri (Orijinal-Temizlenmiş)	102
4.2.8 Çayırhan Kömürü ve Bitümlü Şist Numunelerinin Yanma Deneyleri: (Orijinal-Temizlenmiş)	105
4.2.9 Himmetoğlu Kömürü ve Bitümlü Şist Numunelerinin Yanma Deneyleri(Orijinal-Temizlenmiş)	108
4.2.10 Petrol, Kömür ve Bitümlü Şist Karışımlarının Yanma Deneyleri (Orijinal-Temizlenmiş):	110
4.3 Kinetik Analizler	113
4.3.1 Piroliz Kinetik Analiz Sonuçları	115
4.3.1 Yanma Kinetik Analiz Sonuçları	130
5- Sonuçlar	147
6- Referanslar	150

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo-1 Petrollerin TGA/DTG Özellikleri	61
Tablo-2 Petrollerin DSC Özellikleri	61
Tablo-3 Kömürlerin TGA/DTG Özellikleri	62
Tablo-4 Kömürlerin DSC Özellikleri	62
Tablo-5 Bitümlü Şistlerin TGA/DTG Özellikleri	63
Tablo-6 Bitümlü Şistlerin DSC Özellikleri	64
Tablo-7 Raman Petrol-Kömür Karışımlarının TGA/DTG Özellikleri (P1:Raman Petrol; K1: Çayırhan Kömür; K2: Himmetoğlu Kömür) -Piroliz-	65
Tablo-8 Raman Petrol-Kömür Karışımlarının DSC Özellikleri (P1:Raman Petrol, K1: Çayırhan Kömür; K2: Himmetoğlu Kömür) -Piroliz-	66
Tablo-9 B.Raman Petrol-Kömür Karışımlarının TGA/DTG Özellikleri (P2:Batı Raman Petrol; K1: Çayırhan Kömür; K2: Himmetoğlu Kömür) -Piroliz-	67
Tablo-10 B.Raman Petrol-Kömür Karışımlarının DSC Özellikleri (P2:Batı Raman Petrol, K1: Çayırhan Kömür; K2: Himmetoğlu Kömür) -Piroliz-	68
Tablo-11 Raman Petrol-Bitümlü Şist Karışımlarının TGA/DTG Özellikleri (P1:Raman Petrol; B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Piroliz-	69
Tablo-12 Raman Petrol-Bitümlü Şist Karışımlarının DSC Özellikleri (P1:Raman Petrol; B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Piroliz-	70
Tablo-13 Batı Raman Petrol-Bitümlü Şist Karışımlarının TGA/DTG Özellikleri (P2:Batı Raman etrol; B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Piroliz-	71
Tablo-14 Batı Raman Petrol-Bitümlü Şist Karışımlarının DSC Özellikleri (P2:Batı Raman Petrol; B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Piroliz-	72
Tablo-15 Kömür-Bitümlü Şist Karışımlarının TGA/DTG Özellikleri (K1: Çayırhan Kömür; B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Piroliz-	74
Tablo-16 Kömür-Bitümlü Şist Karışımlarının DSC Özellikleri(K1: Çayırhan Kömür; B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Piroliz-	75
Tablo-17 Kömür-Bitümlü Şist Karışımlarının TGA/DTG Özellikleri (K2: Himmetoğlu Kömür; B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Piroliz-	76
Tablo-18 Kömür-Bitümlü Şist Karışımlarının DSC Özellikleri (K2: Himmetoğlu Kömür; B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Piroliz-	77
Tablo-19 Raman Petrol-Kömür Karışımlarının DSC Özellikleri (P1:Raman Petrol, K1: Çayırhan Kömür; K2: Himmetoğlu Kömür) -Piroliz, Temizlenmiş-	78
Tablo-20 Raman Petrol-Kömür Karışımlarının TG/DTG Özellikleri (P1:Raman Petrol, K1: Çayırhan Kömür; K2: Himmetoğlu Kömür) -Piroliz, Temizlenmiş-	79
Tablo-21 B.Raman Petrol-Kömür Karışımlarının DSC Özellikleri (P2:B.Raman Petrol, K1: Çayırhan Kömür; K2: Himmetoğlu Kömür) -Piroliz, Temizlenmiş-	80
Tablo-22 B.Raman Petrol-Kömür Karışımlarının TG/DTG Özellikleri (P2:B.Raman Petrol, K1: Çayırhan Kömür; K2: Himmetoğlu Kömür) -Piroliz, TEmizlenmiş-	81
Tablo-23 Raman Petrol-Bitümlü Şist Karışımlarının DSC Özellikleri (P1:Raman Petrol, B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü) -Piroliz, Temizlenmiş-	82
Tablo-24 Raman Petrol-Bitümlü Şist Karışımlarının TG/DTG Özellikleri (P1:Raman Petrol, B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Piroliz, Temizlenmiş-	83

Tablo-25 B.Raman Petrol-Bitümlü Şist Karışımlarının <u>DSC</u> Özellikleri (P2:B.Raman Petrol, B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Pirroliz, Temizlenmiş-	84
Tablo-26 B.Raman Petrol-Bitümlü Şist Karışımlarının <u>TG/DTG</u> Özellikleri (P2:B.Raman Petrol, B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Pirroliz, Temizlenmiş-	85
Tablo-27 Kömür-Bitümlü Şist Karışımlarının <u>DSC</u> Özellikleri (K1:Çayırhan Kömür, B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Pirroliz, Temizlenmiş-	86
Tablo-28 Kömür-Bitümlü Şist Karışımlarının <u>TG/DTG</u> Özellikleri (K1:Çayırhan Kömür, B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Pirroliz, Temizlenmiş-	87
Tablo-29 Kömür-Bitümlü Şist Karışımlarının <u>DSC</u> Özellikleri (K2: Himmetoğlu Kömür, B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Pirroliz, Temizlenmiş-	88
Tablo-30 Kömür-Bitümlü Şist Karışımlarının <u>TGA/DTG</u> Özellikleri (K1:Çayırhan Kömür, K2: Himmetoğlu Kömür B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Pirroliz, Temizlenmiş-	89
Tablo-31 Petrol-Kömür ve Bitümlü Şist Karışımlarının <u>DSC</u> Özellikleri -Pirroliz- Orijinal (P1:Raman Petrol; P2:B.Raman Petrol; K1: Çayırhan Kömür; K2: Himmetoğlu Kömür B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist)	90
Tablo-32 Petrol-Kömür ve Bitümlü Şist Karışımlarının <u>TG/DTG</u> Özellikleri -Pirroliz- Temizlenmiş(P1:Raman Petrol; P2:B.Raman Petrol; K1: Çayırhan Kömür; K2: Himmetoğlu Kömür B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist)	91
Tablo-33 Petrollerin DSC Analizleri	92
Tablo-34 Petrollerin TG/DTG Analizleri	92
Tablo-35 Kömürlerin DSC Analizleri	93
Tablo-36 Kömürlerin TG/DTG Analizleri	93
Tablo-37 Bitümlü Şistlerin DSC Analizleri	94
Tablo-38 Bitümlü Şistlerin TG/DTG Analizleri	94
Tablo-39 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının DSC Analizleri	95
Tablo-40 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının TG/DTG Analizleri	95
Tablo-41 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının DSC Analizleri	96
Tablo-42 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının TG/DTG Analizleri	96
Tablo-43 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının DSC Analizleri	97
Tablo-44 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının TG/DTG Analizleri	98
Tablo-45 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının DSC Analizleri	99
Tablo-46 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının TG/DTG Analizleri	99
Tablo-47 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının DSC Analizleri	100
Tablo-48 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının TG/DTG Analizleri	100
Tablo-49 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının DSC Analizleri	101
Tablo-50 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının TG/DTG Analizleri	102
Tablo-51 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının DSC Analizleri	103
Tablo-52 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının TG/DTG Analizi	103
Tablo-53 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının DSC Analizi	104

Tablo-54 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının TG/DTG Analizi	104
Tablo-55 Çayırhan Kömürü (K1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının DSC Analizleri	105
Tablo-56 Çayırhan Kömürü (K1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının TG/DTG Analizleri	106
Tablo-57 Çayırhan Kömürü (K1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının DSC Analizleri	107
Tablo-58 Çayırhan Kömürü (K1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının TG/DTG Analizleri	107
Tablo-59 Himmetoğlu Kömürü (K2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının DSC Analizleri	108
Tablo-60 Himmetoğlu Kömürü (K2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının TG/DTG Analizleri	110
Tablo-61 Himmetoğlu Kömürü (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının DSC Analizleri	110
Tablo-62 Himmetoğlu Kömürü (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının TG/DTG Analizleri	111
Tablo-63 Raman Petrol (P1) + Çayırhan Kömür (K1) + Çayırhan Bitümlü Şist (B1) + Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının DSC Analizleri	112
Tablo-64 Raman Petrol (P1) + Çayırhan Kömür (K1) + Çayırhan Bitümlü Şist (B1) + Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının TG/DTG Analizleri	112
Tablo-65 Batı Raman Petrol (P2) + Çayırhan Kömür (K1) + Çayırhan Bitümlü Şist (B1) + Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının DSC Analizleri	113
Tablo-66 Batı Raman Petrol (P2) + Çayırhan Kömür (K1) + Çayırhan Bitümlü Şist (B1) + Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının TG/DTG Analizleri	113
Tablo-67 Petrol, Kömür ve Bitümlü Şist Numunelerinin Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)]-Pirroliz-	115
Tablo-68 Petrol, Kömür ve Bitümlü Şist Numunelerinin Kinetik Analizleri - Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)]-Pirroliz-	116
Tablo-69 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)]-Pirroliz-	116
Tablo-70 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)]-Pirroliz-	117
Tablo-71 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)]-Pirroliz-	117
Tablo-72 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)]-Pirroliz-	118
Tablo-73 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)]-Pirroliz-	118

Tablo-74 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Piroliz-	119
Tablo-75 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Piroliz-	119
Tablo-76 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Piroliz-	120
Tablo-77 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Piroliz-	120
Tablo-78 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Piroliz-	121
Tablo-79 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Piroliz-	121
Tablo-80 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Piroliz-	122
Tablo-81 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Piroliz-	122
Tablo-82 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Piroliz-	123
Tablo-83 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Piroliz-	123
Tablo-84 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Piroliz-	124
Tablo-85 Çayırhan Kömürü (K1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Piroliz-	124
Tablo-86 Çayırhan Kömürü (K1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Piroliz-	125
Tablo-87 Çayırhan Kömürü (K1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Piroliz-	125
Tablo-88 Çayırhan Kömürü (K1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Piroliz-	126
Tablo-89 Himmetoğlu Kömürü (K2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Piroliz-	126

Tablo-90 Himmetoğlu Kömürü (K2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Piriliz-	127
Tablo-91 Himmetoğlu Kömürü (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Piriliz-	127
Tablo-92 Himmetoğlu Kömürü (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Piriliz-	128
Tablo-93 Raman Petrol (P1) + Çayırhan Kömür (K1) + Çayırhan Bitümlü Şist (B1) + Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti(1/min.)] -Piriliz-	128
Tablo-94 Raman Petrol (P1) + Çayırhan Kömür (K1) + Çayırhan Bitümlü Şist (B1) + Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Piriliz--	129
Tablo-95 Batı Raman Petrol (P2) + Çayırhan Kömür (K1) + Çayırhan Bitümlü Şist (B1) + Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)]	129
Tablo-96 Batı Raman Petrol (P2) + Çayırhan Kömür (K1) + Çayırhan Bitümlü Şist (B1) + Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımların Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Akti. Enerjisi (kJ/mol); Arr. sabiti (1/min.)]	130
Tablo-97 Petrol, Kömür ve Bitümlü Şist Numunelerinin Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod-[Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	130
Tablo-98 Petrol, Kömür ve Bitümlü Şist Numunelerinin Kinetik Analizleri - Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	131
Tablo-99 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	131
Tablo-100 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] - Yanma-	132
Tablo-101 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] - Yanma-	132
Tablo-102 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	133
Tablo-103 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] - Yanma-	133
Tablo-104 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Refern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	134
Tablo-105 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] - Yanma-	134

Tablo-106 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	135
Tablo-107 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	135
Tablo-108 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	136
Tablo-109 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	136
Tablo-110 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	137
Tablo-111 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	138
Tablo-112 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	138
Tablo-113 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti ((1/min.)] -Yanma-	139
Tablo-114 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	139
Tablo-115 Çayırhan Kömürü (K1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	140
Tablo-116 Çayırhan Kömürü (K1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	140
Tablo-117 Çayırhan Kömürü (K1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	141
Tablo-118 Çayırhan Kömürü (K1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	142
Tablo-119 Himmetoğlu Kömürü (K2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	143
Tablo-120 Himmetoğlu Kömürü (K2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	143

Tablo-121 Himmetoğlu Kömürü (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	144
Tablo-122 Himmetoğlu Kömürü (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	144
Tablo-123 Raman Petrol (P1) + Çayırhan Kömür (K1) + Çayırhan Bitümlü Şist (B1) + Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	145
Tablo-124 Raman Petrol (P1) + Çayırhan Kömür (K1) + Çayırhan Bitümlü Şist (B1) + Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	145
Tablo-125 Batı Raman Petrol (P2) + Çayırhan Kömür (K1) + Çayırhan Bitümlü Şist (B1) + Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	146
Tablo-126 Batı Raman Petrol (P2) + Çayırhan Kömür (K1) + Çayırhan Bitümlü Şist (B1) + Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-	146

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil-1 Petrollerin TG/DTG Termogramı -Piriliz-	160
Şekil-2 Petrollerin DSC Termogramı -Piriliz-	160
Şekil-3 Kömürlerin TG/DTG Termogramı -Piriliz-	161
Şekil-4 Kömürlerin DSC Termogramı -Piriliz-	161
Şekil-5 Bitümlü Şistlerin TG/DTG Termogramı -Piriliz-	162
Şekil-6 Bitümlü Şistlerin DSC Termogramı -Piriliz-	162
Şekil-7 Raman Petrolü ve Çayırhan Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Piriliz-	163
Şekil-8 Raman Petrolü ve Himmetoğlu Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı - Piriliz -	164
Şekil-9 Raman Petrolü ve Çayırhan Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Piriliz-	165
Şekil-10 Raman Petrolü ve Himmetoğlu Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı - Piriliz -	165
Şekil-11 Batı Raman Petrolü ve Çayırhan Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı - Piriliz -	166
Şekil-12 Batı Raman Petrolü ve Himmetoğlu Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı - Piriliz-	167
Şekil-13 Batı Raman Petrolü ve Çayırhan Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı - Piriliz -	168
Şekil-14 Batı Raman Petrolü ve Himmetoğlu Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı - Piriliz -	168
Şekil-15 Raman Petrolü ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı - Piriliz -	169
Şekil-16 Raman Petrolü ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı - Piriliz -	170
Şekil-17 Raman Petrolü ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı - Piriliz -	171
Şekil-18 Raman Petrolü ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı - Piriliz -	171
Şekil-19 Batı Raman Petrolü ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı - Piriliz -	172
Şekil-20 Batı Raman Petrolü ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı - Piriliz -	173
Şekil-21 Batı Raman Petrolü ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı - Piriliz -	174
Şekil-22 Batı Raman Petrolü ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı - Piriliz -	174
Şekil-23 Çayırhan Kömür ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı - Piriliz -	175
Şekil-24 Çayırhan Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı - Piriliz -	176
Şekil-25 Çayırhan Kömür ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı - Piriliz -	177

Şekil-26 Çayırhan Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı - Piroliz -	177
Şekil-27 Himmetoğlu Kömür ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı - Piroliz-	178
Şekil-28 Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı - Piroliz -	179
Şekil-29 Himmetoğlu Kömür ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı - Piroliz -	180
Şekil-30 Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı - Piroliz -	180
Şekil-31 Raman Petrolü ve Çayırhan Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Piroliz, Clean-	181
Şekil-32 Raman Petrolü ve Himmetoğlu Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı - Piroliz, Clean-	182
Şekil-33 Raman Petrolü ve Çayırhan Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı - Piroliz, Clean-	183
Şekil-34 Raman Petrolü ve Himmetoğlu Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı - Piroliz, Clean-	183
Şekil-35 Batı Raman Petrolü ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı - Piroliz, Clean-	184
Şekil-36 Batı Raman Petrolü ve Himmetoğlu Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı - Piroliz, Clean-	184
Şekil-37 Batı Raman Petrolü ve Çayırhan Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı - Piroliz, Clean	185
Şekil-38 Batı Raman Petrolü ve Himmetoğlu Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı - Piroliz, Clean-	186
Şekil-39 Raman Petrolü ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı - Piroliz, Clean-	187
Şekil-40 Raman Petrolü ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı - Piroliz, Clean-	187
Şekil-41 Raman Petrolü ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı - Piroliz, Clean	188
Şekil-42 Raman Petrolü ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı - Piroliz, Clean-	189
Şekil-43 Batı Raman Petrolü ve Çayırhan Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı - Piroliz, Clean-	190
Şekil-44 Batı Raman Petrolü ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı - Piroliz, Clean-	190
Şekil-45 Batı Raman Petrolü ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı - Piroliz, Clean	191
Şekil-46 Batı Raman Petrolü ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı - Piroliz, Clean-	192
Şekil-47 Çayırhan Kömür ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı - Piroliz, Clean-	193
Şekil-48 Çayırhan Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı - Piroliz, Clean	193
Şekil-49 Çayırhan Kömür ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı - Piroliz, Clean-	194

Şekil-50 Çayırhan Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı - Piroлиз, Clean-	195
Şekil-51 Himmetoğlu Kömür ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı - Piroлиз, Clean-	196
Şekil-52 Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı - Piroлиз, Clean-	196
Şekil-53 Himmetoğlu Kömür ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı - Piroлиз, Clean-	197
Şekil-54 Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı - Piroлиз, Clean-	198
Şekil-55 Raman Petrol, Çayırhan Kömür-Çayırhan Bitümlü Şist-Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının DSC Termogramı - Piroлиз -	199
Şekil-56 Raman Petrol, Çayırhan Kömür-Çayırhan Bitümlü Şist-Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının DSC Termogramı - Piroлиз, Clean-	199
Şekil-57 Batı Raman Petrol, Çayırhan Kömür-Çayırhan Bitümlü Şist-Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının DSC Termogramı - Piroлиз -	200
Şekil-58 Batı Raman Petrol, Çayırhan Kömür-Çayırhan Bitümlü Şist-Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının DSC Termogramı - Piroлиз, Clean-	201
Şekil-59 Raman Petrol, Çayırhan Kömür-Çayırhan Bitümlü Şist-Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının TG/DTG Termogramı - Piroлиз -	202
Şekil-60 Raman Petrol, Çayırhan Kömür-Çayırhan Bitümlü Şist-Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının TG/DTG Termogramı - Piroлиз, Clean-	202
Şekil-61 Batı Raman Petrol, Çayırhan Kömür-Çayırhan Bitümlü Şist-Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının TG/DTG Termogramı - Piroлиз -	203
Şekil-62 Batı Raman Petrol, Çayırhan Kömür-Çayırhan Bitümlü Şist-Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının TG/DTG Termogramı - Piroлиз, Clean-	204
Şekil-63 Petrollerin DSC Termogramı -Yanma-	205
Şekil-64 Petrollerin TG/DTG Termogramı -Yanma-	206
Şekil-65 Kömürlerin DSC Termogramı -Yanma-	207
Şekil-66 Kömürlerin DSC Termogramı -Yanma, Clean-	207
Şekil-67 Kömürlerin TG/DTG Termogramı -Yanma-	208
Şekil-68 Kömürlerin TG/DTG Termogramı -Yanma, Clean-	209
Şekil-69 Bitümlü Şistlerin DSC Termogramı -Yanma-	210
Şekil-70 Bitümlü Şistlerin DSC Termogramı -Yanma, Clean-	210
Şekil-71 Bitümlü Şistlerin TG/DTG Termogramı -Yanma-	211
Şekil-72 Bitümlü Şistlerin TG/DTG Termogramı -Yanma, Clean-	212
Şekil-73 Raman Petrolü ve Çayırhan Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Yanma-	213
Şekil-74 Raman Petrolü ve Çayırhan Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Yanma, Clean-	213
Şekil-75 Raman Petrolü ve Çayırhan Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Yanma-	214
Şekil-76 Raman Petrolü ve Çayırhan Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Yanma, Clean-	215
Şekil-77 Raman Petrolü ve Himmetoğlu Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Yanma-	216
Şekil-78 Raman Petrolü ve Himmetoğlu Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Yanma, Clean-	216

Şekil-79 Raman Petrolü ve Himmetoğlu Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Yanma-	217
Şekil-80 Raman Petrolü ve Himmetoğlu Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Yanma, Clean-	218
Şekil-81 Raman Petrolü ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Yanma-	219
Şekil-82 Raman Petrolü ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Yanma, Clean-	219
Şekil-83 Raman Petrolü ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Yanma-	220
Şekil-84 Raman Petrolü ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Yanma, Clean-	221
Şekil-85 Raman Petrolü ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Yanma-	222
Şekil-86 Raman Petrolü ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Yanma, Clean-	222
Şekil-87 Raman Petrolü ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Yanma-	223
Şekil-88 Raman Petrolü ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Yanma, Clean-	224
Şekil-89 Batı Raman Petrolü ve Çayırhan Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Yanma-	225
Şekil-90 Batı Raman Petrolü ve Çayırhan Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Yanma, Clean-	225
Şekil-91 Batı Raman Petrolü ve Çayırhan Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Yanma-	226
Şekil-92 Batı Raman Petrolü ve Çayırhan Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Yanma, Clean-	227
Şekil-93 Batı Raman Petrolü ve Himmetoğlu Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Yanma-	228
Şekil-94 Batı Raman Petrolü ve Himmetoğlu Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Yanma, Clean-	228
Şekil-95 Batı Raman Petrolü ve Himmetoğlu Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Yanma-	228
Şekil-96 Batı Raman Petrolü ve Himmetoğlu Kömür Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Yanma, Clean-	230
Şekil-97 Batı Raman Petrolü ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Yanma-	231
Şekil-98 Batı Raman Petrolü ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Yanma, Clean-	231
Şekil-99 Batı Raman Petrolü ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Yanma-	232
Şekil-100 Batı Raman Petrolü ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Yanma, Clean-	233
Şekil-101 Batı Raman Petrolü ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Yanma-	234
Şekil-102 Batı Raman Petrolü ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Yanma, Clean-	234

Şekil-103 Batı Raman Petrolü ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Yanma-	235
Şekil-104 Batı Raman Petrolü ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Yanma, Clean-	236
Şekil-105 Çayırhan Kömür ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Yanma-	237
Şekil-106 Çayırhan Kömür ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Yanma, Clean-	237
Şekil-107 Çayırhan Kömür ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Yanma-	238
Şekil-108 Çayırhan Kömür ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Yanma, Clean-	239
Şekil-109 Çayırhan Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Yanma-	240
Şekil-110 Çayırhan Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Yanma, Clean-	240
Şekil-111 Çayırhan Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Yanma-	241
Şekil-112 Çayırhan Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Yanma, Clean-	242
Şekil-113 Himmetoğlu Kömür ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Yanma-	243
Şekil-114 Himmetoğlu Kömür ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Yanma, Clean-	243
Şekil-115 Himmetoğlu Kömür ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Yanma-	244
Şekil-116 Himmetoğlu Kömür ve Çayırhan Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Yanma, Clean-	245
Şekil-117 Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Yanma-	246
Şekil-118 Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) DSC Termogramı -Yanma, Clean-	246
Şekil-119 Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Yanma-	247
Şekil-120 Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının (0-100,20-80,40-60,50-50.60-40,80-20,100-0) TG/DTG Termogramı -Yanma, Clean-	248
Şekil-121 Raman Petrol, Çayırhan Kömür-Çayırhan Bitümlü Şist-Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının DSC Termogramı -Yanma-	249
Şekil-122 Raman Petrol, Çayırhan Kömür-Çayırhan Bitümlü Şist-Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının DSC Termogramı -Yanma, Clean-	249
Şekil-123 Raman Petrol, Çayırhan Kömür-Çayırhan Bitümlü Şist-Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının TG/DTG Termogramı -Yanma-	250
Şekil-124 Raman Petrol, Çayırhan Kömür-Çayırhan Bitümlü Şist-Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının TG/DTG Termogramı -Yanma, Clean-	251
Şekil-125 Batı Raman Petrol, Çayırhan Kömür-Çayırhan Bitümlü Şist-Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının DSC Termogramı -Yanma-	252
Şekil-126 Batı Raman Petrol, Çayırhan Kömür-Çayırhan Bitümlü Şist-Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının DSC Termogramı -Yanma, Clean-	252

Şekil-127 Batı Raman Petrol, Çayırhan Kömür-Çayırhan Bitümlü Şist-Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının TG/DTG Termogramı -Yanma-	253
Şekil-128 Batı Raman Petrol, Çayırhan Kömür-Çayırhan Bitümlü Şist-Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist Karışımlarının TG/DTG Termogramı -Yanma, Clean-	254
Şekil-129 Raman Petrolü (P1) Arrhenius Eğrisi -Yanma-	264
Şekil-130 Batı Raman Petrolü (P2) Arrhenius Eğrisi -Yanma-	264
Şekil-131 Çayırhan Kömürü (K1) Arrhenius Eğrisi -Orjinal, Yanma-	265
Şekil-132 Çayırhan Kömürü (K1) Arrhenius Eğrisi -Temizlenmiş, Yanma-	265
Şekil-133 Himmetoğlu Kömürü (K2) Arrhenius Eğrisi -Orjinal, Yanma-	266
Şekil-134 Himmetoğlu Kömürü (K2) Arrhenius Eğrisi -Temizlenmiş, Yanma-	266
Şekil-135 Çayırhan Bitümlü Şisti (B1) Arrhenius Eğrisi -Orjinal, Yanma-	267
Şekil-136 Çayırhan Bitümlü Şisti (B1) Arrhenius Eğrisi -Temizlenmiş, Yanma-	267
Şekil-137 Himmetoğlu Bitümlü Şisti (B2) Arrhenius Eğrisi -Orjinal, Yanma-	268
Şekil-138 Himmetoğlu Bitümlü Şisti (B2) Arrhenius Eğrisi -Temizlenmiş, Yanma-	268
Şekil-139 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Yanma-	269
Şekil-140 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Yanma-	269
Şekil-141 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Yanma-	270
Şekil-142 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Yanma-	270
Şekil-143 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Yanma-	271
Şekil-144 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Yanma-	271
Şekil-145 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Yanma-	272
Şekil-146 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Yanma-	272
Şekil-147 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Yanma-	273
Şekil-148 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Yanma-	273
Şekil-149 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Yanma-	274
Şekil-150 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Yanma-	274
Şekil-151 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Yanma-	275
Şekil-152 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Yanma-	275
Şekil-153 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Yanma-	276
Şekil-154 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Yanma-	276
Şekil-155 Çayırhan Kömür (K1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Yanma-	277

Şekil-156 Çayırhan Kömür (K1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Yanma-	277
Şekil-157 Çayırhan Kömür (K1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Yanma-	278
Şekil-158 Çayırhan Kömür (K1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Yanma-	278
Şekil-159 Himmetoğlu Kömür (K2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Yanma-	279
Şekil-160 Himmetoğlu Kömür (K2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Yanma-	279
Şekil-161 Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Yanma-	280
Şekil-162 Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Yanma-	280
Şekil-163 Raman Petrol (P1), Çayırhan Kömür (K1), Çayırhan Bitümlü Şist (B1), Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Yanma-	281
Şekil-164 Raman Petrol (P1), Çayırhan Kömür (K1), Çayırhan Bitümlü Şist (B1), Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Yanma-	281
Şekil-165 Batı Raman Petrol (P2), Çayırhan Kömür (K1), Çayırhan Bitümlü Şist (B1), Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Yanma-	282
Şekil-166 Batı Raman Petrol (P2), Çayırhan Kömür (K1), Çayırhan Bitümlü Şist (B1), Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Yanma-	282
Şekil-167 Raman Petrolü (P1) Arrhenius Eğrisi -Orjinal, Piroliz-	283
Şekil-168 Batı Raman Petrolü (P2) Arrhenius Eğrisi -Temizlenmiş, Piroliz-	283
Şekil-169 Çayırhan Kömürü (K1) Arrhenius Eğrisi -Orjinal, Piroliz-	284
Şekil-170 Çayırhan Kömürü (K1) Arrhenius Eğrisi -Temizlenmiş, Piroliz-	284
Şekil-171 Himmetoğlu Kömürü (K2) Arrhenius Eğrisi -Orjinal, Piroliz-	285
Şekil-172 Himmetoğlu Kömürü (K2) Arrhenius Eğrisi -Temizlenmiş, Piroliz-	285
Şekil-173 Çayırhan Bitümlü Şisti (B1) Arrhenius Eğrisi -Orjinal, Piroliz-	286
Şekil-174 Çayırhan Bitümlü Şisti (B1) Arrhenius Eğrisi -Temizlenmiş, Piroliz-	286
Şekil-175 Himmetoğlu Bitümlü Şisti (B2) Arrhenius Eğrisi -Orjinal, Piroliz-	287
Şekil-176 Himmetoğlu Bitümlü Şisti (B2) Arrhenius Eğrisi -Temizlenmiş, Piroliz-	287
Şekil-177 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Piroliz-	288
Şekil-178 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Piroliz-	288
Şekil-179 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Piroliz-	289
Şekil-180 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Piroliz-	289
Şekil-181 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Piroliz-	290
Şekil-182 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Piroliz-	290

Şekil-183 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Piroliz-	291
Şekil-184 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Piroliz-	291
Şekil-185 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Piroliz-	292
Şekil-186 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Piroliz-	292
Şekil-187 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Piroliz-	293
Şekil-188 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Piroliz-	293
Şekil-189 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Piroliz-	294
Şekil-190 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Piroliz-	294
Şekil-191 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Piroliz-	295
Şekil-192 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Piroliz-	295
Şekil-193 Çayırhan Kömür (K1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Piroliz-	296
Şekil-194 Çayırhan Kömür (K1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Piroliz-	296
Şekil-195 Çayırhan Kömür (K1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Piroliz-	297
Şekil-19b Çayırhan Kömür (K1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Piroliz-	297
Şekil-197 Himmetoğlu Kömür (K2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Piroliz-	298
Şekil-198 Himmetoğlu Kömür (K2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Piroliz-	298
Şekil-199 Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Piroliz-	299
Şekil-200 Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının (20-80,40-60,50-50,60-40,80-20) Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Piroliz-	299
Şekil-201 Raman Petrol (P1), Çayırhan Kömür (K1), Çayırhan Bitümlü Şist (B1), Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Piroliz-	300
Şekil-202 Raman Petrol (P1), Çayırhan Kömür (K1), Çayırhan Bitümlü Şist (B1), Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Piroliz-	300
Şekil-203 Batı Raman Petrol (P2), Çayırhan Kömür (K1), Çayırhan Bitümlü Şist (B1), Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Arrhenius Eğrileri -Orjinal, Piroliz-	301
Şekil-204 Batı Raman Petrol (P2), Çayırhan Kömür (K1), Çayırhan Bitümlü Şist (B1), Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Arrhenius Eğrileri -Temizlenmiş, Piroliz-	301

ÖZET

Ağır Petrol - Linyit / Bitümlü Şist Karışımlarının Yanma Etkinliklerinin Belirlenmesi ve Alternatif Enerji Kaynağı Olarak Ekonomik Kullanım Olanaklarının Araştırılması

Bu araştırma projesinde düşük kaliteli linyitlerin ve bitümlü şistlerin katı yapılarını bozmadan düşük °API gravitedeki petrolle kendi aralarında farklı oranlarda karıştırılarak piroliz ve yanma etkinliklerinin belirlenmesi ve oluşturulan yeni yakıt türünün alternatif enerji kaynağı olarak ekonomik kullanım alanlarının araştırılmasıdır.

Bu araştırma genelde düşük kaliteli kömür ve bitümlü şistlerin Batı Raman (12.9 °API) ve Raman (18.7 °API) petrolleriyle farklı oranlarda (% 5,10 ve 20) karıştırılarak türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ve ısısal analiz cihazlarıyla (TG-DTA-FTIR) piroliz ve yanma reaksiyonlarının araştırılmasını kapsamaktadır. Orijinal ve oluşturulan karışımlarla bütün deneylerin farklı ısıtma hızlarında (2-5-10-15 ve 20 °C/dak.) DSC ve TG-DTA analizleri gerçekleştirilecek ve yanma etkinlikleri üzerinde ısıtma hızının etkisi ve artan ısıtma hızlarına bağlı olarak oluşacak olan reaksiyon bölgeleri ve ısı akış hızları araştırılmıştır.

Araştırma projesi kapsamında aynı zamanda linyit, kömür ve bitümlü şist numuneleri uygun tanecik boyutuna indirildikten sonra farklı yöntemlerle zenginleştirilecek (yanma sonrası küli meydana getiren ve çevre kirliliğine yol açan inorganik bileşenlerinden ve kükürt içeriğinden arındırılarak, temiz, çevreye dost yakıt) nitelikli alternatif yakıt elde edilmesi gerçekleştirilmiştir. Zenginleştirme çalışmaları sonucunda elde edilen ürünler farklı oranlarda yeniden karıştırılarak yanma etkinlikleri ve çevreye olan etkileri DSC ve TG-DTA-FTIR ile belirlenmiştir.

Orjinal ve oluşturulan bütün yakıt türlerinin piroliz deneylerinde distilasyon ve akmazlık değişim bölgeleri, yanma deneylerinde ise farklı reaksiyon bölgeleri belirlenecek ve bu reaksiyon bölgelerinin kinetik parametreleri (aktivasyon enerjisi, reaksiyon katsayısı ve Arrhenius sabiti) geliştirilen farklı kinetik modellerle belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: petrol, kömür, bitümlü şist, piroliz, yanma, türevsel taramalı kalorimetre, ısısal analiz, kinetik analiz, aktivasyon enerjisi, zenginleştirme

ABSTRACT

Determination of Combustion Efficiency of Heavy Oil, Lignite and Oil Shale Mixtures and Investigation of Economical Usage Possibilities as Alternative Energy Sources

The aim of this research project was the determination of pyrolysis and combustion efficiencies and the investigation of economically feasible application of the produced fuel type as an alternative energy source, by mixing low quality lignites, and oil shales with low °API gravity crude oils at different proportions without damaging the solid structure of the used hydrocarbon sources.

This study, in general, covered the research of pyrolysis and combustion reactions by using differential scanning calorimetry (DSC) and thermal analysis devices (TG-DTA-FTIR) of the mixed low quality lignite, oil shales with Batı Raman crude oil of 12.9 °API and Raman crude oil 18.7 °API at different proportions (% 5,10, 20 etc..). The DSC and TG-DTA analysis of all of the experiments with the original and newly derived mixtures are conducted at different heating rates (2-5-10-15 and 20 °C/min.) The heating rate effect on combustion activities, the reaction regions that will be formed due to the increasing heating rate and the rates of heat flow is analyzed.

In the scope of this research project, it is proposed to obtain high quality fuels as well as enrichment of the lignite and oil shales by different methods after they are grounded at appropriate particle size (getting rid of the inorganic compounds and the sulphur that form the ash after combustion reactions and thus obtaining an environmentally friendly fuel). The products that are obtained after enrichment processes is re-mixed. Their influences to the combustion activities and environment is determined by DSC and TG-DTA-FTIR.

Distillation and viscosity variation regions in the pyrolysis experiments of the original and the produced fuel types, and the different reaction regions in combustion reactions is determined. The kinetic parameters of these reaction regions such as activation energy, reaction order and Arrhenius constant is determined through the different kinetic models that will be developed.

Keywords: Keywords: Oil, lignite, oil shale, pyrolysis, combustion, differential scanning calorimetry, thermal analysis, kinetic analysis, activation energy, enrichment

1. Giriş

Son yıllarda ısısal analiz tekniklerinin fosil yakıtların yanma-piroliz ve kinetiği alanlarındaki uygulamaları, araştırmacılara hem ekonomik hem de endüstriyel açıdan çok geniş bir çalışma alanı oluşturmuştur. Bugüne kadar fosil yakıtların yanma ve piroliz işlemlerinde ısısal analiz teknikleri kullanılarak birçok çalışma yürütülmüştür. Sabit ısıtma hızında sıcaklığına göre (dinamik ölçüm) veya sabit sıcaklıkta zamana göre (statik ölçüm) yapılan ısısal analiz, maddenin kimyasal ve fiziksel özelliklerinin araştırılması amacıyla yapılmaktadır. Maddenin artan veya azalan sıcaklıklarına göre kimyasal yapısını izleyen teknikler geliştirilmiştir. Termogravimetri, (TG), türevsel ısısal analiz (DTA), türevsel taramalı kalorimetre (DSC) en çok kullanılan ısısal analiz yöntemleridir.

1.1 Isısal Analiz Tekniklerinin Kömür, Linyit ve Asfalt Numunelerindeki Uygulamaları:

Kömür numunelerinin incelenmesinde kullanılan ilk ısısal analitik cihaz türevsel ısısal analiz'dir (DTA). Kömür numunelerine uygulanan ısısal analiz çalışmaları temel olarak kömürün çeşidiyle ısısal parametreleri arasındaki ilişkinin araştırılmasını ve karbonlaşma (carbonization) sürecindeki çeşitli basamakları çalışma konusu olarak ele almaktadır.

Rai ve Tran (1977) katalizlenmiş ve katalizlenmemiş kömür numuneleri üzerine kinetik çalışmalar yapmışlardır. Onların kinetik modellemesine göre, görünen aktivasyon enerjisi, Hanna kömürünün piroliz reaksiyonunun genişlemesiyle doğrusal değişim göstermektedir. Kömürün hidra-gazlaşma (hydro gasification) için ise görünen aktivasyon enerjisi reaksiyonun dönüşüm sabitiyle ikinci dereceden polinom modellemesine göre değişmektedir. Reaksiyonun derecesi piroliz basamağı için 0.3, hidra-gazlaşma basamağı için ise 0.67 olarak belirlenmiştir. Ciuryla ve Weimar (1979) piroliz konusunda temel bilgiler edinmek için dört değişik kömür örneği ve charları üzerinde açık hava basıncında termogravimetrik (TG/DTG) analiz yapmışlardır. 40 °C/min. ve 160°C/min. arasında değişen deney koşullarında helyum gazı ortamında ısıtılan kömür örneklerindeki sıcaklığa karşılık kütle kaybı sistematik bir şekilde gözlemlenmiştir. Aynı şekilde char numuneleri

de 20-100 °C/min. ısıtma hızıyla hava ile ısıtılmış ve oluşan kütle kaybı gözlemlenmiştir. Sonuçlar maksimum geri uçuculuk hızının kömürlerin ısıtma hızlarıyla doğru orantılı olarak arttığını göstermektedir. Collett ve Rund (1980) termogravimetrik ölçümler kullanarak dört farklı kömür numunesi üzerinde farklı iki sabit ısıtma hızıyla kütle değişimlerini gözlemladiler. Bütün numuneler için ortaya çıkan sonuçlar değişken hızlarla ısıtma metoduyla açıklanmış ve aktivasyon enerjileri artan ısıtma hızlarıyla artış göstermiştir. Ratcliffe ve Pap (1980) linyit'in ve farklı cins kömür numunelerinin reaktivitelerini araştırmışlardır. İncelenilen bütün kömür numunelerinde reaksiyon iki ayrı basamakta gerçekleşmiştir. Hızlı olan birinci basamak kömürün geri uçuculuk hızıyla kontrol edilmiştir. İkinci basamak ise reaksiyonun genel hızını sınırlandırmış ve kömürün yüzey özellikleriyle kontrol edilmiştir. Gold (1980) kömürün plastik fazdaki ekso termik (exotermik) reaksiyon oluşturma sıklığını uçucu madde oluşum hızıyla ilişkilendirerek inceledi. TG/DTG ekso termik (exotermik) reaksiyonların en yüksek ısıtma hızından, numunenin kütlesinden ve tanecik büyüklüğünden fazlaca etkilendiğini gözlemledi. Cumming (1980) farklı fosil yakıt numunelerini termogravimetri (TG/DTG) yardımıyla atmosferik hava akışıyla sabit hızlarda ısıtarak linyitin, bitümlü şistin ve petrolün reaktivitelerini ve yanma etkinliklerini tanımlamak için yeni bir metot geliştirdi. Aynı zamanda yanma profili eğrisinin üstünde kalan bütün sıcaklıkları kaydetmeyi amaçlayan ortalama aktivasyon enerjisi metodunun uygun olduğunu öne sürdü. Smith ve Neavel (1981) türevsel taramalı termogravimetrik analiz sistemini (TG/DTG) kullanarak kömürü 25-900 °C sıcaklık aralığında açık hava basıncı altında ısıtarak kömürün yanma deneylerini yaptılar. Vitrinitesi yüksek, inorganik açıdan zayıf olan altmışaltı kömür numunesi incelendi. Deney sonucunda elde edilen veriler Arrhenius denklemine uygulandı ve grafikler dört farklı yanma bölgesinin varlığını gösterdi. Hesaplanan görünür aktivasyon enerjileri, difüzyon-kontrollü proseslerde olduğu gibi kimyasal reaksiyon kontrollü proseslerde de yanma bölgelerini tanımlamada büyüklük olarak sıralandırıldı. Smith et.al (1981) linyitten siyah kömüre değişik numunelerinin yanma proseslerini termogravimetri (TG/DTG) kullanarak araştırdılar ve bu numunelerin yaklaşık olarak yarısının yanma sıcaklıklarının konsantrasyonlarıyla doğru orantılı olarak değiştikleri sonucuna ulaştılar. Cumming ve McLaughlin (1982) termogravimetrik (TG) ve türevsel

termogravimetrik analizlerini farklı numunelerde uyguladılar ve ondört farklı kömür örneğinde kısmi (proximate) analiz sonuçlarını elde ettiler. Bunun yanı sıra yanma ve uçucu bırakma profil testini (volatile release profil test) uyguladılar. Yaptıkları çalışmalar sonucunda uçucu bırakma profil testini yanma reaksiyonlarının yerine kok oluşumu ve gaz oluşumu incelemelerinde daha geçerli olduğunu belirttiler. Elder (1982) fosil yakıtlarının otomatik kısmi (proximate) analizleri için bir yöntem geliştirdi ve bu yöntemi farklı çeşitlerdeki kömür numunelerinde, bio-kütle numunelerinde ve Devonain petrol bitümlü şistlerde denedi. Tekniğin basitliği, klasik ASTM metodunu bütünler olmakla beraber, ASTM metodunun uygulanamadığı yerlerde bu tekniğin kullanılabilceğini ortaya koymaktadır. Seragaldin ve Pan (1984) termogravimetri (TG/DTG) ile yapılan deneylerde aktivasyon enerjisiyle reaksiyon ısısı arasında doğrusal ilişki kurdular. Alkali metallere tuzlarının kömürün ayrışması üzerindeki etkileri üç farklı ortamda (N_2 , CO_2 ve hava) araştırıldı. Katalizör kullanımının kömür dönüşümü ve CH_4 , CO_2 ve CO gazlarının yayılması üzerine etkileri aktivasyon enerjisindeki değişimlerle ilişkilendirildi. Morgan ve Robertson (1986) kömürün yanma profillerini termogravimetrik analiz (TG/DTG) yöntemiyle incelediler. Arrhenius modellemelerinden elde edilen kinetik parametrelerin yanma reaksiyonlarının herhangi bir bölümüyle doğrudan ilişkilendirilemeyeceğini gösterdiler. Ancak, bu modellemelerden elde edilen birtakım özellikler, kömürün cinsine bağlı olmakla birlikte, yüksek sıcaklıktaki oksitlenme hızından tahmin edilebileceği gibi yanmamış karbon kaybıyla termogravimetrik dağılımın belirgin sıcaklık değerleri arasında bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Bu çalışmadan çıkarılan temel sonuç ; kömürün yanma dağılımları, kömürün yanma performansları bakımından sınıflandırılmasında çok değerli ve hızlı bir laboratuvar metodu olarak kullanılabilceğini göstermektedir. Patel et.al. (1988) değişken oksijen konsantrasyonlu (% 5-20) ortamlarda ve 325-650 °C sıcaklık değerleri arasında yaptıkları termogravimetrik (TG/DTG) analizler esnasında linyit kömürünün yanma hızlarını ölçtüler. Kimyasal reaksiyon hızı tarafından kontrol edilen yanma basamaklarında aktivasyon enerjisi 120 kJ/mol olarak belirlenirken film difüzyonuna geçiş 430 °C de gerçekleşti. Aynı zamanda piroliz koşullarının aktivasyon enerji üzerinde belirgin etkilerinin olduğu gözlemlendi. Janikowski et.al. (1989) argon ve hidrojen gazı

ortamında termogravimetrik (TG/DTG) cihazları kullanarak on farklı kömür numunesini (dört linyit, dört sub-bitüm ve iki bitümlü şist) incelediler. Kömürü inert gazlı ortamda 500 °C' ye kadar ısıtırken % 30.8-43.7 arasında değişken değerlerde kütle kaybının olduğunu gözlemlədiler. Aynı zamanda kimyasal reaktivitenin artış gösterdiği iki farklı sıcaklık aralığı belirlediler; 75-118°C ve 375-415°C. Morris (1990) az küllü kömür numunesi üzerinde piroliz tepkimesini inceledi. Hidrojenin ve metanın verimini tanecik büyüklüğüyle ve son sıcaklık değeriyle, CO ve CO₂'in verimini mineral maddedeki karbonların ayrışmadan önceki son sıcaklıklarıyla ve tanecik büyüklüğüyle ilişkilendirdi. Alula et.al. (1990) termogravimetri (TG/DTG) ve türevsel taramalı kalorimetre (DSC) cihazlarını kullanarak düşük ve yüksek sıcaklıklarda zifti, petrol pitchlerini ve parçacıklarını analiz ettiler. Bu çalışmalarda temel olarak en fazla kütle kaybının olduğu sıcaklık aralığı belirlendi. Aynı zamanda özgül ısı sıçması ve sertleşme (glass transition) sıcaklıklarının kütle kaybıyla olan ilişkisi üzerine çalışmalar gerçekleştirdiler. Crelling et.al. (1992) çeşit kömür numunesi üzerinde çalıştılar ve elde ettikleri sonuçları diğer kömür çeşitlerinin maceral bileşimlerine ve çeşitlerine göre yanma davranışlarını tahmin etmekte kullandılar. Bu çalışmanın sonuçları kömürlerin reaktivite ve yanma dağılım parametrelerinin kömürün çeşidine ve maceral kompozisyonuna göre değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Alonso et.al. (1992) kömür zifti ve petrol pitche'lerinin pirolizini ısısal yöntemlerle incelediler. DTA'nın ekso termik ve endo termik üst sıcaklıkları, geri uçuculuk, polimerleşme, yoğunlaşma ve parçalanma gibi farklı oluşumları tanımlamada kullanıldı. Coil et.al. (1992) termogravimetri (TG/DTG) kullanarak kömürün ısısal ayrışma reaksiyonlarını kapsayan dinamik piroliz modellemesini geliştirdiler. Kinetik parametreler, düşük ısıtma hızlarında gerçekleştirilen deneylerin sonucunda elde edilen veriler kullanılarak türevsel metot yardımıyla tanımlandı. Bu deneyler sayesinde tek bir üst sıcaklık değerinin gözlenmesi için gerekli olan en düşük ısıtma hızı belirlendi. Haykiri et. al. (1993) bazı fosil yakıtlarının ısısal uygulama sırasındaki davranışlarını gözlemlədiler. Azot ortamında linyite, bitümlü kömüre, yer kömürü numunelerine, antrasite, bitümü şist ve asfaltit numunelerine ısısal yöntemler (TG/DTG) uygulandı. Çalışmalar sonucunda; kömürün aktif madde içeriğindeki uçucu madde miktarı artışının maksimum kütle kaybı hızının gözlemlendiği sıcaklığın düşmesine sebep olduğu yargısına

vardılar. Morris (1993) az küllü kömür numuneleri üzerinde 25-900 °C sıcaklık aralığında ve +38-2360 µm tanecik büyüklüğü değer aralığında termogravimetri (TG/DTG) kullanarak piroliz deneyleri yaptı. Hidrojen, karbon monoksit ve metan gazlarının hızlarını tanecik büyüklüğüne ve sıcaklık değerlerine bağlı empirik denklemlerle tanımladı. Araştırmalarının sonucunda zift oluşumunun reaksiyon hızını belirleyen bir etmen olduğu sonucuna vardı. Aynı zamanda reaksiyon hızının ziftin metanlaşma ve ikincil parçalanma gibi çeşitli kompleks reaksiyonlar tarafından belirlendiği sonucuna varıldı. Mianowski ve Radko (1993) kömürün kinetik parametrelerinin hesaplanması için gerekli olan sıcaklık aralığını belirlemek amacıyla kömür pirolizini termogravimetrik analiz metotlarıyla (TGA/DTG) incelediler. Farklı yirmi çeşit kömür numunesi kullanılarak yapılan analizlerde piroliz 280-580 °C sıcaklık aralığında aktivasyon enerjisi 78-151 kJ/mol olan birinci dereceden reaksiyon dizisi olduğu sonucuna varıldı. İncelenen kömür numunelerinde reaksiyonların kinetiğinin değişmediği gözlemlendi. Solomon ve Serai (1993) kömür ve charda gerçekleşen çapraz bağlama (cross-linking) reaksiyonları için çok yaygın olarak kullanılan tekniği kullanarak piroliz ve sıvılaşma esnasında çapraz bağlama (cross-link) yoğunluğunu belirlediler. 0.5 ve 100 °C/min. ısıtma hızlarıyla yapılan piroliz çalışmaları çapraz bağlama (cross-link) nın kömürün çeşidine bağlı olduğunu, linyit'te bitümlü kömüre oranla daha düşük sıcaklıklarda gerçekleştiğini gösterdi. Nosyrev et.al. (1997) termogravimetrik yöntemler yardımıyla birtakım kimyasal reaksiyonların sonucunda yapısal değişikliğe uğratılan kömürün ısıl davranışlarındaki değişiklikleri termogravimetri ile incelediler. Elde edilen sonuçlar, kömürün kızıl ötesi spektroskopisi ve ısıl-mekanik analiz sonuçlarıyla tanımlanan reolojik özellikleriyle karşılaştırmalı bir şekilde incelendi. Kök (1997) linyitin ısıl özelliklerini termogravimetri (TG/DTG), yüksek basınçlı termogravimetri ve yanma hücresi deneylerini yaparak araştırdı. Kinetik parametreleri elde etmek için Arrhenius ve Coats & Redfern, gibi farklı modeller kullandı ve elde edilen sonuçlar incelendi. Kök et.al. (1997) tanecik büyüklüğünün kömürün yanma özelliklerine olan etkilerini incelediler. Farklı büyüklüklerdeki on iki kömür numunesi kullanılarak termogravimetri (TG/DTG) deneyleri yapıldı. TG/DTG deneyleri 25-900 °C aralığında hava ortamında gerçekleştirildi ve elde edilen veriler reaksiyonların birinci dereceden gerçekleştiği

varsayımıyla Arrhenius reaksiyon modeline göre değerlendirildi. Kök et.al. (1998) termogravimetri (TG/DTG) ile tanecik büyüklüğünün kömürün piroliz davranışlarına olan etkilerini incelediler. Farklı büyüklüklerdeki kömür numuneleri TG/DTG eğrilerinde, en yüksek (peak) sıcaklıklarda, artık (residue) değerlerinde farklılıklar gösterdi. TG/DTG'den elde edilen sonuçları incelemek için Arrhenius modeli kullanıldı ve sonuçlar tartışıldı. Huang et.al. (1999) termogravimetrik analizleri (TG/DTG) kullanarak linyit'ten antrasite farklı kömür numunelerini incelediler. Maddelerin uçuculuğu için belirlenen türevsel en üst (peak) değerlerinin vitrinite yansıması ile belirgin bir ilişki içinde olduğu tespit edildi. Daha masraflı ve zaman alan bir yöntem olan petrografik analiz yerine bu metot sayesinde kömürün sınıflandırılmasının daha güvenilir bir şekilde yapılabileceği sonucuna varıldı. Liu et.al. (1999) kömür tozunun yanma davranışlarını termogravimetri (TG/DTG) ile araştırdılar. Reaksiyon oranı olan alfa, iso-termal TGA/DTA verileriyle hesaplandı. Çekirdek oluşumunun ve çekirdeğin büyümesinin kömür tozunun yanma reaksiyonunu kontrol eden basamağı olarak belirlendi ve kömür tozunun yanma reaksiyonunun kinetik denklemi oluşturuldu. Pranda et.al. (1999) tutuşma sıcaklığını ve kinetik verileri belirlemek için hava ortamında TG/DTA analizlerini gerçekleştirdiler. Uçucu karbon (fly-ash carbon), karbonatlar ve hidratlarla kimyasal işleme tabii tutuldu. Tutuşma sıcaklığının alkali metal tuzunun konsantrasyonuna bağlılığı araştırıldı. Sonuçlar tutuşma sıcaklığının ve aktivasyon enerjisinin, kimyevi işleme tabii tutulan numuneler için daha düşük olduğu gerçeğini ön plana çıkardı. Kök (1999), tanecik büyüklüğünün linyit'in oksitlenme mekanizmasına olan etkileri üzerine çalışmalar yaptı. Farklı büyüklüklerdeki oniki numune üstünde yapılan iso-termal olmayan termogravimetri (TG/DTG) analizlerinin verileri, linyitin oksitlenme mekanizmasının gelişimini inceleyebilmek için birimi olmayan büyüklüğe karşılık gelen birimi olmayan zaman değerlerine çevrildi. Linyit'in yükselen sıcaklıklarda doğrusal bir davranış gösterdiği gözlemlendi ve kimyasal reaksiyonun kontrol eden basamak olduğu tahminini doğruladı. Boiko (1999) katı yakıtların karmaşık ısıl analizlerini inceledi. İncelenen prosesler; nemin buharlaşması, uçucu maddelerin emilimi, uçucu olmayan atık yakıtların havadaki oksijenle olan tepkimesi olduğu sonucuna varıldı. Benfell et.al. (1999) kömürün cinsinin ve maceral bileşiminin kömürün yanma davranışlarına olan etkilerini incelemek için termogravimetri

