

HEKİMHAN HAVZASI (MALATYA KUZEYBATISI) ÜST  
KRETASE-TERSİYER YAŞLI KARBONAT KAYAÇLARIN  
ORGANİK PETROGRAFİK VE ORGANİK JEOKİMYASAL  
ÖZELLİKLERİ

**MERVE FAKILI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
2010

CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HEKİMHAN HAVZASI (MALATYA KUZEYBATISI) ÜST KRETASE-  
TERSİYER YAŞLI KARBONAT KAYAÇLARIN ORGANİK  
PETROGRAFIK VE ORGANİK JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

**MERVE FAKILI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI  
YRD. DOÇ. DR. NAZAN YALÇIN ERİK

SİVAS  
2010

Bu tez Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış ve jürimiz tarafından Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Hüseyin YALÇIN

Üye : Doç. Dr. Hüseyin YILMAZ

Üye (Danışman) : Yrd. Doç. Dr. Nazan YALÇIN ERİK

### ONAY

Bu tez çalışması, .../.../2010 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulu tarafından belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Sezai ELAGÖZ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 24.09.2008 tarihli ve 009 sayılı toplantısında kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

*Hayatımın anlamı, canım kardeşim **MİNE**'m için;*

## ÖZET

### HEKİMİHAN HAVZASI (MALATYA KUZEYBATISI) ÜST KRETASE-TERSİYER YAŞLI KARBONAT KAYAÇLARIN ORGANİK PETROGRAFİK VE ORGANİK JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

#### MERVE FAKILI

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Nazan YALÇIN ERİK

2010, 108 sayfa

Bu çalışma, Hekimhan Havzası'ndaki Üst Kretase yaşlı karbonat kayaçların organik jeokimyasal ve organik petrografik yöntemlerle hidrokarbon potansiyellerinin belirlenmesini amaçlamaktadır. Bölgedeki sedimanter istif, Üst Jura-Alt Kretase yaşlı karbonatlı kayaçlarla başlamakta, Üst Kretase yaşlı ofiyolitler ve volkanik kayaçlar, Paleosen yaşlı evaporitler, Üst Paleosen-Orta Eosen yaşlı karbonatlar, Üst Eosen-Alt Oligosen yaşlı killi ve karbonatlı, Oligosen yaşlı aglomera ve volkanik kayaçlarla devam etmekte olup, Kuvaterner birimlerle son bulmaktadır. Kavakdere ve Güzelyurt formasyonu örneklerinin TOC değerleri genel olarak düşük (<% 0.5) olup, hidrokarbon kaynak kaya potansiyelleri yoktur. Ayrıca, PI değerleri de düşük olup (0-0.12) olgunlaşmamış aşamayı gösterir. Hidrojen İndeksi, Kavakdere formasyonu örneklerinde 0-629 mgHC/gTOC, Güzelyurt formasyonu örneklerinde ise 0-42 mgHC/gTOC arasında değişir. HI-OI ve HI-T<sub>max</sub> diyagramlarında örneklerin tip II/III karışımı ve tip III kerojen alanında olduğu, ortalama 433 °C T<sub>max</sub> değeri ise hidrokarbon türümü için olgunlaşmamış-erken olgun düzeyi ifade etmektedir. Organik petrografik incelemelere göre egemen organik madde amorfudur (% 65-90). Bu çalışmada ayrıca GC, GC-MS analizleri de yapılmıştır. Biyomarker verileri de organik jeokimyasal ve organik petrografik verileri desteklemektedir.

Bu çalışma sonunda, Kavakdere ve Güzelyurt formasyonlarına ait kireçtaşlarının petrol kaynak kaya özelliğinde olmadığı belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler: Hekimhan Havzası, Organik Jeokimya, Organik petrografi, Biyomarker, Petrol kaynak kayası**

## SUMMARY

### THE ORGANIC PETROGRAPHIC AND ORGANIC GEOCHEMICAL PROPERTIES OF UPPER CRETACEOUS-TERTIARY CARBONATE ROCKS IN HEKIMHAN BASIN (NORTHWEST OF MALATYA)

**MERVE FAKILI**

Master of Science Thesis, Department of Geological Engineering

Supervisor: Ass. Prof. Dr. Nazan YALÇIN ERİK

2010, 108 pages

This study aims to determine of the hydrocarbon potentials of with organic petrographic and organic geochemical methods that are found at Upper Cretaceous carbonate rocks in Hekimhan Basin. The sedimenter units at this region begins with Upper Jurassic-Lower Cretaceous carbonate rocks, Upper Cretaceous ophiolites and volcanic rocks, Paleocene evaporities, Upper Paleocene-Middle Eocene carbonates, Upper Eocene-Lower Oligocene clay and with carbonate, it goes on Oligocene agglomerate and volcanic rocks and ends with Quaternary units. Generally, TOC values of Kavakdere and Güzelyurt formation samples are low (<0.5 %), and they have no hydrocarbon source rock potential. Also, PI values are low (0-0.12), they indicate immature stage. The Hydrogen Index values varied between 0-629 mgHC/gTOC in Kavakdere formation samples and range between 0-42 mgHC/gTOC in Güzelyurt formation samples. It can be seen that the samples in the HI-OI and the HI-T<sub>max</sub> diagrams are mainly of type II-III mixed, and in the area of type III, with average T<sub>max</sub> value is 433 °C and corresponding to the immature and early mature stage for hydrocarbon generation. According to organic petrographic determinations, dominate organic matter is amorphous (65-90 %). Also, GC and GC-MS analyses were done in this study. Biomarker data support that the organic geochemical and organic petrographic data.

At the end of this study it can be seen that Kavakdere and Güzelyurt formation carbonates have no hydrocarbon source rock potential.

**Keywords: Hekimhan Basin, Organic Geochemistry, Organic Petrography, Biomarker, Oil source rock**

## TEŞEKKÜR

Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek lisans tezi kapsamında hazırlanan bu çalışmamda konu seçimi, arazi çalışmaları ve tez yazım süresince yardımlarından dolayı danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Nazan YALÇIN ERİK başta olmak üzere,

Arazi çalışmaları ve harita çizim aşaması sırasında yardımlarından ve katkılarından dolayı Dursun ERİK (TCK 16. Bölge) ve Araş. Gör. Ali Polat (C.Ü.)'a,

Arazi çalışmaları ve tez hazırlama sürecindeki yardımlarından dolayı Doç. Dr. Hüseyin YILMAZ (C.Ü.)' a,

İncelenen örneklerin XRD, XRD-TK ve XRD-KF analizlerinin yapımında Kimya Yük. Müh. Fatma YALÇIN (MİPJAL, C.Ü.)'a, katkı ve yardımlarından dolayı Prof. Dr. Hüseyin YALÇIN (C.Ü.)' a,

Bu tezin ana fikrinin oluşturulmasındaki katkılarından dolayı Jeo. Yük. Müh. Ahmet DİNÇER'e,

Sağladıkları barınma, ulaşım yardımları ve katkılarından dolayı Hekimhan Bilfer Madencilik A.Ş. çalışanları ve Vedat OTLU (Hekimhan, Malatya) ile Karamahmut köyü halkına çok teşekkür ederim.

Ayrıca en büyük destekçim olan *AİLEM*'e çok teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b>	VII
<b>SUMMARY</b>	VII
<b>TEŞEKKÜR</b>	VIII
<b>İÇİNDEKİLER</b>	IX
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b>	XI
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b>	XIV
<b>1. GİRİŞ</b>	1
1.1. Amaç ve Kapsam	2
1.2. İnceleme Alanının Konumu	2
1.3. Öncel Çalışmalar	3
1.3.1. Genel Jeoloji Amaçlı Öncel Çalışmalar	4
1.3.2. Ekonomik Jeoloji Amaçlı Öncel Çalışmalar	6
1.4. İnceleme Yöntemleri	7
1.4.1. X-Işınları Difraksiyonu-Tüm Kaya Değerlendirmeleri (XRD-TK)	8
1.4.2. Organik Jeokimyasal Değerlendirmeler	9
1.4.2.1. TOC-Rock-Eval Piroiliz Analizi	10
1.4.2.2. Özütleme Analizi	13
1.4.2.3. Kolon Kromatografi Analizi	13
1.4.2.4. Gaz Kromatografi Analizi (GC)	14
1.4.2.5. Gaz Kromatografi-Kütle Spektrometre Analizi (GC-MS)	15
1.4.2.6. Duraylı Karbon İzotop Analizi	16
1.4.3. Organik Petrografik Değerlendirmeler	16
<b>2. İNCELEME ALANININ GENEL JEOLJİK VE STRATİGRAFİK ÖZELLİKLERİ</b>	19
2.1. Bölgesel Jeolojik Konum	19
2.2. İnceleme Alanının Genel Jeolojisi	20
2.3. İnceleme Alanının Stratigrafik Özellikleri	22
2.3.1. Çataldağ Kireçtaşı (Jç)	22
2.3.2. Karadere Ultramafiti (Ksk)	22
2.3.3. Buldudere Kongloması (Ksb)	23

2.3.4. Güzelyurt Formasyonu (Ksg)	25
2.3.5. Kavakdere Formasyonu (Ksk)	25
2.3.6. Zorbehan Formasyonu (Ksz)	29
2.3.7. Yağca Formasyonu (Tpy)	29
2.3.8. Kızılyatak Formasyonu (Tpk)	30
2.3.9. Kuvaterner Oluşuklar (Qal)	31
2.4. İnceleme Alanının Tektonik Özellikleri	31
<b>3. PETROGRAFİK DEĞERLENDİRMELER</b>	<b>33</b>
3.1. XRD-TK İncelemeleri	35
3.2. XRD-KF İncelemeleri	37
<b>4. ORGANİK PETROGRAFİK VE ORGANİK JEOKİMYASAL DEĞERLENDİRMELER</b>	<b>39</b>
4.1. Organik Petrografi Değerlendirmeleri	39
4.1.1. Organik Madde Miktarı	44
4.1.2. Organik Madde Tipi	46
4.1.3. Organik Olgunlaşma	50
4.1.4. Hidrokarbon Kaynak Kaya Potansiyeli	53
4.1.5. Gaz Kromatografi (GC) Analiz Değerlendirmeleri	60
4.1.6. Gaz Kromatografi-Kütle Spektrometre (GC-MS) Analiz Değerlendirmeleri	64
4.1.6.1. <i>n</i> -alkanlar, isoprenoidler	65
4.1.6.2. Stereoidler, Hopanoidler	68
4.1.7. Duraylı Karbon ( $\delta^{13}\text{C}$ ) Analizi	72
<b>5. ORGANİK FASİYES İNCELEMELERİ</b>	<b>73</b>
<b>6. BİTÜM-KAYNAK KAYA KORELASYONU</b>	<b>78</b>
<b>7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b>	<b>79</b>
<b>8. KAYNAKLAR</b>	<b>84</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>94</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil 1.1.</b> İnceleme alanının yer bulduru haritası	<b>3</b>
<b>Şekil 1.2.</b> İnceleme alanına ait öncel çalışmaların korelasyonu	<b>5</b>
<b>Şekil 2.1.</b> İnceleme alanının Türkiye'nin tektonik birlikler içerisindeki konumu (Ketin, 1966)	<b>19</b>
<b>Şekil 2.2.</b> İnceleme alanına ait genel jeoloji haritası (Öztürk ve diğ., 1996)	<b>21</b>
<b>Şekil 2.3.</b> İnceleme alanına ait stratigrafik dikme kesit ( Öztürk ve diğ., 1996)	<b>24</b>
<b>Şekil 2.4.</b> İnceleme alanında Karamahmut köyü civarında Kavakdere formasyonu resifal kireçtaşları (K-G yönlü bakış)	<b>26</b>
<b>Şekil 2.5.</b> İnceleme alanı Hekimhan girişi mevkiinde gözlenen marn-kireçtaşı ardalanması (GB-KD yönlü bakış)	<b>26</b>
<b>Şekil 2.6.</b> Hekimhan girişi mevkiinde Hippuritesli kireçtaşları	<b>27</b>
<b>Şekil 2.7.</b> Güzelyurt Formasyonu Mumyalık Tepe resifal kireçtaşları	<b>27</b>
<b>Şekil 2.8.</b> Karamahmut Köyü sızıntı alanı MH-13 nolu örneğin yakından görünümü	<b>28</b>
<b>Şekil 2.9.</b> Karamahmut Köyü sızıntı alanı MH-16 nolu örneğin yakından görünümü	<b>28</b>
<b>Şekil 2.10.</b> İnceleme alanından alınan ölçümler ve ölçümlere göre oluşturulan gül diyagramı	<b>32</b>
<b>Şekil 2.11.</b> Karamahmut köyü Karamahmutun dere yakınında gözlenen fay aynası (K 25 D-85 GD)	<b>32</b>
<b>Şekil 3.1.</b> Hekimhan girişinden alınan Kavakdere formasyonu örneklerinin petrografik özellikleri, (MH-7 örneği biyomikrit ve içindeki bitüm)	<b>33</b>
<b>Şekil 3.2.</b> Karamahmut Köyü sızıntı alanından alınan örneklerin petrografik özellikleri a) Bitüm izli biyomikrit (MH-16), b) Saçınmış ve boşluk dolgusu şeklinde bitümlü biyomikrit (MH-18)	<b>34</b>
<b>Şekil 3.3.</b> Güzelyurt formasyonu kireçtaşlarından alınan örneklerin petrografik özellikleri. Fosil kavkı parçaları ve bitüm izi a) MH-27 ve b) MT-2 nolu örnekler	<b>34</b>
<b>Şekil 3.4.</b> MH-1 örneğinin mineralojik bileşimini gösteren tüm kayaç difraktogramı	<b>36</b>

<b>Şekil 3.5.</b> MH-6 örneğinin mineralojik bileşimini gösteren tüm kayaç difraktogramı	<b>36</b>
<b>Şeki 3.6.</b> MH-6 örneğinin XRD-KF değerlendirmesi ve belirlenen kil mineralleri	<b>38</b>
<b>Şekil 4.1.</b> İncelenen örneklerin organik madde tiplerinin üçgen diyagramı	<b>40</b>
<b>Şekil 4.2.</b> MH-7 örneğinde belirlenen amorf, otsu, odunsu organik maddeler	<b>41</b>
<b>Şekil 4.3.</b> MH-16 örneğinde yaygın olarak izlenen amorf ve otsu organik maddeler	<b>41</b>
<b>Şekil 4.4.</b> MH-22 örneğinde egemen olarak belirlenen amorf organik maddeler	<b>42</b>
<b>Şekil 4.5.</b> MH-23 örneğinde belirlenen amorf ve otsu organik maddeler	<b>42</b>
<b>Şekil 4.6.</b> MH-24 örneğinde belirlenen amorf, otsu, odunsu organik maddeler	<b>43</b>
<b>Şekil 4.7.</b> MH-25 örneğinde belirlenen amorf, otsu, odunsu organik maddeler ve koyu sarı renkli sporlar	<b>43</b>
<b>Şekil 4.8.</b> İncelenen örneklerin Hidrojen İndeksi-Oksijen İndeksi diyagramındaki dağılımları	<b>47</b>
<b>Şekil 4.9.</b> İncelenen birimlerden Kavakdere formasyonuna ait piroliz analiz ve kil miktarlarının karşılaştırma grafikleri	<b>49</b>
<b>Şekil 4.10.</b> İncelenen örneklerin S2-TOC diyagramındaki dağılımları	<b>50</b>
<b>Şekil 4.11.</b> İncelenen örneklerin HI-T <sub>max</sub> diyagramındaki dağılımları (Mukhopadhyay ve diğ., 1995)	<b>52</b>
<b>Şekil 4.12.</b> İncelenen örneklerin köken zenginliği diyagramındaki dağılımları (Jackson ve diğ., 1985)	<b>55</b>
<b>Şekil 4.13.</b> İncelenen örneklerin T <sub>max</sub> -PI diyagramındaki dağılımları (Katz, 1995)	<b>57</b>
<b>Şekil 4.14.</b> İncelenen örneklerin S1-TOC diyagramında dağılımı (Hunt, 1995)	<b>58</b>
<b>Şekil 4.15.</b> İncelenen örneklerin Potansiyel verim (S1+S2)-TOC diyagramı (Wehner, 1989)	<b>59</b>
<b>Şekil 4.16.</b> MH-16 (a) ve MH-22 (b) örneklerinin gaz kromatogramları	<b>63</b>
<b>Şekil 4.17.</b> C <sub>27</sub> -C <sub>28</sub> -C <sub>29</sub> düzenli steranların bolluklarını ifade eden üçgen diyagram ve incelenen örneklerin dağılımı (Huang ve Meinschein, 1979)	<b>69</b>

<b>Şekil 4.18.</b> MH-16 (a) ve MH-22 (b) nolu örneklerin m/z 191 kromatogramları	<b>70</b>
<b>Şekil 4.19.</b> MH-16 (a) ve MH-22 (b) nolu örneklerin m/z 217 kromatogramları	<b>71</b>
<b>Şekil 5.1.</b> Değişik çökelme ortamlarındaki farklı organik fasiyeslerin görünümü (Altunsoy ve Özçelik, 1993)	<b>74</b>

**EK-1:** Hekimhan Yöresi (KB Malatya) Jeoloji-Örnek Dağılım-Kabartma Haritaları ve Kesitleri

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 1.1.</b> Bu çalışma sırasında uygulanan analiz türleri ve örnek sayıları	<b>8</b>
<b>Çizelge 1.2.</b> XRD çekimlerinde kullanılan aletsel koşullar	<b>9</b>
<b>Çizelge 1.3.</b> Ana kaya sınıflaması (Tissot ve Welte, 1978)	<b>11</b>
<b>Çizelge 1.4.</b> T <sub>max</sub> değerlerinin temsil ettiği olgunlaşma değerleri	<b>11</b>
<b>Çizelge 1.5.</b> Kaynak kaya oluşum potansiyelini tanımlayan parametreler (Peters, 1986)	<b>13</b>
<b>Çizelge 1.6.</b> Hidrokarbon tipini tanımlayan jeokimyasal parametreler (Peters, 1986)	<b>13</b>
<b>Çizelge 1.7.</b> Spor renk indeksi (SCI) ve belirttiği olgunlaşma seviyeleri (Ediger ve Soylu, 1993)	<b>18</b>
<b>Çizelge 3.1.</b> İncelenen birimlerin XRD-Tüm Kaya değerlendirme sonuçları	<b>35</b>
<b>Çizelge 3.2.</b> İncelenen örneklerin XRD-Kil Fraksiyon değerlendirmeleri	<b>37</b>
<b>Çizelge 4.1.</b> İncelenen örneklerde belirlenen organik madde tipleri ve spor renk (SCI) değişimleri	<b>39</b>
<b>Çizelge 4.2.</b> İncelenen örneklerin TOC ve Rock-Eval piroliz analiz sonuçları	<b>45</b>
<b>Çizelge 4.3.</b> T <sub>max</sub> -PI değerlerine göre olgunlaşma parametreleri	<b>54</b>
<b>Çizelge 4.4.</b> İncelenen örneklerin özüt analiz sonuçları	<b>60</b>
<b>Çizelge 4.5.</b> İncelenen örneklerin gaz kromatografi verileri	<b>61</b>
<b>Çizelge 4.6.</b> İncelenen örneklerin <i>n</i> -alkan dağılımları	<b>61</b>
<b>Çizelge 4.7.</b> İncelenen örneklerin doymuş hidrokarbon (saturate) bileşim oranları	<b>64</b>
<b>Çizelge 4.8.</b> m/z 217 iyon fregmentogramı tanımlaması	<b>66</b>
<b>Çizelge 4.9.</b> m/z 191 iyon fregmentogramı tanımlaması	<b>67</b>
<b>Çizelge 4.10.</b> Hekimhan örneklerinin δ <sup>13</sup> C izotop değerleri	<b>72</b>
<b>Çizelge 5.1.</b> Jones (1987)'ye göre organik fasiyes tipleri ve tanımlayıcı parametreler	<b>76</b>
<b>Çizelge 5.2.</b> Baskin (1997)'ye göre organik fasiyes tipleri ve tanımlayıcı parametreler	<b>77</b>

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda ülkemizde ve Dünya’da artan enerji talebiyle birlikte var olan fosil enerji kaynaklarının bilinen ancak ihmal edilen tükenbilir özelliği daha dikkat çekici boyuta gelmiş ve tüm çalışmalar gerek enerjinin etkin bir şekilde kullanımı ve tasarrufu gerekse yeni enerji kaynaklarının veya yeni arama sahalarının belirlenmesine yönelmiştir. Ülkemizde zaten tükenbilir enerji kaynaklarının rezervinin kısıtlı ve ülke ihtiyacını karşılayamıyor olması, bu sıkıntının daha önemli bir biçimde hissedilmesine neden olmuştur. Bu nedenle gelecekte yaşanacak enerji darboğazını aşmak üzere günümüzde yerel özellikte olan ancak gelecekte ekonomik olarak kullanılabilir özellikteki petrol ve kömür gibi kaynakların araştırılması büyük önem taşımaktadır. Bu tez çalışması ile bahsedilen kapsamda bir çalışma yapılması amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın temel prensibini özellikle inceleme alanında yaygın olarak gözlenen resifal karbonatların hidrokarbon kaynak kayası özelliklerinin belirlenmesi oluşturmaktadır. Dünya’da ve ülkemizde araştırma ve petrol üretimi açısından büyük önem taşıyan resifal karbonatlar Hekimhan civarında yaygındır ve öncel bazı çalışmalarda arazi incelemeleri sırasında bitüm kokulu olması nedeniyle ilgi çekici olmuştur. Resifal karbonatlı kayaçların (Kavakdere ve Güzelyurt formasyonları) organik petrografik ve organik jeokimyasal değerlendirmeleri bu kapsam dahilinde yapılmış ve elde edilen verilere göre bu kayaçların hidrokarbon türüm potansiyelleri hakkında bilgi edinilmiştir. Ayrıca inceleme alanında bulunan marn, kiltası gibi kayaçlarda da kaynak kaya potansiyeli bakımından önem taşımaları nedeniyle aynı analizler uygulanmıştır. Aynı zamanda bu alanda küçük bir bölgede (Karamahmut Köyü Karamahmutun dere) gözlenen katılaştırılmış bitümler ve asfaltik izler de bu çalışma için önemli bir araştırma konusudur. Bu sızıntı ve karbonatlı kayaçların organik petrografik ve organik jeokimyasal özelliklerinin karşılaştırması ile bu sahada ilk kez kapsamlı bir petrol jeolojisi çalışması gerçekleştirilmiş ve bilimsel anlamda önemli bir bilgi birikimi sağlanmıştır.