(TG/DTG) kullandılar. Yapılan analizler esnasında hem mat renkli ve intertinite bakımından zengin hem de parlak ve vitrinite bakımından zengin olan kömürlerde yanmanın sona erdiği sıcaklık değerinde artış olduğu sonucuna varıldı. En yüksek yanma hızının ise mat renkli kömürde parlak renkli kömüre oranla daha düşük olduğu gözlemlendi. Özbas et.al. (2000) linyitin temizlenme işleminden önceki ve sonraki yanma davranışları üzerine araştırma yaptılar. İso-termal olmayan termogravimetri (TG/DTG) deneyleri dört farklı kömür numunesi üzerinde gerçekleştirildi. TG/DTG eğrileri üç farklı yanma aşamasının olduğu gerçeğini ortaya koydu; bunlar kömürün neminin buharlaşması, ana tepkimenin gerçekleşmesi ve linyitin mineralinin ayrışması olarak tanımlandı. Mayoral et.al. (2001) kömürün ısıl analizi (TG/DTG) sonuçlarından elde ettikleri kısmi (proximate) analizleriyle bio-kütle sonuçları arasında yaptıkları optimizasyon metotlarını sundular. Isıtma hızı, son sıcaklık, zaman, gazın akış hızı ve tanecik büyüklüğü kontrol edilen değişkenler olarak belirlendi. Metodun geçerliliğini kömürün içerdiği uçucu madde miktarıyla ortaya koydular. Kök (2001) onyeddi linyit numunesinin yanma eğrilerini termogravimetri (TG/DTG) kullanarak inceledi. Numunelerin en üst (peak) sıcaklığı, nem oranı, külü, uçucu madde miktarı, karbon ve ısı değerleri gibi parametreler arasındaki ilişki incelenerek karşılaştırmalı analizler gerçekleştirdi Iordanidis et.al. (2001) yedi farklı linyit numunesi üzerinde termogravimetri (TG/DTG) deneyleri gerçekleştirdiler. Numuneler genel oluşum içindeki linyit yataklarının dağılımını tanımlamak amacıyla seçildi. Numunelerin yanma profilleri, kısmi (proximate) analizleri ve kalorimetre sonuçlarıyla karşılaştırmalı olarak incelendi. Bu tür çalışmalar linyitin yapısının çok daha net tanımlanmasına ve kömürleşme prosesinin daha iyi anlaşılmasına yardımcı oldu. Yedi farklı ısıl etkinin olduğu belirlendi ve DTA/TG verileriyle kısmi (proximate) ve kalorimetre analizlerinin sonuçları arasında çok belirgin bir ilişki olduğu anlaşıldı. Alanso et.al. (2001) onbir farklı çeşitten ve farklı maceral bileşiminden oluşan kömür numunelerinin piroliz ve yanma davranışlarını termogravimetri (TG/DTG) yardımıyla araştırdı. Sonuçlar kömürün yanma eğrilerinin piroliz eğrileriyle benzer olmadığını, düşük sınıflardaki kömürler için çok farklı, ancak benzer vitrinite yansıması olan kömürler için benzer olduğu gerçeğini ortaya koydu. Varhegyi et.al. (2001) ısıl analiz deneylerinin kinetik değerlendirilmesi için en az kareli

değerlendirme yöntemini geliştirdiler. Aynı zamanda istatistiksel olmayan hataları düzeltmek için çeşitli değerlendirme yöntemleri üzerinde çalıştılar. Mahajan ve Tomita (1977) helyum ortamında, 5.6 MPa basınçta ve 580° C'ye kadar ısıtılan oniki farklı cinsten kömür numunesinin türevsel taramalı kalorimetre (DSC) eğrilerini yayımladılar. Analizlerinin sonucunda antrasitten bitümlü kömüre kadar bütün kömür çeşitlerinin pirolizlerinin endotermik proses olduğu sonucuna vardılar. Ekso-termik prosesler sadece sub-bitümlü kömür ve linyitte gözlemlendi. Çalışmalarda net ısı etkinin kömürün çeşidiyle yakından ilgili olduğu bulgusuna ulaşıldı. Rosenvald ve Dubow (1982) yirmi bir bitümlü kömür numunesinin pirolizlerini türevsel taramalı kalorimetre (DSC) yardımıyla incelediler. Türevsel taramalı kalorimetre eğrilerinde üç farklı endotermik davranışın olduğunu gözlemladılar. Birinci belirgin endotermik oluşum nemin kaybolması (25-150 °C), ikinci endotermik oluşum organik maddenin geri uçuculuğu ve 550 °C'nin üstünde gerçekleşen son endotermik proses ise organik maddenin parçalanması olarak belirlendi. Butler ve Soulard (1982) bitümlü şistin ve bitümlü kömürün özgül ısılarını (C_p) 25-325 °C aralığında türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ile araştırdılar. Numunelerin özgül ısılarının literatürdeki cam ve grafitin özgül ısılarına yakın olduğu ve özgül ısının malzemenin ufalma derecesine bağlı olmadığı sonuçlarına ulaştılar. Kömür numunelerinin özgül ısılarının tanecik büyüklüğüne, sıcaklığa, kömürün cinsine, nem oranına, kömürün tozunun ıslak veya kuru olmasına bağlı olduğunu belirlediler. Richardson (1983) türevsel taramalı kalorimetre cihazlarını (DSC) kullanarak farklı özellikteki kömürlerin ve küllerinin özgül ısılarını ölçtü. Özgül ısının; uçucu madde miktarının kütlece % 0-10 aralığında olduğu durumlarda ve yüksek konsantrasyon değerlerinde belirgin artış gösterdiği sonucuna ulaştı. Elder ve Haris (1984) Kentucky bitümlü kömürünün türevsel taramalı kalorimetre cihazı (DSC) ile üç farklı ısıtma hızlarında ve inert gazlı ortamda piroliz tepkimesi esnasındaki ısı davranışlarını araştırdılar ve özgül ısılarını hesapladılar. Kuru kömürün özgül ısılarının 1.21-1.47 J/K-g aralığında değiştiğini belirlediler. Esas kütle kaybının gözlemlendiği 300-550 °C aralığında ortama ısı veren bir prosesin gerçekleştiği saptandı ve bu durum birincil karbonlaşma prosesiyle, plastik fazın oluşumuyla ve kok oluşumuna sebep olan ikincil gazlaşma prosesleriyle ilişkilendirildi. Starzewski ve Zielenkiewich (1990) türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ile helyum ve argon inert

gazlarının kömürün ısıl özelliklerine olan etkilerini araştırdılar.Çalışılan kömür numuneleri fazlaca uçucu bitümlü kömür ve antrasitlerdi. Helyumun özgül ısıyı fazlaca değiştirdiği sonucuna ulaşılar. Bu durum uçuculuğu fazla olan bitümlü kömür için bir ayrıcalık oldu. Richardson (1993) çeşitli kömür numunelerinin,küllerin ve kokun özgül ısılarını 25-750 °C aralığında piroliz koşulları altında türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ile ölçtü. Uçucu madde miktarının kütlece % 0-10 olduğu değerlerde belirgin artış gösteren özgül ısının yüksek konsantrasyon değerlerinde az bir artış gösterdiği saptandı. Kömürün özgül ısını kompozisyonuna ve sıcaklığa bağlı genel bir fonksiyonunu belirledi ve bu sayede 325 °C'ye kadar olan entalpi değişiminin basit ve doğru bir şekilde hesaplanması için bir yöntem geliştirdi. Warne (1996) ısısal analiz tekniklerini (TA) kullanarak kömürün bileşenlerini ve ürünlerini anlamak için yer bilimindeki uygulamalarını araştırdı. Isısal-magmometre (TM), yüksek sıcaklıkta türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ve protonun manyetik görüntülenmesi (PMRTA) gibi birçok analiz tekniğinde ısıl analiz yöntemleri kullanıldı. Ceylan et.al. (1999) işlenmemiş, mineralize olmamış ve oksitlenmiş linyitin kinetiğini izotermal olmayan piroliz koşulları altında termogravimetri (TG), türevsel taramalı kalorimetre (DTA) ve türevsel ısısal analiz teknikleriyle incelediler. Deneyler inert gaz ve hava ortamında yapıldı. Kütle kaybı verileri linyitin piroliz özelliklerinin ve kinetik mekanizmasının sıcaklığa bağlı olarak değiştiğini gösterdi. Deneyler sırasında kütle kaybının esas olarak iki ana rejimde olduğu ve kütlenin esas olarak 300-650 °C sıcaklıkları arasında değiştiği sonucuna ulaşıldı. Isısal analiz ve türevsel taramalı kalorimetre verileriyle reaksiyon genel derecesi ve aktivasyon enerjisi hesaplandı. Zoller et.al. (1999) termogravimetri ve foto-iyonlaşma kütle spektrumu (TGA-PI-MS) ile farklı cinsten kömürlerin piroliz sırasında açığa çıkan uçucu maddeleri incelediler. Termogravimetri artışının kompozisyonu, kömürün farklı cinslerinin olduğunu ortaya koydu. Bu çalışmalarla uçucu maddelerin de kömür gibi farklı molekül ağırlığında ancak benzer yapı özellikleri olan bileşik maddelerden oluştuğu sonucuna varıldı. Pitkanen et.al. (1999) FTIR spektrometresiyle kömür, turba (peat), odun parçacıkları gibi yakıt niteliğindeki malzemeleri incelediler. TG analizlerinde açığa çıkan gazlar bir teflon hat yardımıyla FTIR'a transfer edildi. Spektrum ve ısıl analiz eğrileri açığa çıkan gazın büyük kısmının CO₂ ve su, bunların yanı sıra karbon monoksit, metan, etan, metanol,

etanol, formik asit, asetik asit ve formaldehit gibi az miktarda başka gazların da açığa çıktığı sonucuna vardılar. Takanohashi et.al (1999) türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ile kömürü farklı ayrışma oranlarında ayrıştırarak incelediler. Ayrıştırma oranı kütlece % 30'un altında olan numunelerde işlenmemiş kömür için gözlemlenen 300 °C civarındaki endotermik en üst (peak) değeri gözlemlendi. Bu endotermik en üst (peak) değer ikinci ve üçüncü taramalarda kaybolarak bu üst değer (peak) kömürde geri dönüşümü olmayan yapısal değişimler sonucu olduğunu gösterdi. Bu endotermik en üst değerlerin (peak) sebepleri ayrışma, şişme ve kömürde oluşan yapısal değişimlerle ilişkilendirildi. Garcia et.al. (1999) havalandırılmış üç farklı kömür numunesinin izotermal olmayan oksitlenme entalpilerini ölçtü. Toplam oksitlenme entalpilerinde düşüş olmasına rağmen, düşüşün sistematik olmadığını gözlemler. Xie ve Pan (2001) kömürün ısıl özelliklerini araştırmak için açığa çıkan gazları incelediler. TG/FTIR, TG/MS ve Piroliz/GC-MS sistemleri ve farklı maddelere olan uygulamaları tartışıldı ve işlenmiş kil, polimer ve kömür çeşitlerinin bozunma mekanizmaları incelendi. Mayoral et.al (2001) ısısal analitik teknikleri kullanarak kömürün ve bio-kütlenin analizlerini gerçekleştirdiler. Isıtma hızı, son sıcaklık, deney süresi, gazın akış hızı ve tanecik büyüklüğü kontrol edilen değişkenlerdi. Metodun geçerliliği çok sayıda kömürün uçucu madde miktarının belirlenmesiyle gösterildi. Kök (2001) termogravimetri (TG/DTG) ile onyediy farklı linyit numunesinden elde edilen yanma eğrilerini inceledi. Deneyler sonucunda elde edilen maksimum sıcaklık, tamamen yanma sıcaklığı, nem bileşimi, kül miktarı, uçucu madde miktarı, sabit karbon sayısı ve kalorifik değerler karşılaştırmalı şekilde incelendi. Iordanidis et.al (2001) ısısal analiz deneylerini (TG-DTA) yedi linyit numunesi üzerinde gerçekleştirdiler ve numunelerin yanma dağılımlarını kalorimetre sonuçları ve öncül analiz yardımıyla incelediler. Araştırmalarda öncül analiz, kalorimetre sonuçları ve DTA-TG verileri arasında korelasyon kuruldu. Alanso et.al. (2001) termogravimetri (TG/DTG) kullanarak farklı cinsten olan ve farklı maceral bileşimine sahip çok sayıda kömürün yanma davranışlarını ve pirolizlerini araştırdılar. Sonuçlar piroliz eğrilerinin yanma eğrileriyle benzer olmadıklarını, düşük kalitedeki kömür numunelerinde proseslerin çok farklı gerçekleştiğini ve proseslerin ancak vitrinite yansımaları yakın olan kömür numunelerinde benzer olduğunu ortaya koymuştur. Varhegyi et.al. (2001) ısıl

analiz deneylerinin kinetik değerlendirmesini yapmak amacıyla en az kareli kriter metodunu geliştirdiler. Bu metodu kullanırken oluşan istatistiksel olmayan hataları düzeltmek amacıyla çeşitli değerlendirme yöntemleri geliştirdiler. Geliştirilen metotlar linyitin termogravimetrik oksitlenme deneylerinin değerlendirilmesinde kullanıldı. Mayoral et.al. (2001) kömürün ve bio-kütlenin termogravimetri (TG) ile analizlerinin deneysel optimizasyonunu araştırdılar. Isıtma hızı, son sıcaklık, geğen süre, havanın akış hızı ve tanecik büyüklüğü kontrol edilen değişkenlerdi. Metodun geğerliliği ASTM metodundan elde edilen uçucu madde miktarıyla karşılaştırmalı olarak ispatlandı. Metodun bio-kütle numunelerinde başarılı olabileceği gözlemlendi. Xie ve Pan (2001) termogravimetri (TG)'yi Fourier dönüştürücü kızılötesi (FTIR) spektroskopi (TG/FTIR) ve kütle spektroskopi (MS) ile ve ısıtma sırasında açığa çıkan bileşiklerin yapısal analizi amacıyla kullanılan GC/MS ile eşleştirerek kullandılar. Açığa çıkan gazı analiz yönteminin bozunmanın kimyasal sürecini organik açıdan değişmiş killerin, polimerlerin ve kömürlerin kimyasal bozunmasını tahlil etme gibi çeşitli yöntemleri içeren metotlar yardımıyla tanımlamak amacıyla kullanılabileceği sonucuna varıldı. Altun et.al. (2001) linyitin yanma özelliklerini araştırdılar ve termogravimetri (TG/DTG) ile bağlayıcıları (binders) incelediler. Molas, karboksil metil-selüloz (CMC), kükürt, ağır ham petrol, sodyum silica, kireç, peridur, bentonit ve çimento kullanılan bağlayıcılardı. Molas ve CMC'nin yanma sonundaki arta kalan madde miktarını azalttığını ve ağır ham petrolün, kükürdün ve buğday nişastasının numunelerin kalorifik değerlerini arttırdığını gözlemladiler. Çalışılan numunelerin aktivasyon enerjilerini belirlemek için iki farklı kinetik modelleme kullandılar (Arrhenius ve Coats-Redfern). Molas , CMC, ağır ham petrol, peridur, bentonit ve poli-asetat numunelerin aktivasyon enerjilerini azalttığını, diğer binder'lerin ise kömür numunelerinin aktivasyon enerjilerini arttırdığını gözlemladiler. Kök ve Keskin (2001) değişik sınıftan kömür numunelerinin kalorifik değerlerini ısıl analiz yöntemleriyle (TG-DTA) araştırdılar. Isıl analizlerden elde edilen kalorifik değerler ASTM yöntemiyle adiabatik bomba kalorimetresinden elde edilen değerlerle karşılaştırdılar ve sonuçlar arasında bir korelasyon olduğu belirtildi. Kök (2002) kömür numunelerinin ısıl davranışlarını termogravimetri (TG/DGT) ve türevsel ısıl analiz (DTA) metotlarını eş zamanlı kullanarak araştırdı. Araştırmada

inert gazlarla 800 °C' ye kadar ısıtılan numunelerde %31.4 - 43.8 civarında kütle kaybı belirlendi. Kimyasal reaktivitenin artış gösterdiği iki sıcaklık bölgesinin olduğu gözlemlendi. İki farklı yöntem kullanılarak numunelerin kinetik analizleri yapıldı ve sonuçlar tartışıldı. Ozbas et.al. (2002) termogravimetri (TG/DTG) kullanarak faklı cinsteki kömür numunelerinin kinetik analizlerini yaptılar ve temizleme prosesinin kömür numunelerinin kinetik parametrelerine olan etkilerini araştırdılar. Arrhenius ve Coats&Redfern kinetik modellemelerini kullanarak numunelerin kinetik parametrelerini hesapladılar ve sonuçlar tartışıldı. Ozbas et.al. (2002) üç farklı kömür numunesinin yanma özelliklerini türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ve termogravimetri (TG/DTG) ile incelediler. Yanabilen sülfür ve küldeki sülfür miktarındaki değişikliği gözlemek için kömüre kütlece %3 - 5 ve % 7 kireç ilave ettiler. Kireç'in sülfürün yayılmasına pozitif etkisinin olduğunu gözlemlendi. Eklenen kireç'in kömürün yanma özelliklerine ve reaksiyon parametrelerine olan etkisini gözlemek için kinetik analiz çalışması yapıldı. Kök (2003) kömür pirolizini termogravimetri (TG/DTG) ile inceledi. Kömür numunelerinin pirolizi sırasında kademeli ve sürekli kütle azalışları gözlemlendi Araştırmalarda 210 °C 'nin altındaki kütle azalmalarının sebebinin nemin buharlaşmasıyla açıklandı. DTG eğrilerindeki en üst sıcaklıklar (peak) piroliz sonrasındaki karbon, hidrojen ve oksijenin açığa çıktığı geri uçuculuk prosesini göstermektedir. Kinetik parametreleri tanımlamak için Arrhenius kinetik modellemesi kullanıldı ve sonuçlar değerlendirildi. Ozbas et.al. (2003) [68] farklı büyüklüklerdeki ham ve işlenmiş kömür numunelerinin yanma davranışlarını türevsel taramalı kalorimetre (DSC) yardımıyla incelediler. Üç farklı numunenin DSC eğrisinde iki temel tepkime bölgesi gözlemlendi. Birinci tepkime serisi nemin buharlaşması olan 150 °C'de gerçekleşen ısı alan bir prosesti. İkinci tepkime serisi ise yanma tepkimesi olan ve 150 - 600°C arasında gerçekleşen ve ısı-veren bir prosesti. Değişik modelleme yöntemleri kullanılarak numunelerin kinetik parametreleri hesaplandı ve sonuçlar değerlendirildi. Mendez et.al. (2003) ısı dengedeki kömür numunelerinin yanma özelliklerini araştırdılar ve buldukları sonuçları sınıflandırdılar. Yanma özelliklerinin tanecik büyüklüğünden, kömürün sınıfından, maceral bileşiminden ve mineral madde bileşiminden etkilendiği sonucuna vardılar. Reaksiyonu etkileyen ideal mineral madde bileşiminin maceral madde bileşimi, yoğunluk oranları ve gazın difüzyonunu

kolaylaştıran organik/mineral madde oranıyla ilişkili olduğu kanısına vardılar. Avid et.al. (70) sıcaklığın, ısıtma hızının ve gazın kömür numunelerinin ısıl bozunmasına olan etkilerini araştırdılar. TG'de kullanılan ısıtma hızları 10-50 °C /min., son sıcaklık 1000 °C ve kullanılan gazlar N₂ ve CO₂'ti. Sıcaklığın ve ısıtma hızının ürünün verimine ve açığa çıkan gazlara olan etkilerini araştırmak için kömürün pirolizini aynı zamanda sabit yataklı reaktörde incelediler. Li et.al. (2003) kömürünün ısıl davranışlarını ısıl kütle analiz spektrometresiyle (TA/MS) ile incelediler. Deneyler 150 ml/min. gaz akış hızındaki yapay hava ortamında (% 20 O₂ + % 80 N₂) 10 °C /min. ısıtma hızıyla 40 °C'den 1200 °C'ye kadar ısıtılarak yapıldı. Sıcaklığa karşılık gelen uçucu ürün miktarı profilleri değerlendirildi. Sonuçlar prosesin bütünü dört farklı kısma ayrılabilirliğini gösterdi ve kömürün sınıfının düştükçe maksimum kütle kaybının gerçekleştiği sıcaklığın düştüğünü gösterdi. Barriocanal et.al. (2003) termogravimetri (TG) kullanarak 3 °C/min. ve 10 °C/min ısıtma hızlarında azot ortamında farklı cinsten bitümlü şist numuneleri üzerinde çalıştılar. DTG eğrilerinden elde edilen verilere göre uçucu maddenin en yoğun şekilde açığa çıktığı sıcaklıkla kömürün sıvılaşma basamaklarının başladığı, sona erdiği ve en belirgin şekillerde gerçekleştiği sıcaklıklar arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu anlaşıldı. Deneysel verilerden elde edilen parametreler ısıtma hızından ve düzeneğin tasarlanmasından etkilenmiş olmalarına rağmen elde edilen sonuçların doğru olduğu kabul edildi. Li et.al. (2003) farklı cinslerdeki kömür numunelerinin pirolizini ısıl kütle analiz spektrometresiyle (TG/MS) ile incelediler. Yoğunlukla açığa çıkan piroliz ürünlerini on-line kütle spektrumu kayıtlarıyla tanımladılar. Kömürlerin ısıl davranışları karşılaştırıldı ve sonuçlar ısıl davranışların kömürün cinsine göre değişim gösterdiğini ortaya koydu. Ozbas et.al. (2003) termogravimetri (TG/DTG) ile ısıtma hızının ham ve işlenmiş kömürün ısıl davranışlarına ve kinetiklerine olan etkilerini araştırdılar. Deneyler dört farklı ısıtma hızlarında gerçekleştirildi (5,10,15 ve 20 °C/min). Genel olarak bütün numuneler için yüksek ısıtma hızlarında daha belirgin en tepe (peak) ve yanma sıcaklıkları gözlemlendi. Numunelerin kinetik parametreleri Arrhenius modellemesine göre belirlendi ve ısıtma hızlarının arttırıldığı zaman reaksiyonların aktivasyon enerjilerinin ters orantılı olarak değişim gösterdiği gözlemlendi. Kızgut ve Yılmaz (2004) ısıl analizle sıcaklığın değişken olduğu ortam koşullarında beş farklı bitümlü şist numunesinin ısıl davranışlarını

araştırdılar. Ayrışma kinetiklerini belirlemek için entegral metodu kullanarak TG verilerini incelediler. Kütle kaybının belirgin olarak gözlemlendiği organik maddenin gaza dönüşümü 400-600 °C arasında gerçekleşti. TG/DTG eğrilerinden elde edilen parametreler petrografik, öncül ve soncul analiz verileriyle karşılaştırıldı. Sonuçlar H/C oranının, yakıt oranının, vitrinite yansımalarının ortalama değerinin ve petro-faktörün farklı cinslerdeki kömürün yanma ve TG davranışlarının belirlenmesinde nicel olarak kullanılabileceğini gösterdi. Douda et.al. (2004) asfaltın yapısını azot ortamında termogravimetri (TG-DTA) ile araştırdılar. Asfaltın piroliz ürünlerinin temel olarak parafinden (C-7 - C-20) ve siklon-parafinden (mono-siklodan hexa-sikloya) oluştuğu gözlemlendi. Kok, asfalt ve erimiş grupları nicel olarak elde edildi ve analiz edildi. Asfaltın piroliz ürünlerinin erimiş grubu yüksek performanslı kromatografi ile doymuş, aromatik ve polar bileşenlerine ayrıldı. Stezov et.al.(2004) bilgisayarlı kalorimetrik tekniklerini kullanarak kömürün görünen özgül ısıyı değişik ısıtma hızlarında (10, 25 ve 100 °C/min.) ölçtüler. İnceleme yapılan bütün ısıtma hızlarında görünen özgül ısı değerleri yaklaşık olarak 1.4 kJ/kg-K olarak hesaplandı. Numune ayrışma sıcaklığına ulaştığı zaman, özgül ısı 1.9 kJ/kg-K'e yükseldi. Bu noktadan itibaren kömürün özgül ısı kömürün reaksiyon mekanizmasından fazlaca etkilendi. Bu amaçla aynı ısıtma hızlarında daha detaylı gaz analizi yapıldı. Isıtma hızı arttıkça geri uçuculuk reaksiyonlarının daha yüksek sıcaklıklarda gerçekleştiği ölçülen özgül ısı değerlerinde gözlemlendi. Pietrzak ve Wachowaski (2004) termogravimetri (TG-DTG) ile yüksek kükürt bileşimindeki kömür numunelerini incelediler. Sonuçlar geri mineralleşmesinin kütle kaybının en çok gözlemlendiği sıcaklık aralığıyla bir ilgisinin olmadığını gösterdi. En belirgin yapısal değişimlerin % 5'lik nitrik asitle oksitlenmesi sonucu oluştuğu belirlendi. Bu oksitlenme prosesinden sonra 265 °C 'de maksimum değerinin olduğu başka geri uçuculuk tepkimelerinin oluştuğu gözlemlendi ve bu durum yapılarındaki nitrik gruplarıyla ilişkilendirildi. Arenillas et.al. (2004) üç farklı cinsten oluşturulan (bitümlü, çok uçucu bitümlü, az uçucu bitümlü) kömür karışımlarının tutuşma davranışlarını incelediler. Termogravimetrik analiz cihazı kütle spektrometresiyle birlikte kullanıldı ve açığa çıkan gazlar incelendi. Çalışılan kömür numunelerinde farklı tutuşma davranışları gözlemlendi; bitümlü ve az uçucu bitümlü kömür numuneleri heterojen tutuşurken, çok uçucu bitümlü

kömür homojen tutuşma sergiledi. Az ve yüksek uçucu kömür numunelerinden oluşan karışımlarda, karışımın kompozisyonuna göre değişen farklı tutuşma mekanizmaları gözlemlendi. Kök (2005) türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ve termogravimetri (TG/DTG) kullanarak farklı cinsten olan onyeddi kömür numunesinin sıcaklık-kontrollü yanma davranışlarıyla ilgili araştırmalar yaptı. DSC/TG eğrileri çalışılan kömür numunelerinin genelinde belirgin geçiş basamaklarının olduğu gerçeğini ortaya koydu. Kömür numunelerinin reaksiyon aralıkları, peak ve tamamen yanma sıcaklıkları belirlendi. Arrhenius ve Coats & Redfern modellemeleri kullanılarak kinetik veriler değerlendirildi ve sonuçları tartışıldı. Düz et. al. (2005) temel analizler ve termogravimetrik piroliz ile beş farklı tanecik büyüklüğüne sahip kömür numunelerini inceleyerek tanecik büyüklüğüyle kimyasal bileşimin arasındaki ilişkiyi araştırdılar. Çalışılan numunelerin kinetik parametreleri reaksiyonların birincil dereceden oldukları varsayılarak Coats ve Redfern kinetik modellemeleriyle hesaplandı. Kömür numunelerinin tanecik büyüklüklerine bağlı olmakla beraber aktivasyon enerjileri 49.1 ve 84.6 kJ/mol arasında değişim gösterdi. Tartışılan sonuçlar, tanecik büyüklüğünün arttıkça aktivasyon enerjisinin de arttığını gösterdi. Yu et. al. (2005) termogravimetri (TG/DTG) ve türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ile tanecik büyüklüğünün kömür numunelerinin öncül bileşimine ve yanma özelliklerine olan etkilerini araştırdılar. Tanecik büyüklüğü küçüldükçe sabit karbon içeriği azaldı ve kül miktarı önce azaldı sonra artış gösterdi. Isıl dengedeki yanma deneyleri tanecik büyüklüğünün artmasıyla yanma profili genel olarak daha yüksek sıcaklıklara kaydı. Bu durum küçük kömür tanelerinin daha fazla reaktif olduğunu gösterdi. Sonuçlar kömürün ve char'ın eş zamanlı reaksiyonlarının küçük tanecik büyüklüklerinde daha düşük sıcaklıklarda olduğu gerçeğini ortaya koydu. Kök et. al. (2005) asfaltın reaksiyon kinetiğini ve yanma özelliklerini gözlemek için laboratuvar çalışmaları gerçekleştirdi. İki farklı büyüklükteki numunelerle üç değişik basınç altında oniki deney gerçekleştirdi. Ürün gazlarının analizleri yapılarak, bütün numuneler için atomik H/C oranı, göreceli reaksiyon hızları, aktivasyon enerjileri ve Arrhenius sabitleri hesaplandı. Silopi asfaltının göreceli reaksiyon hızına karşılık gelen ters sıcaklık eğrileri iki temel reaksiyon bölgesinin olduğunu gösterdi. Birincisi düşük sıcaklık bölgesinde ikincisi ise yüksek sıcaklık bölgesinde gerçekleşti. Düşük sıcaklık bölgesinde asfaltın

uçucu bileşenleri açığa çıktı ve geride kalan ağır hidra-karbonlu bileşikler ikinci yüksek sıcaklık reaksiyon dizisinin oluşmasına sebep oldu. Lopez-Fonseca et. al. (2005) izotermal olmayan termogravimetri verileri kullanarak iki karbonlu malzemelerin yanma prosesinin aktivasyon enerjilerini ve Arrhenius sabitlerini hesapladılar. Aktivasyon enerjilerini hesaplamak için Flynn-Wall-Ozawa ve Kissinger metotlarını kullandılar. Öte yandan araştırmada Coast-Redfern metoduyla elde edilen aktivasyon enerjisi ve Arrhenius sabiti arasındaki ilişkiyi kullanarak, kendi metotlarıyla hesapladıkları aktivasyon enerjilerinden Arrhenius sabitini hesapladılar. Gunes ve Gunes (2005) kömürün piroliz koşulları altındaki kütle kaybı verilerini tanımlayan kinetik modellemeleri araştırdılar. Kömürün izotermal olmayan analiz verilerini birincil dereceden, bölünmüş aktivasyon enerjisi modelleriyle karşılaştırmalı incelediler. Bölünmüş aktivasyon enerjisi modelinin kömürün geri uçuculuk özelliklerinin nicel tanımlanmasında başarılı sonuçlar verdiğini gözlemlediler. Elbeyli ve Pişkin (2006) linyit numunelerinin kinetik parametrelerini ve ısıl karakteristik özelliklerini tanımlamak için ısıl analiz yöntemlerini yanma ve piroliz tepkimelerini incelemede kullandılar. İzotermal olmayan ısıtma koşulları altında yapılan deneyler sonucunda elde edilen eğriler üzerinde yanma ve piroliz tepkime aralıkları belirlendi. Linyitin yanma dağılımları incelendi ve tutuşma özellikleri değerlendirildi. Yanma sıcaklıkları ve yanma hızları TG/DTG eğrilerinden belirlendi Coats-Redfern kinetik modellemesinin yanma ve piroliz tepkimelerine uygulanması sonucunda aktivasyon enerjileri ve Arrhenius sabitleri hesaplandı. Mianowski et. al. (2006) ısıl dengedeki hava koşullarında briketlenmiş karbonlu malzemelerin yanma deneylerini gerçekleştirdiler. Prosesin kinetiğinin analizi için değişik metotlar kullandılar. Sonuçlar, türevsel denklemlerde kullanılan kinetik değişkenlerden bağımsız olmak üzere briketlenmiş karbonlu malzemenin yanma kinetiklerinin iki Arrhenius parametresiyle (aktivasyon enerjisi ve Arrhenius sabiti) tanımlanabileceğini gösterdi. Elbeyli (2006) termogravimetry (TG/DTG) kullanarak asfaltın kinetiğini ve piroliz özelliklerini araştırdı. TG/DTG eğrileri ayrışmanın kütle kaybı verilerine eş gelen iki basamakta gerçekleştiğini gösterdi. Kinetik parametreleri tanımlamak için Coats-Redfern metodunu kullandı. Aktivasyon enerjileri ve Arrhenius sabitleri farklı ısıtma hızları için hesaplandı ve sonuçlar karşılaştırıldı. Biswas et. al. (2006) termogravimetri (TG/DTG) ile mineral

madde bileşimi fazla olan aynı cinsten iki kömür numunesinin yanma davranışları üzerine çalıştılar. Tamamen yanma sıcaklıkları ve peak sıcaklıkları kül oranının artmasıyla doğrusal azalma gösterdiler. Ancak reaktiflik parametresi doğrusal trendden sapma eğilimi gösterdi, kül oranı fazla kömür kül oranı az olanagöre daha aktif bir tutum sergiledi. Reaktifliğin mineral madde miktarıyla ve maceral madde dağılımı ve doğasıyla ilgili olduğu açıklandı. Kaljuvee et. al. (2006) farklı oluşumlardaki altı değişik kömürün ısıl analizi sırasında açığa çıkan gazlı bileşikleri tanımlamak için TG-FTIR tekniklerini kullandılar. Deneyler numunelerin 5,10,50 °C /min. gibi değişken ısıtma koşulları altında 900 °C 'ye kadar ısıtılmasıyla gerçekleştirildi. Çalışılan numunelerin FTIR spektrumlarında CO₂, H₂O, SO₂, COS, metan, metanol, formik asit, formaldehit, asetaldehit, klorobenzen gazlarının açığa çıktığı incelendi. Sun et. al. (2006) termogravimetri (TG/DTG) ile kömür macerallarının pirolizini incelediler. Birincil ve ikincil geri uçuculuk proseslerindeki açığa çıkan uçucu madde miktarları incelendi ve bu proseslerin kinetikleri araştırıldı. Prosesin genelinde uçucu maddenin açığa çıkması özellikle vitrinite için esas olarak birincil basamakta gerçekleşti. Birincil ve ikincil basamakta açığa çıkan madde miktarlarının yüzde oranları inertnite'nin yüksek ısıl dengeye sahip olduğunu gösterdi. Isıtma hızları birincil ve ikincil basamakta açığa çıkan maddenin yüzdesini değiştirmesine rağmen, maddelerin uçuculuk sırasında değişiklik olmadı. Haykırı et. al. (2006) ülkemiz bitümlü kömür numunelerinin koklaşma ve koklaşmama gibi yanma özelliklerini türevsel ısıl analiz (DTA) ve türevsel termogravimetri (DTG) tekniklerini kullanarak araştırdılar. İki farklı metottan elde edilen ısıl veriler öncül analizlerine bağlı olmak üzere birtakım değişiklikler gösterdiler. Uçucu maddelerin yanmayan bileşenleri ısıl davranışlarda önemli değişikliklere sebep oldular. İki metottan elde edilen veriler birlikte incelendi ve ısıl özellikleri belirlendi. Wachowski ve Hofman (2006) termogravimetri (TG/DTG) yöntemlerle oksitlenme prosesinin kömürleşme derecesiyle nitelendirilmiş karbonlu bileşiklere olan etkilerini araştırdılar. TG/DTG eğrilerinin analizleri kömür numunelerinin yüksek sıcaklıklarda daha az ısıl dengede oksitlendiğini gösterdi. Bu durum karbonlaşma ve oksitlenme proseslerinin sırasının belirlenmesinde önemli bir etken olarak belirlendi. Çalışılan numunelerin yüzeylerindeki azot miktarları ve içerisinde bulunan azot gruplarının ısıl dengeleri bu analizlerden etkilendiler.

1.2 Isıl Analiz Tekniklerinin Ham Petrol Numuneleri Üzerindeki Uygulamaları:

Ham petrolün ısısal analiz yöntemleriyle araştırılmasında kullanılan ilk ısısal analitik alet türevsel ısısal analiz cihazı (DTA)'dır. Yapılan çalışmaların çoğu numunelerin ısısal davranışlarıyla kinetik analizlerinin arasında bağıntı kurabilmeyi amaçlamıştır. Metalik katkı maddelerinin petrolün yanma özelliklerini ne şekilde değiştirdiği de araştırılan konular arasındadır.

Burger ve Sahuquet (1977) türevsel ısısal analiz tekniğiyle (DTA) metalik katkı maddelerinin katalitik etkilerini ve petrolün yanma davranışlarına olan etkilerini araştırdılar. DTA eğrilerinde üç belirgin oksitlenme bölgesi gözlemlendi; düşük sıcaklıktaki kısmi oksitlenme, ham petrolün yanması ve son olarak kok'un yanması Bae (1977) termogravimetri (TG/DTG) kullanarak farklı petrol numunelerinin ısısal oksitlenme davranışlarını ve yakıt oluşturma özelliklerini araştırdı. Sonuçlar petrolün oksitlenme özelliklerine göre sınıflandırılabilceğini gösterdi. Petrolün akışkanlığı, kompozisyonu ve yoğunluğuyla ısısal-oksitlenme özellikleri arasında doğrudan bir bağıntı kurulamadı. Drici ve Vossoughi (1977) metal oksit maddelerinin içeren ve içermeyen petrol numunelerinde türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ve termogravimetri (TG/DTG) analizlerini yaptılar. Vanadyum, nikel ve demir oksidin endotermik reaksiyonları tetiklemede aynı etkiyi gösterdiği anlaşıldı. Silika gibi geniş bir alanına sahip yüzeylerde yüzey tepkimelerinin baskın olduğu ve ortamda az miktarda bulunan metal oksitten etkilenmedikleri anlaşıldı. Vossoughi ve Bartlett [(1982) termogravimetri (TG) ve türevsel taramalı kalorimetreden (DSC) elde edilen veriler üzerine çalışmalar yaparak yerinde yanma konusunda kinetik modeller geliştirdiler. Bu kinetik modelleri kullanarak yanma tüplerindeki yakıt oluşumu ve yanma hızı konularında çalışmalarda bulundular. Tahmin edilen ve gözlemlenen değerlerin birbirine çok yakın olduğu sonucuna ulaştılar. Vossoughi (1983) kilin ve kilin yüzey alanının petrol numuneleri üzerindeki yanma özelliklerine olan etkilerini araştırmak için termogravimetri (TG) ve türevsel taramalı kalorimetre (DSC) kullandı. Bu çalışmalarda katkı maddesinin kimyasal bileşiminin etkisi olmaksızın yanma tepkimesinin aktivasyon enerjisinde belirgin bir azalmanın olduğu

sonucuna varıldı. Bunun yanı sıra petrolün düşük sıcaklıktaki oksitlenmesinin ve kok oluşumunun katının yüzey alanına bağlı olabileceği sonucuna varıldı. Yoshiki ve Philips (1985) Athabasca bitümünün ısıl-oksitlenme ve ısıl parçalanmayı türevsel taramalı kalorimetre cihazıyla nitel ve nicel olarak analiz ettiler. Düşük sıcaklıkta olan oksitlenme ve yüksek sıcaklıkta gerçekleşen parçalanma tepkimelerinin kinetikleri üzerine çalışıldı. Basınç, ortam gazı, ısıtma hızı gibi değişkenlerin bitümün ısıl reaksiyonları üzerine olan etkileri araştırıldı. Öte yandan düşük ısıtma hızlarının (2.8 °C/ min.) düşük sıcaklıktaki oksitlenme ve bölünme tepkimelerini hızlandırdığı sonucuna varıldı. Verkocy ve Kamal (1986) termogravimetri (TG/DTG) ve basınçlı türevsel taramalı kalorimetre (PDSC) cihazlarını kullanarak kuyulardan ve karot örneklerinden alınan Saskatchewan ham petrolünü birincil üretim, buhar itişim, yanma sonucu üretim dönemlerinde ayrı ayrı incelediler. Termoliz, düşük sıcaklıktaki oksitlenme ve yanma tepkimelerinin kinetik ve ısıl parametreleri üzerinde çalıştılar ve bu parametrelerin ısıtma hızıyla doğrusal olmayan bir şekilde değiştiği sonucuna vardılar. Verkocy ve Kamal (1986) ağır petrol numunelerinde ve mineral maddelerde termogravimetri (TG/DTG) ve türevsel taramalı kalorimetre (DSC) kullandılar. Yapılan araştırmada düşük ısıtma hızlarının düşük sıcaklıktaki oksitlenme ve bölünme tepkimelerini hızlandırdığı sonucuna varıldı. Ranjar ve Pusch (1991) petrolün yanma ve piroliz kinetiğine olan etkisini araştırdılar. Araştırmalarının sonuçları petrolün koloidal yapısının ve kompozisyonunun yakıt oluşumuna ve bileşimine etkilerinin olduğunu ortaya koydu. Ali ve Saleem (1991) petrolerden çökelen asfaltı termogravimetri (TG/DTG) ve piroliz-GC analizleriyle 350-520 °C sıcaklık aralığında incelediler. Çok yüksek sıcaklıklarda (520 °C) asfaltın % 98-100 'ünün ürüne dönüştüğü gözlemlendi. Daha düşük sıcaklıklarda yapılan metan ve diğer alkan ölçümleri bu asfalt numunelerinin alkil grupları taşıdıklarını ortaya koydu. Piroliz tepkimesi esnasında kaybolan azot oranı kütlece % 1-6 iken, oksijen ve sülfürün kütlece kayıpları sırasıyla % 58-74 ve % 10-29 aralıklarında değişti. Ranjbar (1992) rezervuar kayaç kompozisyonun gözenekli bölgede petrolün piroliz ve yanma davranışları üzerine olan etkisini araştırdılar. Piroliz ve yanma testleri kilin yakıtın miktarını ve reaktifliğini nasıl değiştirdiğini gözlemlemek için yapıldı. Gözenekli bölgede bulunan minerallerin piroliz sırasında yakıt oluşumunu tetiklediğini ve yakıtın oksitlenmesini katalizlediği

sonucuna vardı. Kök ve Okandan (1992) ham petrol-linyit karışımlarının yanma özelliklerini DSC kullanarak analiz ettiler. Isıtma hızının etkisi de incelendi ve artan ısıtma hızlarıyla tepkime sıcaklıklarının ve ısının akış hızının arttığını gözlemlədiler. Karışımların özgül ısılarının 20-600 °C aralığında incelediler ve ayrışma sıcaklığına kadar özgül ısının sıcaklık arttıkça arttığını gözlemlədiler. Karışımların aktivasyon enerjileri de hesaplandı ve 66 kJ/mol ile 131 kJ/mol arasında değişen değerler bulundu. Kök (1993) iki çeşit ham petrolün piroliz ve yanma özellikleri konusunda araştırmalar gerçekleştirdi. Hava ile yanma tepkimesinde üç farklı tepkime dizisinin olduğu ifade edildi, bunlar; düşük sıcaklıktaki oksitlenme, yakıt oluşumu ve yüksek sıcaklıktaki oksitlenme tepkimeleridir. DSC-TG/DTG kullanılarak ham petrolün ısı değerleri ve tepkime parametreleri tanımlandı. Kinetik veriler DSC ve DTG eğrilerinin yüksek sıcaklıktaki oksitlenme tepkimelerinden elde edildi. Ham petrolün °API değeri azaldıkça aktivasyon enerjisinin arttığı gözlemlendi. Kopsch (1994) türevsel taramalı kalorimetre (DSC) kullanarak petrol asfaltının cam geçiş sıcaklıklarını belirledi. Bu sıcaklık değerleri kullanılarak asfaltın ergime sıcaklığı hipotetik olarak hesapladı. Polimerlerin cam geçiş sıcaklıklarını kinetik olarak kontrol edilen aktivasyon enerjisiyle tanımlanabilen tepkimeler olduğu belirtildi. Kopsch, üzerinde çalıştığı petrol asfaltının cam geçiş sıcaklığıyla ergime sıcaklığı arasında da bir ilişki buldu. Lukyaa et. al. (1994) basınçlı türevsel kalorimetre ile kuzey denizinin petrol-kum karışımlarının yanma tepkimelerini analiz ettiler ve tanecik büyüklüğünün, basıncın ve oksijenin kısmi basıncının yanma sırasında açığa çıkan ısı üzerindeki etkilerini incelediler. Küçülen tanecik büyüklüğünün ve artan basıncın düşük sıcaklıktaki oksitlenmeyi tercih edildiği şekilde tetiklediğini gözlemlədiler. Kök et. al. (1997) iki farklı gözenekli yapıda (kum ve kireçtaşı) ham petrolün ve karışımlarının yanma özelliklerini anlamak için basınçlı türevsel kalorimetre (PDSC) kullandılar. Ham petrol ve kum/kireçtaşı karışımları kütlece %10 petrol olacak şekilde ayarlandı. PSDC eğrilerinde iki farklı geçiş basamağı gözlemlendi bunlar; petrolün ve kokun yanması olarak nitelendirildi. Bu araştırmanın kinetik bölümü sadece kokun yanması ile ilgiliydi. Kinetik veriler iki farklı modellemeyle çalışıldı ve sonuçları tartışıldı. Kök ve Karacan (1998) altı farklı petrol numunesi üzerinde türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ve termogravimetri (TG/DTG) analizlerini ve elde ettikleri piroliz ve kinetik veriler üzerinde çalışmalar

yaptılar. Ham petrolün pirolizi verileriyle kütle kaybının gerçekleştiği iki temel sıcaklık bölgesinin olduğunu gözlemlədiler. Birinci bölge oda sıcaklığı ve 400 °C arasında gerçekleşen damıtma; ikinci sıcaklık bölgesi ise 400-600 °C arasında olan ayrışma ve ısıl parçalanmadır. Ayrıca petrol ağırlaştıkça aktivasyon enerjisinin azaldığı, cracking aktivasyon enerjisinin petrolün asfalt içeriğiyle doğrudan bir ilişki içinde olduğunu gözlemlədiler. Di Lala ve Kosinski (1999) TG/FTIR kullanarak atık yağını düşük sıcaklıklarda incelemek için yeni bir metodoloji geliştirdiler. Kütle ve gaz fazı değişim proseslerinin esas olarak 650 °C üzerinde gerçekleştiğini gözlemlədiler ve numuneyi 5 °C /min. Isıtma hızı ile ısıttılar. Elde edilen veriler atık yağın sıvı fazından katı kül fazına kadar olan değişimini anlamak için kullanıldı. Laux et. al. (2000) atmosferik atık, vakum atık, ayrışma atıklarını ve bunların belirli oranlardaki karışımlarını üç farklı ısıtma hızlarında termogravimetri (TG/DTG) ile incelediler. Koloidal yapının dağılımının yanı sıra bu yapının stabilitesinin atık maddenin buharlaşma entalpisi gibi birçok özelliğini değiştirdiği sonucuna ulaştılar. Termogravimetri (TG/DTG) kullanarak işlenmiş petrol atığını ve karmaşık karışımlarını koloidal yapıları baz alarak incelenmiştir. Goncalves et. al. (2001) ham petrolden elde edilen asfaltın ısıl davranışlarını ısıl analiz teknikleriyle (TG/DTA/GC/MS) araştırdılar. Termogravimetri (TG/DTG) ile asfaltın koşullar kontrol altına alınarak ısıl ayrışmasını incelediler, termogravimetri (TG/DTG) ve türevsel ısıl analizlerini (DTA) birleştirilerek asfaltın uçucu gaz bileşenlerini kromatograf/kütle spektrumuyla araştırdılar. Kök ve İşcan (2001) metal klor katkı maddesi içeren ve içermeyen petrol numunelerinin yanma davranışlarını türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ile incelediler. Küçük oranlarda metalik katkı maddesi içeren numunelerde yüzey reaksiyonların baskın olduğunu ve katalizörün reaksiyonu çok fazla etkilemediğini gözlemlendi. Çalışmalar sonucunda düşük sıcaklıktaki oksitlenme, yakıt depolama sıcaklığı ve yüksek sıcaklıktaki oksitlenme olarak adlandırılan üç farklı reaksiyon sıcaklığı tanımlandı. Kök ve Keskin (2001) termogravimetri (TG/DTG) ile üç farklı petrol numunesinin ısıl davranışlarını ve kinetiklerini araştırdılar. Çalışılan bütün numunelerde hava ile yanma ortamında üç ayrı reaksiyon bölgesi gözlemlendi; düşük sıcaklık oksitlenme, yakıt oluşumu, yüksek sıcaklık oksitlenme. Reaksiyon parametrelerini belirlemek için verileri otomatik olarak işleme alan bir bilgisayar programı geliştirildi.

Khamsin et. al. (2001) hafif petrolün doğal tutuşma potansiyelini adiabatik ve packed-bed reaktöründe incelediler. Reaktörün ilk sıcaklığı, oksitlenmiş geri dönüşüm gazı, oksit gazındaki oksijen miktarı, reaktörün basıncı gibi parametreleri değiştirerek kum-petrol karışımlarının kendiliğinden tutuşmasını etkileyen koşulları araştırdılar. Petrolün tutuşması için sağlanan bütün koşullar başarılı sonuç vermedi. Bu durumun hafif petrolün doymamış aromatik ve asfalt bileşiminin az olmasından kaynaklandığı düşünüldü. Al-Saffar et. al. (2001) kuzey deniz petrolünün oksitlenme davranışlarını ve bileşimindeki doymuş, aromatik, resin ve asfalt yüzdelerini incelediler. Bu araştırmalar derin petrol rezervlerine hava enjeksiyonunun yeterli olup olmadığını ve petrolün bileşimindeki maddelerin birbirleriyle olan etkileşimlerini anlamak amacıyla yapıldı. Yüksek basınç ve sabit ısıtma hızı koşulları altında, açığa çıkan CO_2 , CO ve kullanılan O_2 gaz konsantrasyonları kontrol edilerek reaktör oksitlenme hücresi kullandılar ve ham petrolün oksitlenme reaksiyonlarını ve kinetiğini araştırdılar. Bu işlemin diğer bir amacı ise petrolün hafif ve ağır gibi tanımlamaları yerine SARA (doymuş, aromatik, resin ve asfalt) bileşenleriyle tanımlanmasını sağlamaktır. Goncalves et. al. (2001) petrolünün asfalt bileşiminin ısıl davranışlarını incelemek için ısıl analiz tekniklerini araştırdılar. Bu çalışma termogravimetri (TG), türevsel taramalı analizin gaz kromatografisi ve kütle spektrometresinin türevsel taramalı analiz aletleriyle birleştirilmesiyle (TG-DTA/GC/MS), koşullar kontrol altına alınarak asfaltın ısıl ayrışmasının kinetiğinin araştırılmasını ve uçucu bileşenlerinin karakterize edilmesini amaç edinmiştir. Oksitlenme sonucu küçük parçalara ayrılan kok'da incelendi. Kök (2002) eş zamanlı TG-DTA kullanarak metal oksidin bulunduğu ve bulunmadığı ortamlarda hafif ham petrolün yanma davranışlarını karakterize etti. Ham petrol-kireç taşı karışımında üç temel geçiş basamağı belirlendi, bunlar; damıtma, düşük sıcaklıkta oksitlenme (LTO) ve yüksek sıcaklıkta oksitlenme (HTO)' dir. Demir-klorlu deneylerde ise TG-DTA eğrilerinin şekilleri belirgin şekilde değişime uğradı. Kinetik parametreler ASTM metoduyla belirlendi. Aktivasyon enerjisindeki azalmanın katkı maddelerinin katalitik etkisinden kaynaklandığı düşünüldü. Kök (2003) yerinde yanma prosesine ait reaksiyon hızlarını ve ham petrolün çeşidinin ve ısıtma hızının reaksiyon hızına olan etkilerini araştırdı. Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen kinetik deneyler konsolide olmayan kireç taşı

içerisinde üç farklı ham petrol numunesi kullanılarak sabit basınç ve sabit hava akışı koşullarında iki farklı ısıtma hızlarıyla yapıldı. Ham petrolün gözenekli yapısının oksitlenmesinin bir dizi reaksiyon sonucunda gerçekleştiği gözlemlendi. Bu reaksiyon dizisi üç farklı bölüme ayrılabilir; düşük sıcaklık oksitlenmesi, yakıt depolama ve yüksek sıcaklık oksitlenmesidir. Açığa çıkan gazların analizi numunelerin aktivasyon enerjilerini belirlemede kullanıldı. Deneyler termogravimetri (TG/DTG) ile yapıldı ve sonuçları tartışıldı. Sonibare et. al. (2003) isoterml olmayan termogravimetrik analiz (TG) ve türevsel ısı analiz (DTA) cihazlarını kullanarak petrolü bitümün ısı davranışlarını hava ortamında incelediler. Kütle kaybına karşılık gelen üç farklı reaksiyon dizisi olduğu belirlendi; bunlar, düşük sıcaklık oksitlenmesi, yakıt depolama ve yüksek sıcaklık oksitlenmesidir. Isıtma hızındaki artış reaksiyon bölgelerinin değişmesine ve en yüksek (peak) sıcaklığın daha yüksek sıcaklıklara kaymasına sebep oldu. Gazın akış hızının reaksiyona etkisinin olmadığı gözlemlendi. Petrol-kum karışımının, eş gelen bitümlü bölümlerine oranla daha düşük peak sıcaklıklarına ve aktivasyon enerjisine sahip olduğu sonucuna varıldı. Isıtma hızı arttırıldıkça reaksiyonların ısı verme miktarlarının arttığı gözlemlendi. Bu çalışmanın sonuçları ısıtma hızındaki değişimin ve kumun ortamda bulunmasının bitümün ısı-oksitlenmesi üzerine büyük etkilerinin olduğunu gösterdi. Kök ve Bağcı (2004) TG ve DTA ile hafif petrolün yanma davranışlarını ve kinetiklerini bakır-klorür ve magnezyum-klorür ortamında araştırdılar. Magnezyum-klorürle yapılan deneylerde üç farklı reaksiyon bölgesi gözlemlendi; bunlar, damıtma, düşük sıcaklıkta oksitlenme ve yüksek sıcaklıkta oksitlenmesidir. Bakır-klorürle yapılan deneylerde ise iki temel geçiş basamağı gözlemlendibunlar, damıtma ve yüksek sıcaklıkta oksitlenmesidir. Ayrıca magnezyum-klorürün mol yüzdesinin arttıkça, yüksek sıcaklık oksitlenme sıcaklığının daha düşük sıcaklıklarda oluşarak daha homojen katı artığının varlığına dikkat çekildi. Reaksiyon hücresi deneylerinde, CO_2/CO oranının metalik tuzların eklenmesiyle arttığı, artan sıcaklıklarla ise atomik H/C oranının azaldığı sonucuna varıldı. Li et. al. (2004) termogravimetri ve türevsel ısı analiz (TG/DTG) tekniklerini kullanarak saf parafin ve ham petrolü-saf bileşenler karışımının oksitlenme davranışlarını araştırdılar. Sonuçlar her bir parafin numunesinin düşük ve yüksek sıcaklıklar altında değişik oksitlenme davranışı sergilediğini gösterdi. C_{16} 'dan daha hafif bileşenlerin oksitlenmenin

belirgin olduğu sıcaklıklara gelmeden damıtmaya (ayrışmaya) başladığı, düşük sıcaklık ısı-veren aktiviteler ise sadece C_{16} ve C_{26} bileşenlerinde gözlemlendi. Ağır bileşenler düşük ve yüksek sıcaklıklarda ısı-veren aktivite gösterdi ve düşük moleküler ağırlığa sahip numunelerin oksitlenme reaksiyonları daha düşük sıcaklarda gerçekleşti. Moleküler ağırlık arttıkça ısı-veren sıcaklık değerleri hem yüksek hem de düşük sıcaklık bölgelerinde daha yüksek sıcaklıklara kaydı ve açığa çıkan ısı miktarı arttı. Kök et. al. (2004) kireç taşında ham petrolün yanma özelliklerini termogravimetri (TG/DTG) ile araştırdılar. Ham petrol-kireç taşı karışımlarının hava ile yanma deneylerinde üç farklı reaksiyon bölgesi belirlendi; bunlar, düşük sıcaklık oksitlenmesi, yakıt depolama ve yüksek sıcaklık oksitlenmesidir. Bu reaksiyon bölgelerinin aktivasyon enerjileri bağımsız incelendiğinde farklı reaksiyon bölgelerinin varlığını kanıtı olabilirdi ancak ham petrolün genel reaktivitesine katkısı olmadığı anlaşıldı. Yapılan çalışmada numunelerin ortalama aktivasyon enerjisi 50.3 - 55.8 kJ/mol arasında değişkenlik göstermektedir. Goncalves et. al. (2005) ham petrolünün atmosferik damıtmasıyla elde edilen beş farklı rafineri ürününün ısıl davranışlarını araştırmak için termogravimetri (TG) kullandılar. Numunelerin asfalt bileşenlerini ayrıştırdılar ve kok oluşumuna olan etkilerini araştırdılar. Dong et. al. (2005) ham petrolünün asfaltının piroliz kinetiğini araştırmak için thermogravimetry (TG/DTG) kullandılar. Dağıtılmış aktivasyon enerjisi modeli kullanılarak bu karmaşık yapı analiz edildi. Sonuçlar asfaltın piroliz reaksiyonlarının aktivasyon enerjisinin peak değerinin 245 kJ/mol, Arrhenius sabitinin ise $5.88 \times 10^4 s^{-1}$ olduğunu gösterdi. Belirli dönüşüm oranlarında Arrhenius sabitinin logaritmik değerlerine karşılık gelen aktivasyon enerjisi grafiklerinden aralarında doğrusal bir ilişkinin olduğu sonucuna varıldı. Bu yaklaşım sıkıştırılma etkisi (compensation effect) olarak bilinmektedir ve NMR'dan elde edilen kimyasal yapı sonuçlarıyla uyum içerisindedir. Freitaq ve Verkocy (2005) iki farklı ham petrol numunesinin doğal ortamlarında 130 - 230 °C arasında ayrıştırılarak elde edilen SARA bileşimlerini düşük sıcaklıktaki oksitlenme reaksiyonlarını araştırdılar. Sonuçlar sıradan düşük sıcaklık oksitlenmesi (LTO) modellenmesinin gözlemlenen reaksiyonun kinetiğinin belirlenmesinde kullanılamayacağını gösterdi. Bunun yerine bazı reaksiyon parametrelerine ihtiyaç olduğunu gösterdi. Bu parametreler; artan sıcaklık ortamında oksijen konsantrasyonunun 0.5'ten 1'e arttırıldığında reaksiyonun

derecesindeki değişim; doymuş bileşenlerin oksitlenme reaksiyonlarının diğer bileşenler tarafından baskılanması ve doymuş bileşenlerin göze çarpan indüklenme periyotlarıdır. LTO reaksiyonlarının ürün kompozisyonları ve verimlilikleri ölçüldü ve yüksek oksijen kompozisyonlarında artık maddenin daha kararlı bir yapıda olduğu gözlemlendi. Çünkü LTO reaksiyonlarının hava enjeksiyonu ile geliştirilmiş petrol elde edilme tekniklerinde önemli rol oynamaktadır ve yukarıda verilen bilgiler bu proseslerin anlaşılmasında oldukça önemlidir. Kök (2006) kilin kireç taşı içeren bir ortamda petrolün yanma özelliklerine ve kinetik davranışlarına olan etkilerini araştırdı. Bu amaçla TG-DTG deneylerini üç farklı ısıtma hızlarında (10, 15 ve 20 °C/min.) gerçekleştirdi. Kilin eklenmesiyle aktivasyon enerjisinde düzenli azalma gözlemlendi. Kilin yüzey alanının Arrhenius sabitini etkilediği ve kilin katalitik özelliklerinin reaksiyonların aktivasyon enerjilerini düşürdüğü sonucuna varıldı. Ambalae et. al. (2006) termogravimetri (TG/DTG) kullanarak ham petrolün ve asfaltının rezerv kumuyla olan karışımlarının piroliz ve yanma davranışlarını incelediler. Elde edilen doymuş, aromatik, resin ve asfalt bileşimleri arasında en çok asfaltın kok oluşumuna etkisi olduğunu anladılar. Asfalt ve petrol numunelerinde yapılan izotermal piroliz deneylerinde kok oluşumunun hangi sıcaklıklarda maksimum olduğunu gözlemladılar. Ayrıca numunelerin analizlerinden elde edilen izotermal yanma eğrilerini kullanarak reaksiyonların kinetiklerini hesapladılar. Klasik Arrhenius modelini uyguladılar ve asfalttan ve petrolden elde edilen kokun yanma reaksiyonlarının aktivasyon enerjilerini hesapladılar. Sonuçlar Arrhenius modelinin yapılan deneylerden elde edilen verilere uygun olduğunu gösterdi. Asfaltın aktivasyon enerjisi 117.7 kJ/mol, petrolün 129.5 kJ/mol olarak hesaplandı. Asfaltın kokunun 375 °C için 0.4 olarak belirlenen yanma reaksiyonunun derecesi 525 °C 'de 0.9 olarak hesaplandı. Petrol için 375 °C 'de 0.4 olarak belirlenen reaksiyon mertebesi 500 °C 'de 0.7'ye yükseldi. Kök ve Acar (2006) kireç taşı içindeki hafif petrolünün kinetiğini ve ısıl davranışlarını araştırdılar. TG/DTG kullanılarak ham petrol numuneleri kullanarak 20-900 °C sıcaklık aralığında 10 °C/min. ısıtma hızında, 20 ml/min.'lık hava akışı hızında deneyler yaptılar. Hava ile yanmanın üç farklı reaksiyon dizisiyle gerçekleştiği sonucuna vardılar; bunlar, düşük sıcaklıkta oksitlenme, yakıt depolama ve yüksek sıcaklıkta oksitlenmesidir. TG/DTG verilerini analiz etmek için beş farklı kinetik modelleme kullandılar ve aktivasyon enerjisi ve Arrhenius sabiti

parametrelerini hesapladılar. Öte yandan literatürden bulunan $f(a)$ modellemesini de kullanarak karşılaştırma yaptılar. Yüksek sıcaklıkta oksitlenme aktivasyon enerjilerinin 54.1 kJ/mol ile 86.1 kJ/mol, düşük sıcaklıkta oksitlenme aktivasyon enerjilerinin 6.9 kJ/mol ile 8.9 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlendi. Li et. al. (2006) basınçlı türevsel taramalı kalorimetre (PDSC) kullanarak 110-6894 kPa aralığındaki basınç ortamında üç farklı petrol numunesinin (hafif petrol, orta petrol ve Athabasca bitümü) oksitlenme davranışlarını incelediler. Çalışmada saf hidrokarbon aromatiklerini ve parafin numunelerini de kullandılar. Deneyler artan basıncın oksitlenme reaksiyonun hızının ve açığa çıkan ısının artmasına sebep olduğunu gösterdi. PDSC ısı akışı eğrileri numunelerin kimyasal yapısının oksitlenme davranışlarına olan etkilerini gösterdi. Goncalves et. al. (2006) farklı Brezilya petrolerinin damıtılmış ağır ürünlerini belirlemek için termogravimetri kullandılar. Numunelerin ısıl özellikleri tek bir deney yardımıyla belirlendi. TG/DTG eğrilerinden elde edilen verilerle metodolojiden elde edilen sonuçlar arasında doğrusal bir ilişki kurmanın mümkün olacağı ileri sürüldü.

1.3 Isıl Analiz Tekniklerinin Bitümlü Şist Numuneleri Üzerindeki Uygulamaları:

Literatürde, ısıl analiz teknikleri bitümlü şist numunelerinin karakterizasyonu ve piroliz-yanma davranışlarını ve kinetiklerini araştırmak amacıyla yapıldı.

Sihh ve Sohn (1980) izotermal olmayan termogravimetri (TG/DTG) ile değişken ısıtma hızlarında bitümlü şist numunelerinin piroliz tepkimelerini incelediler ve kinetik parametrelerini tanımladılar. Kinetik analiz için dört farklı metot kullandılar ve tutarlı sonuçlar elde ettiler. Ayrıca izotermal olmayan TG kullanarak bitümlü şistlerin oksitlenme kinetikleri üzerine çalışmalar yaptılar ve bu çalışmalar sonucunda difüzyon ve kütle transferinin etkilerinin olmadığını iddia ettiler. Rejashwar (1981) izotermal olmayan termogravimetri ile bitümlü şistlerinin ayrışmasının piroliz kinetiği üzerine çalıştı.

Kinetik veriyi etkileyen malzeme dizilim geometrisi, ısıtma hızı ve ortam gazının etkilerini tartıştı. Doğrudan Arrhenius, Coats-Redfern ve Freeman-Carrol tekniklerini kullanarak kütle kaybının verilerini analiz etti. Sweeney (1981) mika-şist toprak ve kil

numunelerinin DTA eğrilerini 25-1150 °C sıcaklık değerleri aralığında inceledi. Azot ortamında gerçekleştirilen reaksiyonlar kil mineralinin varlığını gösterdi bu durumu destekleyen bulgular X-ray tekniklerinden elde edildi. Earnest (1982) bitümlü şist'inin ısı davranışlarını azot içeren ortamda termogravimetri (TG/DTG) ile inceledi ve bu çalışmaların verileriyle retortlama prosesinde elde edilen veriler karşılaştırmalı olarak analiz etti. Bu çalışmalardan elde ettiği verilerle pirolizin başlama sıcaklığını ve en yüksek hızlarda oluşma sıcaklığını numunenin organik maceral bileşimiyle ilişkilendirdi. Thakur ve Nutall (1987) izotermal olan ve izotermal olmayan termogravimetri ile bitümlü şist numunesinin ısı ayrışmasının piroliz kinetiği üzerine çalıştı. İzotermal olan ve izotermal olmayan TG ölçümlerinin bileşimi bitümlü şist ile bitümün iki tane birinci dereceden ara reaksiyon yaptığı sonucunu ortaya koydu. Elde edilen sonuçlar çok basamakta gerçekleşen numuneye özgü kinetik modellemeyle birleştirildi ve deneysel TG, DTG ve DSC eğrileriyle karşılaştırıldı. Skala et. al. (1990) izotermal olmayan koşullar altında ısı metotlar kullanarak bitümlü şist piroliz kinetiği üzerine çalıştılar. Elde edilen sonuçlar bitümlü şist numunelerinin özelliklerine göre belirlenen çok basamaklı kinetik modellemeye uygulandı. Modelleme yönteminin aynı kerogen tipine sahip diğer bitümlü şistlerin modellemesine uygun olduğu sonucuna varıldı. Skala ve Sokic (1992) bitümlü şist pirolizinin analizinin ısı analizinde kullanılan çok yaygın olarak kullanılan kinetik bir ifade tanımladılar. Bu ifade kerogen ayrışmasının birinci dereceden kinetik denklemini temel olarak çıkarıldı. Sonuçlar izotermal TG kullanıldığında daha büyük aktivasyon enerjisinin, izotermal olan ve izotermal olmayan TG sonuçları birleştirildiğinde daha düşük aktivasyon enerjisinin gözlemlendiği gerçeğini ortaya koydu. İncelenen numunelerde ve termogravimetri analizlerinde bitümlü şist parafin yapı içeriğinin arttığında aktivasyon enerjisinde de artış olduğu gözlemlendi. Burnham (1993) dört farklı bitümlü şist için kimyasal kinetiklerin proseslerin tasarım ve uygulanmalarındaki değişimleri ortaya koydu. Ayrıca açık hava basıncında piroliz, yüksek basınçlı ortamda pirolizi ve hidra pirolizin sonuçlarını karşılaştırmalı olarak inceledi. Fainberg ve Hetsroni (1997) bitümlü şist'lerinin ikincil pirolizini incelediler. Birincil piroliz sonucunda açığa çıkan gaz ve petrol buharı 650-820 °C de gerçekleşen ikincil piroliz için dönüştürücüye gönderildi. Kerogen üzerindeki petrol verimi 500 °C için %35.3 iken bu değer 820 °C için % 15.4'e düştü. Gaz

verimi ise aynı sıcaklık değerleri için %10.7'den %25.5'e yükseldi. Hidrojen, metan, etilen ve karbon mono oksit verimi sıcaklıkla artarken, alkan verimi düştü. İkincil piroliz petrolün kompozisyonunun basitleştirilmesini sağladı. Kök ve Pamir (1998) ASTM metoduyla türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ile bitümlü şist numunelerinin yanma kinetikleri üzerinde çalıştılar. Araştırmalarında yüksek ısıtma hızlarının reaksiyon sıcaklığının ve ısısının yükselmesine sebep olduğu sonucuna vardılar. Isıtma hızı arttırılınca fark edilir enüst sıcaklıklar daha yüksek sıcaklıklara kaydı. Aktivasyon enerjisi 131.8-185.3 kJ/mol arasında hesaplandı. Lisboa ve Watkinson (1999) bitümlü şist piroliz ve yanmasının kimyasal kinetiğini anlamak için standart termogravimetrik düzenekleri kullandılar. Termogravimetrik analizlerin gözlemlenen reaksiyon hızının kimyasal kinetik hızına eşit olacak koşullar altında gerçekleştirilmesi gerektiğini ortaya koydular. Bu çalışma bahsedilen koşulları sağlayan anahtar parametrelerin etkilerini inceledi; bunlar gazın akış hızı, gazın saflığı, gazın yapısı, tanecik büyüklüğü, numunenin büyüklüğü'dür. Jaber ve Probert (1999) izotermal olmayan termogravimetrik analiz tekniklerini kullanarak iki farklı bitümlü şist numunesini incelediler. Çalışmalar sırasında kontrol altına alınan parametreler son sıcaklık, tanecik büyüklüğü ve ısıtma hızıydı. Araştırılan bitümlü şist'lerin piroliz ve gazlaşma reaksiyonlarının birinci dereceden olduğu, bitümlü şist parçalarının küçüldükçe aktivasyon enerjisinin düştüğü gözlemlendi. Lisboa ve Watkinson (1999) termogravimetri kullanarak bitümlü şist'lerin piroliz ve yanmasının kimyasal kinetiğini araştırdılar. Bu çalışma gazın akış hızı, gazın saflığı, gazın yapısı, tanecik büyüklüğü, numunenin büyüklüğü değişkenleri inceledi. Kök et. al. (1999) bitümlü şist'lerin farklı basınçlardaki (100-400 psi) yanma ve piroliz özelliklerini incelemek için basınçlı türevsel taramalı kalorimetre cihazını (PSDC) kullandılar. Yanma deneylerinde iki farklı peak bölgesinin olduğunu gözlemledikler bunlar; düşük sıcaklık oksitlenme (LTO) ve yüksek sıcaklık oksitlenme (HTO) reaksiyonlarıdır. Karabakan ve Yürüm (2000) bitümlü şist numunelerindeki mineral yapının ve hava difüzyonunun oksitlenme reaksiyonlarındaki organik maddenin dönüşümüne olan etkilerini araştırdılar. Kinetik analizler genel reaksiyon birincil dereceden olduğunu gösterdi. Sabit ısıtma hızlarında oksitlenme reaksiyonunun aktivasyon enerjisinde değişiklik meydana geldi. Oksitlenme reaksiyonlarında oksijenin gözenekli yapıya difüzyonunun oksitlenme

reaksiyonunun hızını belirlediği gözlemlendi. Gersten et. al. (2000) argon ortamındaki polipropilen ve bitümlü şist'i 1:3 oranındaki karışımlarının ısıl ayrışma davranışlarını termogravimetri (TG/DTG) metoduyla incelediler. Deneyler 30-900 °C sıcaklık değerleri arasında üç farklı ısıtma hızlarıyla gerçekleştirildi. Sonuçlar prosesin farklı ısıtma hızlarına göre değişim gösterdiği gibi, polipropilenin petrolün degradationında katalizör görevi yaptığı için de değişim gösterdiğini ortaya koydu. Berkovich et. al. (2000) bitümlü şist'lerin ısıl davranışlarını tanımlamada yeni bir teknik geliştirdiler. Bu yaklaşım bitümlü şist'in kerogen ve mineral bileşimlerinin kimyasal ve fiziksel tekniklerle ayrıştırılmasını ön görmektedir. İzotermal olmayan DSC ile 25-500 °C sıcaklık aralığında incelenen bitümlü şist 'lerin ısıl kapasite ve entalpi verileri kerogen ve mineral miktarına göre değişmektedir. Çalışmalarda aynı zamanda kerojenin de-hidrasyonu ve pirolizinin entalpi verileri de elde hesaplanmıştır. Jaber ve Probert (2000) termogravimetrik analiz metoduyla (TG/DTG) bitümlü şist numunelerinin pirolizini gerçekleştirdiler. Kontrol edilen parametreler son piroliz sıcaklığı, ısıtma hızı ve açığa çıkan gazın çeşidinin bitümlü şist'in ısıl ayrışmasına olan etkileriydi. Toplam kütle değişim miktarının esas olarak son sıcaklığa ve daha az ölçüde ise ısıtma hızına bağlı olduğu sonucuna varıldı. Williams ve Ahmad (2000) izotermal olmayan ve izotermal olan TG/DTG yöntemlerini kullanarak ısıtma hızının ve sıcaklığın bitümlü şist'lerin pirolizine olan etkilerini anlamak için deneyler yaptılar. Hidra-karbonlu petrolün kütle kaybının ve gaz çıkışının gözlemlendiği bölge 200-620 °C olarak belirlendi ve yüksek sıcaklıklarda gerçekleşen kütle kaybı karbonun ayrışmasıyla ilişkilendirildi. İncelenen numunelerde ısıtma hızının arttırılmasının reaksiyonun yüksek sıcaklıklarda gerçekleşmesine sebep olduğu gözlemlendi. Kinetik veriler Coats ve Redfern metotlarına göre analiz edildi. Aktivasyon enerjisiyle ısıtma hızının arasında belirgin bir ilişki bulunamadı. Kök ve Pamir (2000) izotermal olmayan ısıtma koşullarında termogravimetrik metotlar (TG/DTG) kullanarak bitümlü şist numunelerinin piroliz ve yanma proseslerini incelediler ve bitümlü şistlerin ısıl özelliklerini ve kinetik parametrelerini araştırdılar. Bu araştırmada genel bir bilgisayar programı geliştirildi ve metotlar kesinliklerine ve kinetik veriyi kullanım kolaylıklarına göre karşılaştırıldı. Bitümlü şist'lerin aktivasyon enerjileri beş farklı yöntem kullanılarak hesaplandı ve sonuçlar tartışıldı. Williams ve Ahmad (2000)

termogravimetri (TG/DTG) ve sabit yataklı reaktör kullanarak iki farklı bitümlü şist numunesinin piroliz davranışlarını incelediler, sıcaklık ve ısıtma hızının numunelerin ısıl ayrışmaya olan etkilerini araştırdılar. TG/DTG'de analiz edilen numunelerde ısıtma hızının arttırılmasının reaksiyonun daha yüksek sıcaklıklarda gerçekleşmesine sebep oldu. Hidra-karbonun kütle değişiminin ve gazın açığa çıkmasının esas olarak 20-620 °C sıcaklık aralığında gerçekleştiği gözlemlendi. Torrente ve Galan (2001) termogravimetri (TG/DTG) kullanarak bitümlü şist'lerin ısıl ayrışmasının kinetiği üzerine çalıştılar. Bitümlü şist'lerin ayrışma hızının birinci dereceden kinetikle tanımlanabileceğini gözlemlədiler. Farklı tanecik büyüklükleri için herhangi bir kütle ve ısı akışı rezistansı gözlemlemediler. Jaber ve Mohsen (2001) farklı oluşumlardaki bitümlü şist'lerin kinetiklerini termogravimetri (TG/DTG) ile 70-150 °C sıcaklık aralığında incelediler. Numunelerin kütle değişimleri ve kuruma hızları gravimetrik ölçümlerle elde edildi. Kuruma hızının 120 °C de azaldığını ve bu sıcaklığın üstünde sıfır olduğunu gözlemlədiler. Kök (2001) Seyitömer bitümlü şist numunesi üzerinde yapılan ısıl analiz deneylerinin sonuçlarını sundu. Numunelerin ısıl davranışlarını gözlemlemek için termogravimetri (TG/DTG) ve türevsel taramalı kalorimetre (DSC) kullanıldı. Deneylerden ve kinetik analizlerden Seyitömer bitümlü şist'in birden fazla reaksiyon dizisine sahip olduğu ve birinci reaksiyon dizisinin aktivasyon enerjisinin daha büyük olduğu sonuçlarına ulaştılar. Daha yüksek ısıtma hızlarında daha yüksek tepkime sıcaklıklarının olduğu gözlemlendi. Torrente ve Galan (2001) bitümlü şist'in ısıl ayrışmasının kinetiğini izotermal olan ve izotermal olmayan termogravimetrik analizler (TG/DTG) yaparak incelediler. İzotermal olmayan kütle kaybı 0.250×10^{-3} tanecik büyüklüğündeki numunelerde farklı ısıtma hızlarında (5,10,15,20 ve 50 °C/min.) 1173 K sıcaklığa kadar ısıtılarak incelendi. Kinetik parametreleri hesaplamak için üç farklı metot kullanıldı; Arrhenius Metot, entegral metot ve türevsel metot. İzotermal analizlerden elde edilen sonuçlardan aktivasyon enerjisi 150 kJ/mol ve frekans katsayısı $2.11 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$; izotermal olmayan analizlerden elde edilen sonuçlardan aktivasyon enerjisi 167 kJ/mol ve frekans katsayısı $2.11 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$ olarak hesaplandı. Kök et. al. (2001) bitümlü şist numunelerinin ısıl ve organik geo-kimyasal araştırmaları üzerinde çalıştılar. Numunelerin ısıl davranışlarını incelemek için termogravimetri (TG/DTG) ve türevsel taramalı

kalorimetre (DSC) kullanıldı. Öte yandan maddenin geo-kimyasal özelliklerini araştırmak için organik karbon miktarı, piroliz, gaz ve sıvı kromatografi deneyleri yapıldı. Kök (2001) Türkiye'den üç farklı bitümlü şist numunesinin (Himmetoğlu, Beypazarı ve Hatıldağ) ısı özelliklerini incelemek için ısı analiz tekniklerini kullandı (DSC, TG/DTG ve PDSC). İki farklı ısı-veren sıcaklık olduğu ve bu bölgelerin düşük sıcaklık oksitlenme (LTO) ve yüksek sıcaklık oksitlenme (HTO) tepkime seriler olduğunu belirtti. Kinetik veriler Arrhenius ve Coats&Redfern modelleriyle hesaplandı ve sonuçlar tartışıldı. Ballica ve Larsen (2003) hacimsel çözücü emilimi tekniğini kullanarak piroliz gerçekleştirilen Göynük bitümlü şist numunesinin çapraz bağlanma yoğunluğunun sıcaklıkla olan değişimini araştırdılar. Çapraz bağlanma yoğunluğunun piroliz sıcaklığıyla çok az miktarlarda değiştiğini gözlemledik. Isıtma hızı ve dolayısıyla piroliz süresinin çapraz bağlanma yoğunluğuna çok az etkisinin olduğu sonucuna ulaştılar. Kök ve Pamir (2003) bitümlü şist piroliz kinetiğini türevsel taramalı kalorimetre ve izotermal olmayan termogravimetri ile incelediler. Azot ortamında kütle kaybına neden olan iki farklı mekanizmanın olduğu sonucuna ulaştılar; bunlar, oda sıcaklığı ve 230 °C arasında olan damıtma ve 230-530 °C sıcaklıkları arasında olan viskozite kırılma ve parçalanma prosesleridir. Tepkimelerin kinetik parametreleri farklı metotlar kullanılarak hesaplandı ve sonuçları tartışıldı. Karayıldırım et. al. (2004) mineral matris yapısının Göynük bitümlü şist ve Şırnak asfaltına ısı bozunma etkilerini termogravimetrik analiz ile incelediler. HCl ile yıkanmış numuneler benzer bozunma davranışları sergilerken, HNO₃ ile yıkanmış her iki numunede farklılıklar gözlemlendi. Bitümlü şist organik yapısı alifatik, asfaltın organik yapısı ise aromatik özellik sergiledi. Kaljuvee et. al. (2004) birleştirilmiş termogravimetrik (TG) Fourier kızılötesi dönüşüm (FTIR) tekniklerini kullanarak farklı oluşumlardaki bitümlü şist numunelerinin ısı oksitlenmesi sırasında açığa çıkan gaz bileşiklerini incelediler. Esas olarak H₂O ve CO₂ gazları açığa çıkarken CO, SO₂, HCl bileşiklerinin de olduğu ve açığa çıktığı gözlemlendi. Bunların yanı sıra metan, etan, etilen, metanol, formik asit, formaldehit, kloro-benzen de az miktarda oluşan diğer bileşiklerdendi. Aquad et. al. (2004) doğal fosfatın ve mineraliz olmuş ürünlerinin oksitlenme reaktifliklerini incelemek için termogravimetri (TG/DTG) ve türevsel taramalı kalorimetre (DSC) kullanarak izotermal olmayan deneyler gerçekleştirdiler. Deneyler oksijen ortamında

değişik ısıtma hızlarında (5, 10, 20, 30, 50 ve 60 °C/min.) 1000 °C'ye kadar ısıtılarak gerçekleştirildi. Sonuçlar minerallerin HCl ve HCl/HF ile yıkanmasının organik maddeyle reaksiyonlarında engelleyici etki yarattığını gösterdi. Arttırılan ısıtma hızları, tepkimelerin daha yüksek sıcaklıklarda oluşmasına sebep oldu. Bunlara ek olarak kinetik parametreler, tepkimelerin birinci dereceden oldukları varsayımıyla Coats Redfern modellemesini kullanarak hesaplandı. Doğal fosfatın mineraliz edilme prosesinin ve ısıtma hızlarının etkileri incelendi ve tartışıldı. Barkia et. al. (2004) ısıtma hızının numunelerinin bozunma tepkimelerine olan etkilerini araştırmak için ısıl analiz metotlarını kullandılar. Orijinal numunelerin pirolizleri sırasında ısıtma hızlarına bağlı olarak (5 -40 °C/min.) farklı organik maddeler elde edildi. Organik maddenin konsantrasyonunun artan ısıtma hızıyla azaldığı ve 12 °C/min.lık ısıtma hızında sabitlendiği gözlemlendi. Sonuçlar reaksiyon mekanizmasının 350 °C civarında değiştiğini gösterdi. Sonibare et. al. (2005) bitümlü şist'in ısıl bozunmasını izotermal olmayan termogravimetri (TG/DTG) ve türevsel ısıl analiz (DTA) ile incelediler. Numunelerin geo-kimyasal özellikleri ayrıca kaya değerlendirme pirolizi (rock-eval pyrolysis) ile araştırıldı. Numunelerin kerogen miktarlarının ısıl bozunması esas olarak 300-570 °C arasında gerçekleşti. Tahmini bozunabilir kerogen miktarı kütlece % 4.55-9.64 arasında, piroliz prosesinin aktivasyon enerjileri ise 73.2 ve 75.0 kJ/mol arasında değişkenlik gösterdi. DTA'dan elde edilen verilerle bozunma prosesinin ekzotermik olduğu anlaşıldı. geo-kimyasal analizler bitümlü şist'in petrol ve doğal gaz oluşturmak için yeterli ve iyi kalitede kerogen içerdiğini gösterdi. Bhargava et. al. (2005) üçüncü oluşumuna ait bitümlü şist numunelerini termogravimetri (TG/DTG), geçirgen yansıtımlı kızılötesi Fourier dönüşüm spektrometresi (DRIFTS) ve XRD ile incelediler. TG verilerine göre 450-550 °C sıcaklık aralığında olan kütle kaybının numunenin miktarına göre değişim gösterdiği anlaşıldı. TG ve DRIFTS verilerinin birlikte yorumlanması bitümlü şist'teki organik madde miktarının, DRIFTS ve XRD verilerinin birlikte yorumlanması ise minerallerin fazlarının anlaşılması için kullanılabilir olduğu ortaya çıkmıştır. .Bu metotların birlikte kullanılması ile kerogen miktarının belirlenmesi için MFA analizine alternatif ve karlı bir yöntem geliştirildi. Abu-Quadis et. al. (2005) bitümlü şist numunelerini termogravimetri (TG/DTG) ile inceledi. Tanecik büyüklüğü ve ısıtılma hızının ısıl bozunma

üzerine olan etkileri araştırıldı. Piroлиз kinetiklerinin hesaplanması için entegral metot kullanıldı. Kütle kaybının esas olarak gözlemlendiği 250-550 °C arasında organik maddenin petrol ve gaza dönüşümü gerçekleşti. Toplam kütle kaybının esas olarak fırının sıcaklığına ve buna bağlı olarak ısıtılma hızına bağlı olduğu sonucuna varıldı. Çalışılan numunelerin bozunma hızları belirgin olarak 300°C'de değişim gösterdi. Elde edilen kinetik sonuçlar diğer bitümlü şist'lerin özellikleriyle benzerli göstermekteydi. Değirmenci ve Durusoy (2005) farklı tanecik büyüklüğündeki (-210+149; -250+210; -420+250) Göynük bitümlü şist numunelerini izotermal olmayan koşullar altında, argon ortamında farklı ısıtma hızlarında (10-60 °C/min.) 20-900 °C piroliz sıcaklık aralığında analiz ettiler. Maddelerin piroliz özellikleri TG/DTG eğrileri kullanılarak incelendi. Birinci dereceden reaksiyon sabiti varsayımıyla türevsel termogravimetri verileri analiz edildi. Minimum aktivasyon enerjisi 60 °C/min. ısıtma hızıyla -210+149 µm tanecik büyüklüğündeki numunede 0.6 kJ/mol olarak elde edildi. Sonuçlar yüksek ısıtma hızlarının piroliz tepkimesi üzerinde kısıtlayıcı etki yarattığını gösterdi. Jiang et. al. (2006) termogravimetrik analiz ile yüksek sülfür içeren bitümlü şist ve kömür karışımının yanma deneylerini gerçekleştirdiler. Beş farklı Ca/S mol oranının karışımların yanma özelliklerine olan etkileri TG ve DTG eğrileri kullanılarak analiz edildi. Sonuçlar karışımların bitümlü şist yüzdeleri azaldıkça ilk yanma sıcaklıklarının düştüğünü gösterdi. Karışımın yanma özellikleri kömürde daha belirgin olduğu sonucuna varıldı. Han et. al. (2006) bitümlü şist'in piroliz ve yanma deneylerini termogravimetrik analiz ile gerçekleştirdiler. Çeşitli etmenlerin yanma üzerine olan etkilerini araştırdılar. Tanecik büyüklüğünün bitümlü şist'in yanmasına az etki ettiği; ortam gazının O₂ konsantrasyonunun arttırıldığında başlangıç yanma sıcaklığında kütle kaybının az olduğu ve tutuşma sıcaklığının düştüğü; ısıtma hızının arttırıldığında tutuşma sıcaklığının, yanmanın tamamlandığı sıcaklığın ve kütle kaybı hızının arttığı gözlemlendi. Bitümlü şist'in homojen tutuşma mekanizmaları sıcaklık mikroskop'u ile araştırıldı. Freeman-Carroll metodu kullanılarak çözümlenen Arrhenius modeli ile aktivasyon enerjisi hesaplandı. Sonuçlar aktivasyon enerjisinin artan ısıtma hızlarıyla arttığını gösterdi.

2- Deney Yöntemleri ve Ekipmanlar

2.1 Deney Yöntemleri:

Proje kapsamında *Çayırhan ve Himmetoğlu* bölgesi kömür ve bitümlü şist numuneleri ile *Raman ve Batı Raman* ham petroleri kullanılmıştır. Proje kapsamında, *Çayırhan ve Himmetoğlu* bölgesi kömür ve bitümlü şistlerin kendi aralarında ve *Batı Raman* (12,9 °API) ve *Raman* (18,7 °API) petroleriyle farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılarak türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ve ısıl analiz cihazlarıyla (TG-DTG) piroliz ve yanma reaksiyonlarının 10 °C/min. ısıtma hızında araştırılmasını kapsamaktadır. Deneylerin tekrarlanabilirliklerini belirlemek amacıyla bazı deneyler aynı şartlarda tekrarlanmıştır.

2.2 Numune Hazırlama:

Kömür ve bitümlü şist numuneleri ASTM standartlarına göre kırılarak ve öğütülerek istenilen boyuta indirilmiş ve elenerek değişik boyutlarda ürünler elde edilmiştir. Numunelerin diğer yarısına ise kül azaltma (temizleme) işlemleri uygulanmıştır. Numunelerin mineralojik yapılarından ötürü (dışarıdan karışan kül yapıcı minerallerin azlığı ve külün daha çok *bünye külü* olması) kül içeriği sınırlı oranda azaltılabilmektedir. *Himmetoğlu* kömür numunesine ağır ortam kullanılarak yüzdürme batırma testi uygulanırken, diğer numuneler spiralden geçirilerek kül oranları azaltılmaya çalışılmıştır. Yapılan işlemler sonucu elde edilen ürünlerin ağırlık oranları *Ek-A* da verilmiştir.

2.3 Kullanılan Cihazlar:

Türevsel Taramalı Kalorimetre (DSC) : Oda sıcaklığı ile 700 °C arasında azot (piroliz deneyler) ve hava (yanma) ortamında gerçekleştirilecek olan türevsel taramalı kalorimetre (DSC) deneylerinde kullanılan numunelerin öncelikli olarak belli bir sıcaklık hızında ısıtılırken ortaya çıkan enerji miktarları ölçülecektir. Bu teknikte, referans ile örnekten gelen ya da uzaklaşan ısı farkı sıcaklığa veya zamana bağlı olarak elde edilir. Aynı zamanda kullanılan numunelere bağlı olarak distilasyon ve akmazlık değişim bölgeleri belirlenir.

Termogravimetri (TG-DTG) : Oda sıcaklığı ile 900 °C arasında azot (piroliz deneyler) ve hava (yanma) ortamında gerçekleştirilecek termogravimetri deneyleri ile programlı olarak arttırılan sıcaklık sonucunda analiz edilecek olan numunelerin kütlelerinde meydana gelecek olan azalmalar, sıcaklığın veya zamanın fonksiyonu olarak incelenir.

3. Saha Bilgileri:

Fosil enerji kaynaklarından olan kömürler çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Genelde üç tip kömür vardır. Bunlar, antrasit, taşkömürü ve linyit olarak sınıflandırılırlar. Antrasit en değerli kömür türüdür % 95 'i karbondan oluşur. En sert kömür türü olup yandığında diğerlerinden daha fazla ısı verir. Taşkömürünün % 70'i, linyitin % 50 'sinden az bir kısmı karbondur. Kömürler organik olgunluklarına göre linyit, alt-bitümlü kömür, bitümlü kömür ve antrasit tiplerine ayrılırlar. Linyit ve kısmen alt-bitümlü kömürler genellikle yumuşak, kırılğan ve mat görünüştedirler. Bu tip kömürlerin ana özelliği göreceli olarak yüksek nem içerirler ve karbon içerikleri düşüktür. Linyit'lerin ısı değeri düşük, barındırdığı kül ve nem miktarı fazladır ve genelde termik santrallerde yakıt olarak kullanılan kömür sıralamasında en alt sırada yer alan bir kömür çeşididir. Antrasit ve bitümlü kömürler ise genellikle sert ve parlak görünüştedirler. Göreceli olarak nem içerikleri düşük olup, karbon oranları yüksektir.