## **1.1. Amaç ve Kapsam**

Bu çalışma Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmış olup, Malatya kuzeybatısı Hekimhan Havzası'nda yer alan Üst Kretase yaşlı kayaçların organik jeokimyasal ve organik petrografik değerlendirmesi ve hidrokarbon potansiyellerinin araştırılmasını amaçlamaktadır.

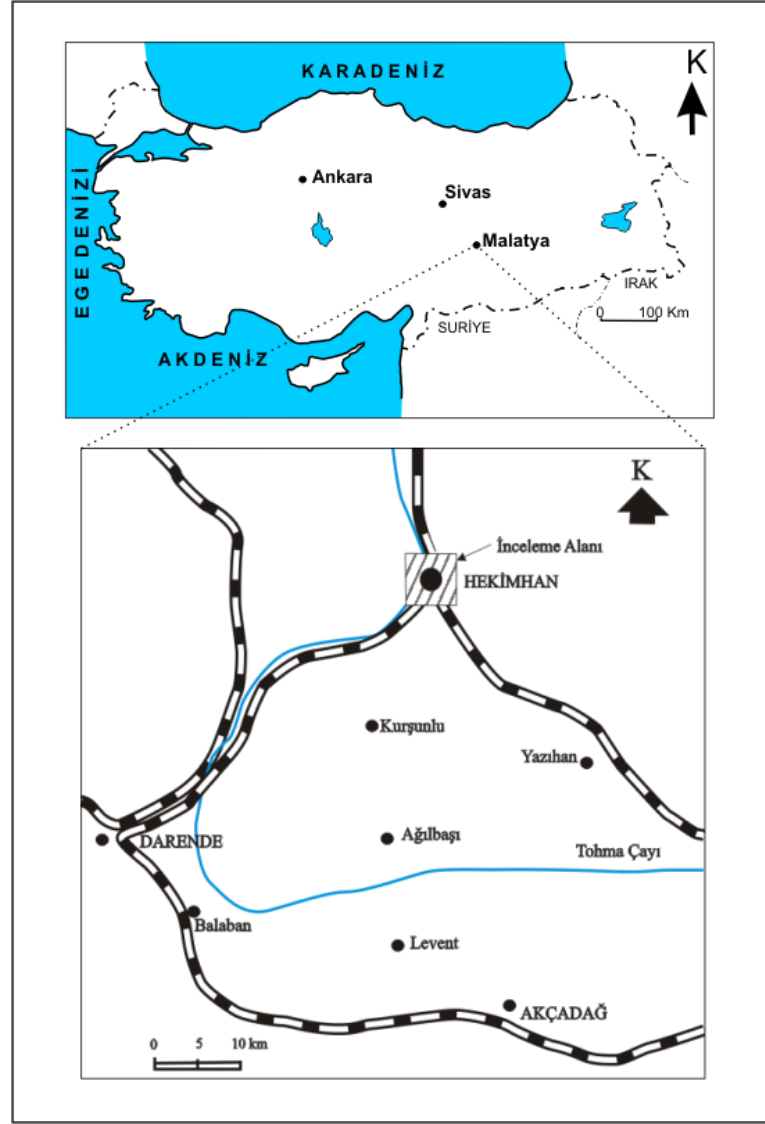
Bu kapsamda özellikle resifal kireçtaşı özellikli ve bitüm kokulu Kavakdere ve Güzelyurt formasyonlarında ayrıntılı organik jeokimyasal ve organik petrografik incelemeler yapılmıştır. Kavakdere formasyonu farklı lokasyonlar için ayrı ayrı örneklendirilerek incelenmiştir (EK-1).

## **1.2. İnceleme Alanının Konumu**

İnceleme alanı Malatya ili sınırları içerisinde olup, K39-b3 paftasındadır ve Hekimhan ilçesinin güney kısımlarını kapsamaktadır (Şekil 1.1). Hekimhan ilçesi, Malatya ilinin 90 km kuzeybatısında yer almakta olup Sivas-Malatya kara ve demiryolu ulaşım hattı üzerindedir.

Hekimhan sınırları dahilinde zengin yer altı kaynakları (demir, dolomit, krom ve kireçtaşı) vardır. 1953 yılında Bilfer Madencilik Şirketi ilçede mevcut demir madenlerini işletmeye başlamış, 1978 yılında ise Demir Çelik İşletmeleri Genel Müdürlüğü'ne devredilmiştir.





Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

### 1.3. Öncel Çalışmalar

İnceleme alanı zengin yer altı kaynakları (metalik madenler) ve jeolojik özellikleri nedeniyle genel jeoloji-ekonomik jeoloji kapsamlı birçok araştırmaya konu olmuştur.

### 1.3.1. Genel jeoloji amaçlı öncel çalışmalar

İnceleme alanına ait genel jeoloji amaçlı çalışmalar Loftus (1854)' ün Hekimhan'dan topladığı hippuriteslerle bir tür tanımlaması yapması ve Hekimhan bölgesini tip lokalite olarak belirtmesiyle başlamıştır (Bozkaya 1991).

Akkuş (1971), Darend-Balaban havzası olarak adlandırdığı bölgede Mesozoyik, Senozoyik ve Kuvaterner yaşlı formasyonların bulunduğunu, ofiyolitik kayalarla, Lütesiyen (Orta Eosen) öncesi ve Burdigaliyen (Alt Miyosen) yaşlı volkanitlerin yer aldığını belirtmiştir.

İzdar ve Ünlü (1977), Hekimhan-Hasançelebi-Kuluncak bölgesinde genel jeolojik incelemelerde bulunmuş ve bölgenin litolojik birimlerinin çoğunlukla klastik tortullar, kireçtaşları, evaporitler ve ultrabazik magmatitlerinin türevleri ile çeşitli kimyasal bileşimlerdeki denizaltı ve karasal volkanik kayalarından oluştuğunu tanımlanmıştır.

Örçen (1986), Medik-Ebreme (Malatya) dolayının biyostratigrafisini ve paleontolojisini araştırmış ve bölgede Üst Jura'dan Kuvaterner'e kadar değişik yaşlarda formasyonlar yer aldığını belirtmiştir.

Bozkaya (1991), Hekimhan güneyi (Malatya) Üst Kretase-Tersiyer yaşlı sedimanter istifin mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelemesini yapmış, ayrıca Bozkaya ve Yalçın (1991) tarafından Hekimhan doğu ve güney kesimlerindeki Üst Kretase-Tersiyer yaşlı sedimanter birimlerin mineralojisi ve jeokimyası ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir.

Bozkaya ve Yalçın (1992), Hekimhan güneyinde Üst Kretase yaşlı sedimanter istifin mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelemesini yapmış ve bölgeyi on iki litostratigrafi-litodem ve üye mertebesinde dört birime ayırmışlardır. Paleontolojik verilere ve stratigrafik ilişkilere dayanılarak bölgede Üst Kretase'den Alt Miyosen sonuna kadar süren kesiksiz bir istifin bulunduğunu belirtmişlerdir.

Görmüş (1992), Hekimhan yöresindeki istiflerin biyostratigrafik incelenmesini yaparak Üst Kretase çökellerine ait iki planktonik ve dört bentik foraminifer biyozonu tanımlanmıştır.

Özdemir ve Tunç (1993) tarafından Hekimhan (Malatya) yöresindeki Üst Kretase yaşlı birimlerin paleontolojik ve stratigrafik özellikleri, Gürer (1994) tarafından ise Hekimhan-Hasançelebi yöresinin Üst Kretase stratigrafisi ve havza evrimi araştırılmıştır.

Gürer ve Aldanmaz, (2002) ise Türkiye Torid-Anatolid platformu içerisinde bulunan Üst Kretase-Tersiyer yaşlı sedimanter havzasının kökenini araştırmıştır. Bu havzalardan birisi olan Hekimhan Havzası'nın ofiyolitler üzerinde sırasıyla konglomera, siyentit, kireçtaşı, andezit, resifal kireçtaşı şeklinde çökeldiğini belirtmişlerdir.

Bahsedilen tüm bu öncel çalışmalarda kullanılan ve tanımlanan stratigrafik istif özellikleri karşılaştırmalı olarak Şekil 1.2 de sunulmuştur.

SERİ	Ayan, 1961 Hekimhan- Ebreme	Ayan, Bulut, 1964 Balaban-Yazihan Kürsunlu-Levent	Akkus, 1971 Darend- Balaban	Yoldaş, 1972	Sirel, 1976 Darend	Izdar, Ünlü, 1977 Hekimhan- Hasançelebi Kuluçak	Orçen, 1986 Medik-Ebreme	Özçelik vd., 1990 Hisarcık-Esenbey	Bozkaya, 1991 Hekimhan	Öztürk ve diğ., 1996 (Bu Çalışma)
	KB-MALATYA	KB-MALATYA	B-MALATYA	K-MALATYA	B-MALATYA	KB-MALATYA	KB-MALATYA	B-MALATYA	KB-MALATYA	KB-MALATYA
KUV.	Alüvyon	Alüvyon		Alüvyon Konglomera		Alüvyon, dokümanı	Alüvyon	Alüvyon	Alüvyon	Alüvyon
PLİYOSEN		Çalkıtaş-kumtaşı	ÇAYBAŞI FM.			Tuf, mar. nglom. bazalt	MİSİRDERE FM.			
MİYOSEN	ÜST			Tuf, kireçtaşı		Alacalı detritikler			YAMADAĞI VOLKANTLARI	YAMADAĞI VOLKANTLARI
	ORTA	Kireçtaşı-seyl	Ket-seyl-killi kç.	TAHTALITEPE FM.	Kireçtaşı		ANSURÇAY FM.			
OLİGOSEN	ALT					Andezit	CAVUS FM.	CAVUS FM.	UĞURLU FM.	ULUGÜNEY FM.
	ÜST	Kumlu kireçtaşı	Kumtaşı- kumlu kç killi kç			Nummulitesli ve Abveolimalı az silisifreli kç			KOCAÖZÜ FM.	KOCAÖZÜ FM.
EOSEN	ALT	Kireçtaşı	Kireçtaşı							
	ÜST	Şeyl-kireçtaşı		BALABAN FM. DARENDE FM.	Mar. kumlu kç, konglomera		TOHMA FM.	TOHMA FM.		
PALEOSEN	ORTA	Şeyl-kireçtaşı	Ket-seyl seyl-kç	ASARTEPE FM. YENİKE FM.	Kıllı kç konglomera	Jips, kırmızı kil ve mar			KIZILYATAK FM.	KIZILYATAK FM.
	ALT	Kireçtaşı	Kireçtaşı-konglomera	KORGANTEPE KO.	Kong., kum., Kilitaj jips					
MESOZOYİK	ÜST					Kireçtaşı	MEDİK FM.		YAGÇA FM.	YAGÇA FM.
	ALT					Marn, kumtaşı kilitaj			ZORBEHAN FM.	ZORBEHAN FM.
KRETASE	ÜST			ULUPINAR FM.	Killi kireçtaşı				KÖSEHASAN FM.	KAVAKDERE FM.
	ALT		Filiş		Kireçtaşı- seyl	Siderolitesli ve Orbitoidesli kireçtaşı		ULUPINAR FM.	BOVALIKDERE FM.	BULDÜDERE KONG.
JURA	ÜST			TOHMA RESİFLERİ	Konglomera- kumtaşı				GÜZELYURU FM.	GÜZELYURU FM.
	ALT	Kireçtaşı	Komprehansif kireçtaşı	GENİZ KALKERLERİ	Kireçtaşı	Dolomitik kç, radyolarit, çört galbre serpantin	HORASANÇAL FM.	HORASANÇAL FM.	HEKİMHAN OFİYOLİTİ	DİVRİĞİ OFİYOLİT KARIŞIĞI

Şekil 1.2. İnceleme alanına ait öncel çalışmaların korelasyonu

### 1.3.2. Ekonomik jeoloji amaçlı öncel çalışmalar

Maden yataklarına ait öncel çalışmalar;

Çağatay ve Arda (1979), Ünlü (1984, 1985, 1986) Hasançelebi ve Deveci yörelerindeki demiroksit (manyetit, hematit, limonit) ve demirkarbonat (siderit) mineralleriyle temsil edilen demir yatakları mineralojik-jeokimyasal açıdan incelenmiş ve cevher hazırlamaya yönelik çalışmalar yapılmıştır.