Bitümlü şistler, organik ve mineral yapıyı beraberce içeren, değişik jeolojik evreler sonucu oluşmuş sedimanter kayalardır. Bitki ve hayvan kalıntılarının kara, deniz ve göllerde birikimi, bu kalıntıların farklı jeolojik periyotlar ve kimyasal süreçler geçirmesi sonucu oluşan bu maddelerin çok az bir kısmı organik çözücülerde çözünebilmektedir. Şist petrolü ise bu kayalardan ancak termal ve kimyasal işlemler sonucu elde edilebilmektedir. Bitümlü şist oluşumunu sağlayacak başlangıç maddelerinin türü ve bu maddelerin geçirdiği evreler, meydana gelecek şistin renk, şist petrolü verimi gibi özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Organik yapıda büyük oranda liptinit maseralleri bulunmakta, bu durum ise bitümlü şist oluşumunu sağlayan karasal bitkiler, deniz ve göllerde yaşayan organizmaların lipit bakımından zengin olmalarından kaynaklanmaktadır. Kömürün yapısında bulunan vitrinit ve inertinit türü maseraller ise

yapıda bitümlü şistlerin tipine bağlı olarak farklı oranlarda bulunabilmektedir. Bitümlü şistlerin petrografik sınıflandırılması, yapıdaki liptinit yoğunluğu ve tipine bağlı olarak yapılmaktadır. Liptinit yoğunluğuna bağlı olarak iki grup bitümlü şistin varlığından söz edilir. Birinci grup bitümlü şistlerde büyük oranda liptinit maserali bulunmaktadır. Türkiye'de bulunan ve oldukça büyük rezerve sahip olan Himmetoğlu ve Çayırhan bitümlü şistleri bu gruptandır.

Petrol sıvı halinde, genellikle kahverengi, koyu yeşil veya siyah renktedir. Yoğunluğu kimyasal bileşimine ve viskozitesine bağlıdır. Kimyasal yönden oldukça karmaşık bir hidrokarbon (hidrojen ve karbon) karışımı olup, azot, oksijen ve kükürt bileşenlerini içerir. Ülkemizde üretim yapılan sahaların ortalama rezerv derinliği 4500 - 8200 ft civarındadır. Bu sahalardan üretilen petrolerin °API graviteleri incelendiğinde Batı Raman ve Raman petrolerinin °API değeri 10-25 arasında olan grupta yer aldığı görülmektedir (B.Raman : 12.90 °API ; Raman : 18.70 °API).

3.1 Himmetoğlu Kömür ve Bitümlü Şist (Şeyl) Sahası:

Sahanın kuzeyinde gözlenen konglomeratik seviyeler Himmetoğlu formasyonunun taban konglomerasını oluşturmaktadır. Birim, Kızılçay formasyonu ile Selvıınar kireçtaşlarından türemiş bileşenlerden oluşmuştur. Kızılçay formasyonuna ait kırmızı, yeşil ve sarı renkli kil taşı, kum taşı ve çamur taşı parçalarının çok küçük tane boyundan çakıl boyutuna kadar yarı yuvarlak ve yuvarlak şekillerde gözlenmesi tanelerin kaynak kayadaki konumlarına son derece benzerlik sunmaktadır. Selvıınar kireçtaşları parçaları ise daha büyük (kum - çakıl) tane boyutunda olup, köşeli şekiller sunmaktadır. Basen merkezine doğru konglomeratik seviyeler yanal geçişli bir şekilde yeşil renkli kil taşlarına geçmektedir. Sahada yapılan birçok sondajın yalnızca birkaç tanesinde gözlenebilen bu zon yeşil ve yeşilimsi renkli marn ve kil litolojilerinden oluşmaktadır. Kalınlığı hakkında bir yorum getirme olanağı bulunmayan bu zon çok plastik olup su ile temasında aşırı şişme özelliği göstermesi nedeni ile özellikle işletme aşamasında önemli güçlükler çıkartmaktadır. Linyit zonu ise killi linyit, linyit ve linyitli kil alternasından oluşmuştur. Yer yer silifiye linyitik silt ve kil taşı ara katkılar bulunan zonun genellikle üst seviyelerinde marn seviyeleri bulunmaktadır. Üretim yapılan linyit zonunun kalınlığı

genelde 5- 12 m. arasında değişmektedir. İşletilen linyit genellikle saf olmayıp kül içeriği çok yüksektir. Saf linyit tabakaları çok enderdir. Linyit rank'ı DIN standartına göre mat kahverengi linyit, ASTM standartlarına göre ise sub-bituminous-C olarak belirlenmiştir. Bitüm band'lı marn zonu linyitli zon'un hemen üzerinde yer alan bu zon, siyahımsı-kahverengi tabakalı bitümlü şist ile başlar. Kalınlığı 0.1 - 1 m. arasında değişen bu bitümlü şeyler diğer bitümlü kayalara nazaran daha yüksek oranda şeyl (şist) petrolü üretim potansiyeline sahip olup Himmetoğlu Petrollü Şeyli (HPS) olarak adlandırılmış ve bitüm band'lı marn zonu içinde değerlendirilmiştir. HPS'ni takiben kahverengi bitümlü marn, ender olarak da yeşil ve gri renkli marn, kil taşı ve silisifiye marnlar gözlenmektedir. Yer yer tüf ve çört seviyelerinde olağan olduğu bu zon içerisindeki marnlar genellikle bitümlü nadiren de steril özellik sunmaktadır. Zonun tavanı koyu renkli silisifiye kireçtaşı ile ayırt edilebilmektedir. Bitüm bandlı marn zonunun toplam kalınlığı 13.5 - 28.8 m arasında değişmektedir. Yaprak izleri ile gastropod ve ostrakod kavkılarının da ender olarak gözlendiği bu zon içerisinde gözlenen tuğla kırmızısı renkli yanmış bir kesim bulunmaktadır. Yanık zon olarak ayırt edilebilen bu birime ait genel özellikler aşığıda sunulmuştur: Kırmızımsı, kızılımsı kahverengi, san ve gri renkli kil taşı, marn veya silt taşlarından oluşan birim genel olarak Himmetoğlu formasyonunun bitümlü seviyelerinin yanması sonucu oluşmuştur. Dört ayrı zona ayrılarak incelenen Himmetoğlu formasyonunun özellikle bitüm bandı ve bitüm laminalı marn zonlarında değişik tiplerdeki tabaka içi yapılar (dereceli tabakalanma ve laminasyonlar) ile yumuşak sediman deformasyonlarının (çökme ile eş zamanlı kıvrım ve faylar, slumplar, yük çökme yapılan, alev yapılan) varlığı saptanmıştır. Özellikle organik madde çökelinin gelişebildiği tüm seviyelerde yaygın olarak gözlenen sedimanter yapı laminasyondur (TKİ, 2005).

3.2 Çayırhan Kömür ve Bitümlü Şist (Şeyl) Sahası:

Beypazarı Neojen havzasında bulunan linyit yatakları, havzanın Çayırhan ve Koyunağılı bölümlerinde yer alır. Havza içindeki linyitler Çoraklar formasyonunun alt ve üst bölümlerinde olmak üzere iki farklı seviyede oluşmuştur. Koyunağılı kömür sahası sadece üst linyit düzeyini içermesine karşın, Çayırhan yöresinde alt ve üst düzeyleri birlikte bulunur. Yöredeki kömür potansiyelinin önemli bir bölümünü içeren Çayırhan

kömür sahasının D-B yönündeki uzanımı yaklaşık 20 km'dir. Alt linyit düzeyi, işletilmekte olan üst linyit düzeyinin 150 m. altında olup, dar sayılabilecek bîr alanda yayılım gösterir. Çayırhan yöresinde yeni bulunan alt linyit düzeyinin ve işletilmekte olan üst linyitin yayılımı ve rezervinin saptanabilmesi için, MTA tarafından önceki yıllarda birçok sondaj yapılmıştır. Günümüze dek Çayırhan yöresinde yapılan sondaj sonuçlarına göre, yöredeki alt linyitlerin yaklaşık 90 milyon ton, üst linyitlerin ise 450 milyon tonluk bir toplam rezerve sahip oldukları belirlenmiştir. Bunlardan yeni bulunan alt linyit düzeyi işletilmeye açılmamış olmasına karşın, üst linyit düzeyi 1966 yılından buyana Orta Anadolu Linyitleri İşletmesi tarafından işletilmektedir. Alt linyit düzeyini oluşturan kömürler genellikle siyahımsı,yersel düzenli bantlı olup yumuşak linyit özelliğinde ve mat renklidir. İkincil mineraller çok seyrek olarak bulunur. Alt linyit düzeyi Çoraklar Formasyonunun en alt bölümünde yer alır ve saptanabilen kalınlığı en fazla 9 m.'ye ulaşır. Fiziksel özelliklerine göre yumuşak kahverengi kömür olarak isimlendirilen bu-kömürler, yüksek kül (%52), alçak sayılabilecek kükürt (% 2),düşük karbon içeriği ile ortaç düzeyde kalorifik değere (1700 kcal/kg) sahiptirler. Ancak değişik sondajlara ait incelenen karotlar, bu değerlerin yanal yönde çok hızlı sayılabilecek değişimler gösterdiğini yansıtmaktadır. Alt linyit düzeyi genellikle iki veya üç kömür katmanından yapılı olup, bunlar ince taneli kumtaşı ve silt taşından oluşan ara katkılarla birbirlerinden ayrılır. Alt linyit düzeyine ait kömür katmanları kısa sayılabilecek uzaklıklar içinde yanal yönde silt taşı, ince taneli kum taşı ve çamur taşına derecelenir. üst linyit düzeyine ait kömürler genellikle koyu kahve ile siyahımsı, düzensiz bantlı, yarı parlak ve orta düzeyde serttir. Bu kömürler çoğunlukla dissemine halde saçınmış pirit ve markasit ile çatlak dolgusu şeklinde bulunabilen jips, kalsit, epsomit ve hexahydrat mineralleri içerir. Üst linyitlerin toplam kalınlığı 3.40 ile 5.50 m arasında değişir ve genellikle iki ayrı katmandan oluşur. Alt ve Üst kömür katmanları, Çayırhan sahasının hemen her yerinde silt taşından oluşan bir ara düzeyle birbirinden ayrılır. Üst linyit düzeyine ait kömür katmanlarının kalınlığı, sondaj ve yüzey verilerine göre, 1.40 ile 2.10 m. arasında değişmektedir. Üst linyit düzeyi, Çayırhan yöresinin hemen her yerinde benzer stratigrafik ve sedimentolojik özellikler gösterir. Alt linyit düzeyinde gözlenen yanal yöndeki hızlı stratigrafik ve kalite (rank) değişimleri, üst linyitlerde görülmemektedir.Üst linyitlerin Çayırhan sahası içindeki kalorifik

değerleri 2700-3000 kcal/kg arasında değişir. Kükürt ve kül içeriği genellikle yüksek olup, ortalama kükürt % 5, kül % 41 düzeyindedir (Enerji Raporu, 2007).

3.3 Raman ve B.Raman Petrol Sahaları:

Ülkemizin önemli petrol sahalarından olan Batı Raman sahasında üretime 1961 yılında başlanmıştır. Formasyon kireçtaşı olup, orijinal rezervuar basıncı ortalama 1750 psi'dir. Ortalama gözeneklilik ve geçirgenlik değerleri 18 % ve 58 md 'dir. Sahanın ortalama sondaj derinliği 1,300 m. olup petrolü alan yaklaşık 52,160 km²'dir. Yerinde petrol miktarı 1.850.000.000 stb olup, üretilebilir petrol 185.000.000 stb'dir. Sahada bulunan toplam kuyu 304 olup bugün için çalışan petrol kuyusu 259 tane'dir. Bugünkü verilere göre sahadan alınan aylık üretim 194,600 stb olup kalan rezerv 91.000.000 stb'dir. Bölgeden üretilen petrolün °API gravitesi ortalama 13 °API olup, kükürt oranı 5,8 %, donma noktası ise 55 °F'dir. Raman sahasında ise üretime 1948 yılında başlanmıştır. Formasyon kireçtaşı olup, orijinal rezervuar basıncı ortalama 1300 psi'dir. Ortalama gözeneklilik ve geçirgenlik değerleri 14 % ve 50 md 'dir. Sahanın ortalama sondaj derinliği 1,360 m. olup petrolü alan yaklaşık 26,140 km²'dir. Yerinde petrol miktarı 600.000.000 stb olup, üretilebilir petrol 120.000.000 stb'dir. Sahada bulunan toplam kuyu 229 olup bugün için çalışan petrol kuyusu 131 tane'dir. Bugünkü verilere göre sahadan alınan aylık üretim 163,000 stb olup kalan rezerv yaklaşık 80.600.000 stb'dir. Bölgeden üretilen petrolün °API gravitesi ortalama 18 °API olup, kükürt oranı 3,4 %, donma noktası ise 18 °F'dir (TPAO, 2006).

4. Sonuçlar ve Tartışma

4.1 DSC ve TG/DTG Piroliz Deneyleri:

Proje kapsamında öncelikli olarak *Çayırhan* ve *Himmetoğlu* bölgesi kömür ve bitümlü şist numuneleri ile *Raman* ve *Batı Raman* ham petrolerinin ve karışımlarının piroliz deneyleri 10 °C/min. ısıtma hızında türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ve termogravimetri (TG-DTG) ile gerçekleştirilmiştir.

4.1.1 Petrol Numunelerinin Piroliz Deneyleri:

Raman ve Batı Raman petrollerinin termogravimetri (TG/DTG) ile 20-900 °C arasında gerçekleştirilen piroliz deneylerinde ağırlık kaybına neden olan iki farklı mekanizmanın olduğu gözlemlenmiştir. Oda sıcaklığı ile ~380 °C aralığında ağırlık kaybına bağlı olarak oluşan "evaporation" mekanizması sırasında düşük moleküler ağırlıklı türlerin distilasyonu oluşmuştur. 380 - 600 °C aralığında ise sıcaklık arttıkça büyük moleküllerin artan bir şekilde buharlaşmasına paralel olarak "cracking" bölgesi oluşmuştur (*Şekil-1*). Petrollerin mekanizmalara bağlı olarak oluşan sıcaklık aralıkları ve bu bölgelere karşılık gelen ağırlık kaybı değerleri *Tablo-1* de verilmiştir. Petrollerin türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ile 20-600 °C arasında gerçekleştirilen piroliz deneylerinde ise oda sıcaklığı ile ~375 °C arasında distilasyon bölgesi, ~380 - ~580 °C aralığında ise "cracking" bölgelerinin olduğu gözlemlenmiştir (*Şekil-2*). Petrollerin bu bölgelere karşılık gelen sıcaklık değerleri ve ısı akış hızları ise *Tablo-2* de verilmiştir.

Tablo-1 Petrollerin TGA/DTG Özellikleri

<i>Petrol</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>
Raman	25-375	155	60.00	375-575	478	27.65
Batı Raman	25-370	130	47.75	370-580	483	37.25

Tablo-2 Petrollerin DSC Özellikleri

<i>Petrol</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
Raman	25-400	39.50	400-525	114.5
Batı Raman	25-410	38.80	410-525	116.5

4.1.2 Kömür Numunelerinin Piroliz Deneyleri:

Çayırhan ve Himmetoğlu kömür numunelerinin 20-900 °C arasında termogravimetri (TG/DTG) ile gerçekleştirilen piroliz deneylerinde ağırlık kaybına neden olan farklı mekanizmaların olduğu gözlemlenmiştir. Oda sıcaklığı ile ~250 °C aralığında ağırlık kaybına bağlı olarak oluşan bu bölgede ise numunelerin nem kaybı, bağlı su kaybı ve düşük oranlarda CO ve CO₂ oluşumu gözlemlenmiştir. Bu sıcaklık aralığındaki diğer bir su kaybı ise inorganik bileşimlerden kristal suyun serbest kalmasıdır. ~200 - ~730 °C sıcaklık aralığında ise su, CO ve CO₂ oluşumuna ek olarak alifatik ve aromatik uçucu maddeler açığa çıkar. Bu da belirtilen sıcaklık aralığında alifatik bağ ve zincirlerin parçalanmasını göstermektedir [4,5]. Himmetoğlu kömür numunesinde 200-750 °C arasında tek bir reaksiyon oluşumu gözlenirken aynı sıcaklık aralığında Çayırhan kömüründe ise birbirini takip eden üç farklı reaksiyon bölgesi gözlemlenmiştir (*Şekil-3*). Kömürlerin mekanizmalara bağlı olarak oluşan sıcaklık aralıkları ve bu bölgelere karşılık gelen ağırlık kaybı değerleri *Tablo-3* 'de verilmiştir. Kömürlerin türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ile 20-700 °C arasında gerçekleştirilen piroliz deneylerinde ise oda sıcaklığı ile 150 °C arasında distilasyon bölgesi oluşmuş olup daha sonraki sıcaklık aralıklarında birbirini takip eden iki farklı reaksiyon bölgesi gözlemlenmiştir (*Şekil-4*). Kömür numunelerinin bu bölgelere karşılık gelen sıcaklık değerleri ve ısı akış hızları ise *Tablo-4* 'de verilmiştir.

Tablo-3 Kömürlerin TGA/DTG Özellikleri

Kömür	Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)	Pik Sıcaklık (°C)	Ağırlık Kaybı (%)	Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)	Pik Sıcaklık (°C)	Ağırlık Kaybı (%)
Çayırhan	25-250	120	8.60	i-250-525	i-442	i-11.35
				ii-525-610	ii-558	ii-3.00
				iii-610-730	iii-684	iii-4.35
Himmetoğlu	25-220	95	12.40	220-815	448	33.70

Tablo-4 Kömürlerin DSC Özellikleri

<i>Kömür</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
Çayırhan	25-440	39.50	440-695	114.5
Himmetoğlu	25-465	103.60	465-670	116.5

4.1.3 Bitümlü Şist Numunelerinin Piroliz Deneyleri:

Çayırhan ve Himmetoğlu bitümlü şist numunelerinin 20-900 °C arasında termogravimetri (TG/DTG) ile gerçekleştirilen piroliz deneylerinde ağırlık kaybına neden olan farklı mekanizmaların olduğu gözlemlenmiştir. Oda sıcaklığı ile ~200 °C aralığında ağırlık kaybına bağlı olarak oluşan bölgede numunelerin nem kaybı ve kil minerallerinin iç tabaka su kaybı oluşmaktadır [6]. 200-600 °C sıcaklık aralığında ise hidrokarbon maddelerin kaybı, ya da başka bir deyişle pirolitik bitümlerin ayrışması gerçekleşir. Yüksek sıcaklık ayrışması olarak bilinen sıcaklık aralığında ise (600-900 °C) kalsit, dolomit ve ankerit gibi karbonat minerallerinin ayrışması gerçekleşir (*Şekil-5*). Bitümlü şistlerin mekanizmalara bağlı olarak oluşan sıcaklık aralıkları ve bu bölgelere karşılık gelen ağırlık kaybı değerleri *Tablo-5*'de verilmiştir. Bitümlü şist numunelerinin türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ile 20-700 °C arasında gerçekleştirilen piroliz deneylerinde ise oda sıcaklığı ile 120 °C arasında distilasyon bölgesi oluşmuş olup daha sonraki sıcaklık aralıklarında birbirini takip eden iki farklı reaksiyon bölgesi gözlemlenmiştir (*Şekil-6*). Bitümlü şist numunelerinin bu bölgelere karşılık gelen sıcaklık değerleri ve ısı akış hızları ise *Tablo-6* da verilmiştir.

Tablo-5 Bitümlü Şistlerin TGA/DTG Özellikleri

<i>Bitümlü Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>
Çayırhan	25-280	120	5.95	i-280-600	i-485	i-17.05
				ii-600-755	ii-690	ii-10.05
Himmetoğlu	25-200	100	5.65	i-200-615	i-465	i-43.65
				ii-615-735	ii-675	ii-4.25

Tablo-6 Bitümlü Şistlerin DSC Özellikleri

<i>Bitümlü Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
Çayırhan	25-260	53.60	i-280-500 ii-500-590	i-125.50 ii-138.70
Himmetoğlu	25-240	57.20	i-240-475 ii-475-640	i-240.60 ii-250.70

4.1.4 Raman Petrolü ve Kömür Numunelerinin Piroliz Deneyleri:

Raman petrolü ile Çayırhan ve Himmetoğlu bölgesi kömürlerinin farklı oranlardaki (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karışımları azot (piroliz) ortamında çalışılmıştır. Raman petrolü ile Çayırhan ve Himmetoğlu kömür numunelerinin farklı oranlarda karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) termogravimetri (TG/DTG) ile 20-900 °C arasında gerçekleştirilen piroliz deneylerinde ağırlık kaybına neden olan farklı mekanizmaların olduğu gözlemlenmiştir (Şekil-7,8). Raman petrolü ve Himmetoğlu kömür numunelerinde iki farklı reaksiyon bölgesinin oluşumu gözlemlenmiştir. Çayırhan kömürünün yapısına bağlı olarak Raman petrolü ile farklı karışımlarında üç farklı reaksiyon bölgesi olduğu gözlemlenmiştir. Raman petrolü ile Çayırhan ve Himmetoğlu kömür karışımlarının mekanizmalara bağlı olarak oluşan sıcaklık aralıkları ve bu bölgelere karşılık gelen ağırlık kaybı değerleri Tablo-7'de verilmiştir. Raman petrolü ile Çayırhan ve Himmetoğlu kömür karışımların türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ile 20-700 °C arasında gerçekleştirilen piroliz deneylerinde ise oda sıcaklığı ile ~200 °C arasında distilasyon bölgesi oluşmuş olup daha sonraki sıcaklık aralıklarında birbirini takip eden farklı reaksiyon bölgesi/bölgeleri gözlemlenmiştir (Şekil-9,10). Petrol-kömür karışımlarının bu bölgelere karşılık gelen sıcaklık değerleri ve ısı akış hızları ise Tablo-8 de verilmiştir.

Tablo-7 Raman Petrol-Kömür Karışımlarının **TGA/DTG** Özellikleri
(P1:Raman Petrol; K1: Çayırhan Kömür; K2: Himmetoğlu Kömür) -Pirroliz-

<i>Raman Petrol + Çayırhan Kömür</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>
P1-K1 (0-100)	25-250	120	8.60	250-525	442	11.35
				525-730	560	7.35
P1-K1 (20-80)	25-135	n.a	9.82	135-315	164	9.82
				315-762	445	22.05
P1-K1 (40-60)	25-337	144	30.18	337-600	470	18.70
				600-803	705	5.30
P1-K1 (50-50)	25-360	81	38.61	360-585	445	18.31
				585-794	680	4.48
P1-K1 (60-40)	25-373	83	45.53	373-784	442	22.82
P1-K1 (80-20)	25-375	162	55.95	375-647	487	26.05
P1-K1 (100-0)	25-375	155	60.00	375-575	478	27.65
<i>Raman Petrol + Himmetoğlu Kömür</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>
P1-K2 (0-100)	25-220	95	12.40	220-815	448	33.70
P1-K2 (20-80)	25-276	n.a.	25.61	276-818	445	31.36
P1-K2 (40-60)	25-306	119	35.26	306-812	435	30.72
P1-K2 (50-50)	25-310	155	35.87	310-572	443	25.65
P1-K2 (60-40)	25-335	123	44.45	335-809	439	26.81
P1-K2 (80-20)	25-374	81	56.17	374-782	488	27.30
P1-K2 (100-0)	25-375	155	60.00	375-575	478	27.65

Tablo-8 Raman Petrol-Kömür Karışımlarının **DSC** Özellikleri
(P1:Raman Petrol, K1: Çayırhan Kömür; K2: Himmetoğlu Kömür) –Pirroliz-

<i>Raman Petrol + Çayırhan Kömür</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
P1-K1 (0-100)	25-438	28.47	438-623	81.60
P1-K1 (20-80)	25-477	24.49	477-690	56.52
P1-K1 (40-60)	25-462	11.99	462-677	51.23
P1-K1 (50-50)	25-470	11.28	470-700	93.93
P1-K1 (60-40)	25-464	18.81	464-640	83.83
P1-K1 (80-20)	25-464	13.59	464-692	58.82
P1-K1 (100-0)	25-520	24.11	520-657	104.2
<i>Raman Petrol + Himmetoğlu Kömür</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
P1-K2 (0-100)	25-465	41.12	465-603	118.9
P1-K2 (20-80)	25-446	13.57	446-662	56.52
P1-K2 (40-60)	25-483	13.89	483-700	51.23
P1-K2 (50-50)	25-459	20.76	459-673	93.93
P1-K2 (60-40)	25-466	10.77	466-647	83.83
P1-K2 (80-20)	25-468	11.76	468-700	58.82
P1-K2 (100-0)	25-520	24.11	520-657	104.2

4.1.5 Batı Raman Petrolü ve Kömür Numunelerinin Pirroliz Deneyleri:

Batı Raman petrolü ile *Çayırhan* ve *Himmetoğlu* bölgesi kömürlerinin farklı oranlardaki (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karışımları azot (pirroliz) ortamında çalışılmıştır. *Batı Raman* petrolü ile *Çayırhan* ve *Himmetoğlu* kömür numunelerinin farklı oranlarda karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) termogravimetri (TG/DTG) ile 20-900 °C arasında gerçekleştirilen pirroliz deneylerinde ağırlık kaybına neden olan farklı mekanizmaların olduğu gözlemlenmiştir (*Şekil-11,12*). *Batı Raman* petrolü ve *Himmetoğlu* kömür numunelerinde iki farklı reaksiyon bölgesinin oluşumu gözlemlenmiştir. *Çayırhan* kömürünün yapısına bağlı olarak *Batı Raman* petrolü ile farklı karışımlarında üç farklı reaksiyon bölgesi olduğu gözlemlenmiştir. *Batı Raman petrolü* ile *Çayırhan* ve *Himmetoğlu* kömür karışımlarının mekanizmalara bağlı olarak oluşan

sıcaklık aralıkları ve bu bölgelere karşılık gelen ağırlık kaybı değerleri *Tablo-9*'de verilmiştir.

Tablo-9 B.Raman Petrol-Kömür Karışımlarının **TGA/DTG** Özellikleri
(P2:Batı Raman Petrol; K1: Çayırhan Kömür; K2: Himmetoğlu Kömür) -Piroliz-

<i>Batı Raman Petrol + Çayırhan Kömür</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>
P2-K1 (0-100)	25-250	120	8.60	250-525	442	11.35
				525-730	558	7.35
P2-K1 (20-80)	25-306	n.a.	17.68	306-634	440	16.08
				634-800	719	5.46
P2-K1 (40-60)	25-365	144	24.51	365-800	484	27.83
P2-K1 (50-50)	25-370	n.a.	24.04	370-790	488	27.58
P2-K1 (60-40)	25-340	118	31.10	340-660	477	31.24
P2-K1 (80-20)	59-370	142	11.76	370-455	444	21.01
				455-650	487	12.53
P2-K1 (100-0)	25-370	130	47.75	370-580	483	37.25
<i>B. Raman Petrol + Himmetoğlu Kömür</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>
P2-K2 (0-100)	25-220	95	12.40	220-815	448	33.70
P2-K2 (20-80)	25-215	n.a.	10.00	215-828	462	41.23
P2-K2 (40-60)	25-243	n.a.	18.83	243-820	446	40.00
P2-K2 (50-50)	25-285	95	29.78	285-793	460	39.18
P2-K2 (60-40)	25-245	n.a.	12.34	245-830	457	53.43
P2-K2 (80-20)	25-359	122	10.56	359-735	480	57.70
P2-K2 (100-0)	25-370	130	47.75	370-580	483	37.25

Batı Raman petrolü ile Çayırhan ve Himmetoğlu kömür karışımlarının türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ile 20-700 °C arasında gerçekleştirilen piroliz deneylerinde ise oda sıcaklığı ile ~200 °C arasında distilasyon bölgesi oluşmuş olup daha sonraki

sıcaklık aralıklarında birbirini takip eden farklı reaksiyon bölgesi/bölgeleri gözlemlenmiştir (*Şekil-13,14*). Petrol-kömür karışımlarının bu bölgelere karşılık gelen sıcaklık değerleri ve ısı akış hızları ise *Tablo-10* da verilmiştir.

Tablo-10 B.Raman Petrol-Kömür Karışımlarının **DSC** Özellikleri
(P2:Batı Raman Petrol, K1: Çayırhan Kömür; K2: Himmetoğlu Kömür) -Pirroliz-

<i>Batı Raman Petrol + Çayırhan Kömür</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
P2-K1 (0-100)	25-438	28.47	438-623	81.60
P2-K1 (20-80)	25-482	23.35	482-622	59.89
P2-K1 (40-60)	25-488	18.60	488-583	43.51
P2-K1 (50-50)	25-467	17.16	487-650	46.92
P2-K1 (60-40)	25-461	15.12	461-700	44.53
P2-K1 (80-20)	25-449	18.98	449-700	53.88
P2-K1 (100-0)	25-465	19.35	465-657	115.1
<i>Batı Raman Petrol + Himmetoğlu Kömür</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
P2-K2 (0-100)	25-465	41.12	465-603	118.9
P2-K2 (20-80)	25-447	21.11	482-622	47.44
P2-K2 (40-60)	25-490	24.92	490-700	60.94
P2-K2 (50-50)	25-465	24.12	465-615	81.29
P2-K2 (60-40)	25-490	24.92	490-700	111.6
P2-K2 (80-20)	25-538	19.39	497-700	118.6
P2-K2 (100-0)	25-465	19.35	465-657	115.1

4.1.6 Raman Petrolü ve Bitümlü Şist Numunelerinin Pirroliz Deneyleri:

*Raman petrolü ile Çayırhan ve Himmetoğlu bölgesi bitümlü şistlerinin farklı oranlardaki (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karışımları azot (pirroliz) ortamında çalışılmıştır. Raman petrolü ile Çayırhan ve Himmetoğlu bitümlü şist numunelerinin farklı oranlarda karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) termogravimetri (TG/DTG) ile 20-900 °C arasında gerçekleştirilen pirroliz deneylerinde ağırlık kaybına neden olan farklı mekanizmaların olduğu gözlemlenmiştir (*Şekil-15,16*). Raman petrolü*

ve *Himmetoğlu* bitümlü şist numunelerinde iki farklı reaksiyon bölgesinin oluşumu gözlemlenmiştir. *Çayırhan* bitümlü şistlerinin yapısına bağlı olarak *Raman* petrolü ile farklı karışımlarında üç farklı reaksiyon bölgesi oluştuğu gözlemlenmiştir. *Raman petrolü* ile *Çayırhan* ve *Himmetoğlu* bitümlü şist karışımlarının mekanizmalara bağlı olarak oluşan sıcaklık aralıkları ve bu bölgelere karşılık gelen ağırlık kaybı değerleri *Tablo- 11* 'de verilmiştir.

Tablo-11 Raman Petrol-Bitümlü Şist Karışımlarının **TGA/DTG** Özellikleri
(P1:Raman Petrol; B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Pirroliz-

<i>Raman Petrol + Çayırhan B.Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>
P1-B1 (0-100)	25-280	120	5.95	280-600 600-755	485 690	17.05 10.05
P1-B1 (20-80)	25-320	124	15.10	320-585 585-780	453 700	17.65 10.00
P1-B1 (40-60)	25-375	129	40.14	375-560 560-780	480 675	20.80 5.61
P1-B1 (50-50)	25-370	174	35.83	370-632 632-788	447 713	18.19 6.89
P1-B1 (60-40)	25-365	145	27.91	365-600 600-765	477 713	18.81 8.19
P1-B1 (80-20)	25-370	102	54.39	370-620	471	26.37
P1-B1 (100-0)	25-375	155	60.00	375-575	478	27.65
<i>Raman Petrol + Himmetoğlu B.Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>
P1-B2 (0-100)	25-200	100	5.65	200-735	465	45.90
P1-B2 (20-80)	25-207	72	12.49	207-760	4470	48.53
P1-B2 (40-60)	25-220	102	5.06	220-637	468	63.53
P1-B2 (50-50)	25-223	113	19.15	223-673	471	48.14
P1-B2 (60-40)	25-245	135	26.09	245-695	463	47.67
P1-B2 (80-20)	25-352	108	48.85	352-652	463	24.91
P1-B2 (100-0)	25-375	155	60.00	375-575	478	27.65

Raman petrolü ile Çayırhan ve Himmetoğlu bitümlü şist karışımlarının türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ile 20-700 °C arasında gerçekleştirilen piroliz deneylerinde ise oda sıcaklığı ile ~200 °C arasında distilasyon bölgesi oluşmuş olup daha sonraki sıcaklık aralıklarında birbirini takip eden farklı reaksiyon bölgesi/bölgeleri gözlemlenmiştir (Şekil-17,18). Petrol-bitümlü şist karışımlarının bu bölgelere karşılık gelen sıcaklık değerleri ve ısı akış hızları ise Tablo-12 de verilmiştir.

Tablo-12 Raman Petrol-Bitümlü Şist Karışımlarının **DSC** Özellikleri (P1:Raman Petrol; B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Piroliz-

<i>Raman Petrol + Çayırhan B.Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
P1-B1 (0-100)	25-486	33.76	486-609	86.45
P1-B1 (20-80)	25-461	23.57	461-608	47.44
P1-B1 (40-60)	25-477	28.79	447-689	85.04
P1-B1 (50-50)	25-469	34.94	496-620	81.40
P1-B1 (60-40)	25-413	22.94	413-668	105.5
P1-B1 (80-20)	25-482	27.21	485-690	83.81
P1-B1 (100-0)	25-520	24.11	520-657	104.2
<i>Raman Petrol + Himmetoğlu B.Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
P1-B2 (0-100)	25-459	29.76	459-617	87.84
P1-B2 (20-80)	25-486	29.22	486-613	96.64
P1-B2 (40-60)	25-489	19.93	489-631	90.88
P1-B2 (50-50)	25-486	20.13	486-618	80.82
P1-B2 (60-40)	25-485	27.33	485-631	79.52
P1-B2 (80-20)	25-485	21.63	485-635	75.04
P1-B2 (100-0)	25-520	24.11	520-657	104.2

4.1.7 Batı Raman Petrolü ve Bitümlü Şist Numunelerinin Piroliz Deneyleri:

Batı Raman petrolü ile Çayırhan ve Himmetoğlu bölgesi bitümlü şistlerinin farklı oranlardaki (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karışımları azot (piroliz) ortamında çalışılmıştır. Batı Raman petrolü ile Çayırhan ve Himmetoğlu bitümlü şist numunelerinin farklı oranlarda karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) termogravimetri (TG/DTG) ile 20-900 °C arasında gerçekleştirilen piroliz deneylerinde ağırlık kaybına neden olan farklı mekanizmaların olduğu gözlemlenmiştir (Şekil-19,20). Batı Raman petrolü ve Himmetoğlu bitümlü şist numunelerinde iki farklı reaksiyon bölgesinin oluşumu gözlemlenmiştir. Çayırhan bitümlü şistin yapısına bağlı olarak Batı Raman petrolü ile farklı karışımlarında üç farklı reaksiyon bölgesi olduğu gözlemlenmiştir. Batı Raman petrolü ile Çayırhan ve Himmetoğlu bitümlü şist karışımlarının mekanizmalara bağlı olarak oluşan sıcaklık aralıkları ve bu bölgelere karşılık gelen ağırlık kaybı değerleri Tablo-13'de verilmiştir.

Tablo-13 Batı Raman Petrol-Bitümlü Şist Karışımlarının **TGA/DTG** Özellikleri
(P2:Batı Raman etrol; B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Piroliz-

Batı Raman Petrol + Çayırhan B.Şist	Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)	Pik Sıcaklık (°C)	Ağırlık Kaybı (%)	Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)	Pik Sıcaklık (°C)	Ağırlık Kaybı (%)
P2-B1 (0-100)	25-280	120	5.95	280-600 600-755	485 690	17.05 10.05
P2-B1 (20-80)	25-303	126	3.70	303-592 592-780	468 713	29.66 9.92
P2-B1 (40-60)	25-325	178	18.25	325-594 594-780	470 710	18.25 10.13
P2-B1 (50-50)	25-340	140	23.02	340-605 605-802	486 678	29.64 6.00
P2-B1 (60-40)	23-230	120	18.04	230-667	481	53.49
P2-B1 (80-20)	25-374	117	43.25	374-632	489	34.28
P2-B1 (100-0)	25-370	130	47.75	370-580	483	37.25

<i>Batı Raman Petrol + Himmetoğlu B. Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>
P2-B2 (0-100)	25-200	100	5.65	200-735	465	47.90
P2-B2 (20-80)	25-202	71	10.85	202-649	469	51.79
P2-B2 (40-60)	25-217	86	13.22	217-749	449	58.40
P2-B2 (50-50)	25-212	89	15.54	212-684	449	56.20
P2-B2 (60-40)	25-230	118	18.17	230-687	480	53.72
P2-B2 (80-20)	25-342	132	39.14	342-605	486	40.75
P2-B2 (100-0)	25-370	130	47.75	370-580	483	37.25

Batı Raman petrolü ile Çayırhan ve Himmetoğlu bitümlü şist karışımların türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ile 20-700 °C arasında gerçekleştirilen piroliz deneylerinde ise oda sıcaklığı ile ~180 °C arasında distilasyon bölgesi oluşmuş olup daha sonraki sıcaklık aralıklarında birbirini takip eden farklı reaksiyon bölgesi/bölgeleri gözlemlenmiştir (Şekil-21,22). Petrol-bitümlü şist karışımlarının bu bölgelere karşılık gelen sıcaklık değerleri ve ısı akış hızları ise Tablo-14 'de verilmiştir.

Tablo-14 Batı Raman Petrol-Bitümlü Şist Karışımlarının **DSC** Özellikleri
(P2:Batı Raman Petrol; B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Piroliz-

<i>Batı Raman Petrol + Çayırhan B. Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
P2-B1 (0-100)	25-486	33.76	486-609	86.45
P2-B1 (20-80)	25-461	32.81	461-612	74.12
P2-B1 (40-60)	25-483	30.19	483-665	83.94
P2-B1 (50-50)	25-487	32.59	487-644	71.69
P2-B1 (60-40)	25-489	35.22	489-669	93.94
P2-B1 (80-20)	25-489	30.32	489-677	78.45
P2-B1 (100-0)	25-465	19.35	465-657	115.1

<i>Batı Raman Petrol + Himmetoğlu B. Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
P2-B2 (0-100)	25-459	29.76	459-617	87.84
P2-B2 (20-80)	25-489	18.68	489-633	112.8
P2-B2 (40-60)	25-473	18.42	473-650	92.13
P2-B2 (50-50)	25-487	18.23	487-640	109.0
P2-B2 (60-40)	25-505	20.60	505-638	114.2
P2-B2 (80-20)	25-453	18.48	453-668	100.3
P2-B2 (100-0)	25-465	19.35	465-657	115.1

4.1.8 Çayırhan Kömürü ve Bitümlü Şist Numunelerinin Piroлиз Deneyleri:

Çayırhan bölgesi kömürüyle Çayırhan ve Himmetoğlu bölgesi bitümlü şistlerinin farklı oranlardaki (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karışımları azot (piroliz) ortamında çalışılmıştır. Çayırhan kömürü ve Çayırhan ve Himmetoğlu bölgesi bitümlü şist numunelerinin farklı oranlarda karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) termogravimetri (TG/DTG) ile 20-900 °C arasında gerçekleştirilen piroliz deneylerinde ağırlık kaybına neden olan farklı mekanizmaların oluştuğu gözlemlenmiştir (*Şekil-23,24*). Çayırhan kömürü ve Himmetoğlu bitümlü şist numunelerinde üç farklı reaksiyon bölgesinin oluşumu gözlemlenmiştir. Çayırhan bitümlü şistin yapısına bağlı olarak Çayırhan kömürü ile farklı karışımlarında üç/dört farklı reaksiyon bölgesi oluştuğu gözlemlenmiştir. Çayırhan kömürü ve Çayırhan ve Himmetoğlu bölgesi bitümlü şist karışımlarının mekanizmalara bağlı olarak oluşan sıcaklık aralıkları ve bu bölgelere karşılık gelen ağırlık kaybı değerleri *Tablo-15'* de verilmiştir.

Tablo-15 Kömür-Bitümlü Şist Karışımlarının **TGA/DTG** Özellikleri
(K1: Çayırhan Kömür; B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Pirroliz-

<i>Çayırhan Kömür + Çayırhan B.Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>
K1-B1 (0-100)	25-280	120	5.95	280-600 600-755	485 690	17.05 10.05
K1-B1 (20-80)	25-265	n.a.	6.90	265-540 540-795	438 710	13.57 12.47
K1-B1 (40-60)	25-265	118	6.77	265-530 530-740	486 685	15.08 9.10
K1-B1 (50-50)	25-265	117	7.00	265-526 526-600 600-736	485 560 688	12.91 2.36 6.39
K1-B1 (60-40)	23-265	118	7.79	265-533 533-603 603-790	488 561 690	13.34 2.00 7.67
K1-B1 (80-20)	25-265	116	7.60	265-522 522-602 602-730	480 556 690	15.72 2.82 5.39
K1-B1 (100-0)	25-250	120	8.60	250-525 525-610 610-730	442 558 684	11.35 3.00 4.35
<i>Çayırhan Kömür + Himmet. B.Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>
K1-B2 (0-100)	25-200	100	5.65	200-615 615-735	465 675	43.65 4.25
K1-B2 (20-80)	25-200	n.a.	5.75	200-655 655-758	447 688	46.16 2.47
K1-B2 (40-60)	25-208	n.a.	8.77	208-595 595-755	439 672	32.88 3.10
K1-B2 (50-50)	25-217	111	7.13	217-634 634-733	444 687	32.00 3.10
K1-B2 (60-40)	25-221	n.a.	9.25	221-635 635-785	475 676	31.59 6.77
K1-B2 (80-20)	25-235	n.a.	10.25	235-583 583-724	464 673	19.35 1.58
K1-B2 (100-0)	25-250	120	8.60	250-525 525-730	442 684	11.35 7.35

Çayırhan kömürü ve *Çayırhan* ve *Himmetoğlu* bölgesi bitümlü şist karışımlarının türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ile 20-700 °C arasında gerçekleştirilen pirroliz deneylerinde ise oda sıcaklığı ile ~150 °C arasında distilasyon bölgesi oluşmuş olup daha sonraki sıcaklık aralıklarında birbirini takip eden farklı reaksiyon bölgesi/bölgeleri gözlemlenmiştir (*Şekil-25,26*). Kömür-bitümlü şist karışımlarının bu bölgelere karşılık gelen sıcaklık değerleri ve ısı akış hızları ise *Tablo-16* da verilmiştir.

Tablo-16 Kömür-Bitümlü Şist Karışımlarının **DSC** Özellikleri
(K1: Çayırhan Kömür; B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Piröliz-

<i>Çayırhan Kömür + Çayırhan B.Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
K1-B1 (0-100)	25-486	33.76	486-609	86.45
K1-B1 (20-80)	25-453	28.89	453-606	58.39
K1-B1 (40-60)	25-462	23.05	462-618	42.56
K1-B1 (50-50)	25-445	33.71	445-592	54.65
K1-B1 (60-40)	25-439	28.72	439-602	65.08
K1-B1 (80-20)	25-465	35.42	465-640	88.97
K1-B1 (100-0)	25-438	28.47	438-623	81.60
<i>Çayırhan Kömür + Himmetoğlu B.Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
K1-B2 (0-100)	25-459	29.76	459-617	87.84
K1-B2 (20-80)	25-447	28.89	447-619	97.65
K1-B2 (40-60)	25-473	23.05	473-597	70.83
K1-B2 (50-50)	25-473	33.71	473-616	84.47
K1-B2 (60-40)	25-470	28.72	470-616	104.3
K1-B2 (80-20)	25-461	35.42	461-613	76.95
K1-B2 (100-0)	25-438	28.47	438-623	81.60

4.1.9 Himmetoğlu Kömürü ve Bitümlü Şist Numunelerinin Piröliz Deneyleri:

Himmetoğlu bölgesi kömürüyle *Çayırhan* ve *Himmetoğlu* bölgesi bitümlü şistlerinin farklı oranlardaki (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karışımları azot (piröliz) ortamında çalışılmıştır. *Himmetoğlu* kömürü ve *Çayırhan* ve *Himmetoğlu* bölgesi bitümlü şist numunelerinin farklı oranlarda karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) termogravimetri (TG/DTG) ile 20-900 °C arasında gerçekleştirilen piröliz deneylerinde ağırlık kaybına neden olan farklı mekanizmaların olduğu gözlemlenmiştir (*Şekil-27,28*). *Himmetoğlu* kömür ve *Himmetoğlu* bitümlü şist numunelerinde iki farklı reaksiyon bölgesinin oluşumu gözlemlenmiştir. *Çayırhan* bitümlü şistin yapısına bağlı olarak *Himmetoğlu* kömür ile farklı karışımlarında üç farklı reaksiyon bölgesi olduğu

gözlemlenmiştir. *Himmetoğlu* kömürü ve *Çayırhan* ve *Himmetoğlu* bölgesi bitümlü şist karışımlarının mekanizmalara bağlı olarak oluşan sıcaklık aralıkları ve bu bölgelere karşılık gelen ağırlık kaybı değerleri *Tablo-17* 'de verilmiştir.

Tablo-17 Kömür-Bitümlü Şist Karışımlarının **TGA/DTG** Özellikleri
(K2: *Himmetoğlu* Kömür; B1: *Çayırhan* Bitümlü Şist; B2: *Himmetoğlu* Bitümlü Şist) -Pirroliz-

<i>Himmetoğlu Kömür + Çayırhan B.Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölge (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>
K2-B1 (0-100)	25-280	120	5.95	280-600 600-755	485 690	17.05 10.05
K2-B1 (20-80)	25-233	117	4.21	233-592 592-754	489 691	22.54 9.36
K2-B1 (40-60)	25-237	160	9.92	237-600 600-788	436 676	19.54 10.93
K2-B1 (50-50)	25-237	122	7.97	237-585 585-764	451 676	21.42 9.05
K2-B1 (60-40)	25-238	120	14.09	238-630 630-817	403 672	25.98 12.27
K2-B1 (80-20)	25-220	120	11.6	220-605 605-770	469 643	23.97 7.10
K2-B1 (100-0)	25-220	95	12.40	220-815	448	33.70
<i>Himmetoğlu Kömür + Himmetoğlu B.Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>
K2-B2 (0-100)	25-200	100	5.65	200-615 615-735	465 675	43.65 4.25
K2-B2 (20-80)	25-198	90	7.83	198-732	444	53.17
K2-B2 (40-60)	25-200	92	9.38	200-760	451	48.83
K2-B2 (50-50)	25-207	94	14.56	207-790	445	42.60
K2-B2 (60-40)	25-210	92	9.52	210-783	445	46.17
K2-B2 (80-20)	25-210	94	13.42	210-793	449	39.53
K2-B2 (100-0)	25-220	96	12.40	220-815	448	33.70

Himmetoğlu kömürü ve *Çayırhan* ve *Himmetoğlu* bölgesi bitümlü şist karışımlarının türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ile 20-700 °C arasında gerçekleştirilen piroliz deneylerinde ise oda sıcaklığı ile ~160 °C arasında distilasyon bölgesi oluşmuş olup daha sonraki sıcaklık aralıklarında birbirini takip eden iki farklı reaksiyon bölgesi

gözlemlenmiştir (*Şekil-29,30*). Kömür-bitümlü şist karışımlarının bu bölgelere karşılık gelen sıcaklık değerleri ve ısı akış hızları ise *Tablo-18* de verilmiştir.