Ekonomik jeoloji amaçlı diğer bir çalışma ise Yılmaz ve diğ., (2005) tarafından yapılmış ve Divriği (Sivas) - Hekimhan (Malatya) dolayındaki demir yataklarının bölgesel jeolojik konumları incelenmiştir. Hekimhan yöresindeki demir yataklarının Maestrihtiyen (Üst Kretase) ve daha genç kaya toplulukları ile ilişkili olduğu belirlenmiştir.

Petrol jeolojisine ait öncel çalışmalar;

Ayan (1961), Malatya kuzeyindeki Hekimhan-Ebreme Köyü Bölgesi'nin genel jeolojisini ve petrol olanaklarını inceleyen çalışmasında en altta Üst Jura-Alt Kretase yaşlı bej renkli kristalin kireçtaşları komprehansif serisi, bunun üzerinde açısız diskordansla Eosen transgresif serisinin bulunduğunu belirtmektedir. Eosen serisi; kireçtaşları, şeyl-killi kireçtaşı çökelleri ile temsil olunmuştur. Eosen üzerinde Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlı kumlu-killi kireçtaşı istifli açısız diskordansla yer almaktadır. Bu istifli de uyumlu olarak üzerleyen kumlu kireçtaşı-şeyl-kireçtaşı sıralanmalı Burdigaliyen birimi örtmektedir. En üstte ise küçük bir alanda Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı genç birimler bulunmaktadır.

Yoldaş (1972), Malatya kuzeyinin genel jeolojisini ve petrol olanaklarını araştırarak, bölgenin istiflenmesinde Paleozoyik, Mesozoyik, Senozoyik yaşlı çökellerle magmatik ve volkanik kayaçların bulunduğunu belirtmiştir.

Önal (2009), Malatya havzasındaki denizel Oligosen birimlerinin organik jeokimyasal özelliklerini araştırmıştır. Burada yaptığı incelemelerde Oligosen birimlerinin düşük TOC (Toplam Organik Karbon) ve jenetik potansiyele sahip olduğunu ve bu birimlerin kaynak kaya potansiyeli taşımadıklarını belirtmiştir.

#### 1.4. İnceleme Yöntemleri

Tez çalışmasının ilk aşamasında aynı bölge ve yakın civarda yapılan benzer ya da değişik amaçlı araştırmaları belirlemek için dijital ortamdan (web kaynakları) veya elde edilebilen dergi, kitap, bildiri özeti gibi tüm basılı kaynaklardan literatür taraması yapılmıştır. Bölgede daha önce yapılmış olan jeoloji haritalarından da faydalanılarak, 1/25 000 lik topografik haritalar kullanılarak litolojik birimler arazide gözden geçirilmiştir. Kavakdere ve Güzelyurt formasyonları organik jeokimyasal özelliklerin belirlenebilmesi için TOC-Piroliz, GC ve GC-MS analiz yöntemleri ile organik maddelerin miktarı, tipi, çökel ortam özellikleri, olgunlaşma düzeyleri ve yaşları hakkında veri sağlanarak incelenen birimlerin çökel ortam özellikleri değerlendirilmiştir. Toplam organik karbon, piroliz, GC, GC-MS ve izotop analizleri inceleme alanındaki organik maddece zengin düzeyleri en iyi ifade edecek örnek sayısında olmak üzere TPAO Araştırma Merkezi Laboratuvarları'nda yaptırılmıştır. C<sub>13</sub> izotop analizi de elde edilen veriler tüm organik jeokimyasal, organik petrografik sonuçlar ile deneştirilmiş ve yorumlamaya katkı sağlamıştır.

Hidrokarbon türüm potansiyelleri ise organik jeokimyasal ve organik petrografik verilerin birlikte yorumlanması ile özellikle Hidrojen İndeksi (HI), Oksijen İndeksi (OI), Üretim İndeksi (PI), Potansiyel Verim (PY) ile, olgunlaşma süreci ise T<sub>max</sub> verilerden yararlanılarak ortaya konmuştur. GC, GC-MS analizleri ile elde edilen sonuçlar özellikle ortamsal yorum, hidrokarbon türüm özelliği, olgunlaşma ve kaynak organizma hakkında önemli bilgiler vermiştir.

Tüm bu analiz yöntemleri ile incelenen alandaki Kretase yaşlı karbonatlı kayaların organik jeokimyasal, organik petrografik ve hidrokarbon türüm potansiyelleri birçok parametre ile kontrol edilerek yorumlanmaya çalışılmıştır (Çizelge 1.1). Bu analiz ve uygulamalara ilişkin ayrıntılı bilgiler aşağıdaki bölümlerde sunulmaktadır.

**Çizelge 1.1.** Bu çalışma sırasında uygulanan analiz türleri ve örnek sayıları

ANALİZ TÜRÜ	ÖRNEK SAYISI
Toplam Organik Karbon (TOC)- Rock-Eval Piroliz Analizi	25
Gaz Kromatografi Analizi (GC)	6
Gaz Kromatografi- Kütle Spektrometre Analizi (GC-MS)	6
Organik Petrografi Değerlendirmeleri	15
Duraylı Karbon İzotop Analizi	3
XRD-Tüm Kayaç (XRD-TK) Değerlendirmeleri	15
XRD-Kil Fraksiyonu (XRD-KF) Değerlendirmeleri	6
Petrografik İnce Kesit	10

#### **1.4.1. X-Işınları Difraksiyonu-Tüm Kaya Değerlendirmeleri (XRD-TK)**

Çalışma alanındaki birimleri en iyi şekilde temsil edeceği düşünülen yerlerden noktasal örneklemeler yapılmıştır. Bu alandaki organik maddece zengin karbonatlı seviyelerden alınmış örneklerden petrografik ince kesitler yapılarak alttan aydınlatmalı mikroskopta incelenmiş, kayaçların petrografik özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca genel mineralojik bileşimlerin belirlenmesine yönelik olarak XRD-Tüm Kayaç analizi, kil miktarı fazla olan örneklerde ise kil fraksiyonu incelemeleri (XRD-KF) yapılmıştır.

İnceleme alanına ait kayaçlardan alınan 15 adet örnek önce C.Ü. Jeoloji Müh. Kırma Öğütme Laboratuvarında 3-5 cm' lik parçalar halinde çekiçle, daha sonra Fritsch marka çeneli kırıcıda 5 mm'den küçük taneler halinde kırılmış ve yine aynı marka silikon karbid çanaklı öğütücüde sertlikleri de dikkate alınarak yaklaşık 10-30 dk. süreyle öğütülmüştür. Bu şekilde elde edilen toz malzeme naylon torbalara konulup etiketlendikten sonra, çözümlemelere hazır konuma getirilmiştir.

XRD çözümlenmeleri Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği MİPJAL'da Rigaku marka DMAX IIC model X-ışınları difraktometresinde (Anot= Cu ( $CuK_{\alpha}=1.541871\text{\AA}$ ), Filtre = Ni, Gerilim = 35 kV, Akım = 15 mA, Gonyometre hızı= 2°/dak., Kağıt hızı = 2cm/dak., Zaman sabit = 1 sn, Yarıklar = 1° 0.15 mm 1° 0.30 mm, Kağıt aralığı =  $2\theta = 5-35^{\circ}$ ) yapılmıştır (Çizelge 1.2).

XRD çözümlenmeleri sonucunda örneklerin tüm kayaç ve kil boyu bileşenleri (< 2  $\mu\text{m}$ ) tanımlanmış ve yarı nicel yüzdeleri de dış standart yöntemi esas alınarak (Yalçın ve Bozkaya, 2002 tarafından verilen mineral şiddet faktörleri kullanılarak) hesaplanmıştır. 6 örnekte yapılan değerlendirmeler ile tüm kayaçta dolomit, kil fraksiyonu için glikollü çekimlerden itibaren kaolinit referans olarak alınmıştır. d-mesafelerinin ölçülmesinde kuvars iç standart olarak kullanılmıştır.

**Çizelge 1.2.** XRD çekimlerinde kullanılan aletsel koşullar

Koşullar	Tüm kayaç	Kil fraksiyonu	Kil fraksiyonu d(060)
Dalga boyu ( $\lambda$ )	$CuK_{\alpha}=1.541871\text{\AA}$		
Anot	Cu		
Filtre	Ni		
Gerilim	35 kV		
Akım	15 mA		
Yarıklar	DS=1° SS=1° RS=0.15 mm RS <sub>M</sub> =0.30 mm	DS=4°, SS=4°, RS=0.30 mm, RS <sub>M</sub> =0.60 mm	
Gonyometre / Tarama hızı (SS)	5°/dak.	2°/dak.	0.5°/dak
Adım genişliği (SW)	0.04°	0.02°	0.01°
Kağıt hızı	45 mm/dak.	16 mm/dak.	28 mm/dak.
Zaman sabiti	1 sn.	4 sn.	4 sn.
Kağıt aralığı	$2\theta = 5-35^{\circ}$	$2\theta = 2-30^{\circ}$	$2\theta = 59-63^{\circ}$

## 1.4.2. Organik Jeokimyasal Değerlendirmeler

Organik jeokimyasal değerlendirmeler kapsamında resifal karbonatlı kayaçlar ve marnları oluşturan organik madde miktarı Toplam Organik Karbon (% TOC), organik maddenin tip ve olgunlaşması ise Rock-Eval Piroliz analizi ile belirlenmiştir. GC ve GC-MS analizleri ile edilen biyomarker verileri ile de detay ve çok net bilgiler sağlanmıştır.

### 1.4.2.1. TOC-Rock-Eval Piroliz Analizi

Piroliz analizi, Rock-Eval II veya VI cihazında yapılmaktadır ve kerojen tipinin ve olgunlaşma düzeyinin belirlenmesi için kullanılan en yaygın analiz tekniğidir. Kerojen, herhangi bir organik çözücüde çözülemediğinden, ısısal olarak parçalanır. Isısal parçalanma olayına da piroliz denilmektedir.

Rock-Eval piroliz yöntemi ile ilgili ilk çalışmalar Espitaliè ve diğ., (1977) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmalarda ortaya konan parametreler Clementz ve diğ. (1979)' nin yaptığı çalışmalarla geliştirilmiştir. Rock-Eval piroliz cihazının çalışma prensibine göre, analiz iki kısımda gerçekleşmektedir. İlk kısım piroliz kısmı olup, 100 mg öğütülmüş örnek oksijensiz bir ortamda helyum gazı atmosferinde belirli bir sıcaklık programı uygulanarak 550°C' ye kadar ısıtılır. 90°C' de S1 piki ile kaya içindeki serbest hidrokarbonlar, 300-550°C arasında ise S2 piki ile kerojenin parçalanmasından ortaya çıkan hidrokarbonlar oluşur. 400°C 'nin altında çıkan CO<sub>2</sub> ise S3 piki olarak ölçülür. Oluşan bu hidrokarbonlar Alev İyonlaştırma Dedektörü ile ölçülür. S2 pikinin maksimum olduğu noktadaki sıcaklık  $T_{max}$  olup, kerojenin olgunluk düzeyinin saptanmasında kullanılır.

İkinci kısımda ise hava yardımıyla 600 °C'de yanma sağlanır. Oluşan CO<sub>2</sub> gazı "Isı İletken Dedektör"de ölçülerek kayacın toplam organik karbon miktarı belirlenir.

Rock-Eval piroliz analizinden elde edilen veriler kullanılarak kerojen tipleri dolayısıyla organik madde türleri belirlenebilmektedir. Organik madde sınıflamasında en çok kullanılan yöntem Van Krevelen veya HI-OI diyagramıdır (Tissot ve diğ., 1974).

Rock-Eval pirolizi verilerinden yararlanarak hidrokarbon kaynak kaya potansiyeli hakkında bilgi edinilmektedir. S1 değerleri jenetik potansiyelin hemen



hidrokarbonlara dönüşebilen miktarını, S2 değeri ise kerojenin ısısal kırılması sonucunda açığa çıkan hidrokarbonları göstermektedir. Jenetik potansiyel (Potansiyel Verim, S1+S2), ana kayadaki hidrokarbon miktarını verir. Ana kayacın nicel sınıflaması Tissot ve Welte (1978) tarafından şu şekilde ifade edilmiştir (Çizelge 1.3).

**Çizelge 1.3.** Ana kaya sınıflaması (Tissot ve Welte, 1978)

<b>PY &lt; 2 mg/g</b>	Kayalar petrol kaynak kayası olamazlar, ender olarak doğal gaz ana kayasıdır.
<b>2 mg/g &lt; PY &lt; 6 mg/g</b>	Orta derecede petrol kaynak kayasıdır.
<b>PY &gt; 6 mg/g</b>	İyi derecede petrol kaynak kayasıdır.

PI değerleri (S1/S1+S2) kayanın içinde hazır halde bulunan sıvı hidrokarbon oranını göstermekte ve kayanın olgunlaşması ile birlikte artmaktadır. Bu hidrokarbonlar kayanın kendi içinde oluşabileceği gibi dışarıdan gelerek kayayı kirletmiş olabilir.

Potansiyel ürün değerlendirmesi kuyularda PI ve PY değişim grafikleri ile yapılır. Bu analizlerden elde edilen  $T_{max}$  değerleri olgunlaşma değerlendirmelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.  $T_{max}$  değerlerinin temsil ettiği olgunlaşma değerleri (Çizelge 1.4)' de sunulmuştur.

**Çizelge 1.4.**  $T_{max}$  değerlerinin temsil ettiği olgunlaşma değerleri

<b><math>T_{max}</math> (°C)</b>	<b>Olgunlaşma Derecesi</b>
<b>&lt;435</b>	Olgunlaşmamış
<b>435 – 445</b>	Erken –Orta Olgun
<b>445 – 460</b>	Orta – İleri Olgun
<b>&gt;460</b>	Aşırı Olgun

Bu yöntemin avantajı, az miktarda örnek ile kısa zamanda sonuç alınması ve vitrinitin bulunmadığı karbonatlı birimlerin olgunluk seviyesi hakkında fikir verebilmesidir. Ancak aşırı olgun zonlarda kerojenin içindeki tüm hidrokarbonlar atıldığı için güvenilirliğini kaybetmektedir.

Rock–Eval pirolizlerinin yapılmasının en önemli nedeni analizin oldukça hızlı olması (20 dakika) ve diğer analizlere oranla daha az (100 mg) örnek gerektirmesidir. Bu yöntem genellikle karot ve el örneklerinde uygulanmaktadır. Analiz sonucunda elde edilen veriler, diğer jeokimyasal verilerle birlikte kullanılarak yorumlama çalışmaları yapılmaktadır. Bu yöntem, kaynak kaya çalışmalarının yanı sıra olası rezervuar kayaçların petrol pencerelerinin taban ve tavan kesimlerinin belirlenmesinde de kullanılmaktadır.

Ayrıca, bir basende petrol birikimi olabilecek bölgeler, kaynak kaya zenginliği veya termal olgunluğun bölgesel ölçekte haritalanması ile kuyular arasında kaynak kaya veya rezervuar kayaların korelasyonu, bu çalışmalar sırasında elde edilen verilerle gerçekleştirilebilmektedir.

Bu analiz sonucunda elde edilen veriler başlıca;

**S1;** serbest hidrokarbonlar (mg HC/g kaya)

**S2;** kerojenin ısısal parçalanması ile oluşan hidrokarbonlar (mg HC/g kaya)

**S3;** CO<sub>2</sub> (mg CO<sub>2</sub>/g kaya )

**T<sub>max</sub>;** Hidrokarbon oluşumunun maksimum olduğu evredeki sıcaklık (°C)

**Hidrojen İndeksi; HI:** S2/TOC x 100 (mg HC/g TOC)

**Oksijen İndeksi; OI:** S3/TOC x100 (mg CO<sub>2</sub>/ g TOC)

**Üretim İndeksi; PI:** (S1/PY) Kayada hazır halde bulunan hidrokarbonlar,

**Potansiyel Verim veya Jenetik Potansiyel; S1+S2: PY** (mg HC/g kaya). Petrol türüm potansiyeli.

**S2/S3;** Petrol ve gaz türetme potansiyeli. Bu değer kerojendeki hidrojen miktarını ve kayacın petrol oluşum potansiyelini belirtir (Peters ve Cassa, 1994). S2/S3 değeri hidrokarbon tip indeksi olarak da tanımlanmaktadır (Hunt, 1994).

HI değerleri kayanın içindeki kerojenin hidrojen, OI ise oksijen zenginliğini temsil etmektedir. Genel olarak 200 değerinden büyük HI değerleri petrol türümüne uygun organik maddeyi işaret eder.

Bu alışma sırasında Hekimhan Havzası resifal karbonatlarının kaynak kaya değerlendirmeleri ve oluşabilecek hidrokarbon tipinin tanımlanması sırasında Peters (1986) sınıflamaları kullanılmıştır (izelge 1.5 ve 1.6).

**Çizelge 1.5.** Kaynak kaya oluşum potansiyelini tanımlayan parametreler (Peters, 1986)

Miktar	TOC (%)	S1	S2
Zayıf	0-0.5	0-0.5	0-2,5
Orta	0,5-1	0.5-1	2.5-5
İyi	1-2	1-2	5-10
Çok İyi	>2	>2	>10

**Çizelge 1.6.** Hidrokarbon tipini tanımlayan jeokimyasal parametreler (Peters, 1986)

Tip	HI	S2/S3
Gaz	0-150	0-3
Gaz ve Petrol	150-300	3-5
Petrol	>300	>5

#### 1.4.2.2. Özütleme Analizi

Gaz kromatografi (GC) ve Gaz Kromatografi-Ktle Spektrometre (GC-MS) analizleri için organik maddelerin doymuş kısımlarının özütlenmesi amacıyla özüt analizi, kolon kromatografi ve moleküler elek analizi yapılmıştır.

#### 1.4.2.3. Kolon Kromatografi Analizi

Bu analiz ile özütleme sonucu elde edilen bitüm ve petrol örneklerinden preparatif (hidrokarbon gruplarının ayrıştırılarak toplanması) olarak hidrokarbon

grupları elde edilir ve Gaz Kromatografi - Kütle Spektrometre analizleri için örnek hazırlanır.

Laboratuarda üç aşamalı bir kolon kromatografi yöntemi uygulanır. Bu aşamalar ve her aşamada elde edilen bileşenler;

1. **Alümina-silica gel kolon:** Doymuş hidrokarbonlar, aromatikler.
2. **Bakır kolon:** Aromatiklerin içindeki elementer kükürt uzaklaştırılır.
3. **Alümina kolon:** Mono-, tri-aromatikler elde edilir.

#### 1.4.2.4. Gaz Kromatografi Analizi (GC)

Gaz kromatografi (GC) tekniği petrol ve bitüm örnekleri içerisindeki hidrokarbon bileşiklerinin genel olarak dağılımlarını görmek amacıyla yapılır. Elde edilen kromatogramlardaki pik dağılımları ve boylarına bakılarak organik maddenin tipi ve olgunlaşması hakkında bilgi sağlanır.

Bir gaz kromatografi cihazı üç ana bölümden oluşur:

- 1- Enjeksiyon Bölümü
- 2- Kolon
- 3- Dedektör

Belirli bir konsantrasyonda hazırlanan örnekler, cihaza bir enjektörle enjeksiyon bölümünden verilir. Kolona uygulanan sıcaklık programı kolona verilen örnek içerisindeki moleküllerin kaynama noktalarının farklı olmasından dolayı ayrılma sağlanır. Gaz kromatografi cihazlarında analizleri yapılan bileşiklere hassas çeşitli dedektör tipleri vardır. Kolon içerisinde ayrılan moleküller dedektör bölümünde ölçülerek, bilgiler sinyaller halinde bilgisayara ulaşır ve gaz kromatogramlar elde edilir.

Gaz kromatogramlarında belirlenen önemli iki izoprenoid pristan ve fitandır. Örneğin, pristan/fitan değerinin 1'den küçük olması anoksik, tuzlu ortamları ve denizel organik maddeyi işaret eder. Pristan/fitan oranları göç ve biyodegradasyon ile değişmediği için iyi bir korelasyon parametresidir (Peters ve Moldowan, 1993). Bu oranın 1'den büyük olduğu durumlarda ise ortam oksik olarak değerlendirilir.

Bu kromatogramlarda 15, 16 ve 17 karbon sayılı alkanların bolluğu algal organik maddeyi; 27, 29 ve 31 sayılı alkanların bolluğu ise karasal organik maddeyi işaret eder.

İncelenen örneklerin GC bileşen tayini ASTM D 5307-97 standartına göre Agilent 6850GC ve 5975C MSD cihazında yapılmıştır. (TPAO Araştırma Merkezi, Ankara). GC Parametreleri; 60m X 250 µm X 0.25 µm ölçülerindeki kolondaki (Agilent 19091S-936) gerçekleştirilmiştir. İncelenen örnekler DCM (Diklorometan) çözücüsü ile seyreltilerek hazırlanmıştır.

#### **1.4.2.5. Gaz Kromatografi-Kütle Spektrometre Analizi (GC-MS)**

Bu analizin organik jeokimya kullanım amacı, petrol-petrol, petrol-kaynak kaya deneştirmeleri ile organik maddenin olgunlaşma düzeyini belirleme çalışmalarına veri üretmektir. Moleküler baza dayanılarak üretilen parametreler oldukça güvenilirdir.