Tablo-18 Kömür-Bitümlü Şist Karışımlarının **DSC** Özellikleri
(K2: Himmetoğlu Kömür; B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Pirroliz-

<i>Himmetoğlu Kömür + Çayırhan B. Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
K2-B1 (0-100)	25-486	33.76	486-609	86.45
K2-B1 (20-80)	25-455	20.07	445-646	97.06
K2-B1 (40-60)	25-470	22.78	470-684	67.96
K2-B1 (50-50)	25-411	19.62	411-586	67.32
K2-B1 (60-40)	25-437	22.79	437-586	71.68
K2-B1 (80-20)	25-432	27.09	432-598	101.4
K2-B1 (100-0)	25-465	41.12	465-603	118.9
<i>Himmetoğlu Kömür + Himmetoğlu B. Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
K2-B2 (0-100)	25-459	29.76	459-617	87.84
K2-B2 (20-80)	25-445	22.44	445-613	106.0
K2-B2 (40-60)	25-441	22.16	441-608	135.7
K2-B2 (50-50)	25-443	25.32	443-600	102.7
K2-B2 (60-40)	25-469	27.08	469-612	123.3
K2-B2 (80-20)	25-439	25.39	439-611	132.8
K2-B2 (100-0)	25-465	41.12	465-603	118.9

4.1.10 Raman Petrolü ve Kömür Numunelerinin Pirroliz Deneyleri (Temizlenmiş) :

Raman Petrolü ile Çayırhan ve Himmetoğlu temiz kömür karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ile 20-700 °C arasında gerçekleştirilen deneylerde düşük sıcaklık bölgesi ve yüksek sıcaklık bölgesi olarak adlandırılan iki farklı reaksiyon bölgesi oluşmuştur (Tablo-19) (*Şekil 31-32*). Bu bölgelerde açığa çıkan ısı akış hızlarının 16.25 - 148.5 J/g. arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Aynı numunelerin farklı oranlarda karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50,

60-40 ve 80-20) termogravimetri (TG/DTG) ile 20-900 °C arasında gerçekleştirilen piroliz deneylerinde türevsel taramalı kalorimetre (DSC) deneylerinde gözlemlenen reaksiyon bölgeleri farklı sıcaklık aralıklarında oluşmuştur. Kömürlerin yapılarına bağlı olarak Raman petrolü ile farklı karışımlarında üç farklı reaksiyon bölgesi olduğu gözlemlenmiştir. Düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık bölgelerinin sıcaklık aralıkları, pik sıcaklıklar ve reaksiyon bölgelerindeki ağırlık kayıpları Tablo-20 'de verilmiştir (*Şekil 33-34*).

Tablo-19 Raman Petrol-Kömür Karışımlarının **DSC** Özellikleri

(P1:Raman Petrol, K1: Çayırhan Kömür; K2: Himmetoğlu Kömür) -Piroliz, Temizlenmiş-

<i>Raman Petrol + Çayırhan Kömür</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
P1-K1 (0-100)	25-464	35.06	464-618	141.4
P1-K1 (20-80)	25-451	21.59	451-613	111.3
P1-K1 (40-60)	25-469	26.82	469-611	107.8
P1-K1 (50-50)	25-474	16.25	474-604	114.5
P1-K1 (60-40)	25-462	23.76	462-613	126.4
P1-K1 (80-20)	25-494	34.30	494-673	141.3
P1-K1 (100-0)	25-520	24.11	520-657	104.2
<i>Raman Petrol + Himmetoğlu Kömür</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
P1-K2 (0-100)	25-468	34.46	468-627	189.4
P1-K2 (20-80)	25-456	16.33	456-644	131.4
P1-K2 (40-60)	25-488	26.09	488-656	146.7
P1-K2 (50-50)	25-482	22.78	482-669	132.9
P1-K2 (60-40)	25-478	33.81	478-667	101.6
P1-K2 (80-20)	25-526	34.06	526-664	148.5
P1-K2 (100-0)	25-520	24.11	520-657	104.2

4.1.11 Batı Raman Petrolü ve Kömür Numunelerinin Piroliz Deneyleri (Temizlenmiş) :

Batı Raman Petrolü ile Çayırhan ve Himmetoğlu temiz kömür karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ile 20-700 °C arasında gerçekleştirilen deneylerde düşük sıcaklık bölgesi ve yüksek sıcaklık bölgesi olarak adlandırılan iki farklı reaksiyon bölgesi oluşmuştur (Tablo-21), (Şekil 35-36). Bu bölgelerde açığa çıkan ısı akış hızlarının 17.41 - 209.4 J/g. arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Aynı numunelerin farklı oranlarda karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) termogravimetri (TG/DTG) ile 20-900 °C arasında gerçekleştirilen piroliz deneylerinde türevsel taramalı kalorimetre (DSC) deneylerinde gözlemlenen reaksiyon bölgeleri farklı sıcaklık aralıklarında oluşmuştur. Düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık bölgelerinin sıcaklık aralıkları, pik sıcaklıklar ve reaksiyon bölgelerindeki ağırlık kayıpları Tablo-22 'de verilmiştir (Şekil 37-38).

Tablo-20 Raman Petrol-Kömür Karışımlarının **TG/DTG** Özellikleri

(P1:Raman Petrol, K1: Çayırhan Kömür; K2: Himmetoğlu Kömür) -Piroliz, Temizlenmiş-

Raman Petrol + Çayırhan Kömür	Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)	Pik Sıcaklık (°C)	Ağırlık Kaybı (%)	Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)	Pik Sıcaklık (°C)	Ağırlık Kaybı (%)
P1-K1 (0-100)	25-236	97	8.18	236-520	440	13.60
				520-602	552	3.25
				602-724	680	4.32
P1-K1 (20-80)	25-305	95.83	12.78	305-667	454	27.57
				667-746	701	2.19
				746-837	791	2.12
P1-K1 (40-60)	25-323	170	29.03	323-627	434	21.97
				627-804	710	5.71
P1-K1 (50-50)	25-346	187	34.09	346-761	479	25.14
P1-K1 (60-40)	25-363	129	44.98	363-770	441	24.17
P1-K1 (80-20)	25-372	129	58.42	372-732	482	25.90
						27.65
P1-K1 (100-0)	25-375	155	60.00	375-575	478	

<i>Raman Petrol + Himmetoğlu K�m�r</i>	<i>D�ş�k Sıcaklık B�lgesi (�C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (�C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>	<i>Y�ksek Sıcaklık B�lgesi (�C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (�C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>
P1-K2 (0-100)	25-196	68	13.73	196-842	440	32.31
P1-K2 (20-80)	25-220	73	16.99	220-841	437	34.62
P1-K2 (40-60)	25-316	150	26.69	316-682	433	28.01
				682-838	735	2.63
P1-K2 (50-50)	25-292	155	29.41	292-817	470	21.54
P1-K2 (60-40)	25-356	134	44.97	356-742	444	26.80
P1-K2 (80-20)	25-371	128	50.32	371-611	479	24.34
				611-776	672	1.23
P1-K2 (100-0)	25-375	155	60.00	375-575	478	27.65

Tablo-21 B.Raman Petrol-K m r Karışımlarının **DSC**  zellikleri
(P2:B.Raman Petrol, K1:  ayırhan K m r; K2: Himmetoğlu K m r) -Piriliz, Temizlenmiş-

<i>B.Raman Petrol + �ayırhan K�m�r</i>	<i>D�ş�k Sıcaklık B�lgesi (�C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Y�ksek Sıcaklık B�lgesi (�C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
P2-K1 (0-100)	25-464	35.06	464-618	141.4
P2-K1 (20-80)	25-457	21.41	457-636	126.9
P2-K1 (40-60)	25-519	17.41	519-661	104.1
P2-K1 (50-50)	25-494	20.42	494-654	145.5
P2-K1 (60-40)	25-473	19.75	473-626	114.9
P2-K1 (80-20)	25-473	24.08	473-626	136.9
P2-K1 (100-0)	25-465	19.35	465-657	115.1

<i>B.Raman Petrol + Himmetoğlu K�m�r</i>	<i>D�ş�k Sıcaklık B�lgesi (�C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Y�ksek Sıcaklık B�lgesi (�C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
P2-K2 (0-100)	25-468	34.46	468-627	189.4
P2-K2 (20-80)	25-489	25.98	489-662	209.4
P2-K2 (40-60)	25-513	28.01	513-700	163.8
P2-K2 (50-50)	25-512	20.16	512-689	140.3
P2-K2 (60-40)	25-508	28.41	508-679	154.2
P2-K2 (80-20)	25-517	26.89	517-700	131.8
P2-K2 (100-0)	25-465	19.35	465-657	115.1

4.1.12 Raman Petrolü ve Bitümlü Şist Numunelerinin Piroliz Deneyleri (Temizlenmiş):

Raman Petrolü ile Çayırhan ve Himmetoğlu temiz bitümlü şist karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ile 20-700 °C arasında gerçekleştirilen deneylerde düşük sıcaklık bölgesi ve yüksek sıcaklık bölgesi olarak adlandırılan iki farklı reaksiyon bölgesi oluşmuştur (Tablo-23) (Şekil 39-40). Bu bölgelerde açığa çıkan ısı akış hızlarının kömür numuneleri oranla daha yüksek değerlere ulaştığı ve 21.93 - 183.7 J/g. arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Aynı numunelerin farklı oranlarda karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) termogravimetri (TG/DTG) ile 20-900 °C arasında gerçekleştirilen piroliz deneylerinde türevsel taramalı kalorimetre (DSC) deneylerinde gözlemlenen reaksiyon bölgeleri farklı sıcaklık aralıklarında oluşmuştur. Çayırhan bitümlü şistlerin oluşum yapılarına bağlı olarak Raman petrolü ile farklı karışımlarında üç farklı reaksiyon bölgesi olduğu gözlemlenmiştir. Düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık bölgelerinin sıcaklık aralıkları, pik sıcaklıklar ve reaksiyon bölgelerindeki ağırlık kayıpları Tablo-24 'de verilmiştir (Şekil 41-42).

Tablo-22 B.Raman Petrol-Kömür Karışımlarının TG/DTG Özellikleri
(P2:B.Raman Petrol, K1: Çayırhan Kömür; K2: Himmetoğlu Kömür) -Piroliz, TEmizlenmiş-

B.Raman Petrol + Çayırhan Kömür	Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)	Pik Sıcaklık (°C)	Ağırlık Kaybı (%)	Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)	Pik Sıcaklık (°C)	Ağırlık Kaybı (%)
P2-K1 (0-100)	25-236	97	8.18	236-520 520-602 602-724	440 552 680	13.60 3.25 4.32
P2-K1 (20-80)	25-223	65	11.47	223-623 623-846	393 706	33.82 9.19
P2-K1 (40-60)	25-337	173	25.84	337-821	475	29.98
P2-K1(50-50)	25-333	120	28.58	333-788	480	32.08
P2-K1 (60-40)	25-367	124	41.28	367-735	477	32.13
P2-K1 (80-20)	25-340	188	23.57	340-842	478	29.83
P2-K1 (100-0)	25-370	130	47.75	370-580	483	37.25

<i>B.Raman Petrol + Himmetoğlu K�m�r</i>	<i>D�ş�k Sıcaklık B�lgesi (�C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (�C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>	<i>Y�ksek Sıcaklık B�lgesi (�C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (�C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>
P2-K2 (0-100)	25-196	68	13.73	196-842	440	32.31
P2-K2 (20-80)	25-227	73	16.10	227-847	476	36.51
P2-K2 (40-60)	25-244	120	17.53	244-835	484	38.50
P2-K2 (50-50)	25-266	144	20.60	266-839	475	39.01
P2-K2 (60-40)	25-278	112	20.93	238-818	476	40.06
P2-K2 (80-20)	25-329	151	34.01	329-812	450	37.77
P2-K2 (100-0)	25-370	130	47.75	370-580	483	37.25

Tablo-23 Raman Petrol-Bit ml  Şist Karışımlarının **DSC**  zellikleri
(P1:Raman Petrol, B1:  ayırhan Bit ml  Şist; B2: Himmetoğlu Bit ml ) -Piriliz, Temizlenmiş-

<i>Raman Petrol + �ayırhan Bit�ml� Şist</i>	<i>D�ş�k Sıcaklık B�lgesi (�C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Y�ksek Sıcaklık B�lgesi (�C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
P1-B1 (0-100)	25-489	40.05	489-589	125.8
P1-B1 (20-80)	25-500	30.43	500-678	130.6
P1-B1 (40-60)	25-471	21.93	471-673	156.6
P1-B1 (50-50)	25-470	30.32	470-613	155.4
P1-B1 (60-40)	25-470	33.82	470-673	157.5
P1-B1 (80-20)	25-498	33.82	498-651	157.5
P1-B1 (100-0)	25-520	24.11	520-657	104.2

<i>Raman Petrol + Himmetoğlu Bit�ml� Şist</i>	<i>D�ş�k Sıcaklık B�lgesi (�C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Y�ksek Sıcaklık B�lgesi (�C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
P1-B2 (0-100)	25-452	35.42	452-604	156.8
P1-B2 (20-80)	25-474	24.63	474-605	154.5
P1-B2 (40-60)	25-497	30.68	497-700	183.7
P1-B2 (50-50)	25-490	29.71	490-700	163.3
P1-B2 (60-40)	25-484	32.01	484-660	165.9
P1-B2 (80-20)	25-509	24.52	509-669	126.6
P1-B2 (100-0)	25-520	24.11	520-657	104.2

4.1.13 Batı Raman Petrolü ve Bitümlü Şist Numunelerinin Piroliz Deneyleri (Temizlenmiş):

Batı Raman Petrolü ile Çayırhan ve Himmetoğlu temiz bitümlü şist karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ile 20-700 °C arasında gerçekleştirilen deneylerde düşük sıcaklık bölgesi ve yüksek sıcaklık bölgesi olarak adlandırılan iki farklı reaksiyon bölgesi oluşmuştur (Tablo-25), (Şekil 43-44). Bu bölgelerde açığa çıkan ısı akış hızlarının 18.82 - 207.5 J/g. arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Aynı numunelerin farklı oranlarda karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) termogravimetri (TG/DTG) ile 20-900 °C arasında gerçekleştirilen piroliz deneylerinde türevsel taramalı kalorimetre (DSC) deneylerinde gözlemlenen reaksiyon bölgeleri farklı sıcaklık aralıklarında oluşmuştur. Batı Raman ile Himmetoğlu bitümlü şist karışımlarında ise iki farklı reaksiyon bölgesi oluşmuştur. Düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık bölgelerinin sıcaklık aralıkları, pik sıcaklıklar ve reaksiyon bölgelerindeki ağırlık kayıpları Tablo-26 'da verilmiştir (Şekil 45-46).

Tablo-24 Raman Petrol-Bitümlü Şist Karışımlarının TG/DTG Özellikleri

(P1:Raman Petrol, B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Piroliz, Temizlenmiş-

<i>Raman Petrol + Çayırhan Bitümlü Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>
P1-B1 (0-100)	25-252	-	4.29	252-536 536-811	409 709	14.11 15.63
P1-B1 (20-80)	25-266	-	11.76	226-548 548-727	388 704	17.85 14.31
P1-B1 (40-60)	25-342	207	23.78	342-614 614-830	462 701	19.49 7.61
P1-B1 (50-50)	25-359	175	29.86	359-590 590-797	469 709	21.66 5.40
P1-B1 (60-40)	25-341	-	23.64	341-582 582-774	467 705	21.20 6.39
P1-B1 (80-20)	25-365	183	50.80	365-739	471	26.70
P1-B1 (100-0)	25-375	155	60.00	375-575	478	27.65

<i>Raman Petrol + Himmetoğlu Bitümlü Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>
P1-B2 (0-100)	25-186	-	6.90	186-757	465	52.80
P1-B2 (20-80)	25-209	-	13.96	209-757	462	53.00
P1-B2 (40-60)	25-220	104	19.54	220-758	460	49.89
P1-B2 (50-50)	25-226	114	20.56	226-773	480	52.77
P1-B2 (60-40)	25-226	137	21.80	226-776	464	53.13
P1-B2 (80-20)	25-367	94	21.80	367-779	454	53.13
P1-B2 (100-0)	25-375	155	60.00	375-575	478	27.65

Tablo-25 B.Raman Petrol-Bitümlü Şist Karışımlarının **DSC** Özellikleri
(P2:B.Raman Petrol, B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Pirroliz, Temizlenmiş-

<i>B.Raman Petrol + Çayırhan Bitümlü Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
P2-B1 (0-100)	25-489	40.05	489-589	125.8
P2-B1 (20-80)	25-455	32.45	455-678	146.2
P2-B1 (40-60)	25-505	19.24	505-665	185.0
P2-B1 (50-50)	25-499	18.82	499-688	185.6
P2-B1 (60-40)	25-498	18.84	498-659	182.3
P2-B1 (80-20)	25-524	19.22	524-688	197.3
P2-B1 (100-0)	25-465	19.35	465-657	115.1

<i>B.Raman Petrol + Himmetoğlu Bitümlü Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
P2-B2 (0-100)	25-452	35.42	452-604	156.8
P2-B2 (20-80)	25-451	28.78	451-659	189.0
P2-B2 (40-60)	25-495	25.18	495-616	183.6
P2-B2 (50-50)	25-492	26.95	492-640	190.0
P2-B2 (60-40)	25-511	26.11	511-661	191.20
P2-B2 (80-20)	25-510	28.17	510-681	207.5
P2-B2 (100-0)	25-465	19.35	465-657	115.10

4.1.14 Çayırhan Kömür ve Bitümlü Şist Numunelerinin Piroliz Deneyleri (Temizlenmiş):

Çayırhan kömürü ile Çayırhan ve Himmetoğlu temiz bitümlü şist karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ile 20-700 °C arasında gerçekleştirilen deneylerde düşük sıcaklık bölgesi ve yüksek sıcaklık bölgesi olarak adlandırılan iki farklı reaksiyon bölgesi oluşmuştur (Tablo-27), (Şekil 47-48). Bu bölgelerde açığa çıkan ısı akış hızlarının 21.35 - 136.6 J/g. arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Aynı numunelerin farklı oranlarda karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) termogravimetri (TG/DTG) ile 20-900 °C arasında gerçekleştirilen piroliz deneylerinde türevsel taramalı kalorimetre (DSC) deneylerinde gözlemlenen reaksiyon bölgeleri farklı sıcaklık aralıklarında oluşmuştur. Çayırhan bitümlü şistlerin oluşum yapılarına bağlı olarak Çayırhan kömürü ile farklı karışımlarında üç farklı reaksiyon bölgesi oluştuğu gözlemlenmiştir. Düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık bölgelerinin sıcaklık aralıkları, pik sıcaklıklar ve reaksiyon bölgelerindeki ağırlık kayıpları Tablo-28 'de verilmiştir (Şekil 49-50).

Tablo-26 B.Raman Petrol-Bitümlü Şist Karışımlarının **TG/DTG** Özellikleri
(P2:B.Raman Petrol, B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Piroliz, Temizlenmiş-

B.Raman Petrol + Çayırhan Bitümlü Şist	Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)	Pik Sıcaklık (°C)	Ağırlık Kaybı (%)	Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)	Pik Sıcaklık (°C)	Ağırlık Kaybı (%)
P2-B1 (0-100)	25-252	-	4.29	252-536 536-811	409 709	14.11 15.63
P2-B1 (20-80)	25-300	-	11.27	300-586 568-788	464 693	21.30 7.96
P2-B1 (40-60)	25-312	-	16.82	312-585 585-783	462 698	25.69 9.20
P2-B1 (50-50)	25-325	-	20.15	325-584 584-787	467 709	30.72 5.44
P2-B1 (60-40)	25-341	155	29.22	341-600 600-815	478 711	32.45 3.74
P2-B1 (80-20)	25-362	152	38.30	362-740	470	35.53
P2-B1 (100-0)	25-370	130	47.75	370-580	483	37.25

<i>B. Raman Petrol + Himmetoğlu Bitümlü Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>
P2-B2 (0-100)	25-186	-	6.90	186-757	465	52.80
P2-B2 (20-80)	25-192	-	9.98	192-721	464	53.33
P2-B2 (40-60)	25-213	119	13,11	213-768	481	56.22
P2-B2 (50-50)	25-212	123	12.83	212-782	484	57.67
P2-B2 (60-40)	25-231	106	16.63	231-769	465	56.10
P2-B2 (80-20)	25-364	152	42.29	364-772	473	34.78
P2-B2 (100-0)	25-370	130	47.75	370-580	483	37.25

Tablo-27 Kömür-Bitümlü Şist Karışımlarının **DSC** Özellikleri

(K1:Çayırhan Kömür, B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Piriliz, Temizlenmiş-

<i>Çayırhan Kömür + Çayırhan Bitümlü Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
K1-B1 (0-100)	25-489	40.05	489-589	125.8
K1-B1 (20-80)	25-479	21.35	479-674	91.17
K1-B1 (40-60)	25-472	32.81	472-676	107.3
K1-B1 (50-50)	25-459	37.84	459-611	113.2
K1-B1 (60-40)	25-461	30.80	461-599	96.49
K1-B1 (80-20)	25-496	36.78	496-615	136.6
K1-B1 (100-0)	25-464	35.06	464-618	141.4

<i>Çayırhan Kömür + Himmetoğlu Bitümlü Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
K1-B2 (0-100)	25-452	35.42	452-604	156.8
K1-B2 (20-80)	25-483	45.70	483-610	95.76
K1-B2 (40-60)	25-483	45.33	483-622	123.3
K1-B2 (50-50)	25-485	40.75	485-615	135.4
K1-B2 (60-40)	25-481	44.79	481-607	103.9
K1-B2 (80-20)	25-481	50.14	481-613	108.7
K1-B2 (100-0)	25-464	35.06	464-618	141.4

4.1.15 Himmetoğlu Kömür ve Bitümlü Şist Numunelerinin Piroliz Deneyleri (Temizlenmiş):

Himmetoğlu kömürü ile Çayırhan ve Himmetoğlu temiz bitümlü şist karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ile 20-700 °C arasında gerçekleştirilen deneylerde düşük sıcaklık bölgesi ve yüksek sıcaklık bölgesi olarak adlandırılan iki farklı reaksiyon bölgesi oluşmuştur (Tablo-29), (Şekil 51-52). Bu bölgelerde açığa çıkan ısı akış hızlarının 22.49 - 197.7 J/g. arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Aynı numunelerin farklı oranlarda karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) termogravimetri (TG/DTG) ile 20-900 °C arasında gerçekleştirilen piroliz deneylerinde türevsel taramalı kalorimetre (DSC) deneylerinde gözlemlenen reaksiyon bölgeleri farklı sıcaklık aralıklarında oluşmuştur. Çayırhan bitümlü şistlerin oluşum yapılarına bağlı olarak Himmetoğlu kömürü ile farklı karışımlarında üç farklı reaksiyon bölgesi oluştuğu gözlemlenmiştir. Düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık bölgelerinin sıcaklık aralıkları, pik sıcaklıklar ve reaksiyon bölgelerindeki ağırlık kayıpları Tablo-30 'da verilmiştir (Şekil 53-54).

Tablo-28 Kömür-Bitümlü Şist Karışımlarının TG/DTG zellikleri

(K1:Çayırhan Kömür, B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Piroliz, Temizlenmiş-

<i>Çayırhan Kömür + Çayırhan Bitümlü Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Blgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>
K1-B1 (0-100)	25-252	-	4.29	252-536	409	14.11
				536-811	709	15.63
K1-B1 (20-80)	25-256	108	5.88	256-519	475	13.25
				519-735	673	9.32
K1-B1 (40-60)	25-242	-	5.68	242-526	430	13.96
				526-627	570	4.47
K1-B1 (50-50)	25-226	-	6.12	627-829	700	9.76
				252-562	466	16.35
K1-B1 (60-40)	25-228	-	6.25	562-812	671	8.95
				228-563	471	15.66
K1-B1 (80-20)	25-235	-	7.06	563-814	677	8.64
				235-577	466	15.59
K1-B1 (0-100)	25-236	97	8.18	577-822	675	15.63
				236-520	440	13.60
				520-602	552	3.25
				602-724	680	4.32

<i>Çayırhan Kömür + Himmetoğlu Bitümlü Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>
K1-B2 (0-100)	25-186	-	6.90	187-757	465	52.80
K1-B2 (20-80)	25-195	-	6.49	195-795	467	50.36
K1-B2 (40-60)	25-202	-	7.73	202-823	465	43.88
K1-B2 (50-50)	25-202	-	8.04	202-805	466	38.90
K1-B2 (60-40)	25-204	-	7.90	204-806	463	39.82
K1-B2 (80-20)	25-221	-	5.30	221-794	460	31.02
K1-B2 (100-0)	25-236	97	8.18	236-602 602-724	440 680	16.85 4.32

Tablo-29 Kömür-Bitümlü Şist Karışımlarının **DSC** Özellikleri
(K2: Himmetoğlu Kömür, B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Pirroliz, Temizlenmiş-

<i>Himmetoğlu Kömür + Çayırhan Bitümlü Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
K2-B1 (0-100)	25-489	40.05	489-589	125.8
K2-B1 (20-80)	25-458	41.99	458-637	117.4
K2-B1 (40-60)	25-510	49.45	510-669	197.7
K2-B1 (50-50)	25-458	22.49	458-634	189.3
K2-B1 (60-40)	25-464	48.35	464-680	173.0
K2-B1 (80-20)	25-460	25.01	460-588	145.2
K2-B1 (100-0)	25-468	34.46	468-627	189.4

<i>Himmetoğlu Kömür + Himmetoğlu Bitümlü Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
K2-B2 (0-100)	25-452	35.42	452-604	156.8
K2-B2 (20-80)	25-501	25.56	501-608	84.39
K2-B2 (40-60)	25-494	36.41	494-630	108.6
K2-B2 (50-50)	25-492	26.73	492-630	177.4
K2-B2 (60-40)	25-492	33.27	492-653	172.5
K2-B2 (80-20)	25-467	33.15	467-630	197.2
K2-B2 (100-0)	25-468	34.46	468-627	189.4

4.1.16 Petrol, Kömür ve Bitümlü Şist Numunelerinin Piroliz Deneyleri (Orijinal - Temizlenmiş):

Raman ve B.Raman petroleri, Çayırhan kömür ve Çayırhan bitümlü şistlerinin orijinal ve temizlenmiş eşit oranlardaki karışımların (% 33 petrol, % 33 kömür ve % 33 bitümlü şist) türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ile 20-700 °C arasında gerçekleştirilen piroliz deneylerinde düşük sıcaklık bölgesi ve yüksek sıcaklık bölgesi olarak adlandırılan iki farklı reaksiyon bölgesi oluşmuştur (Tablo-31) (Şekil 55-56, 57-58). Bu bölgelerde açığa çıkan ısı akış hızlarının orijinal karışımlarda 8.45 - 218.3 J/g. temizlenmiş karışımlarda ise 12.18 - 188.8 J/g. arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Aynı numunelerin eşit oranlardaki orijinal ve temizlenmiş karışımlarının (% 33 petrol, % 33 kömür ve % 33 bitümlü şist) termogravimetri (TG/DTG) ile 20-900 °C arasında gerçekleştirilen piroliz deneylerinde türevsel taramalı kalorimetre (DSC) deneylerinde gözlemlenen reaksiyon bölgeleri farklı sıcaklık aralıklarında oluşmuştur. Düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık bölgelerinin sıcaklık aralıkları, pik sıcaklıklar ve reaksiyon bölgelerindeki ağırlık kayıpları Tablo-32 'de verilmiştir (Şekil 59-60, 61-62).

Tablo-30 Kömür-Bitümlü Şist Karışımlarının **TGA/DTG** Özellikleri

(K1:Çayırhan Kömür, K2: Himmetoğlu Kömür B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist) -Piroliz, Temizlenmiş-

Himmetoğlu Çayırhan Şist	Kömür+ Bitümlü	Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)	Pik Sıcaklık (°C)	Ağırlık Kaybı (%)	Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)	Pik Sıcaklık (°C)	Ağırlık Kaybı (%)
K2-B1 (0-100)		25-252	-	4.29	252-536 536-811	409 709	14.11 15.63
K2-B1 (20-80)		25-213	-	5.82	213-588	470	18.68
K2-B1 (40-60)		25-201	-	6.93	201-590 590-806	475 683	19.23 8.42
K2-B1 (50-50)		25-198	-	7.30	198-595 595-819	480 680	19.52 7.97
K2-B1 (60-40)		25-201	64	9.38	201-823 588-817	464 676	19.62 7.77
K2-B1 (80-20)		25-193	69	10.80	193-594 594-822	466 632	20.88 6.91
K2-B1 (100-0)		25-196	68	13.73	196-842	440	32.31

<i>Himmetoğlu Kmr+ Himmetoğlu Bitml Şist</i>	<i>DŐk Sıcaklık Blgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>	<i>Yksek Sıcaklık Blgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>
K2-B2 (0-100)	25-186	-	6.90	186-757	465	52.80
K2-B2 (20-80)	25-192	62	7.66	192-769	460	48.99
K2-B2 (40-60)	25-191	60	8.65	192-847	460	45.85
K2-B2 (50-50)	25-193	-	6.83	193-877	450	41.19
K2-B2 (60-40)	25-193	-	8.95	193-813	465	32.85
K2-B2 (80-20)	25-195	-	6.34	195-809	482	46.21
K2-B2 (100-0)	25-196	68	13.73	196-842	440	32.31

Tablo-31 Petrol-Kmr ve Bitml Şist Karışımlarının **DSC** zellikleri -Pirroliz- Orijinal
(P1:Raman Petrol; P2:B.Raman Petrol; K1: Ćayırhan Kmr; K2: Himmetođlu Kmr B1: Ćayırhan Bitml Őist;
B2: Himmetoğlu Bitml Şist)

<i>Petrol + Kmr + Bitml Şist</i>	<i>DŐk Sıcaklık Blgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>	<i>Yksek Sıcaklık Blgesi (°C)</i>	<i>Isı Akış Hızı (J/g)</i>
P1-K1-B1	25-441	11.56	441-694	180.3
P1-K1-B2	25-455	16.23	455-661	186.9
P1-K2-B1	25-450	22.33	450-660	218.3
P1-K2-B2	25-471	8.45	471-640	186.2
P2-K1-B1	25-471	14.86	471-649	155.5
P2-K1-B2	24-477	13.78	477-636	191.3
P2-K2-B1	25-468	10.48	468-635	214.9
P2-K2-B2	25-480	14.40	480-671	184.4
P1-K1-B1 (Clean)	25-464	18.35	464-650	132.5
P1-K1-B2 (Clean)	25-482	15.19	482-620	126.7
P1-K2-B1 (Clean)	25-466	24.07	466-638	165.9
P1-K2-B2 (Clean)	25-493	12.41	493-630	188.9
P2-K1-B1 (Clean)	25-479	18.28	479-618	124.9
P2-K1-B2 (Clean)	25-485	12.18	485-627	151.4
P2-K2-B1 (Clean)	25-478	26.51	478-639	132.0
P2-K2-B2 (Clean)	25-489	15.43	489-651	147.2

Tablo-32 Petrol-Kömür ve Bitümlü Şist Karışımlarının **TG/DTG** Özellikleri -Pirroliz- Temizlenmiş (P1:Raman Petrol; P2:B.Raman Petrol; K1: Çayırhan Kömür; K2: Himmetoğlu Kömür B1: Çayırhan Bitümlü Şist; B2: Himmetoğlu Bitümlü Şist)

<i>Petrol + Kömür + Bitümlü Şist</i>	<i>Düşük Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>	<i>Yüksek Sıcaklık Bölgesi (°C)</i>	<i>Pik Sıcaklık (°C)</i>	<i>Ağırlık Kaybı (%)</i>
P1-K1-B1	25-347	97	24.56	347-618 618-789	456 693	17.12 7.58
P1-K1-B2	25-235	84	16.38	235-628 628-753	445 681	38.22 3.05
P1-K2-B1	25-327	79	26.69	327-603 603-771	485 685	22.49 6.12
P1-K2-B2	25-227	74	19.88	227-789	451	43.95
P2-K1-B1	25-276	129	15.93	276-604 604-797	484 677	24.17 9.69
P2-K1-B2	25-213	-	12.25	213-645 645-822	471 704	39.85 6.97
P2-K2-B1	25-229	-	15.08	229-608 608-797	444 686	31.46 6.8
P2-K2-B2	25-218	-	15.27	218-794	439	45.42
P1-K1-B1 (Clean)	25-319	125	20.20	319-565 565-706	441 658	18.05 4.44
P1-K1-B2 (Clean)	25-227	104	11.79	227-661	464	35.62
P1-K2-B1 (Clean)	25-316	140	17.83	316-598 598-736	477 679	19.51 3.98
P1-K2-B2 (Clean)	25-224	112	13.19	224-708	467	38.95
P2-K1-B1 (Clean)	25-289	152	14.95	289-594 594-766	465 708	27.57 6.38
P2-K1-B2 (Clean)	25-233	121	12.72	233-679	472	46.35
P2-K2-B1 (Clean)	25-295	176	18.20	295-616 616-757	464 705	29.59 5.51
P2-K2-B2 (Clean)	25-213	104	11.84	213-760	465	50.9

4.2 DSC ve TG/DTG Yanma Deneyleri:

Proje kapsamında bu aşamada *Çayırhan* ve *Himmetoğlu* bölgesi kömür ve bitümlü şist numuneleri ile *Raman* ve *Batı Raman* ham petrollerinin ve karışımlarının yanma deneyleri 10 °C/min. ısıtma hızında türevsel taramalı kalorimetre (DSC) ve termogravimetri (TG-DTG) ile gerçekleştirilmiştir.

4.2.1 Petrol Numunelerinin Yanma Deneyleri:

Raman ve B.Raman petrollerinin türevsel taramalı kalorimetre (DSC, 20-650 °C) ve termogravimetri (TG-DTG, 20-900 °C) ile gerçekleştirilen deneylerde, düşük sıcaklık oksitlenmesi (low temperature oxidation, HTO), yakıt depolaması (fuel deposition, FD) ve yüksek sıcaklık oksitlenmesi (high temperature oxidation, HTO), olarak bilinen üç farklı reaksiyon bölgesinin oluştuğu gözlemlenmiştir (*Şekil 63-64*). Petrolerin yanma reaksiyonları sonucu oluşan farklı reaksiyon bölgelerinin sıcaklık aralıkları Tablo-33 ve 34 de verilmiştir. Petrolerin °API gravitesi azaldıkça yüksek sıcaklık oksitlenmesi bölge sıcaklık aralıklarının, ağırlık kaybının ve ısı akış hızlarının arttığı gözlemlenmiştir.

Tablo-33 Petrolerin DSC Analizleri

Petrol	LTO (°C)	HTO (°C)	Isı Akış Hızı - HTO, (J/g)
Raman	25-348	412-542	11564
Batı Raman	25-374	450-544	13037

Tablo-34 Petrolerin TG/DTG Analizleri

Petrol	LTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)	FD+HTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)
Raman	25-394	48.8	394-610	33.5
Batı Raman	25-382	46.2	382-610	50.5

4.2.2 Kömür Numunelerinin Yanma Deneyleri (Orijinal-Temizlenmiş):

Kömür numunelerinin yanması sonucu oluşan reaksiyon, yakıtın yapısı, sıcak ve oksijen miktarı ile düzenlenmektedir. Genel olarak 25-350 °C arasında kömürler fenolik yapılarındaki bozulma, karboksil ve karbonil grupların oksitlenmesiyle suyunu kaybetmeye başlar. 350 °C civarında karbondioksitin ve hidrojenin çıkışıyla birincil karbonizasyon başlar. Sıcaklığın artmasıyla da metan ve diğer düşük karbonlu alifatikler, hidrojen,

karbonmonoksit ve alkil aromatikler ortaya çıkarlar. Çayırhan ve Himmetoğlu kömür numunelerinin türevsel taramalı kalorimetre (DSC, 20-650 °C) ve termogravimetri (TG-DTG, 20-900 °C) ile gerçekleştirilen deneylerinde, belirtilen sıcaklık aralıklarında reaksiyon bölgelerinin oluştuğu gözlemlenmiştir. Temzilenmiş kömür numunelerinde ise Himmetoğlu kömür numunesinde tek bir reaksiyon bölgesi oluşmuştur olup; Çayırhan kömürünün yapısından dolayı farklı sıcaklık aralıklarında iki reaksiyon bölgesi hem orijinal hemde temzilenmiş numunelerde gözlemlenmiştir (*Şekil 65-68*). Orijinal ve temzilenmiş kömür numunelerinin yanma reaksiyonları sonucu oluşan farklı reaksiyon bölgelerinin sıcaklık aralıkları Tablo-35 ve 36 da verilmiştir. Beklenildiği gibi temzilenmiş kömür numunelerini ısı akış hızlarında artışlar gözlemlenmiştir.

Tablo-35 Kömürlerin DSC Analizleri

Kömür	Yanma Sıcaklık Bölgesi (°C)	Isı Akış Hızı (J/g)
Çayırhan	274-518	4360
Çayırhan (Temiz)	262-495	5115
Himmetoğlu	352-526	5480
Himmetoğlu (Temiz)	345-444	6098

Tablo-36 Kömürlerin TG/DTG Analizleri

Kömür	LTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)	HTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)
Çayırhan	25-215	5.3	215-643	36.3
			643-791	0.7
Çayırhan (Temiz)	25-200	4.7	200-610	79.6
			610-791	0.7
Himmetoğlu	25-200	11.7	200-500	67.5
			500-705	7.6
Himmetoğlu (Temiz)	25-205	11.8	200-600	70.8

4.2.3 Bitümlü Şist Numunelerinin Yanma Deneyleri (Orijinal-Temizlenmiş):

Bitümlü şist numunelerinin yanması sonucu oluşan reaksiyon aynı kömür numunelerinde olduğu gibi, yakıtın yapısı, sıcak ve oksijen miktarı ile düzenlenmektedir. Hava ortamında bitümlü şistlerin ısıl analizi inorganik (mineral) ve organik (kerojen+bitümen) bileşenlerinin özelliklerinin belirlenmesine yardımcı olur. Türevsel taramalı kalorimetre (DSC, 20-650 °C) ile gerçekleştirilen deneylerde iki farklı reaksiyon bölgesini oluşumu gözlemlenmiştir. Yüksek kalorifik değeri ve düşük on-set sıcaklık özelliğinden dolayı Himmetoğlu bitümlü şisti yüksek kaliteli bir yakıt olarak

değerlendirilmektedir. Termogravimetri (TG-DTG, 20-900 °C) ile gerçekleştirilen deneylerde ise belirli sıcaklık aralıklarında farklı reaksiyon bölgelerinin oluştuğu gözlemlenmiştir. Temzilenmiş bitümlü şist numunelerinde ise Himmetoğlu numunesinde daha yüksek sıcaklık aralığında tek bir reaksiyon bölgesi oluşmuştur olup; Çayırhan bitümlü şist numunesinin yapısından dolayı farklı sıcaklık aralıklarında orijinal numunedeki iki reaksiyon bölgesi temizlenmiş numunede yüksek sıcaklık bölgesinde tek bir sıcaklık aralığı gözlemlenmiştir (*Şekil 69-72*). Orijinal ve temizlenmiş bitümlü şist numunelerinin yanma reaksiyonları sonucu oluşan farklı reaksiyon bölgelerinin sıcaklık aralıkları Tablo-37 ve 38 'de verilmiştir. Beklenildiği gibi temizlenmiş bitümlü şist numunelerinin ısı akış hızlarında artışlar gözlemlenmiştir.

Tablo-37 Bitümlü Şistlerin DSC Analizleri

Bitümlü Şist	Yanma Sıcaklık Bölgesi (°C)	Isı Akış Hızı (J/g)
Çayırhan	237-498	2898
Çayırhan (Temiz)	247-491	2904
Himmetoğlu	306-493	3084
Himmetoğlu (Temiz)	409-504	3648

Tablo-38 Bitümlü Şistlerin TG/DTG Analizleri

Bitümlü Şist	LTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)	HTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)
Çayırhan	25-223	4.8	223-542	17.9
			542-755	10.9
Çayırhan (Temiz)	25-206	3.5	206-545	20.7
			545-755	10.3
Himmetoğlu	25-194	5.1	194-389	25.9
			389-460	23.5
			460-716	22.0
Himmetoğlu (Temiz)	25-190	5.1	190-663	76.3

4.2.4 Raman Petrol ve Kömür Numunelerinin Yanma Deneyleri (Orijinal-Temizlenmiş):

Raman petrolü ile Çayırhan kömür karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40, 80-20) türevsel taramalı kalorimetre (DSC, 20-650 °C) ile gerçekleştirilen deneylerinde, düşük sıcaklık bölgesi ve yüksek sıcaklık bölgesi olarak adlandırılan iki farklı reaksiyon bölgesinin oluştuğu gözlemlenmiştir (*Şekil 73-74*). Karışımlardaki petrol oranının artışı genel olarak yanma reaksiyon bölgesinin oluşum sıcaklıklarını arttırmış olup, karışımlardaki petrol oranına bağlı olarak ısı akış hızlarında artışlar

gözlemlenmiştir (Tablo-39). Aynı zamanda temizlenmiş kömür numuneleri ile hazırlanan karışımlarda tüm numunelerin ısı akış hızlarında artışlar bulunmuştur. Termogravimetri (TG-DTG, 20-900 °C) ile gerçekleştirilen deneylerde ise belirli sıcaklık aralıklarında iki farklı reaksiyon bölgesinin olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 75-76). Birinci reaksiyon bölgesinde ortalama ağırlık kaybı orijinal numunelerle hazırlanan karışımlarda % 38 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 29 olarak belirlenmiştir. Yüksek sıcaklık bölgesinde ise; ortalama ağırlık kaybı orijinal numunelerle hazırlanan karışımlarda % 35 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 38 olarak belirlenmiştir (Tablo-40).

Tablo-39 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının DSC Analizleri

Karışımlar	Yanma Sıcaklık Bölgesi (°C)	Isı Akış Hızı (J/g)
P1-K1 (20-80)	315-500	4639
<i>P1-K1 (20-80) - Temiz</i>	<i>271-503</i>	<i>5230</i>
P1-K1 (40-60)	354-514	4686
<i>P1-K1 (40-60) - Temiz</i>	<i>401-510</i>	<i>5476</i>
P1-K1 (50-50)	367-518	4731
<i>P1-K1 (50-50) - Temiz</i>	<i>426-508</i>	<i>6205</i>
P1-K1 (60-40)	381-501	7085
<i>P1-K1 (60-40) - Temiz</i>	<i>408-532</i>	<i>7346</i>
P1-K1 (80-20)	334-519	8810
<i>P1-K1 (80-20) - Temiz</i>	<i>360-535</i>	<i>10580</i>

Tablo-40 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının TG/DTG Analizleri

Karışımlar	LTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)	HTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)
P1-K1 (20-80)	25-216	13.5	216-661	40.6
<i>P1-K1 (20-80) - Temiz</i>	<i>25-227</i>	<i>10.5</i>	<i>227-598</i>	<i>47.1</i>
P1-K1 (40-60)	25-376	34.4	346-590	34.8
<i>P1-K1 (40-60) - Temiz</i>	<i>25-387</i>	<i>30.9</i>	<i>387-650</i>	<i>36.9</i>
P1-K1 (50-50)	25-400	35.9	400-594	32.3
<i>P1-K1 (50-50) - Temiz</i>	<i>25-382</i>	<i>55.6</i>	<i>382-620</i>	<i>35.0</i>
P1-K1 (60-40)	25-390	49.4	390-598	32.7
<i>P1-K1 (60-40) - Temiz</i>	<i>25-378</i>	<i>47.5</i>	<i>378-640</i>	<i>35.4</i>
P1-K1 (80-20)	25-385	54.3	383-604	32.8
<i>P1-K1 (80-20) - Temiz</i>	<i>25-386</i>	<i>49.5</i>	<i>386-644</i>	<i>34.8</i>

Raman petrolü ile Himmetoğlu kömür karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40, 80-20) türevsel taramalı kalorimetre (DSC, 20-650 °C) ile gerçekleştirilen

deneylerinde, düşük sıcaklık bölgesi ve yüksek sıcaklık bölgesi (yanma) olarak adlandırılan iki farklı reaksiyon bölgesinin olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 77-78). Karışımlardaki petrol oranının artışı genel olarak yanma reaksiyon bölgesinin oluşum sıcaklıklarını arttırmış olup, karışımlardaki petrol oranına bağlı olarak ısı akış hızlarındada artışlar gözlemlenmiştir (Tablo-41). Termogravimetri (TG-DTG, 20-900 °C) ile gerçekleştirilen deneylerde ise belirli sıcaklık aralıklarında iki farklı reaksiyon bölgesinin olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 79-80). Birinci reaksiyon bölgesinde ortalama ağırlık kaybı orijinal numunlerle hazırlanan karışımlarda % 42 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 36 olarak belirlenmiştir. Yüksek sıcaklık bölgesinde ise; ortalama ağırlık kaybı orijinal numunlerle hazırlanan karışımlarda % 44 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 49 olarak belirlenmiştir (Tablo-42).

Tablo-41 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının DSC Analizleri

Karışımlar	Yanma Sıcaklık Bölgesi (°C)	Isı Akış Hızı (J/g)
P1-K2 (20-80)	375-537	5495
<i>P1-K2 (20-80) - Temiz</i>	<i>392-452</i>	<i>5475</i>
P1-K2 (40-60)	414-505	6723
<i>P1-K2 (40-60) - Temiz</i>	<i>424-524</i>	<i>8395</i>
P1-K2 (50-50)	406-520	7226
<i>P1-K2 (50-50) - Temiz</i>	<i>470-520</i>	<i>9065</i>
P1-K2 (60-40)	443-530	7452
<i>P1-K2 (60-40) - Temiz</i>	<i>446-532</i>	<i>9635</i>
P1-K2 (80-20)	300-553	7918
<i>P1-K2 (80-20) - Temiz</i>	<i>389-544</i>	<i>9693</i>

Tablo-42 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının TG/DTG Analizleri

Karışımlar	LTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)	HTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)
P1-K2 (20-80)	25-356	29.7	356-697	47.00
<i>P1-K2 (20-80) - Temiz</i>	<i>25-356</i>	<i>23.8</i>	<i>356-550</i>	<i>56.5</i>
P1-K2 (40-60)	25-407	36.4	407-617	44.1
<i>P1-K2 (40-60) - Temiz</i>	<i>25-366</i>	<i>25.3</i>	<i>366-608</i>	<i>45.2</i>
P1-K2 (50-50)	25-374	43.6	374-642	47.6
<i>P1-K2 (50-50) - Temiz</i>	<i>25-373</i>	<i>33.7</i>	<i>373-618</i>	<i>54.2</i>
P1-K2 (60-40)	25-398	52.1	398-627	40.1
<i>P1-K2 (60-40) - Temiz</i>	<i>25-378</i>	<i>42.5</i>	<i>378-634</i>	<i>45.3</i>
P1-K2 (80-20)	25-376	51.3	376-646	40.0
<i>P1-K2 (80-20) - Temiz</i>	<i>25-385</i>	<i>56.0</i>	<i>385-617</i>	<i>35.1</i>

4.2.5 Raman Petrol ve Bitümlü Şist Numunelerinin Yanma Deneyleri (Orijinal-Temizlenmiş):

Raman petrolü ile Çayırhan bitümlü şist karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40, 80-20) türevsel taramalı kalorimetre (DSC, 20-650 °C) ile gerçekleştirilen deneylerinde, düşük sıcaklık bölgesi ve yüksek sıcaklık bölgesi olarak adlandırılan iki farklı reaksiyon bölgesinin oluştuğu gözlemlenmiştir (*Şekil 81-82*). Karışımlardaki petrol oranının artışının genel olarak yanma reaksiyon bölgesinin oluşum sıcaklıklarını arttırdığı; yine karışımlardaki petrol oranına bağlı olarak ısı akış hızlarındada artışlar gözlemlenmiştir. Aynı zamanda temizlenmiş kömür numuneleri ile hazırlanan karışımlarda petrol oranının artışına bağlı olarak numunelerin ısı akış hızlarında artışlar bulunmuştur (Tablo-43). Termogravimetri (TG-DTG, 20-900 °C) ile gerçekleştirilen deneylerde ise düşük sıcaklık oksidasyon bölgesinin dışında yanma bölgesinde belirli sıcaklık aralıklarında iki farklı reaksiyon bölgesinin oluştuğu gözlemlenmiştir (*Şekil 83-84*). Birinci reaksiyon bölgesinde (düşük sıcaklık oksidasyonu) ortalama ağırlık kaybı orijinal numunelerle hazırlanan karışımlarda % 41 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 28 olarak belirlenmiştir. Yüksek sıcaklık bölgesinde ise; ortalama ağırlık kaybı orijinal numunelerle hazırlanan karışımlarda % 32 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 29 olarak belirlenmiştir (Tablo-44).

Tablo-43 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının DSC Analizleri

Karışımlar	Yanma Sıcaklık Bölgesi (°C)	Isı Akış Hızı (J/g)
P1-B1 (20-80)	256-502	3022
<i>P1-B1 (20-80) - Temiz</i>	<i>288-484</i>	<i>3774</i>
P1-B1 (40-60)	281-522	3347
<i>P1-B1 (40-60) - Temiz</i>	<i>383-515</i>	<i>3564</i>
P1-B1 (50-50)	301-539	3838
<i>P1-B1 (50-50) - Temiz</i>	<i>366-531</i>	<i>5373</i>
P1-B1 (60-40)	298-553	5487
<i>P1-B1 (60-40) - Temiz</i>	<i>404-513</i>	<i>6435</i>
P1-B1 (80-20)	300-534	8343
<i>P1-B1 (80-20) - Temiz</i>	<i>428-537</i>	<i>8415</i>

Tablo-44 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının TG/DTG Analizleri

Karışımlar	LTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)	HTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)
P1-B1 (20-80)	25-393	48.8	393-656	33.4
<i>P1-B1 (20-80) - Temiz</i>	<i>25-235</i>	<i>9.3</i>	<i>235-558</i>	<i>24.9</i>
			<i>558-715</i>	<i>6.7</i>
P1-B1 (40-60)	25-402	31.6	402-582	23.1
			582-751	5.3
<i>P1-B1 (40-60) - Temiz</i>	<i>25-394</i>	<i>22.5</i>	<i>394-603</i>	<i>23.2</i>
			<i>603-735</i>	<i>3.1</i>
P1-B1 (50-50)	25-393	33.4	393-601	28.5
			601-723	4.5
<i>P1-B1 (50-50) - Temiz</i>	<i>25-388</i>	<i>28.6</i>	<i>388-511</i>	<i>20.2</i>
			<i>511-740</i>	<i>9.9</i>
P1-B1 (60-40)	25-374	44.2	374-603	32.6
			603-701	1.7
<i>P1-B1 (60-40) - Temiz</i>	<i>25-388</i>	<i>25.8</i>	<i>388-611</i>	<i>25.5</i>
			<i>611-727</i>	<i>3.2</i>
P1-B1 (80-20)	25-378	46.3	378-712	34.7
<i>P1-B1 (80-20) - Temiz</i>	<i>25-387</i>	<i>57.1</i>	<i>387-796</i>	<i>30.9</i>

Raman petrolü ile Himmetoğlu bitümlü şist karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40, 80-20) türevsel taramalı kalorimetre (DSC, 20-650 °C) ile gerçekleştirilen deneylerinde, düşük sıcaklık bölgesi ve yüksek sıcaklık bölgesi olarak adlandırılan iki farklı reaksiyon bölgesinin olduğu gözlemlenmiştir (*Şekil 85-86*). Karışımlardaki petrol oranının artışı genel olarak yanma reaksiyon bölgesinin oluşum sıcaklıklarını arttırdığı; yine karışımlardaki petrol oranına bağlı olarak ısı akış hızlarında artışlar gözlemlenmiştir. Aynı zamanda temizlenmiş kömür numuneleri ile hazırlanan karışımlarda petrol oranının artışına bağlı olarak numunelerin ısı akış hızlarında artışlar bulunmuştur (Tablo-45). Termogravimetri (TG-DTG, 20-900 °C) ile gerçekleştirilen deneylerde ise belirli sıcaklık aralıklarında iki farklı reaksiyon bölgesinin olduğu gözlemlenmiştir (*Şekil 87-88*). Düşük sıcaklık oksidasyonu bölgesinde ortalama ağırlık kaybı orijinal numunelerle hazırlanan karışımlarda % 40 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 36 olarak belirlenmiştir. Yüksek sıcaklık bölgesinde ise; ortalama ağırlık kaybı orijinal numunelerle hazırlanan karışımlarda % 44 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 45 olarak belirlenmiştir (Tablo-46).

Tablo-45 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının DSC Analizleri

Karışımlar	Yanma Sıcaklık Bölgesi (°C)	Isı Akış Hızı (J/g)
P1-B2 (20-80)	432-487	3480
<i>P1-B2 (20-80) - Temiz</i>	<i>471-486</i>	<i>3507</i>
P1-B2 (40-60)	431-504	3604
<i>P1-B2 (40-60) - Temiz</i>	<i>475-507</i>	<i>3869</i>
P1-B2 (50-50)	430-492	3980
<i>P1-B2 (50-50) - Temiz</i>	<i>483-510</i>	<i>3916</i>
P1-B2 (60-40)	363-536	6015
<i>P1-B2 (60-40) - Temiz</i>	<i>447-535</i>	<i>6695</i>
P1-B2 (80-20)	369-537	6909
<i>P1-B2 (80-20) - Temiz</i>	<i>357-532</i>	<i>7523</i>

Tablo-46 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının TG/DTG Analizleri

Karışımlar	LTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)	HTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)
P1-B2 (20-80)	25-394	33.2	394-627	50.3
<i>P1-B2 (20-80) - Temiz</i>	<i>25-392</i>	<i>26.0</i>	<i>392-561</i>	<i>48.6</i>
P1-B2 (40-60)	25-393	28.3	393-610	38.2
<i>P1-B2 (40-60) - Temiz</i>	<i>25-389</i>	<i>33.5</i>	<i>389-583</i>	<i>48.7</i>
P1-B2 (50-50)	25-396	37.9	396-613	47.6
<i>P1-B2 (50-50) - Temiz</i>	<i>25-394</i>	<i>35.5</i>	<i>394-608</i>	<i>49.5</i>
P1-B2 (60-40)	25-387	49.2	387-627	47.2
<i>P1-B2 (60-40) - Temiz</i>	<i>25-367</i>	<i>38.2</i>	<i>367-609</i>	<i>42.5</i>
P1-B2 (80-20)	25-371	52.0	371-624	40.3
<i>P1-B2 (80-20) - Temiz</i>	<i>25-385</i>	<i>57.2</i>	<i>385-628</i>	<i>37.0</i>

4.2.6 Batı Raman Petrol ve Kömür Numunelerinin Yanma Deneyleri (Orijinal-Temizlenmiş):

Batı Raman petrolü ile Çayırhan kömür karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40, 80-20) türevsel taramalı kalorimetre (DSC, 20-650 °C) ile gerçekleştirilen deneylerinde, tıpkı Raman Petrolü ile gerçekleştirilen deneylerde olduğu gibi düşük sıcaklık bölgesi ve yüksek sıcaklık bölgesi olarak adlandırılan iki farklı reaksiyon bölgesinin olduğu gözlemlenmiştir (*Şekil 89-90*). Karışımlardaki petrol oranının artışı genel olarak yanma reaksiyon bölgesinin oluşum sıcaklıklarını arttırmış olup, karışımlardaki petrol oranına bağlı olarak ısı akış hızlarında artışlar gözlemlenmiştir (Tablo-47). Aynı zamanda temizlenmiş kömür numuneleri ile hazırlanan karışımlarda tüm numunelerin ısı akış hızlarında artışlar bulunmuştur. Termogravimetri (TG-DTG, 20-900 °C) ile gerçekleştirilen deneylerde ise belirli sıcaklık aralıklarında iki farklı reaksiyon

bölgesinin oluştuğu gözlemlenmiştir (*Şekil 91-92*). Birinci reaksiyon bölgesinde ortalama ağırlık kaybı orijinal numunlerle hazırlanan karışımlarda % 32 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 27 olarak belirlenmiştir. Yüksek sıcaklık bölgesinde ise; ortalama ağırlık kaybı orijinal numunlerle hazırlanan karışımlarda % 43 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 44 olarak belirlenmiştir (Tablo-48).

Tablo-47 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının DSC Analizleri

Karışımlar	Yanma Sıcaklık Bölgesi (°C)	Isı Akış Hızı (J/g)
P2-K1 (20-80)	286-514	5980
P2-K1 (20-80) - Temiz	315-502	6378
P2-K1 (40-60)	404-531	6013
P2-K1 (40-60) - Temiz	464-520	6726
P2-K1 (50-50)	410-530	6054
P2-K1 (50-50) - Temiz	442-528	6075
P2-K1 (60-40)	370-520	8253
P2-K1 (60-40) - Temiz	386-542	8325
P2-K1 (80-20)	374-537	8622
P2-K1 (80-20) - Temiz	430-530	9100

Tablo-48 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının TG/DTG Analizleri

Karışımlar	LTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)	HTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)
P2-K1 (20-80)	25-324	12.2	324-698	44.6
P2-K1 (20-80) - Temiz	25-203	10.2	203-636	50.4
P2-K1 (40-60)	25-373	24.7	373-705	41.8
P2-K1 (40-60) - Temiz	25-379	29.4	390-608	41.3
P2-K1 (50-50)	25-369	27.1	369-701	38.0
P2-K1 (50-50) - Temiz	25-390	29.4	390-608	41.3
P2-K1 (60-40)	25-391	45.8	391-614	46.6
P2-K1 (60-40) - Temiz	25-383	44.5	383-618	40.1
P2-K1 (80-20)	25-380	52.0	380-751	44.8
P2-K1 (80-20) - Temiz	25-380	23.1	380-634	40.1

Batı Raman petrolü ile Himmetoğlu kömür karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40, 80-20) türevsel taramalı kalorimetre (DSC, 20-650 °C) ile gerçekleştirilen deneylerinde, tıpkı Raman Petrolü ile gerçekleştirilen deneylerde olduğu gibi düşük sıcaklık bölgesi ve yüksek sıcaklık bölgesi olarak adlandırılan iki farklı reaksiyon bölgesinin oluştuğu gözlemlenmiştir (*Şekil 93-94*). Karışımlardaki petrol oranının artışı

genel olarak yanma reaksiyon bölgesinin oluşum sıcaklıklarını arttırmış olup, karışımlardaki petrol oranına bağlı olarak ısı akış hızlarındada artışlar gözlemlenmiştir (Tablo-49). Aynı zamanda temizlenmiş kömür numuneleri ile hazırlanan karışımlarda tüm numunelerin ısı akış hızlarında artışlar bulunmuştur. Original karışımlardaki petrol oranının artışı yanma sıcaklık bölgesindeki reaksiyonun oluşum sıcaklıklarının azalmasına neden olduğu tesbit edilmiştir. Temizlenmiş kömür numuneleri ile hazırlanan karışımlarda petrol oranının artması ile beklenen yüksek ısı akış değerlerindeki göreceli düşüş ise deneysel hata (karışımın hazırlanması v.b.) olarak yorumlanmıştır. Termogravimetri (TG-DTG, 20-900 °C) ile gerçekleştirilen deneylerde ise belirli sıcaklık aralıklarında iki farklı reaksiyon bölgesinin oluştuğu gözlemlenmiştir (Şekil 95-96). Birinci reaksiyon bölgesinde ortalama ağırlık kaybı orijinal numunelerle hazırlanan karışımlarda % 32 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 27 olarak belirlenmiştir. Yüksek sıcaklık bölgesinde ise; ortalama ağırlık kaybı orijinal numunelerle hazırlanan karışımlarda % 43 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 44 olarak belirlenmiştir (Tablo-50).

Tablo-49 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının DSC Analizleri

Karışımlar	Yanma Sıcaklık Bölgesi (°C)	Isı Akış Hızı (J/g)
P2-K2 (20-80)	423-468	5243
P2-K2 (20-80) - Temiz	423-511	5688
P2-K2 (40-60)	469-507	6717
P2-K2 (40-60) - Temiz	482-511	7340
P2-K2 (50-50)	423-536	7035
P2-K2 (50-50) - Temiz	482-514	7336
P2-K2 (60-40)	381-542	8827
P2-K2 (60-40) - Temiz	469-522	8414
P2-K2 (80-20)	365-543	10293
P2-K2 (80-20) - Temiz	401-545	9650

Tablo-50 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının TG/DTG Analizleri

Karışımlar	LTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)	HTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)
P2-K2 (20-80)	25-375	35.3	375-676	55.0
P2-K2 (20-80) - Temiz	25-349	22.1	349-555	57.7
P2-K2 (40-60)	25-378	33.4	378-617	51.9
P2-K2 (40-60) - Temiz	25-367	25.5	367-627	55.8
P2-K2 (50-50)	25-379	32.7	379-648	45.7
P2-K2 (50-50) - Temiz	25-376	23.2	376-621	47.9
P2-K2 (60-40)	25-377	46.7	377-619	49.0
P2-K2 (60-40) - Temiz	25-370	29.3	370-624	51.7
P2-K2 (80-20)	25-385	47.8	385-637	48.9
P2-K2 (80-20) - Temiz	25-391	36.4	391-635	43.9

4.2.7 Batı Raman Petrol ve Bitümlü Şist Numunelerinin Yanma Deneyleri (Orijinal-Temizlenmiş):

Batı Raman petrolü ile Çayırhan bitümlü şist karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40, 80-20) türevsel taramalı kalorimetre (DSC, 20-650 °C) ile gerçekleştirilen deneylerinde, düşük sıcaklık bölgesi ve yüksek sıcaklık bölgesi olarak adlandırılan iki farklı reaksiyon bölgesinin oluştuğu gözlemlenmiştir (*Şekil 97-98*). Petrol-bitümlü şist karışımların ısı akış hızları genel olarak petrol-kömür karışımlarına göre daha düşük olmasına rağmen, karışımlardaki petrol oranının artışının genel olarak yanma reaksiyon bölgesinin oluşum sıcaklıklarını arttırdığı; yine karışımlardaki petrol oranına bağlı olarak ısı akış hızlarında artışlar gözlemlenmiştir. Aynı zamanda temizlenmiş bitümlü şist numuneleri ile hazırlanan karışımlarda petrol oranının artışına bağlı olarak numunelerin ısı akış hızlarında artışlar bulunmuştur (Tablo-51). Termogravimetri (TG-DTG, 20-900 °C) ile gerçekleştirilen deneylerde ise düşük sıcaklık oksidasyon bölgesinin dışında yanma bölgesinde belirli sıcaklık aralıklarında iki farklı reaksiyon bölgesinin oluştuğu gözlemlenmiştir. Birinci reaksiyon bölgesinde (düşük sıcaklık oksidasyonu) ortalama ağırlık kaybı orijinal numunelerle hazırlanan karışımlarda % 25 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 41 olarak belirlenmiştir. Yüksek sıcaklık bölgesinde ise; ortalama ağırlık kaybı orijinal numunelerle hazırlanan karışımlarda % 39 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 44 olarak belirlenmiştir (Tablo-52). Orijinal bitümlü şist numuneleri ile hazırlanan karışımlarda yüksek sıcaklık oksidasyonu bölgesinde birbirini takip eden reaksiyon oluşmuştur (*Şekil 99-100*). Ancak

temizlenmiş numunelerle yapılan deneylerde ise tek bir yüksek sıcaklık oksidasyon bölgesi oluşmuştur.

Tablo-51 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının DSC Analizleri

Karışımlar	Yanma Sıcaklık Bölgesi (°C)	Isı Akış Hızı (J/g)
P2-B1 (20-80)	247-533	3428
P2-B1 (20-80) - Temiz	207-475	5397
P2-B1 (40-60)	365-535	4028
P2-B1 (40-60) - Temiz	412-530	5834
P2-B1 (50-50)	380-538	4111
P2-B1 (50-50) - Temiz	415-530	6214
P2-B1 (60-40)	389-543	4350
P2-B1 (60-40) - Temiz	370-534	6830
P2-B1 (80-20)	367-561	5715
P2-B1 (80-20) - Temiz	369-537	7231

Tablo-52 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının TG/DTG Analizi

Karışımlar	LTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)	HTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)
P2-B1 (20-80)	25-393	16.7	393-538	17.1
			538-732	8.2
P2-B1 (20-80) - Temiz	25-471	30.1	471-706	10.6
P2-B1 (40-60)	25-387	18.1	387-594	28.7
			594-731	6.4
P2-B1 (40-60) - Temiz	25-378	29.8	378-729	36.8
P2-B1 (50-50)	25-370	14.4	370-498	22.3
			498-727	19.3
P2-B1 (50-50) - Temiz	25-384	23.4	384-729	40.8
P2-B1 (60-40)	25-361	30.8	361-511	26.5
			511-728	15.5
P2-B1 (60-40) - Temiz	25-390	29.2	390-686	39.3
P2-B1 (80-20)	25-388	45.9	388-693	39.1
P2-B1 (80-20) - Temiz	25-393	46.3	382-751	50.5

Batı Raman petrolü ile Himmetoğlu bitümlü şist karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40, 80-20) türevsel taramalı kalorimetre (DSC, 20-650 °C) ile gerçekleştirilen deneylerinde, düşük sıcaklık bölgesi ve yüksek sıcaklık bölgesi olarak adlandırılan iki farklı reaksiyon bölgesinin oluştuğu gözlemlenmiştir (*Şekil 101-102*). Petrol-bitümlü şist karışımlarının ısı akış hızları genel olarak petrol-kömür karışımlarına göre daha düşük olmasına rağmen, karışımlardaki petrol oranının artışının genel olarak yanma reaksiyon

bölgesinin oluşum sıcaklıklarını arttırdığı; yine karışımlardaki petrol oranına bağlı olarak ısı akış hızlarında artışlar gözlemlenmiştir. Aynı zamanda temizlenmiş bitümlü şist numuneleri ile hazırlanan karışımlarda petrol oranının artışına bağlı olarak numunelerin ısı akış hızlarında artışlar bulunmuştur (Tablo-53). Termogravimetri (TG-DTG, 20-900 °C) ile gerçekleştirilen deneylerde ise düşük sıcaklık oksidasyon bölgesinin dışında yanma bölgesinde belirli sıcaklık aralıklarında iki farklı reaksiyon bölgesinin olduğu gözlemlenmiştir. Birinci reaksiyon bölgesinde (düşük sıcaklık oksidasyonu) ortalama ağırlık kaybı orijinal numunelerle hazırlanan karışımlarda % 30 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 28 olarak belirlenmiştir (Şekil 103-104). Yüksek sıcaklık bölgesinde ise; ortalama ağırlık kaybı orijinal numunelerle hazırlanan karışımlarda % 49 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 51 olarak belirlenmiştir (Tablo-54).

Tablo-53 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının DSC Analizi

Karışımlar	Yanma Sıcaklık Bölgesi (°C)	Isı Akış Hızı (J/g)
P2-B2 (20-80)	414-513	3189
P2-B2 (20-80) - Temiz	435-492	4021
P2-B2 (40-60)	471-502	3488
P2-B2 (40-60) - Temiz	423-513	4399
P2-B2 (50-50)	415-502	4725
P2-B2 (50-50) - Temiz	482-526	4399
P2-B2 (60-40)	430-540	6057
P2-B2 (60-40) - Temiz	399-541	6434
P2-B2 (80-20)	371-541	7436
P2-B2 (80-20) - Temiz	372-549	7785

Tablo-54 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının TG/DTG Analizi

Karışımlar	LTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)	HTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)
P2-B2 (20-80)	25-399	23.8	399-591	42.9
P2-B2 (20-80) - Temiz	25-384	27.4	384-552	53.8
P2-B2 (40-60)	25-396	28.1	396-607	51.7
P2-B2 (40-60) - Temiz	25-295	18.1	295-374	48.4
P2-B2 (50-50)	25-396	28.1	396-613	49.2
P2-B2 (50-50) - Temiz	25-364	24.7	364-600	55.3
P2-B2 (60-40)	25-364	27.3	364-627	56.3
P2-B2 (60-40) - Temiz	25-379	24.6	379-614	49.1
P2-B2 (80-20)	25-383	46.1	383-610	43.5
P2-B2 (80-20) - Temiz	25-381	43.15	381-630	49.1

4.2.8 Çayırhan Kömür ve Bitümlü Şist Numunelerinin Yanma Deneyleri (Orijinal-Temizlenmiş):

Çayırhan kömürü ile Çayırhan bitümlü şist karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40, 80-20) türevsel taramalı kalorimetre (DSC, 20-650 °C) ile gerçekleştirilen deneylerinde, düşük sıcaklık bölgesi ve yüksek sıcaklık bölgesi olarak adlandırılan iki farklı reaksiyon bölgesinin olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 105-106). Kömür-bitümlü şist karışımlarının ısı akış hızları genel olarak petrol-kömür ve/veya petrol-bitümlü şist karışımlarına göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda temizlenmiş kömür-bitümlü şist numuneleri ile hazırlanan karışımlarda orijinal numunelere göre daha yüksek ısı akış hızları gözlemlenmiştir (Tablo-55). Termogravimetri (TG-DTG, 20-900 °C) ile gerçekleştirilen deneylerde ise düşük sıcaklık oksidasyon bölgesinin dışında yanma bölgesinde tüm karışım oranlarında belirli sıcaklık aralıklarında iki farklı reaksiyon bölgesinin olduğu gözlemlenmiştir. Birinci reaksiyon bölgesinde (düşük sıcaklık oksidasyonu) ortalama ağırlık kaybı orijinal numunelerle hazırlanan karışımlarda % 6 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 5 olarak belirlenmiştir. Yüksek sıcaklık bölgesinde ise; ortalama ağırlık kaybı orijinal numunelerle hazırlanan karışımlarda % 31 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 38 olarak belirlenmiştir (Tablo-56). Düşük sıcaklık oksidasyonu bölgesinde ağırlık kaybının düşük olması gerçek yanma olayının yüksek sıcaklık bölgesinde birbirini takip eden iki farklı reaksiyonla ortaya çıktığını göstermektedir (Şekil 107-108).

Tablo-55 Çayırhan Kömürü (K1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının DSC Analizleri

Karışımlar	Yanma Sıcaklık Bölgesi (°C)	Isı Akış Hızı (J/g)
K1-B1 (20-80)	254-505	3320
K1-B1 (20-80) - Temiz	258-483	3629
K1-B1 (40-60)	241-470	4171
K1-B1 (40-60) - Temiz	259-497	3813
K1-B1 (50-50)	248-488	4267
K1-B1 (50-50) - Temiz	257-491	4559
K1-B1 (60-40)	259-496	4389
K1-B1 (60-40) - Temiz	258-502	5113
K1-B1 (80-20)	258-496	4587
K1-B1 (80-20) - Temiz	268-491	5502

Tablo-56 Çayırhan Kömürü (K1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının TG/DTG Analizleri

Karışımlar	LTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)	HTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)
K1-B1 (20-80)	25-206	4.0	206-545	21.4
			545-840	7.2
K1-B1 (20-80) - Temiz	25-225	4.4	225-542	25.3
			542-718	8.4
K1-B1 (40-60)	25-230	6.2	230-592	23.4
			592-720	5.0
K1-B1 (40-60) - Temiz	25-208	4.5	207-505	29.6
			505-736	6.0
K1-B1 (50-50)	25-229	6.2	229-673	26.7
			673-801	6.1
K1-B1 (50-50) - Temiz	25-215	4.1	215-546	26.7
			546-717	6.6
K1-B1 (60-40)	25-232	6.7	232-600	27.3
			600-814	2.6
K1-B1 (60-40) - Temiz	25-206	5.9	206-546	35.9
			546-717	6.6
K1-B1 (80-20)	25-225	8.4	225-594	30.4
			594-765	3.4
K1-B1 (80-20) - Temiz	25-207	6.3	207-605	42.6
			605-709	2.5

Çayırhan kömürü ile Himmetoğlu bitümlü şist karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40, 80-20) türevsel taramalı kalorimetre (DSC, 20-650 °C) ile gerçekleştirilen deneylerinde, düşük sıcaklık bölgesi ve yüksek sıcaklık bölgesi olarak adlandırılan iki farklı reaksiyon bölgesinin olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 109-110). Bu yakıt türünde'de kömür-bitümlü şist karışımlarının ısı akış hızlarının genel olarak petrol-kömür ve/veya petrol-bitümlü şist karışımlarına göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda temizlenmiş kömür-bitümlü şist numuneleri ile hazırlanan karışımlarda orijinal numunelere göre daha yüksek ısı akış hızları gözlemlenmiştir (Tablo-57). Termogravimetri (TG-DTG, 20-900 °C) ile gerçekleştirilen deneylerde ise düşük sıcaklık oksidasyon bölgesinin dışında yanma bölgesinde orijinal numunelerle hazırlanan tüm karışım oranlarında belirli sıcaklık aralıklarında iki farklı reaksiyon bölgesinin olduğu gözlemlenmiştir. Temiz numunelerle hazırlanan karışımlarda ise tek bir yüksek sıcaklık oksidasyonu bölgesi gözlemlenmiştir. Birinci reaksiyon bölgesinde (düşük sıcaklık oksidasyonu) ortalama ağırlık kaybı orijinal ve temizlenmiş numunelerle hazırlanan karışımlarda % 5 olarak belirlenmiştir. Yüksek sıcaklık bölgesinde ise; ortalama ağırlık

kaybı orijinal numunlerle hazırlanan karışımlarda % 45 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 58 olarak belirlenmiştir (Tablo-58). Düşük sıcaklık oksidasyonu bölgesinde ağırlık kaybının düşük olması gerçek yanma olayının yüksek sıcaklık bölgesinde birbirini takip eden iki farklı reaksiyonla ortaya çıktığını göstermektedir (*Şekil 111-112*).

Tablo-57 Çayırhan Kömürü (K1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının DSC Analizleri

Karışımlar	Yanma Sıcaklık Bölgesi (°C)	Isı Akış Hızı (J/g)
K1-B2 (20-80)	290-491	2917
K1-B2 (20-80) - Temiz	314-493	3443
K1-B2 (40-60)	240-498	3217
K1-B2 (40-60) - Temiz	350-504	3651
K1-B2 (50-50)	291-493	3728
K1-B2 (50-50) - Temiz	317-498	3824
K1-B2 (60-40)	280-502	4157
K1-B2 (60-40) - Temiz	284-497	4470
K1-B2 (80-20)	278-507	4937
K1-B2 (80-20) - Temiz	327-496	4621

Tablo-58 Çayırhan Kömürü (K1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının TG/DTG Analizleri

Karışımlar	LTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)	HTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)
K1-B2 (20-80)	25-200	4.7	200-473	43.8
			473-691	9.4
K1-B2 (20-80) - Temiz	25-188	5.3	188-657	73.5
K1-B2 (40-60)	25-199	4.4	199-597	46.2
			597-709	1.0
K1-B2 (40-60) - Temiz	25-195	4.6	195-850	58.1
K1-B2 (50-50)	25-206	5.9	206-742	51.1
K1-B2 (50-50) - Temiz	25-200	4.6	200-706	60.1
K1-B2 (60-40)	25-208	5.7	206-608	40.1
			608-777	0.3
K1-B2 (60-40) - Temiz	25-197	5.7	197-710	50.0
K1-B2 (80-20)	25-226	6.6	226-753	36.4
K1-B2 (80-20) - Temiz	25-178	5.9	178-648	49.8
			648-840	1.3

4.2.9 Himmetoğlu Kömür ve Bitümlü Şist Numunelerinin Yanma Deneyleri (Orijinal-Temizlenmiş):

Himmetoğlu kömürü ile Çayırhan bitümlü şist karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40, 80-20) türevsel taramalı kalorimetre (DSC, 20-650 °C) ile gerçekleştirilen deneylerinde, düşük sıcaklık bölgesi ve yüksek sıcaklık bölgesi olarak adlandırılan iki farklı reaksiyon bölgesinin oluştuğu gözlemlenmiştir (Şekil 113-114). Bu yakıt türünde'de kömür-bitümlü şist karışımlarının ısı akış hızlarının genel olarak petrol-kömür ve/veya petrol-bitümlü şist karışımlarına göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda temizlenmiş kömür-bitümlü şist numuneleri ile hazırlanan karışımlarda orijinal numunelere göre daha yüksek ısı akış hızları gözlemlenmiştir (Tablo-59). Termogravimetri (TG-DTG, 20-900 °C) ile gerçekleştirilen deneylerde ise düşük sıcaklık oksidasyon bölgesinin dışında yanma bölgesinde orijinal ve temizlenmiş numunelerle hazırlanan tüm karışım oranlarında belirli sıcaklık aralıklarında iki farklı reaksiyon bölgesinin oluştuğu gözlemlenmiştir. Birinci reaksiyon bölgesinde (düşük sıcaklık oksidasyonu) ortalama ağırlık kaybı orijinal numunelerle hazırlanan karışımlarda % 9 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmiş karışımlarda % 8 olarak belirlenmiştir (Şekil 115-116). Yüksek sıcaklık bölgesinde ise; ortalama ağırlık kaybı orijinal numunelerle hazırlanan karışımlarda % 47 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmiş karışımlarda % 50 olarak belirlenmiştir (Tablo-60).

Tablo-59 Himmetoğlu Kömürü (K2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının DSC Analizleri

Karışımlar	Yanma Sıcaklık Bölgesi (°C)	Isı Akış Hızı (J/g)
K2-B1 (20-80)	268-511	4854
K2-B1 (20-80) - Temiz	271-462	4988
K2-B1 (40-60)	293-515	4629
K2-B1 (40-60) - Temiz	276-472	4788
K2-B1 (50-50)	313-497	4778
K2-B1 (50-50) - Temiz	309-497	4867
K2-B1 (60-40)	317-536	4862
K2-B1 (60-40) - Temiz	294-475	5723
K2-B1 (80-20)	314-524	6013
K2-B1 (80-20) - Temiz	341-460	6612

Tablo-60 Himmetoğlu Kömürü (K2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının TG/DTG Analizleri

Karışımlar	LTO (�C)	Ağırlık Kaybı (%)	HTO (�C)	Ağırlık Kaybı (%)
K2-B1 (20-80)	25-204	6.2	204-595	30.2
			595-725	6.5
K2-B1 (20-80) - Temiz	25-224	6.2	224-612	28.9
			612-777	4.4
K2-B1 (40-60)	25-199	8.6	199-508	37.3
			508-768	8.3
K2-B1 (40-60) - Temiz	25-204	8.6	204-545	36.9
			545-711	7.1
K2-B1 (50-50)	25-207	7.4	207-508	35.9
			508-702	8.0
K2-B1 (50-50) - Temiz	25-200	6.7	200-554	44.2
			554-739	6.3
K2-B1 (60-40)	25-210	9.3	210-711	50.5
K2-B1 (60-40) - Temiz	25-196	8.9	196-594	57.2
			594-713	3.3
K2-B1 (80-20)	25-218	13.6	218-502	54.5
			502-632	6.1
K2-B1 (80-20) - Temiz	25-204	9.9	204-590	60.8
			590-697	4.8

Himmetoğlu kömürü ile Himmetoğlu bitümlü Şist karışımlarının (20-80, 40-60, 50-50, 60-40, 80-20) türevsel taramalı kalorimetre (DSC, 20-650  C) ile gerçekleştirilen deneylerinde, d Őuk sıcaklık bölgesi ve yüksek sıcaklık bölgesi olarak adlandırılan iki farklı reaksiyon bölgesinin oluştuğu gözlemlenmiştir (*Şekil 117-118*). Bu yakıt türünde'de kömür-bitümlü Şist karışımlarının ısı akış hızlarının genel olarak petrol-kömür ve/veya petrol-bitümlü Şist karışımlarına göre daha d Őuk olduğu gözlemlenmiştir. Diğer tüm kömür-bitümlü Şist numunelerinde olduğu gibi temizlenmiş kömür-bitümlü Şist numuneleri ile hazırlanan karışımlarda orijinal numunelere göre daha yüksek ısı akış hızları gözlemlenmiştir (Tablo-61). Termogravimetri (TG-DTG, 20-900  C) ile gerçekleştirilen deneylerde ise d Őuk sıcaklık oksidasyon bölgesinin dışında yanma bölgesinde orijinal numunelerle hazırlanan tüm karışım oranlarında belirli sıcaklık aralıklarında iki farklı reaksiyon bölgesinin oluştuğu gözlemlenmiştir. Temiz numunelerle hazırlanan karışımlarda ise tek bir yüksek sıcaklık oksidasyonu bölgesi gözlemlenmiştir. Birinci reaksiyon bölgesinde (d Őuk sıcaklık oksidasyonu) ortalama ağırlık kaybı orijinal

numunlerle hazırlanan karışımlarda % 30 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 27 olarak belirlenmiştir (*Şekil 119-120*). Yüksek sıcaklık bölgesinde ise; ortalama ağırlık kaybı orijinal numunlerle hazırlanan karışımlarda % 43 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 44 olarak belirlenmiştir (Tablo-62).

Tablo-61 Himmetoğlu Kömürü (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının DSC Analizleri

Karışımlar	Yanma Sıcaklık Bölgesi (°C)	Isı Akış Hızı (J/g)
K2-B2 (20-80)	373-533	3724
K2-B2 (20-80) - Temiz	348-503	5227
K2-B2 (40-60)	331-459	4405
K2-B2 (40-60) - Temiz	307-500	5160
K2-B2 (50-50)	349-502	4713
K2-B2 (50-50) - Temiz	310-505	5353
K2-B2 (60-40)	354-533	5882
K2-B2 (60-40) - Temiz	310-498	5777
K2-B2 (80-20)	352-527	6725
K2-B2 (80-20) - Temiz	383-502	6874

Tablo-62 Himmetoğlu Kömürü (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının TG/DTG Analizleri

Karışımlar	LTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)	HTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)
K2-B2 (20-80)	25-193	7.9	193-476	61.7
			476-692	16.3
K2-B2 (20-80) - Temiz	25-166	5.9	166-645	74.9
K2-B2 (40-60)	25-201	9.9	201-466	59.5
			466-620	21.2
K2-B2 (40-60) - Temiz	25-198	6.3	198-653	73.1
K2-B2 (50-50)	25-193	11.8	193-482	60.4
			482-728	11.7
K2-B2 (50-50) - Temiz	25-187	8.3	187-663	73.6
K2-B2 (60-40)	25-195	9.8	195-489	66.8
			489-651	10.1
K2-B2 (60-40) - Temiz	25-188	9.5	188-642	81.5
K2-B2 (80-20)	25-194	15.1	194-481	56.4
			481-614	11.3
K2-B2 (80-20) - Temiz	25-190	6.5	190-636	79.1

4.2.10 Petrol, Kömür ve Bitümlü Şist Karışımlarının Yanma Deneyleri (Orijinal-Temizlenmiş):

Raman Petrol, Çayırhan-Kömür, Çayırhan Bitümlü Şist, Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist karışımlarının (33-33-33) türevsel taramalı kalorimetre (DSC, 20-650 °C) ile gerçekleştirilen deneylerinde, düşük sıcaklık bölgesi ve yüksek sıcaklık bölgesi olarak adlandırılan iki farklı reaksiyon bölgesinin oluştuğu gözlemlenmiştir (*Şekil 121-122*). Bu üçlü karışımların orijinal numunelerde ısı akış hızlarının 3476-6129 J/g; temizlenmiş numunelerde ise 4561-7235 J/g arasında değiştiği gözlemlenmiştir (Tablo-63). Termogravimetri (TG-DTG, 20-900 °C) ile gerçekleştirilen deneylerde ise yanma bölgesinde Çayırhan bitümlü şist ile hazırlanan orijinal ve temizlenmiş karışımlarda birbirini takip eden iki reaksiyon oluştuğu gözlemlenmiştir. Birinci reaksiyon bölgesinde (düşük sıcaklık oksidasyonu) ortalama ağırlık kaybı orijinal numunelerle hazırlanan karışımlarda % 10 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 7 olarak belirlenmiştir (*Şekil 123-124*). Yüksek sıcaklık bölgesinde ise; ortalama ağırlık kaybı orijinal numunelerle hazırlanan karışımlarda % 71 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 76 olarak belirlenmiştir (Tablo-64).

Tablo-63 Raman Petrol (P1) + Çayırhan Kömür (K1) + Çayırhan Bitümlü Şist (B1) + Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının DSC Analizleri

Karışımlar	Yanma Sıcaklık Bölgesi (°C)	Isı Akış Hızı (J/g)
P1-K1-B1 (33-33-33)	391-517	3476
P1-K1-B1 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	357-499	4561
P1-K1-B2 (33-33-33)	419-507	5004
P1-K1-B2 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	441-484	5272
P1-K2-B1 (33-33-33)	391-506	6129
P1-K2-B1 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	387-498	7235
P1-K2-B2 (33-33-33)	309-505	5766
P1-K2-B2 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	398-478	6372

Tablo-64 Raman Petrol (P1) + Çayırhan Kömür (K1) + Çayırhan Bitümlü Şist (B1) + Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının TG/DTG Analizleri

Karışımlar	LTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)	HTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)
P1-K1-B1 (33-33-33)	25-356	31.3	356-533 533-689	27.4 4.9
P1-K1-B1 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	25-369	20.1	369-592 592-717	29.9 2.9
P1-K1-B2 (33-33-33)	25-367	30.1	367-518	41.3
P1-K1-B2 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	25-398	30.0	398-583	47.1
P1-K2-B1 (33-33-33)	25-352	27.9	352-554 554-662	39.8 3.2
P1-K2-B1 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	25-382	27.9	382-579 579-775	41.01 4.1
P1-K2-B2 (33-33-33)	25-343	31.3	343-564	55.4
P1-K2-B2 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	25-394	30.14	394-579	54.6

Batı Raman Petrol, Çayırhan-Kömür, Çayırhan Bitümlü Şist, Himmetoğlu Kömür ve Himmetoğlu Bitümlü Şist karışımlarının (33-33-33) türevsel taramalı kalorimetre (DSC, 20-650 °C) ile gerçekleştirilen deneylerinde aynı Raman petrolü ile hazırlananlarda olduğu gibi , düşük sıcaklık bölgesi ve yüksek sıcaklık bölgesi olarak adlandırılan iki farklı

reaksiyon bölgesinin oluştuğu gözlemlenmiştir (*Şekil 125-126*). Bu üçlü karışımların orijinal numunelerde ısı akış hızlarının 4461-7160 J/g; temizlenmiş numunelerde ise 5422-8984 J/g arasında değiştiği gözlemlenmiştir (Tablo-65). Batı Raman petrolünün özelliklerinden dolayı bu üçlü karışımların ısı akış hızları daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Termogravimetri (TG-DTG, 20-900 °C) ile gerçekleştirilen deneylerde ise yanma bölgesinde Çayırhan bitümlü şist ile hazırlanan orijinal ve temizlenmiş karışımlarda birbirini takip eden iki reaksiyon oluştuğu gözlemlenmiştir (*Şekil: 17a-17d*). Birinci reaksiyon bölgesinde (düşük sıcaklık oksidasyonu) ortalama ağırlık kaybı orijinal numunelerle hazırlanan karışımlarda % 28 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 22 olarak belirlenmiştir (*Şekil 127-128*). Yüksek sıcaklık bölgesinde ise; ortalama ağırlık kaybı orijinal numunelerle hazırlanan karışımlarda % 40 iken, temizlenmiş numunelerle hazırlanmış karışımlarda % 51 olarak belirlenmiştir (Tablo-66).

Tablo-65 Batı Raman Petrol (P2) + Çayırhan Kömür (K1) + Çayırhan Bitümlü Şist (B1) + Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının DSC Analizleri

Karışımlar	Yanma Sıcaklık Bölgesi (°C)	Isı Akış Hızı (J/g)
P2-K1-B1 (33-33-33)	414-518	7160
P2-K1-B1 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	414-511	7772
P2-K1-B2 (33-33-33)	454-496	6198
P2-K1-B2 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	411-504	8984
P2-K2-B1 (33-33-33)	424-477	6662
P2-K2-B1 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	431-505	7684
P2-K2-B2 (33-33-33)	432-491	4461
P2-K2-B2 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	451-494	5422

Tablo-66 Batı Raman Petrol (P2) + Çayırhan Kömür (K1) + Çayırhan Bitümlü Şist (B1) + Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının TG/DTG Analizleri

Karışımlar	LTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)	HTO (°C)	Ağırlık Kaybı (%)
P2-K1-B1 (33-33-33)	25-389	19.3	389-580	27.0
P2-K1-B1 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	25-378	9.32	580-726	4.5
			378-579	44.3
			579-733	3.6
P2-K1-B2 (33-33-33)	25-393	25.1	393-590	43.2
P2-K1-B2 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	25-392	26.0	392-574	52.2
P2-K2-B1 (33-33-33)	25-413	26.2	413-590	35.6
P2-K2-B1 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	25-387	23.6	387-600	48.0
			600-700	1.5
P2-K2-B2 (33-33-33)	25-438	39.9	438-556	47.5
P2-K2-B2 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	25-384	27.3	384-558	54.7

* Tüm numunelerin piroliz ve yanma ortamındaki grafikleri Ek-B ve Ek-C de verilmiştir.

4.3 Kinetik Analizler

Proje kapsamında çalışılan numunelerin kinetik analizleri Arrhenius (1993) ve Coats & Redfern (1964) kinetik modelleri kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla bir yazılım geliştirilmiştir (Ek-D). Kinetik denklemlere bağlı olarak elde edilen kinetik veriler aşağıda temel denklem temel alınarak hesaplanmıştır.

$$d\alpha / dt = k \alpha^n \quad (1)$$

Sıcaklığa bağlı olarak k değeri Arrhenius denklemi kullanılarak aşağıdaki şekilde ifade edilir.

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

Arrhenius [175] kinetik modelinde; toplam madde kayıp oranı, oran sabitine, kalan madde miktarına ve sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Bu geliştirilen modelde reaksiyon sabiti bir (n=1) olarak kabul edilmiştir. Modelle ilgili denklemler aşağıda verilmiştir.

$$dW/dt = k.W^n \quad (3)$$

Birinci derece denklem kabul edersek (n=1),

$$dW/dt = A_r \exp(-E/RT)W \quad (4)$$

$$[(dW/dt) \times 1/W] = A_r \exp(-E/RT) \quad (5)$$

Denklemin her iki tarafının logaritmasını alırsak;

$$\log [(dw / dt) / w] = \log A - E / 2.303 RT \quad (6)$$

Coats and Redfern [176] tarafından geliştirilen entegral modelinde ise farklı reaksiyon katsayıları kullanılarak çözümler gerçekleştirilmektedir. Kinetik veri analizlerinde kullanılan modelle ilgili denklemler aşağıda verilmiştir.

$$d\alpha/dt = k (1-\alpha)^n \quad (7)$$

α yanda verildiği şekilde tanımlanmıştır. $\alpha = (W_{\text{initial}} - W_T) / (W_{\text{initial}} - W_{\text{final}})$

$$k = A \exp(-E/RT) \quad (8)$$

Sabit ısıtma hızında; $\beta = dT/dt$

7 ve 8. denklemleri biraya getirilip entegrali alınırsa;

$$d\alpha/(1-\alpha)^n = A/\beta e^{-E/RT} dT \quad (9)$$

9. denklemin sağ tarafının belirlenmiş bir entegrali yoktur, gerekli yerleştirme ve entegrasyon ile denklem aşağıdaki şekli alır.

$$1-(1-\alpha)^{1-n}/(1-n) = ART^2/\beta E (1-2RT/E) e^{-E/RT} \quad (10)$$

Denklemin her iki tarafının logaritmasını alırsak:

$$\text{Log}[(1-(1-\alpha)^{1-n})/(T^2 (1-n))] = \text{log}[(AR/\beta E) (1-2RT/E)] - [E/(2.303RT)] \quad (11)$$

elde edilir Bu denklem reaksiyon katsayısının 1'den farklı olduğu her durum için geçerlidir.

Reaksiyon katsayısının bir (n=1) olduğu durumlarda aşağıdaki denklem geçerlidir.

$$\text{Log}[-\text{log}(1-\alpha)^{1-n}/T^2] = \text{log} [(AR/\beta E)(1-2RT/E) - (E/(2.303RT))] \quad (12)$$

Kullanılan bu denklemlerde: α = çözünen madde oranı (%), T = sıcaklık (°K), A = eksponansiyal sabit (s^{-1}), R = gaz sabiti ($8.314 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$), E = aktivasyon enerjisi (kJmol^{-1}), β = ısıtma hızı ($^{\circ}\text{Kmin}^{-1}$), dw/dt = zamana bağlı ağırlık kaybı oranı, n = reaksiyon sabiti'dir.

4.3.1 Piroлиз Kinetik Analiz Sonuçları

Proje kapsamında gerçekleştirilen tüm deneylerdeki numunelerin kinetik parametreleri piroliz ortamında, iki farklı (Arrhenius ve Coats-Redfern) model kullanılarak belirlenmiştir. Aynı zamanda Arrhenius yöntemi ile gerçekleştirilen analizlerde numunelerin Arrhenius sabitleride belirlenmiştir (Şekil 167-204).

Tablo-67 Petrol, Kömür ve Bitümlü Şist Numunelerinin Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Piroлиз-

Numune	1. Bölge Aktivasyon Enerjisi	1. Bölge Arrhenius Sabiti	2. Bölge Aktivasyon Enerjisi	2. Bölge Arrhenius Sabiti
Petrol				
Raman	24.6	4.72×10^1	79.3	7.42×10^4
Batı Raman	31.7	4.18×10^2	88.9	3.80×10^5
Kömür				
Çayırhan	32.3	2.04×10^3	63.4	2.44×10^8
Çayırhan (Temiz)	-	-	24.7	1.86×10^2
Himmetoğlu	-	-	31.5	3.54×10^3
Himmetoğlu (Temiz)	-	-	27.1	7.64×10^2
Bitümlü Şist				
Çayırhan	54.9	1.50×10^2	159.2	1.65×10^7
Çayırhan (Temiz)	31.5	7.82×10^1	191.2	9.83×10^8
Himmetoğlu	-	-	43.6	7.06×10^2
Himmetoğlu (Temiz)	-	-	44.3	8.74×10^2

Tablo-68 Petrol, Kömür ve Bitümlü Şist Numunelerinin Kinetik Analizleri - Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Pirroliz-

Numune	1.Bölge Aktivasyon Enerjisi	2.Bölge Aktivasyon Enerjisi
Petrol		
Raman	22.2	59.2
Batı Raman	30.3	73.3
Kömür		
Çayırhan	12.1	25.5
Çayırhan (Temiz)	-	23.1
Himmetoğlu	10.8	25.6
Himmetoğlu (Temiz)	-	22.7
Bitümlü Şist		
Çayırhan	40.6	68.1
Çayırhan (Temiz)	18.5	105.4
Himmetoğlu	-	43.3
Himmetoğlu (Temiz)	-	51.3

Pirroliz deneylerinde petrol, kömür ve bitümlü şist numunelerinin farklı bölgelerde iki farklı yöntemle belirlenen aktivasyon enerjilerinin; petrol numunelerinde 24.6-88.9 kJ/mol, kömür (orijinal ve temizlenmiş) numunelerinde 24.7-63.4 kJ/mol, bitümlü şist (orijinal ve temizlenmiş) numunelerinde ise 31.5-191.2 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir (Tablo 67-68).