GC-MS cihazı; gaz kromatografi ile kütle spektrometre cihazlarının birbirlerine bağlanması şeklinde dizayn edilmiştir. Hazırlanan örnekler bir enjektör ile gaz kromatografinin kolon bölümüne verilir. Örnek, kapiler kolon içerisinde bileşenlerine ayrılır. Ayrılan bileşenler kolon içinde helyum gazı ile taşınarak kütle spektrometrenin iyon oluşturma bölümüne gelirler ve bir fileman üzerine uygulanan akım sonucu oluşan elektron demeti ile bombardıman olurlar. Elektronlar kolondan gelen moleküllere çarparak iyonlar oluşmasına neden olur. Oluşan iyonları daha önceden bilgisayara verilen bir komutla seçebilmek mümkündür. İyon kaynağında iyonlaşma olduktan sonra iyonlar analizör bölümüne girerler. Analizör, iyonların kütlelerine göre ayrıldığı bölümdür. Değişik tipte analizör sistemleri vardır. Kütlelerine göre ayrılan iyonlar “elektron multiplier” tarafından sayılarak, bilgiler bilgisayara sinyaller halinde ulaşır ve toplam iyon kromatogramlar elde edilir. Kromatogramlardan istenilen iyon kromatogramlar tek tek de elde edilebilir.

Bu kromatogramlardaki piklerin her biri bir molekülü temsil etmektedir. Bu tanımlamalar yapılarak petrol ve ekstrakt örneklerinin moleküler olarak analizleri yapılmış olur. Korelasyon sırasında m/z 191 (triterpan) ve 217 (steran) fregmantogramları yaygın olarak kullanılır.

GC-MS analizi ile elde edilen biyomarker verilerine göre ortam, yaş ve olgunluk bilgileri şöyledir: Steran fregmantogramlarındaki C<sub>30</sub> steran varlığı denizel ortamı, terpan fregmantogramlarında yüksek C<sub>31</sub>-C<sub>35</sub> homohopan (triterpan) varlığı ile Gaz Kromatogramlarında düşük pristan/fitan oranı anoksik ortamı, terpan fregmantogramlarında gammeceran varlığı ise çok tuzlu ortamı belirtir. Diasteran yokluğu karbonat litolojiyi, yüksek C<sub>24</sub> tetracyclic terpan evaporit-karbonat litolojiyi ve yüksek C<sub>23</sub> tricyclic terpan karbonat-fosfat litolojiyi gösterir.

İncelenen örneklerde biyomarker analizleri için Rock-Eval TOC sonuçlarına organik madde miktarı ve tipi uygun olan 7 örnekte yaklaşık 40 saat Diklorometan ile ASE 300 (Accelerated solvent extraction) da çözme işlemi yapılmıştır. Elde edilen özütlerden MH-8 nolu örneğin değeri organik jeokimyasal değerlendirmeler için yeterli olmamıştır ve bu örnekten GC ve GC-MS analizleri yapılmamıştır. Kolon kromatografi ile asfalttan arındırılarak, doymuş kısımları Agilent 7890A/5975C GC-MS cihazı ile analiz edilmiştir. Terpan ve steran molekülleri sırasıyla 191 ve 217 m/z oranları kullanılarak SIM Scan modunda incelenmiştir.

#### **1.4.2.6. Duraylı Karbon İzotop Analizi**

İnceleme alanındaki katı bitüm ve yan kayaç örneklerinden 3 adedinde karbon izotop analizleri TPAO Araştırma Merkezi Laboratuvarları'nda GV Instruments Isoprime EA-IRMS cihazında yapılmış, sonuçları ‰ vs. VPDB göre değerlendirilmiştir. % 95 güven aralığında standart sapması kabul edilebilen uluslararası standartlara göre kalibrasyon gerçekleştirilmiştir. Bu analiz ile elde edilen veriler tüm organik jeokimyasal, organik petrografik sonuçlar ile korele edilerek yaş ve çökel ortam şartları yorumunda kullanılmıştır.

#### **1.4.3. Organik Petrografik Değerlendirmeler**

İncelenen birimlerde TOC-Piroliz analizi ile organik maddece zengin olduğu belirlenen örneklerde organik yoğunlaştırma işlemi yapılarak bunlardan hazırlanan kerojen slaytlarından alttan aydınlatmalı mikroskopta değerlendirmeler yapılarak organik madde tipleri otsu, odunsu, kömürsü ve amorf olarak sınıflandırılmıştır. Bu slaytlarda ayrıca spor renk değişimleri de gözlemlenmiştir. Uygulanan işlem basamakları;

Oksitlenmiş ve alterasyona uğramış kısımları temizlenmiş örneklerden şeyl için 25-30g, karbonatlı kayalar için 50-60 g kadar kırılır ve birkaç kez dekantasyon yapılır. Karbonatların yok edilmesi amacıyla % 33'lük hidroklorik (HCl) asit kullanılır (yaklaşık 50 ml). İşlem sonunda örneğin asitten ve tuzdan temizlenmesi için 3-4 kez dekantasyon yapılır.

Örnekteki silikatların temizlenmesi için de % 40'luk hidroflorik (HF) asit kullanılır. Plastik behere alınan örnek üzerine 30-40 ml kadar hidroflorik asit ilave edilerek 4 saat kadar beklenir. Reaksiyon tamamlandıktan sonra örneklerdeki silikat tuzları 3-4 kez dekantasyon ile tamamen atılır.

Karbonat ve silikatlarından temizlenen örnekteki çeşitli ağır minerallerin ve diğer inorganik bileşenlerin atılması için özgül ağırlığı 2.0-2.5 arasında olan çinko klorür ( $ZnCl_2$ ) veya çinkobromür ( $ZnBr_2$ ) kullanılmaktadır. Yukarıda bahsedilen işlemlerden oldukça susuz bir biçimde çıkarılan örnekler cam tüplere alınır ve üstlerine ağır sıvı eklenerek, 3000 devirde 2 dakika santrifüjlenir. Organik maddeler tüpün üst kısımlarında birikirken, inorganik maddeler alt kısımlarda çökmektedir. Tüpün üst kısmında biriken organik maddeler bir damlalık yardımı ile başka tüplere aktarılır. Organik maddenin ağır sıvıdan arındırılabilmesi için 3-4 kez dekantasyon işlemi yapılır.

Ayrılan organik madde önce alkol sonra da saf su ile yıkanarak temizlenir ve küçük tüplere alınarak slayt yapılabilecek hale getirilir. Hazırlanan bu organik madde slayt yapımı için sulandırılır ve bundan 4 ml kadar alınarak başka bir cam tüpe aktarılır. Slayt için yeterli homojenlik sağlandıktan sonra bir damlalık yardımıyla bir miktar alınarak lam üzerine yayılır. Kuruduktan sonra üzerine de bir lamel hava kabarcığı kalmayacak biçimde yapıştırılır. Lamın kenarına örnek numaraları yazılarak, alttan aydınlatmalı mikroskopta incelenecek duruma getirilir.

Kerojen slaytlarının alttan aydınlatmalı mikroskoptaki incelemesinde 4 tip organik madde ayırtlanır. Bunlar;

**Algal-amorf:** Algal malzemenin bozulması veya genellikle planktonlar ve diğer basit yapılı organizmalardan bakteri etkinliği sonucu oluşur. Hidrojence zengin olup petrol türetme potansiyelleri ve floresans şiddetleri yüksektir.

**Otsu:** Denizel alg, spor, polen, fosil rezinlerinden oluşur. Petrol türetme potansiyelleri amorf organik madde grubuna göre az olmakla birlikte vardır.

**Odunsu:** Genellikle karasal kökenli organik maddeden oluşur. Yağlı ve mumsu bileşenler olmayıp selüloz ve lignin görülür. Gaz türetme potansiyeline sahiptir.

**Kömürsü:** Farklı kökenlere sahip yüksek okside malzemedan türer. Herhangi bir hidrokarbon türetme potansiyeli yoktur. Floresans özellik görülmez.

Organik yöntemlerden optik değerlendirmeler grubunda ise en fazla kullanılan yöntem spor renk indeks değerlerinin belirlenmesidir (SCI). Doğal renkleri açık sarı olan bu organik maddeler artan ısı karşısında turuncu, kırmızı, kahverengi ve siyah renklere sahip olurlar. Farklı sınıflandırmalar olmakla birlikte sarı ile siyah arasında değişen renk tonları genellikle 10'luk bir skalada tanımlanmaktadır (Çizelge 1.7).

Bu yöntem kısa zamanda sonuçlanması, az miktarda örnek gerektirmesi, ucuz olması ayrıca vitrinit bulunmayan kayaçların olgunlukları hakkında bilgi vermesi nedeniyle araştırmacılar tarafından sıkça kullanılmaktadır ancak mikroskop özellikleri ve araştırmacının deneyine ve titizliğine bağlı olması nedeniyle tek başına kullanılabilecek bir veri olmayıp diğer olgunluk parametreleri ile karşılaştırılması gerekir (Ediger ve Soylu, 1993).

**Çizelge 1.7.** Spor renk indeksi (SCI) ve belirttiği olgunlaşma seviyeleri (Ediger ve Soylu, 1993)

SCI	RENK	OLGUNLAŞMA SEVİYESİ
2-3	Sarı	Olgunlaşmamış
4	Koyu sarı	Olgunlaşmamış
5	Sarı-Turuncu	Olgunlaşma Başlangıcı
6	Turuncu	Olgun
6,5	Turuncu-Kırmızı	Orta Olgun
7	Açık kahve	İleri Olgun
7,5-8	Kahve-Koyu kahve	Aşırı Olgun
9-10	Koyu kahve-Siyah	Aşırı Olgun



## 2. İNCELEME ALANININ GENEL JEOLJİK VE STRATİGRAFİK ÖZELLİKLERİ

### 2.1. Bölgesel Jeolojik Konum

İnceleme alanı Ketin (1966) tarafından ayırtılan Anadolu tektonik birliklerinden Güneydoğu Anadolu kenar kıvrımlarının kuzeyinde ve Anatolid'lerin güneyinde Malatya'nın kuzeybatısındaki Hekimhan Havzası'nda yer almaktadır (Şekil 2.1).

Bölgedeki sedimanter istif, Üst Jura-Alt Kretase yaşlı karbonatlı kayalarla başlamaktadır. İstif, Üst Kretase yaşlı ofiyolitik kayalar ve volkanik kayalar, kaba ve ince taneli ve tuf arakatkılı detritikler, bunlarla arakatkılı karbonatlar, Paleosen yaşlı evaporitik seri, Üst Paleosen-Orta Eosen yaşlı karbonatlar, Üst Eosen-Alt Oligosen yaşlı killi ve karbonatlı, Oligosen yaşlı tuf, aglomera ve volkanik kayalarla devam etmekte olup, Kuvaterner oluşuklarla son bulmaktadır.



Şekil 2.1. İnceleme alanının Türkiye'nin tektonik birlikler içerisindeki konumu (Ketin, 1966).

## 2.2. İnceleme Alanının Genel Jeolojisi

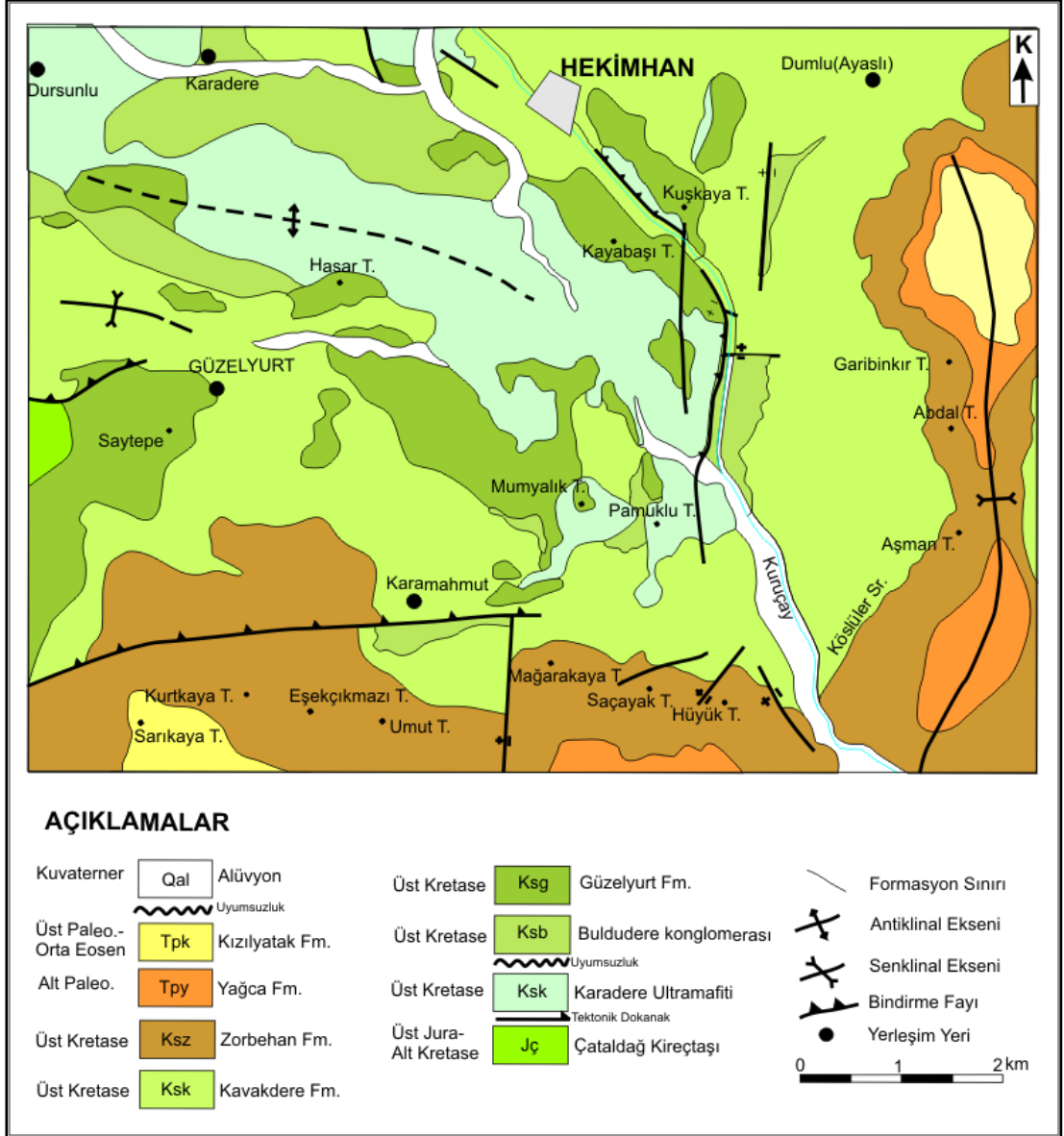
İnceleme alanının temelini ilk kez İnan ve diğ., (1993) tarafından tanımlanan Üst Jura–Alt Kretase yaşlı Çataldağ kireçtaşları oluşturmaktadır (Şekil 2.2). Birim, tümüyle kalın tabakalı (2-4 m) dolomit arakatlı kireçtaşlarından oluşmakta ve en yaşlı birim olduğundan birimin alt dokanağı görülememektedir (Şekil 2.3).

Çataldağ kireçtaşını tektonik dokanak ile üzerleyen Maestrihtiyen yerleşim yaşlı Karadere ultramafiti ise ilk kez Yılmaz (1991) tarafından tanımlanmış olup, serpantin, serpantinleşmiş ultramafik kayaç (peridodit, verlit, webserit, vb.) ve piroksenit türü kayaçlardan oluşmaktadır. Karadere ultramafiti Divriği ofiyolit karışığı içinde tektonik dilimler halinde yüzeyler ve Maestrihtiyen yaşlı Buldudere konglomeraları tarafından üzerlenir (Öztürk ve diğ., 1996).

Buldudere konglomeraları; konglomera, kumtaşı, kiltası, marn, kireçtaşı ve yer yer de piroklastik kayaçlar ile volkanik dayklar içermektedir. Divriği ofiyolitli karışığına ait Karadere ultramafitini uyumsuz olarak örtmektedir. Maestrihtiyen yaşlı Güzelyurt formasyonu ile yer yer yanal geçiş göstermekte ve genellikle uyumlu olarak üzerlenmektedir.

Güzelyurt formasyonu, Üst Maestrihtiyen yaşlı olup, tümüyle kireçtaşı ve yer yer 4-5m kalınlığında otokton resiflerden oluşmaktadır (Bozkaya, 1991). Birim, taban kesimlerinde yer yer Buldudere konglomerası ile yatay geçişli veya konglomeralar üzerinde uyumlu olarak yer almaktadır. Maestrihtiyen yaşlı Kavakdere formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülmektedir. Kavakdere formasyonu tipik olarak filiş fasiyesinde gelişmiş sarımsı-boz ve grimsi-yeşilimsi renkli kumtaşı-silttaşı-kiltası-marn aralanması ile yer yer de beyaz-gri renkli ve bol fosilli kireçtaşı seviyelerinden oluşmaktadır (Yılmaz, 1991). Birim, Üst Maestrihtiyen yaşlı Zorbehan formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülmektedir. Alt kesimlerde orta tabakalı killi kireçtaşı, üste doğru ise orta kalın tabakalı kireçtaşı litolojisinde olan Zorbehan formasyonu, Alt Paleosen yaşlı Yağca formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülmektedir (Bozkaya, 1991). Birim, yer yer çört çakılları içeren dolomitlerle başlamakta, üste doğru kırmızı renkli marn-jips aralanmasına geçmektedir. Daha sonra tabakalı, yer yer lifsi jipslerle devam etmekte ve bunları da çört tabakaları ile kırmızı renkli marn-çörtlü kireçtaşı tabakaları izlemektedir. Yağca formasyonu üzerine uyumlu olarak Üst Paleosen-Orta

Eosen yaşı Kızılyatak formasyonu gelmektedir (Bozkaya, 1991). Birim tümüyle kireçtaşı ve ender olarak da killi kireçtaşlarından oluşur. İnceleme alanındaki Kuvaterner oluşuklar, çalışma alanında KB-GD doğrultusunda görülen Kuruçay'da depolanmış güncel alüvyonlardan oluşmaktadır.



Şekil 2.2. İnceleme alanına ait genel jeoloji haritası (Öztürk ve diğ., 1996)

## **2.3. İnceleme Alanının Stratigrafik Özellikleri**

### **2.3.1. Çataldağ Kireçtaşı (Jç)**

İlk kez İnan ve diğ., (1993) tarafından tanımlanan birim, Güzelyurt kasabası ve Saytepe'nin batısında gözlenmektedir (Şekil 2.2).

Birim tümüyle dolomitik kireçtaşı arakatlı kireçtaşlarından oluşur. Alt seviyelerinde gri-mavimsi renkli, breşik yapılı ve çatlakları kalsit ile dolgulu kristalize kireçtaşları izlenir. Üst seviyelerde ise krem renkli, breşik yapılı ve daha az kristalize kireçtaşı litolojisi olup, topoğrafyada yüksek kesimleri oluşturur ve karstik aşındırma yapılarını içerir (Şekil 2.3).

Çataldağ kireçtaşı İnan ve diğ., (1993) tarafından tanımlanan tip yerinde 2000 m, Hekimhan civarında ise yaklaşık 500 m kalınlığa sahiptir (Bozkaya, 1991) (Şekil 2.3).

İncelenen birimin taban kesimlerden alınan örneklerde yapılan paleontolojik çalışmalar ile Üst Jura-Alt Kretase yaşı verilmiştir (Öztürk ve diğ., 1996).

Akkuş (1971)'a göre kireçtaşları sığ ve duraylı bir ortamda, Özçelik ve diğ., (1990)'a göre de açık-self ortamında çökeldiği kabul edilmiştir.

### **2.3.2. Karadere Ultramafiti (Ksk)**

İlk kez Yılmaz (1991) tarafından tanımlanan Karadere ultramafitinin en iyi gözleendiği yerler, Karadere köyü civarı, Hasartepe kuzey kesimi, Pamuklutepe civarı ve Hekimhan güney kesimleridir (Şekil 2.2 ).

Karadere ultramafiti, Hekimhan güneyinde D-B doğrultulu bindirmeli dokanak boyunca sünümlü deformasyon şeklinde gelişmiş ve sert bir topoğrafya oluşturmuştur (Öztürk ve diğ., 1996) (Şekil 2.3). Birim serpantin, serpantinleşmiş ultramafik kayalar ve piroksenit türü kayalardan oluşmaktadır. Birincil bileşeni piroksen mineralleridir.

Karadere ultramafiti, Divriği ofiyolitli karışığı içinde tektonik dilimler halinde yüzeylenmiş olup, ofiyolit içerisindeki dağılımına göre belirli bir kalınlığı yoktur (Şekil 2.3).

Genellikle mağmatik Karadere ultramafiti, bölgede st Jura-Alt Kretase yaşlı Çataldağ kireçtaşı üzerinde tektonik dokanakla yer almaktadır. Buna göre karışığın yaşının st Kretase olduğu belirtilmiştir (ztrk ve diğ., 1996).

Karedere ultramafitinin Neo-Tetis'in kuzey kolu (şengr ve Yılmaz, 1981) olan okyanusal kabuk malzemesinin Avrasya levhası altına ve kuzeye dalması sonucu gelişen İzmir-Ankara-Erzincan sütur zonunda yer alan Maestrihtiyen yaşlı ofiyolitik yzleklerden türediği belirtilmiştir (ztrk ve diğ., 1996).

### **2.3.3. Buldudere Konglomerası (Ksb)**

Birim ilk kez Yılmaz (1991) tarafından tanımlanmış olup, çalışma alanının güneybatı kesimlerinde batıdan doğuya doğru uzanmakta ve Karadere köyü güneyinde gözlenmektedir (şekil 2.2).

Buldudere konglomerası çoğunlukla konglomera olmak üzere kumtaşı, kiltarı, marn, kireçtaşı ve yer yer de piroklastik kayalar ile arakatlıdır ve volkanik dayklar içermektedir. Konglomeralar siyahımsı, yeşil ve kırmızı-yeşil renkli, orta-çok yuvarlak çakıl ve bloklardan oluşmaktadır ve yaklaşık 425 m kalınlığa sahip olduğu belirtilmiştir (ztrk ve diğ., 1996) (şekil 2.3).

Buldudere konglomeraları içindeki killi kireçtaşlarında gözlenen fosillere dayanılarak birime Maestrihtiyen yaşı verilmiştir (ztrk ve diğ. 1996).

Birim içerisindeki kumtaşlarında çapraz tabakalanma ve yer yer de ripilmarklar gözlenmesi nedeniyle, akarsuların taşınma etkeni olduğu ve sığ deniz ortamını karakterize eden bir litoloji görünümünde olduğu belirtilmiştir (Bozkaya, 1991).