Tablo-69 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Pirroliz-

Karışımlar	1. Bölge	1. Bölge	2. Bölge	2. Bölge
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
P1-K1 (20-80)	12.3	0.87	25.1	9.74
P1-K1 (20-80) - Temiz	21.3	2.92	41.6	1.54x10 ²
P1-K1 (40-60)	11.6	0.74	39.3	19.12
P1-K1 (40-60) - Temiz	17.2	1.99	47.6	2.74x10 ²
P1-K1 (50-50)	13.2	1.14	45.8	73.5
P1-K1 (50-50) - Temiz	23.5	19.4	47.2	1.04x10 ²
P1-K1 (60-40)	11.5	0.64	44.5	77.12
P1-K1 (60-40) - Temiz	21.6	21.9	58.0	9.35x10 ²
P1-K1 (80-20)	10.9	0.60	71.3	1.32x10 ⁴
P1-K1 (80-20) - Temiz	27.7	21.7	75.4	3.28x10 ⁴

Tablo-70 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Pirroliz-

Karışımlar	1.Bölge Aktivasyon Enerjisi	2.Bölge Aktivasyon Enerjisi
P1-K1 (20-80)	8.5	12.3
<i>P1-K1 (20-80) - Temiz</i>	<i>29.3</i>	<i>28.1</i>
P1-K1 (40-60)	17.3	11.7
<i>P1-K1 (40-60) - Temiz</i>	<i>19.5</i>	<i>22.2</i>
P1-K1 (50-50)	20.6	32.4
<i>P1-K1 (50-50) - Temiz</i>	<i>25.1</i>	<i>35.3</i>
P1-K1 (60-40)	14.5	24.9
<i>P1-K1 (60-40) - Temiz</i>	<i>27.5</i>	<i>40.1</i>
P1-K1 (80-20)	14.7	44.4
<i>P1-K1 (80-20) - Temiz</i>	<i>26.1</i>	<i>55.3</i>

Raman petrolü ile Çayırhan kömür numunesinin farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılmasıyla elde edilen yeni yakıt türünün (orijinal ve temizlenmiş) aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 8.5-29.3 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 11.7-75.4 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Raman petrolünün yapısına bağlı olarak temizleme işleminin aktivasyon enerjileri üzerinde önemli bir etkisi gözlemlenmemiştir (Tablo 69-70).

Tablo-71 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/ min.)] -Pirroliz-

Karışımlar	1.Bölge	1.Bölge	2.Bölge	2.Bölge
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
P1-K2 (20-80)	7.4	0.26	31.5	4.81
<i>P1-K2 (20-80) - Temiz</i>	<i>20.8</i>	<i>24.2</i>	<i>32.4</i>	<i>5.28x10¹</i>
P1-K2 (40-60)	7.9	0.25	31.3	6.14
<i>P1-K2 (40-60) - Temiz</i>	<i>16.1</i>	<i>15.5</i>	<i>33.9</i>	<i>8.93x10¹</i>
P1-K2 (50-50)	9.9	1.85	43.9	64.7
<i>P1-K2 (50-50) - Temiz</i>	<i>25.2</i>	<i>36.8</i>	<i>48.9</i>	<i>1.48x10²</i>
P1-K2 (60-40)	8.6	1.63	56.5	8.02x10 ²
<i>P1-K2 (60-40) - Temiz</i>	<i>20.7</i>	<i>12.8</i>	<i>61.5</i>	<i>1.84x10³</i>
P1-K2 (80-20)	7.6	0.35	64.1	3.74x10 ³
<i>P1-K2 (80-20) - Temiz</i>	<i>21.9</i>	<i>19.5</i>	<i>64.5</i>	<i>3.59x10³</i>

Tablo-72 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Pirroliz-

Karışımlar	1.Bölge Aktivasyon Enerjisi	2.Bölge Aktivasyon Enerjisi
P1-K1 (20-80)	9.8	23.9
<i>P1-K1 (20-80) - Temiz</i>	<i>17.9</i>	<i>26.2</i>
P1-K1 (40-60)	11.6	22.7
<i>P1-K1 (40-60) - Temiz</i>	<i>19.1</i>	<i>28.3</i>
P1-K1 (50-50)	19.4	32.9
<i>P1-K1 (50-50) - Temiz</i>	<i>24.6</i>	<i>36.9</i>
P1-K1 (60-40)	11.4	40.2
<i>P1-K1 (60-40) - Temiz</i>	<i>19.8</i>	<i>43.4</i>
P1-K1 (80-20)	14.6	44.0
<i>P1-K1 (80-20) - Temiz</i>	<i>21.3</i>	<i>47.2</i>

Raman petrolü ile Himmetoğlu kömür numunesinin farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılmasıyla elde edilen yeni yakıt türünün (orijinal ve temizlenmiş) aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 7.4-25.2 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 22.7-64.5 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Himmetoğlu kömürünün yüksek ısıl değeri karışımların aktivasyon enerjilerinin göreceli olarak artmasına neden olmuştur. Temizleme işleminin karışımların aktivasyon enerjileri üzerinde etkili olmadığı görülmüştür (Tablo 71-72).

Tablo-73 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Pirroliz-

Karışımlar	1.Bölge	1.Bölge	2.Bölge	2.Bölge
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
P1-B1 (20-80)	48.5	6.38×10^1	163.3	2.8×10^7
<i>P1-B1 (20-80) - Temiz</i>	<i>30.5</i>	<i>3.13×10^2</i>	<i>13.9</i>	<i>1.2×10^7</i>
			<i>155.3</i>	<i>155.3×10^6</i>
P1-B1 (40-60)	52.5	1.89×10^2	167.3	4.10×10^7
<i>P1-B1 (40-60) - Temiz</i>	<i>17.9</i>	<i>1.70×10^1</i>	<i>36.4</i>	<i>1.01×10^2</i>
			<i>146.8</i>	<i>1.85×10^6</i>
P1-B1 (50-50)	32.9	4.65×10^1	141.9	1.33×10^6
<i>P1-B1 (50-50) - Temiz</i>	<i>11.5</i>	<i>5.88×10^1</i>	<i>59.9</i>	<i>8.82×10^3</i>
			<i>162.1</i>	<i>1.80×10^7</i>
P1-B1 (60-40)	57.5	6.74×10^2	144.2	1.76×10^6
<i>P1-B1 (60-40) - Temiz</i>	<i>19.1</i>	<i>2.80×10^1</i>	<i>61.9</i>	<i>1.02×10^3</i>
			<i>168.7</i>	<i>4.87×10^7</i>
P1-B1 (80-20)	66.1	5.52×10^3	48.7	8.68×10^2
<i>P1-B1 (80-20) - Temiz</i>	<i>25.8</i>	<i>3.30×10^1</i>	<i>55.8</i>	<i>1.08×10^3</i>

Tablo-74 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Coats & Refern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Pirroliz-

Karışımlar	1.Bölge Aktivasyon Enerjisi	2.Bölge Aktivasyon Enerjisi
P1-B1 (20-80)	24.9	62.2
<i>P1-B1 (20-80) - Temiz</i>	<i>28.4</i>	<i>15.4</i>
		<i>97.4</i>
P1-B1 (40-60)	25.9	42.1
<i>P1-B1 (40-60) - Temiz</i>	<i>19.9</i>	<i>20.9</i>
		<i>59.8</i>
P1-B1 (50-50)	14.2	28.9
<i>P1-B1 (50-50) - Temiz</i>	<i>15.6</i>	<i>33.9</i>
		<i>59.2</i>
P1-B1 (60-40)	20.0	28.6
<i>P1-B1 (60-40) - Temiz</i>	<i>19.5</i>	<i>32.3</i>
		<i>74.6</i>
P1-B1 (80-20)	21.4	39.4
<i>P1-B1 (80-20) - Temiz</i>	<i>28.4</i>	<i>48.6</i>

Raman petrolü ile Çayırhan bitümlü şist numunesinin farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılmasıyla elde edilen yeni yakıt türünün (orijinal ve temizlenmiş) aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 11.5-66.1 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 13.9-168.7 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Yapılan analizlerde özellikle temizlenmiş numunelerinin ikinci reaksiyon bölgelerinde birbirini takip eden iki farklı bölgenin oluştuğu gözlemlenmiştir (Tablo 73-74).

Tablo-75 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Pirroliz-

Karışımlar	1.Bölge	1.Bölge	2.Bölge	2.Bölge
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
P1-B2 (20-80)	21.1	16.7	30.1	6.02×10^2
<i>P1-B2 (20-80) - Temiz</i>	<i>22.4</i>	<i>41.4</i>	<i>62.3</i>	<i>2.57×10^3</i>
P1-B2 (40-60)	23.2	25.4	61.5	2.17×10^3
<i>P1-B2 (40-60) - Temiz</i>	<i>9.3</i>	<i>5.6</i>	<i>33.9</i>	<i>1.47×10^2</i>
P1-B2 (50-50)	24.7	31.8	27.3	4.20×10^2
<i>P1-B2 (50-50) - Temiz</i>	<i>14.9</i>	<i>14.8</i>	<i>68.8</i>	<i>8.44×10^3</i>
P1-B2 (60-40)	25.8	32.6	36.5	7.58×10^2
<i>P1-B2 (60-40) - Temiz</i>	<i>21.5</i>	<i>13.1</i>	<i>69.0</i>	<i>9.27×10^3</i>
P1-B2 (80-20)	29.1	42.8	73.6	2.27×10^4
<i>P1-B2 (80-20) - Temiz</i>	<i>22.3</i>	<i>28.1</i>	<i>75.8</i>	<i>3.41×10^4</i>

Tablo-76 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)]-Pirroliz-

Karışımlar	1.Bölge Aktivasyon Enerjisi	2.Bölge Aktivasyon Enerjisi
P1-B2 (20-80)	20.3	22.9
<i>P1-B2 (20-80) - Temiz</i>	<i>19.3</i>	<i>61.2</i>
P1-B2 (40-60)	22.8	54.9
<i>P1-B2 (40-60) - Temiz</i>	<i>12.8</i>	<i>33.1</i>
P1-B2 (50-50)	17.8	32.9
<i>P1-B2 (50-50) - Temiz</i>	<i>16.4</i>	<i>61.3</i>
P1-B2 (60-40)	18.9	33.5
<i>P1-B2 (60-40) - Temiz</i>	<i>22.6</i>	<i>60.1</i>
P1-B2 (80-20)	29.1	58.7
<i>P1-B2 (80-20) - Temiz</i>	<i>20.9</i>	<i>57.1</i>

Raman petrolü ile Himmetoğlu bitümlü şist numunesinin farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılmasıyla elde edilen yeni yakıt türünün (orijinal ve temizlenmiş) aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 9.3-29.1 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 22.9-75.8 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Karışımlardaki petrol oranını artmasına bağlı olarak numunelerin aktivasyon enerjilerinde görecelide olsa artışlar gözlemlenmektedir (Tablo 75-76).

Tablo-77 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)]-Pirroliz-

Karışımlar	1.Bölge		2.Bölge	
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
P2-K1 (20-80)	33.1	5.66×10^2	33.7	4.54×10^1
<i>P2-K1 (20-80) - Temiz</i>	<i>19.5</i>	<i>9.20×10^1</i>	<i>40.7</i>	<i>1.15×10^1</i>
P2-K1 (40-60)	29.1	1.14×10^2	56.7	4.84×10^2
<i>P2-K1 (40-60) - Temiz</i>	<i>31.6</i>	<i>2.01×10^2</i>	<i>61.6</i>	<i>1.40×10^3</i>
P2-K1 (50-50)	48.2	9.74×10^3	66.0	3.59×10^3
<i>P2-K1 (50-50) - Temiz</i>	<i>24.4</i>	<i>2.30×10^1</i>	<i>73.1</i>	<i>1.19×10^4</i>
P2-K1 (60-40)	37.7	5.98×10^3	60.9	1.44×10^3
<i>P2-K1 (60-40) - Temiz</i>	<i>28.1</i>	<i>1.26×10^2</i>	<i>84.1</i>	<i>1.18×10^5</i>
P2-K1 (80-20)	33.1	5.66×10^2	86.4	2.14×10^4
<i>P2-K1 (80-20) - Temiz</i>	<i>34.4</i>	<i>3.90×10^2</i>	<i>64.1</i>	<i>1.88×10^4</i>

Tablo-78 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Pirroliz-

Karışımlar	1.Bölge Aktivasyon Enerjisi	2.Bölge Aktivasyon Enerjisi
P2-K1 (20-80)	38.4	23.1
P2-K1 (20-80) - Temiz	18.1	20.1
P2-K1 (40-60)	27.8	45.6
P2-K1 (40-60) - Temiz	26.1	41.9
P2-K1 (50-50)	48.6	49.4
P2-K1 (50-50) - Temiz	23.9	52.5
P2-K1 (60-40)	36.7	39.5
P2-K1 (60-40) - Temiz	26.7	62.4
P2-K1 (80-20)	34.8	72.3
P2-K1 (80-20) - Temiz	34.2	47.5

Batı Raman petrolü ile Çayırhan numunesinin farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılmasıyla elde edilen yeni yakıt türünün (orijinal ve temizlenmiş) aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 18.1-48.2 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 20.1-86.4 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Batı Raman petrolünün daha ağır ve viskozitesi yüksek bir petrol numunesi olması nedeniyle numunelerin aktivasyon enerjilerinde Raman petrolü ile bulunan sonuçlardan daha yüksek değerler gözlemlenmektedir (Tablo 77-78).

Tablo-79 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Pirroliz-

Karışımlar	1.Bölge	1.Bölge	2.Bölge	2.Bölge
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
P2-K2 (20-80)	21.5	3.27×10^2	39.3	2.04×10^1
P2-K2 (20-80) - Temiz	21.9	2.59×10^1	47.5	8.74×10^1
P2-K2 (40-60)	23.3	3.84×10^2	56.5	5.62×10^2
P2-K2 (40-60) - Temiz	18.6	3.70×10^1	54.2	3.36×10^2
P2-K2 (50-50)	41.1	2.02×10^3	60.9	1.52×10^3
P2-K2 (50-50) - Temiz	31.7	2.19×10^2	60.6	1.21×10^3
P2-K2 (60-40)	39.2	17.6×10^3	76.6	3.32×10^4
P2-K2 (60-40) - Temiz	26.2	8.66×10^2	72.3	1.06×10^4
P2-K2 (80-20)	22.1	2.37×10^2	65.2	4.75×10^3
P2-K2 (80-20) - Temiz	11.7	0.5×10^2	44.3	1.02×10^2

Tablo-80 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Pirroliz-

Karışımlar	1.Bölge Aktivasyon Enerjisi	2.Bölge Aktivasyon Enerjisi
P2-K2 (20-80)	22.4	35.7
P2-K2 (20-80) - Temiz	20.4	35.3
P2-K2 (40-60)	25.6	42.5
P2-K2 (40-60) - Temiz	17.2	42.2
P2-K2 (50-50)	38.1	48.7
P2-K2 (50-50) - Temiz	30.8	44.1
P2-K2 (60-40)	39.2	62.8
P2-K2 (60-40) - Temiz	43.6	52.9
P2-K2 (80-20)	22.8	43.7
P2-K2 (80-20) - Temiz	14.8	33.2

Batı Raman petrolü ile Himmetoğlu kömür numunesinin farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılmasıyla elde edilen yeni yakıt türünün (orijinal ve temizlenmiş) aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 18.1-48.2 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 20.1-86.4 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Batı Raman petrolünün daha ağır ve viskozitesi yüksek bir petrol numunesi olması nedeniyle numunelerin aktivasyon enerjilerinde Raman petrolü ile bulunan sonuçlardan daha yüksek değerler gözlemlenmektedir (Tablo 79-80).

Tablo-81 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Pirroliz-

Karışımlar	1.Bölge		2.Bölge	
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
P2-B1 (20-80)	18.4	2.15	38.7	1.28x10 ²
P2-B1 (20-80) - Temiz	28.6	12.4	161.0	1.52x10 ⁷
P2-B1 (40-60)	38.1	15.8	67.2	2.08x10 ³
P2-B1 (40-60) - Temiz	34.6	13.6	178.6	2.40x10 ⁸
P2-B1 (50-50)	18.1	1.86	72.0	6.35x10 ³
P2-B1 (50-50) - Temiz	29.0	43.2	171.2	6.48x10 ⁷
P2-B1 (60-40)	21.4	7.64	47.6	8.32x10 ²
P2-B1 (60-40) - Temiz	19.2	3.64	131.4	3.02x10 ⁵
P2-B1 (80-20)	22.8	8.12	77.7	2.09x10 ³
P2-B1 (80-20) - Temiz	31.7	47.9	152.6	4.40x10 ⁶
			77.4	2.15x10 ⁴
			154.2	5.40x10 ⁶
			96.9	7.14x10 ⁴
			126.7	83.6x10 ⁵
			81.3	5.40x10 ⁴
			140.4	6.32x10 ⁶
			96.4	1.10x10 ⁶
			90.8	4.00x10 ⁶

Tablo-82 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Pirroliz-

Karışımlar	1.Bölge Aktivasyon Enerjisi	2.Bölge Aktivasyon Enerjisi
P2-B1 (20-80)	24.9	72.2
P2-B1 (20-80) - Temiz	26.2	49.3
		71.2
P2-B1 (40-60)	25.9	42.1
P2-B1 (40-60) - Temiz	22.1	40.4
		65.4
P2-B1 (50-50)	14.2	48.9
P2-B1 (50-50) - Temiz	29.0	58.4
		67.9
P2-B1 (60-40)	20.2	37.2
P2-B1 (60-40) - Temiz	22.0	58.8
		74.5
P2-B1 (80-20)	19.5	49.4
P2-B1 (80-20) - Temiz	28.6	67.2

Batı Raman petrolü ile Çayırhan bitümlü şist numunesinin farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılmasıyla elde edilen yeni yakıt türünün (orijinal ve temizlenmiş) aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 14.2-38.1 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 37.2-178.6 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Batı Raman petrolünün ve Çayırhan kömür numunesinin yapılarından dolayı karışımların ikinci reaksiyon bölgelerinde birbirini takip eden iki farklı bölgenin aktivasyon enerjileri ayrı ayrı hesaplanmış olup temizleme işleminin etkisi gözlemlenmemiştir (Tablo 81-82).

Tablo-83 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Pirroliz-

Karışımlar	1.Bölge		2.Bölge	
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
P2-B2 (20-80)	20.9	17.3	41.9	6.35×10^2
P2-B2 (20-80) - Temiz	19.6	9.7	56.7	6.81×10^2
P2-B2 (40-60)	33.3	84.5	70.2	1.16×10^4
P2-B2 (40-60) - Temiz	20.6	17.3	75.2	2.52×10^4
P2-B2 (50-50)	24.4	36.0	73.2	2.01×10^4
P2-B2 (50-50) - Temiz	21.4	18.4	75.4	2.78×10^4
P2-B2 (60-40)	22.2	19.0	65.1	4.67×10^3
P2-B2 (60-40) - Temiz	39.4	49.1	74.6	2.64×10^4
P2-B2 (80-20)	20.8	12.6	93.1	6.97×10^4
P2-B2 (80-20) - Temiz	24.9	35.9	75.4	3.39×10^4

Tablo-84 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] - Piroliz-

Karışımlar	1.Bölge Aktivasyon Enerjisi	2.Bölge Aktivasyon Enerjisi
P2-B2 (20-80)	18.0	38.3
P2-B2 (20-80) - Temiz	17.6	49.1
P2-B2 (40-60)	30.8	66.1
P2-B2 (40-60) - Temiz	20.4	69.4
P2-B2 (50-50)	23.4	65.5
P2-B2 (50-50) - Temiz	20.6	72.4
P2-B2 (60-40)	21.5	54.4
P2-B2 (60-40) - Temiz	38.6	66.4
P2-B2 (80-20)	18.9	70.4
P2-B2 (80-20) - Temiz	22.2	54.6

Batı Raman petrolü ile Himmetoğlu bitümlü şist numunesinin farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılmasıyla elde edilen yeni yakıt türünün (orijinal ve temizlenmiş) aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 17.6-39.4 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 38.3-93.1 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Batı Raman petrolünün daha ağır ve viskozitesi yüksek bir petrol numunesi olması nedeniyle numunelerin aktivasyon enerjilerinde Raman petrolü ile bulunan sonuçlardan daha yüksek değerler gözlemlenmektedir (Tablo 83-84).

Tablo-85 Çayırhan Kömürü (K1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Piroliz-

Karışımlar	1. Bölge		2. Bölge	
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
K1-B1 (20-80)	30.4	18.8	162.5	2.12×10^7
K1-B1 (20-80) - Temiz	49.8	57.6	133.2	7.13×10^6
K1-B1 (40-60)	53.5	113.9	146.8	2.85×10^6
K1-B1 (40-60) - Temiz	49.4	53.6	141.1	1.40×10^6
K1-B1 (50-50)	44.8	20.8	127.1	1.80×10^6
K1-B1 (50-50) - Temiz	46.7	34.2	136.2	6.36×10^5
K1-B1 (60-40)	43.5	16.9	127.9	1.88×10^6
K1-B1 (60-40) - Temiz	41.6	33.4	119.6	7.35×10^5
K1-B1 (80-20)	34.8	19.8	83.9	5.16×10^4
K1-B1 (80-20) - Temiz	33.5	37.3	92.1	1.57×10^4

Tablo-86 Çayırhan Kömürü (K1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Pirroliz-

Karışımlar	1. Bölge Aktivasyon Enerjisi	2. Bölge Aktivasyon Enerjisi
K1-B1 (20-80)	16.5	76.9
K1-B1 (20-80) - Temiz	14.4	62.9
K1-B1 (40-60)	29.3	56.8
K1-B1 (40-60) - Temiz	15.6	69.2
K1-B1 (50-50)	22.6	44.4
K1-B1 (50-50) - Temiz	19.1	58.1
K1-B1 (60-40)	22.2	47.2
K1-B1 (60-40) - Temiz	25.3	51.8
K1-B1 (80-20)	23.0	43.9
K1-B1 (80-20) - Temiz	21.6	38.7

Çayırhan kömürü ile Çayırhan bitümlü şist numunesinin farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılmasıyla elde edilen yeni yakıt türünün (orijinal ve temizlenmiş) aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 16.5-53.5 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 38.7-148.8 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Temizlenmiş numunelerin aktivasyon enerjilerinde görecelide olsa bir düşüş gözlemlenmiştir (Tablo 85-86).

Tablo-87 Çayırhan Kömürü (K1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Pirroliz-

Karışımlar	1. Bölge	1. Bölge	2. Bölge	2. Bölge
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
K1-B2 (20-80)	-	-	52.2	3.38x10 ²
K1-B2 (20-80) - Temiz	-	-	53.2	4.24x10 ²
K1-B2 (40-60)	-	-	37.1	1.56x10 ²
K1-B2 (40-60) - Temiz	-	-	50.3	2.04x10 ²
K1-B2 (50-50)	-	-	46.5	7.62x10 ²
K1-B2 (50-50) - Temiz	-	-	47.2	9.70x10 ¹
K1-B2 (60-40)	-	-	33.7	6.75x10 ¹
K1-B2 (60-40) - Temiz	-	-	47.9	1.17x10 ²
K1-B2 (80-20)	-	-	30.3	5.65x10 ¹
K1-B2 (80-20) - Temiz	-	-	40.1	1.79x10 ¹

Tablo-88 Çayırhan Kömürü (K1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] - Piroliz-

Karışımlar	1.Bölge Aktivasyon Enerjisi	2.Bölge Aktivasyon Enerjisi
K1-B2 (20-80)	-	51.9
K1-B2 (20-80) - Temiz	-	52.8
K1-B2 (40-60)	-	29.8
K1-B2 (40-60) - Temiz	-	48.3
K1-B2 (50-50)	-	39.7
K1-B2 (50-50) - Temiz	-	44.3
K1-B2 (60-40)	-	25.9
K1-B2 (60-40) - Temiz	-	45.6
K1-B2 (80-20)	-	25.5
K1-B2 (80-20) - Temiz	-	34.7

Çayırhan kömürü ile Himmetoğlu bitümlü şist numunesinin farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılmasıyla elde edilen yeni yakıt türünde (orijinal ve temizlenmiş) sadece bir reaksiyon bölgesi oluşmuştur. Bu bölgedeki aktivasyon enerjilerinin 30.3-35.2 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir (Tablo 87-88).

Tablo-89 Himmetoğlu Kömürü (K2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Piroliz-

Karışımlar	1.Bölge	1.Bölge	2.Bölge	2.Bölge
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
K2-B1 (20-80)	62.0	6.32×10^2	170.9	8.75×10^7
K2-B1 (20-80) - Temiz	58.9	3.26×10^2	158.3	1.44×10^7
K2-B1 (40-60)	31.6	3.00×10^1	141.9	1.73×10^6
K2-B1 (40-60) - Temiz	52.3	1.01×10^2	140.3	1.34×10^6
K2-B1 (50-50)	45.5	3.61×10^2	139.8	1.49×10^7
K2-B1 (50-50) - Temiz	44.6	26.2×10^2	124.2	1.62×10^6
K2-B1 (60-40)	32.1	4.10×10^1	142.3	1.80×10^6
K2-B1 (60-40) - Temiz	36.8	6.81×10^1	103.8	9.88×10^4
K2-B1 (80-20)	36.2	7.60×10^1	82.5	6.27×10^3
K2-B1 (80-20) - Temiz	30.6	2.40×10^1	67.3	7.22×10^2

Tablo-90 Himmetoğlu Kömürü (K2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Pirroliz-

Karışımlar	1.Bölge Aktivasyon Enerjisi	2.Bölge Aktivasyon Enerjisi
K2-B1 (20-80)	45.8	73.4
K2-B1 (20-80) - Temiz	34.4	76.2
K2-B1 (40-60)	24.2	54.6
K2-B1 (40-60) - Temiz	29.3	65.1
K2-B1 (50-50)	37.5	46.7
K2-B1 (50-50) - Temiz	26.3	55.0
K2-B1 (60-40)	17.5	41.5
K2-B1 (60-40) - Temiz	21.1	42.9
K2-B1 (80-20)	28.2	34.9
K2-B1 (80-20) - Temiz	17.4	29.4

Himmetoğlu kömürü ile Çayırhan bitümlü şist numunesinin farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılmasıyla elde edilen yeni yakıt türünün (orijinal ve temizlenmiş) aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 17.4-62.0 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 29.4-170.9 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Temizlenmiş numunelerin aktivasyon enerjilerinde görecelide olsa bir düşüş gözlemlenmiştir. Aynı zamanda karışımlardaki kömür oranının artması aktivasyon enerji değerlerinde azalmaya neden olmuştur (Tablo 89-90).

Tablo-91 Himmetoğlu Kömürü (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Pirroliz-

Karışımlar	1.Bölge		2.Bölge	
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
K2-B2 (20-80)	11.6	1.06	53.9	5.24×10^2
K2-B2 (20-80) - Temiz	24.3	88.2	43.2	4.27×10^2
K2-B2 (40-60)	14.8	2.18	50.3	2.40×10^2
K2-B2 (40-60) - Temiz	23.6	76.9	33.4	8.01×10^1
K2-B2 (50-50)	15.6	2.74	37.9	2.01×10^1
K2-B2 (50-50) - Temiz	20.8	64.8	46.4	$8.88 \cdot 10^1$
K2-B2 (60-40)	13.4	1.29	47.6	1.27×10^2
K2-B2 (60-40) - Temiz	13.9	1.95	40.8	$2.50 \cdot 10^1$
K2-B2 (80-20)	12.6	1.12	40.3	2.51×10^1
K2-B2 (80-20) - Temiz	16.8	3.56	52.5	$3.44 \cdot 10^2$

Tablo-92 Himmetoğlu Kömürü (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] - Piroliz-

Karışımlar	1.Bölge Aktivasyon Enerjisi	2.Bölge Aktivasyon Enerjisi
K2-B2 (20-80)	12.6	49.4
K2-B2 (20-80) - Temiz	21.3	40.1
K2-B2 (40-60)	14.7	42.5
K2-B2 (40-60) - Temiz	21.3	35.6
K2-B2 (50-50)	16.8	32.4
K2-B2 (50-50) - Temiz	15.2	45.0
K2-B2 (60-40)	15.9	46.6
K2-B2 (60-40) - Temiz	11.2	34.6
K2-B2 (80-20)	21.4	33.4
K2-B2 (80-20) - Temiz	20.8	53.8

Himmetoğlu kömürü ile Himmetoğlu bitümlü Şist numunesinin farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılmasıyla elde edilen yeni yakıt türünün (orijinal ve temizlenmiş) aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 11.2-24.3 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 32.4-53.9 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Temizlenmiş numunelerin aktivasyon enerjilerinde görecelide olsa bir d ŐuŐ gözlemlenmiştir (Tablo 91-92).

Tablo-93 Raman Petrol (P1) + Çayırhan Kömür (K1) + Çayırhan Bitümlü Şist (B1) + Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti(1/min.)] -Piroliz-

Karışımlar	1.Bölge	1.Bölge	2.Bölge	2.Bölge
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
P1-K1-B1 (33-33-33)	6.7	12.9	23.9	7.25×10^1
			117.7	8.96×10^4
P1-K1-B1 (33-33-33) - Temiz	16.2	3.67×10^1	57.6	4.68×10^2
P1-K1-B2 (33-33-33)	5.9	8.7	46.9	1.13×10^2
P1-K1-B2 (33-33-33) - Temiz	14.3	5.06×10^1	51.7	2.16×10^2
P1-K2-B1 (33-33-33)	8.3	11.7	42.8	37.1×10
			121.9	1.02×10^5
P1-K2-B1 (33-33-33) - Temiz	14.0	2.12×10^1	44.3	8.60×10^1
			106.5	1.02×10^4
P1-K2-B2 (33-33-33)	7.6	13.5	30.0	5.90×10^1
P1-K2-B2 (33-33-33) - Temiz	12.8	1.05×10^1	52.2	2.59×10^2

Tablo-94 Raman Petrol (P1) + Çayırhan Kömür (K1) + Çayırhan Bitümlü Şist (B1) + Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Pirroliz--

Karışımlar	1.Bölge Aktivasyon Enerjisi	2.Bölge Aktivasyon Enerjisi
P1-K1-B1 (33-33-33)	10.5	11.6
		38.7
P1-K1-B1 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	19.1	37.1
P1-K1-B2 (33-33-33)	9.8	42.0
P1-K1-B2 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	32.3	50.5
P1-K2-B1 (33-33-33)	11.2	19.9
		31.5
P1-K2-B1 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	17.8	25.7
		43.6
P1-K2-B2 (33-33-33)	9.8	20.3
P1-K2-B2 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	20.9	51.2

Raman petrolü, Çayırhan kömürü - Çayırhan bitümlü şisti ve Himmetoğlu kömürü - Himmetoğlu bitümlü şistlerinin oluşturduğu üçlü karışımlarının (33-33-33) orijinal ve temizlenmiş numunelerinin aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 6.7-32.3 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 11.6-121.9 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Özellikle Çayırhan bitümlü şist ile hazırlanan karışımların ikinci reaksiyon bölgesinde birbirini takip eden iki reaksiyon oluşumu gözlemlenmiştir (Tablo 93-94).

Tablo-95 Batı Raman Petrol (P2) + Çayırhan Kömür (K1) + Çayırhan Bitümlü Şist (B1) + Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Pirroliz-

Karışımlar	1.Bölge		2.Bölge	
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
P2-K1-B1 (33-33-33)	34.8	51.3	58.6	5.93×10^2
			129.0	1.98×10^5
P2-K1-B1 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	29.6	38.4	63.0	1.35×10^3
			131.5	2.96×10^5
P2-K1-B2 (33-33-33)	32.5	44.7	58.2	3.50×10^2
P2-K1-B2 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	20.9	8.9	65.3	3.44×10^3
P2-K2-B1 (33-33-33)	24.2	28.4	53.1	2.35×10^2
			115.8	4.24×10^4
P2-K2-B1 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	20.5	11.3	51.0	1.97×10^3
			109.5	1.55×10^4
P2-K2-B2 (33-33-33)	21.2	13.9	39.4	3.27×10^1
P2-K2-B2 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	21.4	9.5	30.9	1.14×10^1
			56.7	5.19×10^3

Tablo-96 Batı Raman Petrol (P2) + Çayırhan Kömür (K1) + Çayırhan Bitümlü Şist (B1) + Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)]-Pirroliz-

Karışımlar	1.Bölge Aktivasyon Enerjisi	2.Bölge Aktivasyon Enerjisi
P2-K1-B1 (33-33-33)	32.7	31.3
		34.5
P2-K1-B1 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	21.4	47.7
		46.1
P2-K1-B2 (33-33-33)	29.4	29.8
P2-K1-B2 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	22.5	58.3
P2-K2-B1 (33-33-33)	23.1	27.1
		31.6
P2-K2-B1 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	20.0	40.2
		48.0
P2-K2-B2 (33-33-33)	18.7	39.3
P2-K2-B2 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	21.4	36.2

Batı Raman petrolü, Çayırhan kömürü - Çayırhan bitümlü şisti ve Himmetoğlu kömürü - Himmetoğlu bitümlü şistlerinin oluşturduğu üçlü karışımlarının (33-33-33) orijinal ve temizlenmiş numunelerinin aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 6.7-32.3 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 11.6-121.9 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Özellikle Çayırhan bitümlü şist ile hazırlanan karışımların ikinci reaksiyon bölgesinde birbirini takip eden iki reaksiyon oluşumu gözlemlenmiştir (Tablo 95-96).

4.3.2 Yanma Kinetik Analiz Sonuçları

Proje kapsamında gerçekleştirilen tüm deneylerdeki numunelerin kinetik parametreleri yanma ortamında, iki farklı (Arrhenius ve Coats -Redfern) model kullanılarak belirlenmiştir. Aynı zamanda Arrhenius yöntemi ile gerçekleştirilen analizlerde numunelerin Arrhenius sabitleride belirlenmiştir (Şekil 129-166).

Tablo-97 Petrol, Kömür ve Bitümlü Şist Numunelerinin Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Numune	1.Bölge Aktivasyon Enerjisi	1.Bölge Arrhenius Sabiti	2.Bölge Aktivasyon Enerjisi	2.Bölge Arrhenius Sabiti
Petrol				
Raman	44.1	1.50x10 ³	108.2 116.1	1.75x10 ⁶ 5.40x10 ⁶
Batı Raman	39.1	3.48x10 ³	104.7 160.9	2.35x10 ⁶ 1.22x10 ¹⁰
Kömür				
Çayırhan	41.0	1.66x10 ³	-	-
<i>Çayırhan (Temiz)</i>	46.6	1.76x10 ³	36.6	1.92x10 ²
Himmetoğlu	57.1	2.60x10 ³	159.1	5.80x10 ⁹
<i>Himmetoğlu (Temiz)</i>	42.7	1.12x10 ³	65.5	7.45x10 ³
Bitümlü Şist				
Çayırhan	44.6	8.87x10 ²	127.1 210.4	4.77x10 ⁵ 1.77x10 ¹⁰
<i>Çayırhan (Temiz)</i>	42.8	7.15x10 ²	105.2 204.5	2.00x10 ⁴ 8.87x10 ⁹
Himmetoğlu	75.0	1.77x10 ⁴	54.9 105.1	7.30x10 ⁴ 6.70x10 ⁶
<i>Himmetoğlu (Temiz)</i>	72.8	7.15x10 ²	49.4 110.5	3.02x10 ⁴ 7.40x10 ⁶

Tablo-98 Petrol, Kömür ve Bitümlü Şist Numunelerinin Kinetik Analizleri - Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Numune	1.Bölge Aktivasyon Enerjisi	2.Bölge Aktivasyon Enerjisi
Petrol		
Raman	42.7	107.1 118.6
Batı Raman	38.2	115.6 147.2
Kömür		
Çayırhan	14.3	33.3
<i>Çayırhan (Temiz)</i>	18.1	38.3
Himmetoğlu	55.7	158.2
<i>Himmetoğlu (Temiz)</i>	17.6	62.4
Bitümlü Şist		
Çayırhan	19.1	198.6
<i>Çayırhan (Temiz)</i>	24.8	185.3
Himmetoğlu	33.1	573
<i>Himmetoğlu (Temiz)</i>	27.6	86.2

Yanma deneylerinde petrol, kömür ve bitümlü şist numunelerinin farklı bölgelerde iki farklı yöntemle belirlenen aktivasyon enerjilerinin; petrol numunelerinde 38.2-147.2 kJ/mol, kömür (orijinal ve temizlenmiş) numunelerinde 14.3-159.1 kJ/mol, bitümlü şist (orijinal ve temizlenmiş) numunelerinde ise 19.1-210.4 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir (Tablo 67-68).

Tablo-99 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Karışımlar	1. Bölge		2. Bölge	
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
P1-K1 (20-80)	10.8	1.57	45.5	80.4
<i>P1-K1 (20-80) - Temiz</i>	<i>22.2</i>	<i>15.5</i>	<i>47.9</i>	<i>1.61x10²</i>
P1-K1 (40-60)	14.3	1.22	86.5	7.75 x10 ³
<i>P1-K1 (40-60) - Temiz</i>	<i>21.7</i>	<i>6.05</i>	<i>118.8</i>	<i>3.29x10⁶</i>
P1-K1 (50-50)	10.8	1.43	99.4	48.9 x10 ⁴
<i>P1-K1 (50-50) - Temiz</i>	<i>17.3</i>	<i>5.7</i>	<i>128.1</i>	<i>6.32x10⁷</i>
P1-K1 (60-40)	11.6	1.47	103.6	1.10x10 ⁶
<i>P1-K1 (60-40) - Temiz</i>	<i>13.4</i>	<i>1.78</i>	<i>85.2</i>	<i>6.55x10⁴</i>
P1-K1 (80-20)	13.3	1.86	107.2	1.96x10 ⁶
<i>P1-K1 (80-20) - Temiz</i>	<i>11.9</i>	<i>1.24</i>	<i>111.8</i>	<i>4.66x10⁶</i>

Tablo-100 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Karışımlar	1. Bölge Aktivasyon Enerjisi	2. Bölge Aktivasyon Enerjisi
P1-K1 (20-80)	8.7	37.2
<i>P1-K1 (20-80) - Temiz</i>	<i>22.4</i>	<i>47.4</i>
P1-K1 (40-60)	12.3	63.4
<i>P1-K1 (40-60) - Temiz</i>	<i>21.5</i>	<i>72.9</i>
P1-K1 (50-50)	15.4	67.7
<i>P1-K1 (50-50) - Temiz</i>	<i>27.9</i>	<i>122.3</i>
P1-K1 (60-40)	11.8	98.1
<i>P1-K1 (60-40) - Temiz</i>	<i>22.3</i>	<i>81.9</i>
P1-K1 (80-20)	12.8	80.7
<i>P1-K1 (80-20) - Temiz</i>	<i>17.6</i>	<i>103.7</i>

Raman petrolü ile Çayırhan kömür numunesinin farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılmasıyla elde edilen yeni yakıt türünün (orijinal ve temizlenmiş) aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 8.7-27.9 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 37.2-128.1 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

Karışımlardaki petrol oranını artması numunelerin aktivasyon enerjilerinde göreceli olarak artışlara neden olmuştur (Tablo 99-100).

Tablo-101 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Karışımlar	1. Bölge	1. Bölge	2. Bölge	2. Bölge
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
P1-K2 (20-80)	14.6	5.6	149.6	1.79×10^7
<i>P1-K2 (20-80) - Temiz</i>	<i>23.3</i>	<i>49.3</i>	<i>130.5</i>	<i>9.61×10^8</i>
P1-K2 (40-60)	13.8	4.7	179.9	1.79×10^{12}
<i>P1-K2 (40-60) - Temiz</i>	<i>20.1</i>	<i>31.6</i>	<i>121.8</i>	<i>2.98×10^7</i>
P1-K2 (50-50)	24.1	69.9	203.9	2.23×10^{13}
<i>P1-K2 (50-50) - Temiz</i>	<i>25.3</i>	<i>22.6</i>	<i>189.1</i>	<i>1.48×10^{12}</i>
P1-K2 (60-40)	17.3	7.6	146.1	1.77×10^7
<i>P1-K2 (60-40) - Temiz</i>	<i>27.7</i>	<i>75.6</i>	<i>161.3</i>	<i>1.80×10^{10}</i>
P1-K2 (80-20)	14.9	3.6	101.3	1.27×10^6
<i>P1-K2 (80-20) - Temiz</i>	<i>25.9</i>	<i>86.8</i>	<i>86.7</i>	<i>9.15×10^3</i>

Tablo-102 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Karışımlar	1. Bölge Aktivasyon Enerjisi	2. Bölge Aktivasyon Enerjisi
P1-K1 (20-80)	9.2	80.2
<i>P1-K1 (20-80) - Temiz</i>	<i>10.8</i>	<i>73.8</i>
P1-K1 (40-60)	14.6	112.9
<i>P1-K1 (40-60) - Temiz</i>	<i>13.8</i>	<i>111.9</i>
P1-K1 (50-50)	13.1	116.9
<i>P1-K1 (50-50) - Temiz</i>	<i>17.6</i>	<i>98.1</i>
P1-K1 (60-40)	10.6	82.6
<i>P1-K1 (60-40) - Temiz</i>	<i>17.8</i>	<i>79.7</i>
P1-K1 (80-20)	14.9	96.3
<i>P1-K1 (80-20) - Temiz</i>	<i>20.8</i>	<i>80.5</i>

Raman petrolü ile Himmetoğlu kömür numunesinin farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılmasıyla elde edilen yeni yakıt türünün (orijinal ve temizlenmiş) aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 9.2-27.7 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 73.8-203.9 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Temizleme işlemi sonucu kömür numunelerinin mineral yapılarının değişiminin numunelerin aktivasyon enerjilerini etkilediği gözlemlenmiştir. Temizleme işleminin yanma özelliklerini arttırdığı ve temizlenen numunelerle oluşturulan yakıtların daha kolay tutuşabildiğini göstermektedir. (Tablo 101-102).

Tablo-103 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Karışımlar	1. Bölge		2. Bölge	
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
P1-B1 (20-80)	18.5	0.45	39.7	14.5
<i>P1-B1 (20-80) - Temiz</i>	<i>25.5</i>	<i>3.65</i>	221.6 <i>24.0</i> <i>221.1</i>	1.68x10 ¹¹ <i>1.95</i> <i>6.10x10¹⁰</i>
P1-B1 (40-60)	9.5	0.17	85.6	3.51x10 ⁴
<i>P1-B1 (40-60) - Temiz</i>	<i>16.9</i>	<i>1.07</i>	247.4 <i>69.4</i> <i>186.1</i>	1.68x10 ¹¹ <i>1.68x10⁹</i> <i>8.34x10⁸</i>
P1-B1 (50-50)	15.1	0.97	123.2	9.86x10 ⁶
<i>P1-B1 (50-50) - Temiz</i>	<i>24.3</i>	<i>1.46</i>	204.7 <i>78.0</i> <i>182.8</i>	1.48x10 ¹⁰ <i>9.25x10³</i> <i>7.42x10⁸</i>
P1-B1 (60-40)	10.3	0.43	109.4	1.59x10 ⁶
<i>P1-B1 (60-40) - Temiz</i>	<i>22.8</i>	<i>5.1</i>	251.4 <i>97.5</i> <i>182.4</i>	2.48x10 ¹² <i>1.85x10⁵</i> <i>5.60x10⁸</i>
P1-B1 (80-20)	13.4	1.21	104.3	2.05x10 ⁶
<i>P1-B1 (80-20) - Temiz</i>	<i>27.3</i>	<i>7.4</i>	260.7 <i>127.2</i>	1.84x10 ¹³ <i>5.32x10⁷</i>

Tablo-104 Raman Petrolü (P1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Coats & Refern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Karışımlar	1. Bölge Aktivasyon Enerjisi	2. Bölge Aktivasyon Enerjisi
P1-B1 (20-80)	23.4	209.9
<i>P1-B1 (20-80) - Temiz</i>	<i>20.1</i>	<i>199.3</i>
P1-B1 (40-60)	50.1	199.4
<i>P1-B1 (40-60) - Temiz</i>	<i>50.7</i>	<i>175.5</i>
P1-B1 (50-50)	56.5	189.6
<i>P1-B1 (50-50) - Temiz</i>	<i>62.2</i>	<i>174.4</i>
P1-B1 (60-40)	66.4	152.6
<i>P1-B1 (60-40) - Temiz</i>	<i>61.5</i>	<i>141.4</i>
P1-B1 (80-20)	58.6	120.3
<i>P1-B1 (80-20) - Temiz</i>	<i>45.9</i>	<i>93..8</i>

Raman petrolü ile Çayırhan bitümlü şist numunesinin farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılmasıyla elde edilen yeni yakıt türünün (orijinal ve temizlenmiş) aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 9.5-66.4 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 39.7-260.7 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Temizleme işlemi sonucu bitümlü şist numunelerinin mineral yapılarının değişiminin

numunelerin aktivasyon enerjilerini etkilediği gözlemlenmiştir. Temizleme işleminin karışımların yanma özelliklerini arttırdığı ve temizlenen numunelerinin daha kolay tutuşabildiğini göstermektedir. (Tablo 103-104).

Tablo-105 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Karışımlar	1. Bölge		2. Bölge	
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
P1-B2 (20-80)	29.7	9.7	110.1	8.39x10 ⁶
<i>P1-B2 (20-80) - Temiz</i>	<i>22.7</i>	<i>4.7</i>	<i>112.3</i>	<i>1.14x10⁷</i>
P1-B2 (40-60)	14.7	0.3	148.8	2.56x10 ⁹
<i>P1-B2 (40-60) - Temiz</i>	<i>22.8</i>	<i>15.8</i>	<i>145.2</i>	<i>1.86x10⁹</i>
P1-B2 (50-50)	13.8	0.9	171.9	1.26x10 ¹¹
<i>P1-B2 (50-50) - Temiz</i>	<i>16.5</i>	<i>1.46</i>	<i>114.9</i>	<i>1.60x10⁷</i>
			<i>146.6</i>	<i>1.72x10⁹</i>
P1-B2 (60-40)	22.3	20.3	166.5	2.61x10 ¹⁰
<i>P1-B2 (60-40) - Temiz</i>	<i>18.7</i>	<i>5.20</i>	<i>106.1</i>	<i>3.10x10⁶</i>
			<i>115.5</i>	<i>6.91x10⁶</i>
P1-B2 (80-20)	20.7	24.5	126.9	4.92x10 ⁷
<i>P1-B2 (80-20) - Temiz</i>	<i>24.7</i>	<i>77.4</i>	<i>94.1</i>	<i>3.75x10⁶</i>
			<i>135.9</i>	<i>1.81x10⁹</i>

Tablo-106 Raman Petrolü (P1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Karışımlar	1. Bölge Aktivasyon Enerjisi	2. Bölge Aktivasyon Enerjisi
P1-B2 (20-80)	26.8	102.3
<i>P1-B2 (20-80) - Temiz</i>	<i>23.6</i>	<i>111.0</i>
P1-B2 (40-60)	18.7	142.3
<i>P1-B2 (40-60) - Temiz</i>	<i>19.8</i>	<i>132.7</i>
P1-B2 (50-50)	21.6	126.1
<i>P1-B2 (50-50) - Temiz</i>	<i>24.5</i>	<i>100.0</i>
P1-B2 (60-40)	23.0	141.6
<i>P1-B2 (60-40) - Temiz</i>	<i>22.1</i>	<i>110.1</i>
P1-B2 (80-20)	24.9	116.6
<i>P1-B2 (80-20) - Temiz</i>	<i>27.1</i>	<i>96.6</i>

Raman petrolü ile Himmetoğlu bitümlü şist numunesinin farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılmasıyla elde edilen yeni yakıt türünün (orijinal ve temizlenmiş) aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 14.7-29.7 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 94.1-171.9 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Temizleme işlemi sonucu bitümlü şist numunelerinin mineral yapılarının değişiminin

numunelerin aktivasyon enerjilerini etkilediği gözlemlenmiştir. Temizleme işleminin karışımların yanma özelliklerini arttırdığı ve temizlenen numunelerinin daha kolay tutuşabildiğini göstermektedir. (Tablo 105-106).

Tablo-107 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Karışımlar	1. Bölge		2. Bölge	
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
P2-K1 (20-80)	8.9	1.26	87.1	2.95×10^4
P2-K1 (20-80) - Temiz	20.4	11.9	51.4	3.07×10^2
P2-K1 (40-60)	32.9	3.49×10^2	125.7	3.06×10^7
P2-K1 (40-60) - Temiz	34.6	47.6	127.7	6.83×10^7
P2-K1 (50-50)	47.3	6.81×10^4	133.9	8.16×10^5
P2-K1 (50-50) - Temiz	32.1	21.6	123.3	2.74×10^7
P2-K1 (60-40)	21.8	2.27×10^2	134.6	1.21×10^8
P2-K1 (60-40) - Temiz	10.5	1.85	122.7	2.74×10^7
P2-K1 (80-20)	23.0	3.09×10^3	150.7	3.37×10^9
P2-K1 (80-20) - Temiz	11.2	2.14	108.3	2.61×10^6

Tablo-108 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Kömür (K1) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Karışımlar	1. Bölge Aktivasyon Enerjisi	2. Bölge Aktivasyon Enerjisi
P2-K1 (20-80)	6.9	35.3
P2-K1 (20-80) - Temiz	21.3	36.8
P2-K1 (40-60)	24.6	95.5
P2-K1 (40-60) - Temiz	40.9	87.2
P2-K1 (50-50)	33.1	100.2
P2-K1 (50-50) - Temiz	27.8	89.4
P2-K1 (60-40)	22.6	131.5
P2-K1 (60-40) - Temiz	19.8	118.8
P2-K1 (80-20)	29.7	140.2
P2-K1 (80-20) - Temiz	24.8	91.3

Batı Raman petrolü ile Çayırhan kömür numunesinin farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılmasıyla elde edilen yeni yakıt türünün (orijinal ve temizlenmiş) aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 8.9-47.3 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 35.3-150.7 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Temizleme işlemi sonucu kömür numunelerinin mineral yapılarının değişiminin numunelerin

aktivasyon enerjilerini etkilediği gözlemlenmiştir. Temizleme işleminin karışımların yanma özelliklerini arttırdığı ve temizlenen numunelerinin daha kolay tutuşabildiğini göstermektedir. (Tablo 107-108).

Tablo-109 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Karışımlar	1. Bölge	1. Bölge	2. Bölge	2. Bölge
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
P2-K2 (20-80)	17.3	20.4	145.4	9.05×10^9
P2-K2 (20-80) - Temiz	26.3	82.5	137.2	3.35×10^{10}
P2-K2 (40-60)	20.4	1.64×10^2	227.0	1.29×10^{15}
P2-K2 (40-60) - Temiz	37.9	1.67×10^3	191.6	2.60×10^{12}
P2-K2 (50-50)	29.6	2.12×10^2	186.3	9.87×10^{11}
P2-K2 (50-50) - Temiz	27.4	2.20×10^3	178.1	9.27×10^{11}
P2-K2 (60-40)	29.1	2.02×10^2	196.2	3.72×10^8
P2-K2 (60-40) - Temiz	47.8	5.08×10^4	181.3	3.45×10^{11}
P2-K2 (80-20)	36.9	2.74×10^3	149.4	2.12×10^9
P2-K2 (80-20) - Temiz	39.7	2.95×10^3	122.2	2.24×10^7

Tablo-110 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Kömür (K2) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Karışımlar	1. Bölge Aktivasyon Enerjisi	2. Bölge Aktivasyon Enerjisi
P2-K2 (20-80)	14.6	82.1
P2-K2 (20-80) - Temiz	16.5	81.8
P2-K2 (40-60)	19.3	147.8
P2-K2 (40-60) - Temiz	18.3	124.3
P2-K2 (50-50)	22.7	148.9
P2-K2 (50-50) - Temiz	16.3	132.9
P2-K2 (60-40)	28.6	131.7
P2-K2 (60-40) - Temiz	25.8	124.9
P2-K2 (80-20)	32.8	141.9
P2-K2 (80-20) - Temiz	28.4	116.9

Batı Raman petrolü ile Himmetoğlu kömür numunesinin farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılmasıyla elde edilen yeni yakıt türünün (orijinal ve temizlenmiş) aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 14.6-47.8 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 81.8-227.0 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Temizleme işlemi sonucu kömür numunelerinin mineral yapılarının değişiminin numunelerin

aktivasyon enerjilerini etkilediği gözlemlenmiştir. Oluşturulan bu karışımda da temizleme işleminin karışımların yanma özelliklerini arttırdığı ve temizlenen numunelerinin daha kolay tutuşabildiğini gözlemlenmektedir (Tablo 109-110).

Tablo-111 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Karışımlar	1.Bölge Aktiva. Enerjisi	1.Bölge Arrhenius Sabiti	2.Bölge Aktiva. Enerjisi	2.Bölge Arrhenius Sabiti
P2-B1 (20-80)	9.3	0.7	114.6	9.19×10 ⁶
P2-B1 (20-80) - Temiz	19.4	3.4	118.3 128.1 207.1	9.19×10 ⁶ 1.15×10 ⁷ 2.50×10 ¹⁰
P2-B1 (40-60)	21.4	2.5	119.1	7.84×10 ⁵
P2-B1 (40-60) - Temiz	24.1	7.1	108.4 146.4 188.1	3.30×10 ¹⁰ 3.10×10 ⁸ 9.12×10 ⁸
P2-B1 (50-50)	18.9	1.8	119.9	9.42×10 ⁶
P2-B1 (50-50) - Temiz	31.6	79.8	148.6 92.9 197.2	4.52×10 ⁸ 1.06×10 ⁵ 5.04×10 ⁹
P2-B1 (60-40)	26.7	38.2	79.1	2.37×10 ⁴
P2-B1 (60-40) - Temiz	21.2	6.1	108.5	1.15×10 ⁶
P2-B1 (80-20)	23.4	29.6	139.5	1.60×10 ⁸
P2-B1 (80-20) - Temiz	20.6	9.4	128.4	6.73×10 ⁷
			141.0	4.40×10 ⁸

Tablo-112 Batı Raman Petrolü (P2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Karışımlar	1.Bölge Aktivasyon Enerjisi	2.Bölge Aktivasyon Enerjisi
P2-B1 (20-80)	37.2	186.4
P2-B1 (20-80) - Temiz	14.4	62.2 198.0
P2-B1 (40-60)	36.1	60.9 212.1
P2-B1 (40-60) - Temiz	37.0	146.4 181.9
P2-B1 (50-50)	35.8	69.9 206.7
P2-B1 (50-50) - Temiz	44.5	66.6 190.9
P2-B1 (60-40)	27.3	72.3
P2-B1 (60-40) - Temiz	38.9	82.0
P2-B1 (80-20)	25.9	120.1
P2-B1 (80-20) - Temiz	21.6	76.9 138.1

Batı Raman petrolü ile Çayırhan bitümlü şist numunesinin farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılmasıyla elde edilen yeni yakıt türünün (orijinal ve temizlenmiş) aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 9.3-44.5 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 62.2-212.1 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Oluşturulan bu karışımda da temizleme işleminin karışımların yanma özelliklerini arttırdığı ve temizlenen numunelerinin daha kolay tutuşabildiğini gözlemlenmektedir (Tablo 111-112).

Tablo-113 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti ((1/min.))] -Yanma-

Karışımlar	1. Bölge	1. Bölge	2. Bölge	2. Bölge
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
P2-B2 (20-80)	16.7	19.7	124.0	4.28×10^7
P2-B2 (20-80) - Temiz	15.2	3.8	91.9 126.8	3.65×10^5 1.16×10^8
P2-B2 (40-60)	21.9	25.8	159.8	1.48×10^{10}
P2-B2 (40-60) - Temiz	21.6	6.8	84.4 152.4	7.62×10^4 1.72×10^9
P2-B2 (50-50)	22.9	60.7	158.9	1.28×10^{10}
P2-B2 (50-50) - Temiz	19.9	2.7	108.1 152.7	4.94×10^6 2.60×10^9
P2-B2 (60-40)	32.9	128.6	189.1	5.47×10^{11}
P2-B2 (60-40) - Temiz	34.8	$3 \times 5 \times 10^2$	120.0 176.6	3.84×10^7 6.30×10^{10}
P2-B2 (80-20)	27.1	96.7	132.5	1.39×10^8
P2-B2 (80-20) - Temiz	33.4	5.95×10^2	89.2 144.2	9.66×10^4 8.32×10^8

Tablo-114 Batı Raman Petrolü (P2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.))] -Yanma-

Karışımlar	1. Bölge Aktivasyon Enerjisi	2. Bölge Aktivasyon Enerjisi
P2-B2 (20-80)	21.5	119.1
P2-B2 (20-80) - Temiz	26.9	107.7
P2-B2 (40-60)	22.7	141.7
P2-B2 (40-60) - Temiz	21.4	61.7
P2-B2 (50-50)	19.8	151.6
P2-B2 (50-50) - Temiz	46.5	146.3
P2-B2 (60-40)	42.6	128.9
P2-B2 (60-40) - Temiz	49.3	120.7
P2-B2 (80-20)	32.5	120.6
P2-B2 (80-20) - Temiz	41.8	113.1

Batı Raman petrolü ile Himmetoğlu bitümlü şist numunesinin farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılmasıyla elde edilen yeni yakıt türünün (orijinal ve temizlenmiş) aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 15.2-49.3 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 61.7-176.6 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Temizleme işlemi sonucu kömür numunelerinin mineral yapılarının değişiminin numunelerin aktivasyon enerjilerini etkilediği gözlemlenmiştir. Oluşturulan bu karışımda'da temizleme işleminin karışımların yanma özelliklerini arttırdığı ve temizlenen numunelerinin daha kolay tutuşabildiğini gözlemlenmektedir (Tablo 113-114).

Tablo-115 Çayırhan Kömürü (K1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Karışımlar	1. Bölge	1. Bölge	2. Bölge	2. Bölge
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
K1-B1 (20-80)	16.1	4.7	41.3	44.6
			200.0	9.05×10^9
K1-B1 (20-80) - Temiz	43.8	86.5	201.2	1.22×10^{10}
K1-B1 (40-60)	17.9	4.9	41.1	37.9
			191.4	2.27×10^9
K1-B1 (40-60) - Temiz	41.7	59.1	111.2	5.50×10^4
			175.6	4.20×10^8
K1-B1 (50-50)	18.6	6.3	44.4	75.8
			176.8	1.49×10^9
K1-B1 (50-50) - Temiz	41.4	45.8	170.3	7.45×10^7
K1-B1 (60-40)	25.7	14.6	32.0	5.1
			152.1	8.39×10^6
K1-B1 (60-40) - Temiz	41.4	54.1	144.2	4.90×10^6
K1-B1 (80-20)	24.9	13.7	39.8	28.6
			122.4	1.12×10^5
K1-B1 (80-20) - Temiz	44.1	97.1	31.9	19.6
			75.5	3.87×10^4

Tablo-116 Çayırhan Kömürü (K1) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Karışımlar	1. Bölge Aktivasyon Enerjisi	2. Bölge Aktivasyon Enerjisi
K1-B1 (20-80)	20.0	177.2
K1-B1 (20-80) - Temiz	23.0	166.5
K1-B1 (40-60)	19.3	184.9
K1-B1 (40-60) - Temiz	41.7	169.1
K1-B1 (50-50)	20.8	170.1
K1-B1 (50-50) - Temiz	41.4	164.2
K1-B1 (60-40)	24.6	145.6
K1-B1 (60-40) - Temiz	41.4	136.9
K1-B1 (80-20)	25.9	113.7
K1-B1 (80-20) - Temiz	27.2	70.0

Çayırhan kömürü Çayırhan bitümlü şist numunesinin farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılmasıyla elde edilen yeni yakıt türünün (orijinal ve temizlenmiş) aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 16.1-43.8 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 41.1-184.9 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Temizleme işlemi sonucu kömür ve bitümlü şist numunelerinin mineral yapılarının değişiminin numunelerin aktivasyon enerjilerini etkilediği gözlemlenmiştir. Oluşturulan bu karışımda da temizleme işleminin karışımların yanma özelliklerini arttırdığı ve temizlenen numunelerinin daha kolay tutuşabildiğini gözlemlenmektedir (Tablo 115-116).

Tablo-117 Çayırhan Kömürü (K1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)]-Yanma-

Karışımlar	1. Bölge		2. Bölge	
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
K1-B2 (20-80)			46.5	81.4
	6.4	2.3	204.4	1.33×10^{10}
K1-B2 (20-80) - Temiz			41.9	7.84×10^2
	5.2	1.9	88.6	2.06×10^6
K1-B2 (40-60)			58.3	1.10×10^3
	7.2	3.9	186.1	1.22×10^9
K1-B2 (40-60) - Temiz			65.3	3.24×10^3
	6.7	2.8	106.3	2.72×10^7
K1-B2 (50-50)			61.9	2.04×10^3
	8.3	5.7	219.2	1.16×10^{11}
K1-B2 (50-50) - Temiz			46.9	4.24×10^2
	8.1	5.4	164.5	7.26×10^8
K1-B2 (60-40)			71.1	1.52×10^4
	7.9	5.6	198.6	8.92×10^9
K1-B2 (60-40) - Temiz			60.4	1.16×10^2
	6.4	4.7	184.2	3.14×10^8
K1-B2 (80-20)			87.6	6.68×10^5
	10.1	8.4	124.0	1.22×10^7
K1-B2 (80-20) - Temiz			55.7	9.74×10^1
	7.6	6.1	102.4	5.22×10^6

Tablo-118 Çayırhan Kömürü (K1) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] - Yanma-

Karışımlar	1.Bölge Aktivasyon Enerjisi	2.Bölge Aktivasyon Enerjisi
K1-B2 (20-80)	19.1	33.9
		192.2
K1-B2 (20-80) - Temiz	30.0	82.9
K1-B2 (40-60)	16.2	35.9
		174.6
K1-B2 (40-60) - Temiz	30.2	34.3
K1-B2 (50-50)	39.1	45.4
		121.7
K1-B2 (50-50) - Temiz	25.3	63.0
K1-B2 (60-40)	22.5	54.7
		118.7
K1-B2 (60-40) - Temiz	25.1	31.2
K1-B2 (80-20)	28.4	62.8
		124.0
K1-B2 (80-20) - Temiz	20.2	31.3

Çayırhan kömürü Himmetoğlu bitümlü şist numunesinin farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılmasıyla elde edilen yeni yakıt türünün (orijinal ve temizlenmiş) aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 5.2-39.1 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 33.9-198.6 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Temizleme işlemi sonucu kömür ve bitümlü şist numunelerinin mineral yapılarının değişiminin numunelerin aktivasyon enerjilerini etkilediği gözlemlenmiştir. Oluşturulan bu karışımda'da temizleme işleminin karışımların yanma özelliklerini arttırdığı ve temizlenen numunelerinin daha kolay tutuşabildiğini gözlemlenmektedir (Tablo 117-118).

Himmetoğlu kömürü Çayırhan bitümlü şist numunesinin farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılmasıyla elde edilen yeni yakıt türünün (orijinal ve temizlenmiş) aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 5.6-33.1 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 36.6-189.7 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Temizleme işlemi sonucu kömür ve bitümlü şist numunelerinin mineral yapılarının değişiminin numunelerin aktivasyon enerjilerini etkilediği gözlemlenmiştir. Oluşturulan bu karışımda'da temizleme işleminin karışımların yanma özelliklerini arttırdığı ve temizlenen numunelerinin daha kolay tutuşabildiğini gözlemlenmektedir (Tablo 119-120).

Tablo-119 Himmetoğlu Kömürü (K2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Karışımlar	1.Bölge		2.Bölge	
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
K2-B1 (20-80)	19.2	8.7	58.3 47.3	58.3 145.6
K2-B1 (20-80) - Temiz	18.4	7.1	28.2 189.7	17.4 3.27x10 ⁹
K2-B1 (40-60)	21.4	10.1	47.9 40.7	32.5 37.2
K2-B1 (40-60) - Temiz	17.4	8.9	43.4 184.7	29.6 1.33x10 ⁹
K2-B1 (50-50)	28.1	15.7	61.3 35.9	5.4x10 ³ 16.9
K2-B1 (50-50) - Temiz	20.4	11.4	50.9 177.7	3.37x10 ² 3.55x10 ⁸
K2-B1 (60-40)	22.7	13.6	53.2 33.6	7.21x10 ² 9.77
K2-B1 (60-40) - Temiz	18.6	11.2	37.6 67.5	30.3 9.96x10 ³
K2-B1 (80-20)	28.9	18.3	41.1	40.2
K2-B1 (80-20) - Temiz	5.6	19.6	43.9 67.1	1.21x10 ² 1.14x10 ⁴

Tablo-120 Himmetoğlu Kömürü (K2) ve Çayırhan Bitümlü Şist (B1) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Karışımlar	1.Bölge Aktivasyon Enerjisi	2.Bölge Aktivasyon Enerjisi
K2-B1 (20-80)	32.2	53.7 115.7
K2-B1 (20-80) - Temiz	27.9	188.6
K2-B1 (40-60)	33.1	44.9 37.1
K2-B1 (40-60) - Temiz	30.9	43.9 182.6
K2-B1 (50-50)	29.9	42.6 68.7
K2-B1 (50-50) - Temiz	21.5	43.9 160.6
K2-B1 (60-40)	27.4	47.2 51.2
K2-B1 (60-40) - Temiz	37.9	53.5
K2-B1 (80-20)	19.7	36.6 48.2
K2-B1 (80-20) - Temiz	15.8	55.8

Tablo-121 Himmetoğlu Kömürü (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Karışımlar	1. Bölge		2. Bölge	
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
K2-B2 (20-80)	9.7	1.15	54.8	1.84x10 ³
K2-B2 (20-80) - Temiz	8.7	1.47	77.3	4.46x10 ⁴
K2-B2 (40-60)	12.8	1.72	52.0	1.04x10 ³
K2-B2 (40-60) - Temiz	13.6	1.98	49.9	3.94x10 ³
K2-B2 (50-50)	12.8	1.72	48.7	4.67x10 ²
K2-B2 (50-50) - Temiz	11.4	1.45	70.4	2.87x10 ⁵
K2-B2 (60-40)	14.1	1.98	44.8	1.95x10 ²
K2-B2 (60-40) - Temiz	15.4	2.04	53.8	8.70x10 ³
K2-B2 (80-20)	15.3	2.15	63.4	1.12x10 ³
K2-B2 (80-20) - Temiz	14.9	2.07	47.2	3.30x10 ³
			59.3	2.91x10 ²
			43.7	2.32x10 ³
			78.5	1.34x10 ²
			44.5	9.48x10 ⁴
			65.4	1.91x10 ³
			43.0	9.45x10 ³
			87.2	1.17x10 ³
			56.2	5.72x10 ⁵
			50.8	2.83x10 ³
				9.75x10 ²

Tablo-122 Himmetoğlu Kömürü (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Karışımlar	1. Bölge Aktivasyon Enerjisi	2. Bölge Aktivasyon Enerjisi
K2-B2 (20-80)	11.7	54.8
K2-B2 (20-80) - Temiz	28.3	69.2
K2-B2 (40-60)	14.8	20.1
K2-B2 (40-60) - Temiz	12.8	89.3
K2-B2 (50-50)	13.6	60.9
K2-B2 (50-50) - Temiz	22.9	39.7
K2-B2 (60-40)	17.4	54.7
K2-B2 (60-40) - Temiz	25.5	53.2
K2-B2 (80-20)	15.8	25.8
K2-B2 (80-20) - Temiz	29.8	53.6
		52.5
		53.0
		87.2
		63.9

Himmetoğlu kömürü Himmetoğlu bitümlü Şist numunesinin farklı oranlarda (20-80, 40-60, 50-50, 60-40 ve 80-20) karıştırılmasıyla elde edilen yeni yakıt türünün (orijinal ve temizlenmiş) aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 8.7-29.8 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 25.8-89.3 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Temizleme işlemi sonucu bitümlü Şist numunelerinin mineral yapılarının değişiminin numunelerin aktivasyon enerjilerini etkilediği gözlemlenmiştir. Oluşturulan bu karışımda'da temizleme işleminin karışımların yanma özelliklerini arttırdığı ve temizlenen numunelerinin daha kolay tutuşabildiğini gözlemlenmektedir (Tablo 121-122).

Tablo-123 Raman Petrol (P1) + Çayırhan Kömür (K1) + Çayırhan Bitümlü Şist (B1) + Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Karışımlar	1. Bölge		2. Bölge	
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
P1-K1-B1 (33-33-33)	16.7	1.31	7.5	0.57
P1-K1-B1 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	10.3	0.15	72.5	4.87x10 ³
P1-K1-B2 (33-33-33)	19.6	5.16	14.4	0.93
P1-K1-B2 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	16.6	0.91	101.9	1.30x10 ⁶
P1-K2-B1 (33-33-33)	14.9	0.85	115.1	1.37x10 ⁷
P1-K2-B1 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	11.4	0.66	84.9	8.64x10 ⁴
P1-K2-B2 (33-33-33)	17.2	1.47	163.1	5.48x10 ¹⁰
P1-K2-B2 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	10.9	0.26	115.2	2.97x10 ⁷
			86.8	1.44x10 ⁵
			160.6	4.60x10 ¹⁰
			129.7	3.21x10 ⁸

Tablo-124 Raman Petrol (P1) + Çayırhan Kömür (K1) + Çayırhan Bitümlü Şist (B1) + Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri -Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Karışımlar	1. Bölge Aktivasyon Enerjisi	2. Bölge Aktivasyon Enerjisi
P1-K1-B1 (33-33-33)	21.4	53.4
P1-K1-B1 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	15.3	160.1
		46.1
		118.4
P1-K1-B2 (33-33-33)	19.9	94.6
P1-K1-B2 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	23.9	110.6
P1-K2-B1 (33-33-33)	17.6	88.9
P1-K2-B1 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	13.5	76.9
P1-K2-B2 (33-33-33)	17.2	105.8
P1-K2-B2 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	20.1	118.0

Raman petrolü, Çayırhan kömürü - Çayırhan bitümlü şisti ve Himmetoğlu kömürü - Himmetoğlu bitümlü şistlerinin oluşturduğu üçlü karışımlarının (33-33-33) orijinal ve temizlenmiş numunelerinin aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 10.3-23.9 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 46.1-163.1 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Özellikle Çayırhan bitümlü şist ile hazırlanan karışımların ikinci reaksiyon bölgesinde birbirini takip eden iki reaksiyon oluşumu gözlemlenmiştir (Tablo 123-124).

Tablo-125 Batı Raman Petrol (P2) + Çayırhan Kömür (K1) + Çayırhan Bitümlü Şist (B1) + Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Arrhenius Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Karışımlar	1.Bölge		2.Bölge	
	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti	Aktiva. Enerjisi	Arrhenius Sabiti
P2-K1-B1 (33-33-33)	13.9	0.36	8.9	0.44
P2-K1-B1 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	12.5	0.14	98.7	3.67x10 ⁵
P2-K1-B2 (33-33-33)	13.4	0.49	140.9	5.94x10 ⁸
P2-K1-B2 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	9.3	0.11	18.7	0.64
P2-K2-B1 (33-33-33)	11.0	0.14	107.9	3.17x10 ⁶
P2-K2-B1 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	8.5	0.10	162.9	3.89x10 ¹⁰
P2-K2-B2 (33-33-33)	12.4	0.21	114.8	1.13x10 ⁷
P2-K2-B2 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	8.7	0.13	148.4	3.77x10 ⁹
			196.5	1.24x10 ¹³
			202.8	4.05x10 ¹³

Tablo-126 Batı Raman Petrol (P2) + Çayırhan Kömür (K1) + Çayırhan Bitümlü Şist (B1) + Himmetoğlu Kömür (K2) ve Himmetoğlu Bitümlü Şist (B2) Karışımlarının Kinetik Analizleri - Coats & Redfern Metod- [Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol); Arrhenius sabiti (1/min.)] -Yanma-

Karışımlar	1.Bölge Aktivasyon Enerjisi	2.Bölge Aktivasyon Enerjisi
P2-K1-B1 (33-33-33)	18.0	68.1
P2-K1-B1 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	14.9	82.5
P2-K1-B2 (33-33-33)	15.9	104.5
P2-K1-B2 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	11.7	125.6
P2-K2-B1 (33-33-33)	21.4	85.9
P2-K2-B1 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	10.7	102.2
P2-K2-B2 (33-33-33)	17.8	142.9
P2-K2-B2 (33-33-33)- <i>Temiz</i>	6.3	153.5

Batı Raman petrolü, Çayırhan kömürü - Çayırhan bitümlü şisti ve Himmetoğlu kömürü - Himmetoğlu bitümlü şistlerinin oluşturduğu üçlü karışımlarının (33-33-33) orijinal ve temizlenmiş numunelerinin aktivasyon enerjilerinin birinci reaksiyon bölgesinde 6.3-21.4 kJ/mol, ikinci reaksiyon bölgesinde ise 8.9-202.8 kJ/mol arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Özellikle Çayırhan bitümlü şist ile hazırlanan karışımların ikinci reaksiyon bölgesinde birbirini takip eden iki reaksiyon oluşumu gözlemlenmiştir (Tablo 125-126).

**Tüm numunelerin piroliz ve yanma ortamındaki Arrhenius eğrileri Ek-E ve Ek-F 'de verilmiştir.*

5- Sonuçlar

Bu araştırma projesi kapsamında kömür ve bitümlü şist numuneleri uygun tanecik boyutuna indirildikten sonra farklı yöntemlerle zenginleştirilmiştir (yanma sonrası küli meydana getiren ve çevre kirliliğine yol açan inorganik bileşenlerinden ve kükürt içeriğinden arındırılarak, temiz, çevreye dost yakıt). Zenginleştirme çalışmaları sonucunda elde edilen ürünler farklı oranlarda yeniden karıştırılarak piroliz ve yanma etkinlikleri ısısal analiz yöntemleriyle belirlenmiştir.

Petrollerin piroliz deneylerinde ağırlık kaybına neden olan iki farklı mekanizmanın olduğu gözlemlenmiştir. Oda sıcaklığı ile 380 °C aralığında ağırlık kaybına bağlı olarak oluşan buharlaşma (evaporation) mekanizması sırasında düşük moleküler ağırlıklı türlerin distilasyonu oluşmuştur. 380 - 600 °C aralığında ise; sıcaklık arttıkça büyük moleküllerin artan bir şekilde buharlaşmasına paralel olarak ayrılma (cracking) bölgesi oluşmuştur.

Kömürlerin piroliz deneylerinde ise 25 °C - 250 °C aralığında ağırlık kaybına bağlı olarak oluşan bu bölgede ise numunelerin nem kaybı, bağlı su kaybı ve düşük oranlarda CO ve CO₂ oluşumu gözlemlenmiştir. Bu sıcaklık aralığındaki diğer bir su kaybı ise inorganik bileşimlerden kristal suyun serbest kalmasıdır. 200 °C - 730 °C sıcaklık aralığında ise su, CO ve CO₂ oluşumuna ek olarak alifatik ve aromatik uçucu maddeler açığa çıktığı görülmüştür.

Bitümlü şistlerin piroliz deneylerinde 200 °C - 600 °C sıcaklık aralığında ise hidrokarbon maddelerin kaybı, ya da başka bir deyişle pirolitik bitümlerin ayrışması gerçekleşir. Yüksek sıcaklık ayrışması olarak bilinen sıcaklık aralığında ise (600-900 °C) kalsit, dolomit ve ankerit gibi karbonat minerallerinin ayrışması gerçekleşmiştir.

Petrollerinin yanma deneylerinde düşük sıcaklık oksitlenmesi (low temperature oxidation, HTO), yakıt depolaması (fuel deposition, FD) ve yüksek sıcaklık oksitlenmesi (high temperature oxidation, HTO), olarak bilinen üç farklı reaksiyon bölgesinin oluştuğu gözlemlenmiştir.

Kömür numunelerinin yanma deneylerinde, 25 °C -350 °C arasında kömürler fenolik yapılarındaki bozulma, karboksil ve karbonil grupların oksitlenmesiyle suyunu kaybetmeye başladığı; 350 °C civarında karbondioksitin ve hidrojenin çıkışıyla birincil karbonizasyon bölgesinin oluştuğu ve sıcaklığın artmasıyla da metan ve diğer düşük karbonlu alifatikler, hidrojen, karbonmonoksit ve alkil aromatikler ortaya çıktığı gözlemlenmiştir.

Bitümlü şist numunelerinin yanma deneylerinde, belirli sıcaklık aralıklarında farklı reaksiyon bölgelerinin oluştuğu gözlemlenmiştir.

Petrol, kömür ve bitümlü şist karışımları ile gerçekleştirilen piroliz ve yanma deneylerinde ise, genel olarak düşük sıcaklık bölgesi ve yüksek sıcaklık bölgesi olarak adlandırılan iki farklı reaksiyon bölgesinin oluştuğu gözlemlenmiştir.

Kömür ve bitümlü şist numunelerinin zenginleştirme işleminde kül içeriklerini numunelerin yapılarına bağlı olarak sınırlı oranda azaltılmasına rağmen, elde edilen yanma sonuçlarında özellikle zenginleştirilmiş tüm numunelerin (petrol-kömür, petrol-bitümlü şist, kömür-bitümlü şist ve petrol-kömür-bitümlü şist) numunelerinin ısı akış hızlarında belirgin oranlarda artış gözlemlenmiştir. Bu artışlar Raman-Çayırhan kömür karışımlarında % 13-20; Raman-Himmetoğlu kömür karışımlarında % 11-24; Raman-Çayırhan bitümlü şist karışımlarında % 6-17; Raman-Himmetoğlu bitümlü şist karışımlarında % 7-11; Batı Raman-Çayırhan kömür karışımlarında % 5-12; Batı Raman - Himmetoğlu kömür karışımlarında % 8-9; Batı Raman-Çayırhan bitümlü şist karışımlarında % 26-51; Batı Raman-Himmetoğlu bitümlü şist karışımlarında % 5-26; Çayırhan kömür ve Çayırhan bitümlü şist karışımlarında % 7-20; Çayırhan kömür ve

Himmetoğlu bitümlü şist karışımlarında % 3-18; Himmetoğlu kömür ve Çayırhan bitümlü şist karışımlarında % 3-18; Himmetoğlu kömür ve Himmetoğlu bitümlü şist karışımlarında % 13-40; Raman petorlü ile oluşturulan üçlü karışımlarda % 5-31 ve Batı Raman petorlü ile oluşturulan üçlü karışımlarda % 9-44 oranlarındadır. Bu sonuçlar kömür ve bitümlü şist numunelerinin kül içeriklerinin belli oranlarda azaltıldığını, çevre dostu ve daha kaliteli yakıt ve karışımlarının oluşturulduğunu göstermektedir .

Tüm numunelerin kinetik analizler iki farklı modelle analiz edilmiş olup, temizleme işlemi sonucu bitümlü şist numunelerinin mineral yapılarının değişiminin numunelerin aktivasyon enerjilerini etkilediği gözlemlenmiştir. Temizleme işleminin karışımların yanma özelliklerini arttırdığı ve temizlenen numunelerinin daha kolay tutuşabildiğini gözlemlenmiştir.

Referanslar

- ABU-QUADIS M., Jaber JO., Sawalha S., Oil Shale, 22-1, 51-57, (2005)
- ABU KHAMISIN SA., Iddris A., Aggour MA, Fuel 80-10, 1415-1420, (2001).
- AHMED MF., Saleem M., Fuel Sci. Tech. Int., 9, 461-484, (1991).
- ALONSO MJG., Borrego, AG. Alvarez D., Kalkreut W., Fuel, 83-3, 1857-1863, (2001).
- ALANSO AM., Bermeg J., Gruda M., Tason MD., Fuel, 71, 611-617, (1992).
- ALANSO MJ., Borrego AG., Alvarez D., Kalkreut W., Fuel, 80-3, 1857-1870, (2001).
- ALULA M., Cagniant D., Laver JC, Fuel, 65 (1990) 177-182.
- ALTUN NE., Hicyilmaz C., Kok MV., J. Therm. Analysis and Calorimetry, 65-3, 769-774, (2001).
- ALTUN NE., Hicyilmaz C., Kok MV., J. Therm. Analysis and Calorimetry, 65-3, 797-781, (2001).
- ALSAFFAR HB., Hasanin H., Price D., Hughes R., Energy and Fuels, 15-1, 182-187, (2001).
- AMBALAE A., Mahinpey N., Freitag N., Energy and Fuels, 20-2, 560-566, (2006).
- ARENILLAS A., Rubiera F., Garcia XA., J. Therm. Analysis and Calorimetry, 76-2, 603-608, (2004).
- AQUAD A., Benchanaa M., Ounas A., J. Therm. Analysis and Calorimetry, 75-3, 887-894, (2004).
- AVID B., Tuvshinjar A., J. Therm. Analysis and Calorimetry, 68-3, 877-882, (2003).
- BAE J., Soc. Pet. Eng. AIME, 211-218, (1977)
- BALLICA L., Larsen JW., Fuel, 82-11, 1305-1311, (2003).
- BARKIA H., Belkbir L., Jayaweera SAA., J. Therm. Anal. and Calorimetry, 76-2, 615-621, (2004).
- BEIKO EA., Thermochemica Acta, 348-2, 97-104, (1999)
- BENFELL K., Beamish BB., Crosdela PJ., Fuel Processing Technology, 60, 1-14 (1999).
- BERKOVICH AJ., Levy JH., Schmidt SJ., Young, BR., Thermochemica Acta, 357, 41-45, (2000).
- BHARGAVA S., Awaja F., Subasinghe ND., Fuel, 84-6, 707-712, (2005).

BISWAS S., Boral P., Choudhury A., , Fuel Processing Technology 87-3, 191-196 (2006).

BURNHAM A., Snape,., (Ed.), NATO ASI , Akcay, Turkey, 1993. URCL-IC-1 14129.

BURGER JC., Sahuquet BC., Soc. Pet. Eng. AIME, 410-422, (1972).

BUTLER EI., Soulard MR., Fuel, 61, 437-441, (1982).

CEYLAN K., Karaca H., Onal Y., Fuel, 78, 1109-1116, (1999).

CIURYLA V., Welmer RF., Fuel, 60, 748-758 (1979).

COATS A., Redfern J., Nature, 201, 68-39, (1964)

COLLETT GM., Rund B., Thermochim. Acta, 41, 153-165, (1980).

COIL T., Perale JF., Arnaldos J, Thermochim. Acta, 196, 53-62, (1992).

CRELLIN JC., Hippo EJ., Woerner A., West DP., Fuel, 71, 151-158, (1992).

CUMMING JW., Fuel, 63, 1436-1440, (1980).

CUMMING JW., Mclaughlin J., Thermochim. Acta, 57, 253-272, (1982).

DEGIRMENCI L., Durusoy T., Energy Sources, 27-9, 787-793, (2005).

DIEZ MA., Casal MD., Canga CS., J. Anal. Appl. Pyrolysis, 67-1, 23-28, (2003).

DRICI D., Vossoughi S., SPE Reservoir Eng., 591-595 (1979).

DOUDA J., Lianos E., Alvarez ., J. Anal. Appl. Pyrolysis, 71-2, 601-605, (2004)

DONG XG., Lei QF., Fang WJ., Yu QS., Thermochimica Acta, 427-1, 149-154, (2005).

DUZ MZ., Tonbul Y., Hamamci C., J. Therm. Analysis and Calorimetry 81-2, 395-399, (2005).

EARNEST C., Thermochim. Acta, 58, 271-288, (1982).

ELBEYLİ İY., Piskin S., J. Therm. Analysis and Calorimetry, 83-3, 721-726, (2006).

ELBEYLİ İY., Petroleum Science and Technology, 24-10, 1233-1237 (2006).

ELDER JP., Fuel, 62, 580-584 (1983).

ELDER JP., Harris, MB., Fuel, 63, 262-267, (1982).

FREITAG NP., Verkoczy B., Journal of Canadian Petroleum Technology, 44-3, 64-69, (2005).

GARCIA P., Hall PJ., Mondragon F., Thermochim. Acta, 336-1, 41-46 (1999).

GAINBERG VG., .Hetsroni, G., Energy & Fuels, 113, 915-919, (1997).

GERSTEN J., .Fainberg V.,.Hetsroni, G., Shindler Y., Fuel, 79-13, 1679-1686, (2000)

GOLD PI., *Thermochim. Acta*, 42, 135-152, (1980).

GONCALVES MLA., Teixeira MAG., Matos JR., *J. Therm. Anal. and Calorimetry*, 80-2, 387-393, (2005)

GONCALVES MLA., Mercury RLP., Matos JR., *J. Therm. Anal. and Cal.*, 64-2, 697-702, (2001)

GONCALVES MLA., Matos JR, *J. Therm. Analysis and Calorimetry*, 64-2, 697-706, (2001)

GONCALVES MLA., Teixeira MAG., Matos JR., *Fuel*, 85-7, 1151-1157, (2006).

GUNES M., Gunes S., *Energy Sources*, 27-8, 749-754 (2005).

HAN XX., Jiang JM., Cui CG, *J. Therm. Analysis and Calorimetry*, 84-3, 631-637,

HAYKIRI H., Kucukbayrak S., Okten G., *Fuel Sci. Tech. Int.*, 11, 1611-1627, (1993).

HAYKIRI H., Yaman S., Kucukbayrak S., *Energy Sources*, 28-1, 135-140, (2006).

HUANG H. Wang SJ., Wang KY., Klein MT., *Energy and Fuels*, 13, 396-400, (1999). (2006).

IORDONIAS A., Georgakopo A., Fournaraki A., *Thermochimica Acta*, 371, 137-142 , (2001).

IORDANIS A., Georgakop A., Markova K., Filippidis A., *Thermochimica Acta*, 371, 137-141 (2001).

JABER JO., Mohsen MS., *Oil Shale*, 18-1, 47-55, (2001).

JABER JO., Probert SD., *Applied Energy*, 63-4, 269-286, (1999).

JABER JO., Probert SD., *Fuel Processing Technology*, 63-1, 57-70, (2000)

JANIKOWSKI SK., Stenberg VI., *Fuel*, 68, 95-99, (1989).

JIANG XM., Han XX., Yu HL., *J. Therm. Analysis and Calorimetry*, 85-3, 761-766, (2006).

KALJUVEE T., Pelt J., *J. Therm. Analysis and Calorimetry*, 78-2, 399-406, (2004).

KALJUVEE T., Radin M., Pelovski Y., *J. Therm. Analysis and Calorimetry*, 84-1, 59-65, (2006).

KARABAKAN A., Yurum Y., *Fuel*, 79-7, 785-792, (2000).

KARAYILDIRIM T, Yanik T., Yuksel M., Saglam M., *Oil Shale*, 21-3, 205-212, (2004).

KIZGUT S., Yilmaz S., *Fuel Processing Technology*, 85-2, 103-108, (2004).

KOK MV., Pamir MR., *J. Therm. Analysis and Calorimetry*, 53, 567-575, (1998).

KAMAL NJ., Verkoc J, *SPE Reservoir Eng.*, 329-340, (1986).

KOK MV., Bagci AS., *Energy and Fuels*, 18-3, 858-864, (2004).

KOK MV., *Thermochim. Acta*, 214, 315-324, (1993)

KOK MV., *J. Therm. Analysis and Calorimetry*, 79-1, 175-180, (2005).

KOK MV., *J. Therm. Anal.*, 49, 617-625, (1997).

KOK MV., Ozbas E., Hicyilmaz C., Karacan O., *Thermochimica Acta*, 302, 125-130, (1997).

KOK MV., Ozbas E., Hicyilmaz C., Karacan O., *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 45, 103-110, (1998).

KOK MV., *Thermochimica Acta*, 336, 121-125 (1999).

KOK MV., *J. Therm. Analysis and Calorimetry*, 64-3, 1319-1324 , (2001).

KOK MV., Keskinhan C., *Thermochimica Acta*, 369-1, 143-148, (2001).

KOK MV., *Energy Sources*, 24-10 899-904, (2001).

KOK MV., *J. Therm. Analysis and Calorimetry*, 64-3, 1319-1323, (2001).

KOK MV., *Energy Sources*, 25-10, 1007-1012, (2002).

KOK MV., Bagci AS., , Ceylan E., Ozkilib O., *Energy Sources*, 27-5, 417422, (2005).

KOK MV., Okandan E., *Fuel*, 71, 1499-1503, (1992).

KOK MV., *Thermochim. Acta*, 214, 315-327, (1993).

KOPSCH H., *Thermochim. Acta*, 235, 271-275, (1994).

KOK MV., Sztatisz, J., .Pokol G., *Energy and Fuels*, 11, 1137-1142, (1997).

KOK MV., Karacan O., *J. Therm. Analysis and Calorimetry*, 52, 781-788 (1998).

KOK MV., Senguler I., Hufnagel H. Sonel N., *Thermochimica Acta*, 371-1, 111-118, (2001) .

KOK MV., *Oil Shale*, 18-2, 131-136, (2001).

KOK MV., Pamir R., *Oil Shale* 20-1 57-62, (2003).

KOK MV., *J. Therm. Analysis and Calorimetry*, 84-2: 361-366, (2006).

KOK MV., Acar C., *J. Therm. Analysis and Calorimetry*, 83-2, 445-450, (2006).

KOK MV., Pokol G., Keskin C., Madarasz J., *J. Therm. Anal. and Calorimetry*, 75, 781-785, (2004).

KOK MV, Iscam SG., *J. Therm. Analysis and Calorimetry*, 64-3, 1311-1318, (2001).

KOK MV., Keskin C., *Thermochim. Acta*, 369-1, 143-147, (2001).

KOK MV, *Thermochimica Acta*, 369-1, 144-150, (2001).

KOK MV., Pamir R., *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 55, 185-194 (2000).

KOK MV., Sztatisz J., Pokol G., *J. Therm. Analysis and Calorimetry*, 56, 939-946, (1999).

KOK MV., *Energy Sources*, 24-1, 1-9, (2002).

KOK MV., *J. Therm. Analysis and Calorimetry*, 73-1, 241-246, (2003).

LALA SD., Kosinski JA., *J. Air & Waste Management Assoc.*, 49-8, 925-933, (1999).

LAUX H., Butz T., Rahimian I., *Oil and Gas Science and Technology*, 55 -3, 315-320, (2000).

LI J., Mehta SA., Moore R., *J. of Canadian Petr. Tech.*, 45 -1, 48-53, (2006).

LI J., Ferguson H., Okazawa NE., *J. of Canadian Petroleum Technology* 43-7, 45-50 (2004).

LI X., Matuschek G., Herrera M., *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 67-2, 393-397, (2003).

LI X., Matuschek G., Herrera M., *J. Therm. Analysis and Calorimetry*, 71-2, 601-605, (2003).

LISBOA ACL., Watkinson AP., *Powder Technology*, 101, 151-156, (1999).

LIU J, He D., Xu L., Yang H., *J. Therm. Analysis and Calorimetry*, 58-2, 447-453, (1999).

LOPEZ R., Gonzalez JR., *J. Therm. Anal. and Calorimetry*, 80-1, 65-69, (2005).

LUKYAA AB., Hughes R., Millington A., *Trans. Inst. Chem. Eng.*, 72, 163-168, (1994)

MAHAJAN OP., Tomita A., *Fuel*, 56, 33-38, (1977).

MAYAROL MC., Izquierdo M., Rubio B, *Thermochim Acta*, 373-2, 173-177, (2001).

MAYAROL MY., Izquierdo MT., Andreas JM., Rubio M., *Thermochimica Acta*, 370, 91-97, (2001).

MENDEZ LG., Borrego AB., Martinez MR., *Fuel*, 82 -15, 1875-1880, (2003).

MIANOWSKI A., Radko T., *Fuel*, 72, 1537-1539, (1993).

MIANOWSKI A., Bigda R., Zymła, R., *J. Therm. Analysis and Calorimetry*, 84-3, 563-568, (2006).

MORGAN PA., Robertson SD., *Fuel*, 65, 1546-1551, (1986).

MORRIS RM., *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 27, 97-107, (1993).

MORRIS RM., *Fuel*, 69, 776-779, (1990).

NOSYREY IE., Cagniant D., Gruber D., Analusis BF., *Fuel* 25, 313-318, (1997).

OZBAS KE., Hicyilmaz C., Kok MV., *Fuel Processing Technology*, 64, 211-220, (2000).

OZBAS KE., Hicyilmaz C., Kok MV, *Energy Sources*, 24-7, 643-648, (2002).

OZBAS KE., Hicyilmaz C., Kok MV, *J. Therm. Analysis and Calorimetry*, 69-2, 541-545, (2002)..

OZBAS KE., Hicyilmaz C., Kok MV, *J. Therm. Analysis and Calorimetry*, 71-3, 849-854, (2003).

OZBAS KE., Hicyilmaz C., Kok MV., *Energy Sources*, 25-1, 33-38, (2003).

PATEL MM., Grow DT., Young BC., *Fuel*, 67, 165-169, (1988).

PITKENAN I, Huttunen J., Vesterien R., *J. Therm. Anal. and Calorimetry*, 56, 1253-1259, (1999).

PIETKZAK R., Wachowska H., *Thermochimica Acta*, 419-1, 247-252, (2004).

PRANDA P., Prandova K., Hlavacek V., *Fuel Processing Technology*, 61, 211-221, (1999).

RAI C., Tran, D.Q. *Fuel*, 58, 603-607 (1977).

RANJBAR M., Pusch G., *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 20, 185-191, (1991).

RANJBAR M., *J. Anal. Appl. Pyrolysis* , 27, 87-93, (1993).

RATCLIFFE CT., Pap G., *Fuel*, 59, 244-248, (1980)

REJASHWAR K., *Thermochim. Acta*, 45 253-263, (1981).

RICHARDSON MJ., *Fuel*, 72, 1047-1053, (1982).

RICHARDSON MJ., *Fuel*, 72, 1047-1053, (1993).

ROSEVALD RJ., Dubow JB., *Thermochim. Acta* 53, 321-332, (1982).

SERAGELDIN MA. Pan W., *Thermochim. Acta*, 76, 145-160, (1984).

SKALA D., Kopsch H., Sokik M., Boucnovic A., Fuel, 65, 490-496, (1990).

SKALA D., Sokik M., J. Therm. Anal., 38, 729-738, (1992).

SMITH ES., Neavel, CR., Fuel, 60, 458-462, (1981).

SMITH ES., Neavel, CR., Hippo EJ., Fuel, 60, 458-462, (1981).

SOLOMON PR., Serai MA, Fuel, 72 (1993) 589-597.

STARZEWSKI P., Zielenkiewic W., Thermochim. Acta, 160, 215-222, (1990).

STREZOV J., Evans TJ., Strezov L., J. Therm. Analysis and Calorimetry, 78 -2, 385-390, (2004).

SUN QL., , Wen L., Chen HK., Energy Sources, 28-9, 865-870, (2006).

SONIBARE, OO., Egashira R., Energy Conversion and Management, 46-15, 2335-2342, (2005).

SONIBERA OO., Egashira E., Adedosu TA., Thermochimica Acta, 405-2,195-200, (2003).

THAKUR DS., Nuttall HE., Ind. Eng. Chem. Res., 26, 1351-1356 (1987).

TAKANOSHI T., Terao Y., Iino, M., Yun YS, Energy and Fuels, 13-2, 506-512, (1999).

TKİ., Bolu-Göynük Linyit Sahası Değerlendirme Raporu, Etüt Proje ve Tesis Daire Başkanlığı, Nisan (2005)

TORRENTO MC., Galan MA., Fuel, 80-3, 327-334, (2001).

TPAO, 2006 yılı Faaliyet Raporu (www.tpao.gov.tr)

VARHEGYI G ., Szabo P., Till F., J. Anal. Appl. Pyrolysis 57-2, 203-208, , (2001). (2001).

VERKOCY J., Kamal NJ, J. Can. Pet. Technol., 47-57, (1986).

VOSSOUGH I S., Bartlett G, Soc. Pet. Eng. AIME, 11073, 1-12, (1982).

VOSSOUGH I S., J. Therm. Anal., 27, 17-36, (1983).

YOSHIKI KS., Phillips CR., Fuel, 64, 1591-1596, (1985).

WACHOWSLI L., Hofman W., J. Therm. Analysis and Calorimetry, 83-2, 379-374, (2006).

WARNE SS., Thermochim. Acta, 272, 1-9, (1996).

WILLIAMS PT, AhmadN., Applied Energy, 66-2, 113-133, (2000)

WILLIAMS PT., Ahmad, N., Fuel, 78-6, 653-662, (2000).

XIE W., Pan WP., *J. Therm. Analysis and Calorimetry*, 65 -3, 669-685, (2001).
XIE W., Pan PE. , *J. Therm. Analysis and Calorimetry*, 65-3, 669-674, (2001).
YU DX., Xu MH., Sui X., Liu Y., *Thermochimica Acta*, 439-1, 103-108, (2005)
ZOLLER DL., Johnston M., Tomic J., Wang X, *Energy and Fuels*, 13, 1097-1104, (1990).
2007-2013, 9. Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, Enerji Hammaddeleri
Alt Komisyonu, Linyit ve Taşkömürü Çalışma Grubu Raporu