#### **2.3.4. Güzelyurt Formasyonu (Ksg)**

İlk kez Bozkaya (1991) tarafından tanımlanan birim, çalışma alanının orta ve güneybatı kesimlerinde gözlenmekte olup, Güzelyurt kasabası yöresinde oldukça geniş yüzlek vermektedir (Şekil 2.2).

Birim, çalışma alanının orta kesimlerinde beyaz-sarı renkli Hippuritesli kireçtaşı, güneybatı kesimlerinde ise grimsi renkli ve bitüm kokulu olup daha az Hippuritesli kireçtaşı özelliği sunar ve fosil büyüklükleri 5-40 cm arasında değişir (Şekil 2.3 ve 2.7).

Birim çalışma alanının orta kesimlerinde yaklaşık 130m (Yılmaz, 1991), güneybatı ve Güzelyurt kasabası yöresinde yaklaşık 250 m kalınlığa sahiptir (Öztürk ve diğ., 1996) (Şekil 2.3).

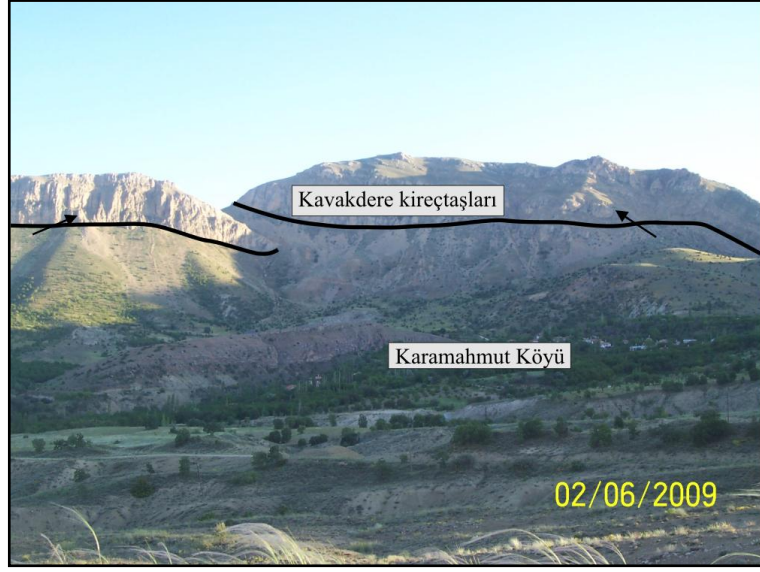
Güzelyurt formasyonu Hippuritesleri'nde yaş verilecek özellikler bulunamamıştır fakat makropaleontolojik çalışmalarda birime Maestrihtiyen yaşı verilmiştir (Öztürk ve diğ., 1996).

Önceki çalışmalara göre (Bozkaya, 1991) Güzelyurt formasyonunun, içerdiği fosillere göre sığ neritik ortam koşullarında biyokimyasal çökellemeyle oluştuğu ve tektonik açıdan duraysız bir ortamı temsil ettiği söylenebilir.

#### **2.3.5. Kavakdere Formasyonu (Ksk)**

Çalışma alanının güney ve doğu kesimlerinde, Hekimhan ilçesinin hemen güneyinden başlayan Malatya karayolu boyunca ve Karamahmut köyü civarında oldukça geniş yüzlek veren birim ilk kez Yılmaz (1991) tarafından tanımlanmıştır (Şekil 2.2).

Birim tipik olarak fliš fasiyesinde gelişmiş, sarımsı-boz ve grimsi-yeşilimsi renkli kumtaşı-silttaşı-kiltaşı-marn ardalanması şeklinde gözlenmekte olup yer yer de beyaz-gri renkli, bol fosilli kireçtaşı seviyesinden oluşmaktadır (Şekil 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7 2.8 ve 2.9).



**Şekil 2.4.** İnceleme alanında Karamahmut köyü civarında Kavakdere formasyonu resifal kireçtaşları (K-G yönlü bakış)

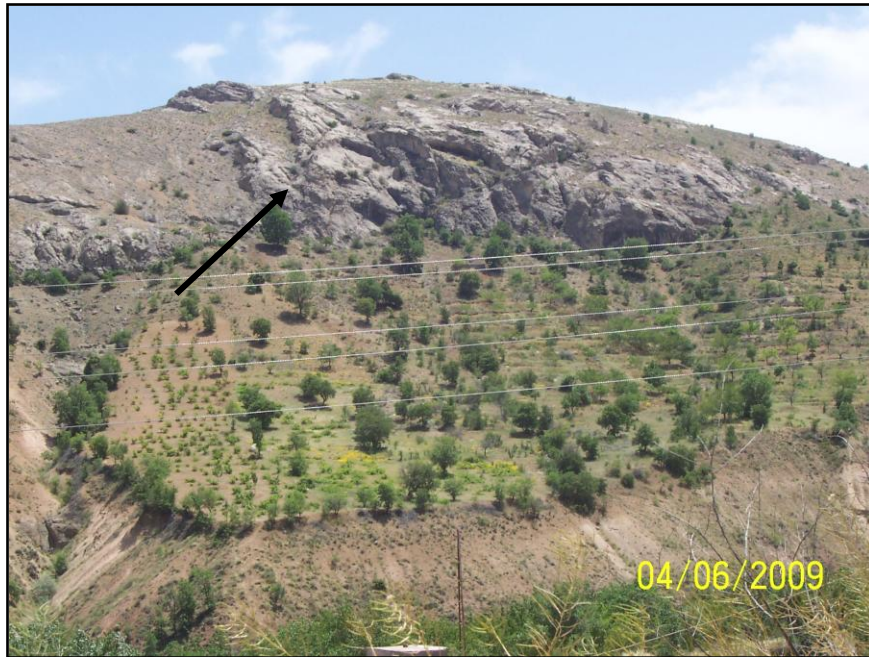


**Şekil 2.5.** İnceleme alanı Hekimhan girişi mevkiinde gözlenen marn-kireçtaşı ardalanması (GB-KD yönlü bakış)





**Şekil 2.6.** Hekimhan girişi mevkiinde Hippuritesli kireçtaşları



**Şekil 2.7.** Güzelyurt formasyonu Mumyalık Tepe resifal kireçtaşları



**Şekil 2.8.** Karamahmut Köyü sızıntı alanı MH-13 nolu örneğin yakından görünümü



**Şekil 2.9.** Karamahmut Köyü sızıntı alanı MH-16 nolu örneğin yakından görünümü

Birimin Bozkaya (1991) tarafından yapılan tip kesit çalışmalarında Hekimhan güney kesimlerinin yaklaşık 440 m kalınlığa sahip olduğu belirtilmiştir.

Kavakdere formasyonu kayaçlarında saptanan fosillere dayanılarak birime Üst Maestrihtiyen yaşı verilmiştir (Öztürk ve diğ., 1996). Bu çalışma sırasında değerlendirilen ince kesitlerde yaş verebilecek bir fosil belirlenmemiştir.

Kavakdere formasyonu içerdiği fosillere göre derin deniz ortamını karakterize etmektedir. Detritik sığ ortam fosillerinin olması tektonik duraysızlığı işaret etmektedir. Formasyon derin deniz sedimantasyonunu anlatan filiş fasiyesinde çökelmiştir (Bozkaya, 1991).

### **2.3.6. Zorbehan Formasyonu (Ksz)**

Birim ilk kez Bozkaya (1991) tarafından Hekimhan çevresinde tanımlanmış olup, çalışma alanının doğu ve güney kesimlerinde, Mağarakaya, Saçayak, Hüyük, Umut, Kurtkaya ve Eşekçikmazı Tepe civarlarında ve Köslüler sırtı boyunca güneyden kuzeye doğru oldukça geniş yüzlek vermektedir (Şekil 2.2).

Bu birimde alt kesimlerde orta tabakalı killi kireçtaşı, üste doğru ise orta-kalın tabakalı kireçtaşları izlenmiştir (Şekil 2.3). Birim içerisinde çatlaklar boyunca gelişmiş 15-20 cm kalınlığında limonitleşmiş zonlar bulunmaktadır.

Birimin kalınlığı oldukça farklılıklar göstermektedir. Bozkaya (1991) tarafından Hekimhan güney ve güneydoğu ölçülü kesit çalışmalarında 74-600 m, Yılmaz (1991) tarafından ise Hekimhan kuzeybatısında 320 m'lik kalınlık belirlenmiştir (Şekil 2.3).

Zorbehan formasyonu içerisinde gözlenen fosillere dayanılarak birime Üst Maestrihtiyen yaşı verilmiş (Öztürk ve diğ., 1996), içerdiği fosillere göre ise derin denizel ortamında çökelmiştir. Bu görüşü, planktonik foraminiferlerle radioleriaların bulunması da desteklemiştir.

### **2.3.7. Yağca Formasyonu (Tpy)**

İlk kez Hekimhan güneydoğusunda Bozkaya (1991) tarafından tanımlanan birim çalışma alanının güney kesiminde, Dumlu güneydoğusu Hüyüktepe güneyinde gözlenmektedir (Şekil 2.2).

Birim ince laminalı dolomitte başlar ve kireçtaşı-breşik kireçtaşı, kömür içeren jips, tekrar kireçtaşı ve kırmızı renkli marnlarla devam eder. Breşik, intraklastik kireçtaşı ve jipslerle son bulur (Şekil 2.3).

Yağca formasyonu Bozkaya (1991)'e göre farklı kalınlıklar göstermekte olup, yapılan ölçülü kesit çalışmalarında 150 m olarak belirlenmiştir (Şekil 2.3).

Birimdeki dolomitik kireçtaşlarında bulunan fosillere göre bir yaş tayini yapılamamıştır. Stratigrafik konumu göz alındığında Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı Kızılyatak formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmesi nedeniyle Paleosen yaşlı olabileceği belirtilmiştir (Öztürk ve diğ., 1996).

Yağca formasyonu jips, çörtlü dolomit/kireçtaşı, marn ve kilttaşlarından oluşmaktadır. Birim içinde çok az fosil gözlenmesi aşırı alkalın bir ortam olduğu ve bu ortamın canlı yaşamına uygun olmaması anlamına gelmektedir.

### **2.3.8. Kızılyatak Formasyonu (Tpk)**

İlk kez Bozkaya (1991) tarafından tanımlanan Kızılyatak formasyonu sadece Garibinkır Tepe kuzeydoğusunda ve Sarıkaya Tepe civarındaki küçük bir alanda yüzlek vermektedir (Şekil 2.2).

Kızılyatak formasyonu, tümüyle karbonat sedimantasyonuyla çökelmiş kireçtaşı ve ender olarak da killi kireçtaşlarından oluşmaktadır (Şekil 2.3).

Kızılyatak formasyonuna ait kalınlığın Bozkaya (1991) tarafından yapılan ölçülü kesit çalışmalarında 75 m olduğu belirtilmiştir (Şekil 2.3).

Formasyona ait örneklerde görülen fosillere dayanarak birime Üst Paleosen-Orta Eosen yaşı verilmiştir (Öztürk ve diğ., 1996).

Birim, derin denizel fosiller içeren kireçtaşlarıyla başladığı için başlangıçta derin deniz karbonat sedimantasyonu hakimken, üste doğru sığ denizel ortam fosilleri içeren kireçtaşlarına geçmesi, sığ denizel ortamları işaret eder.



### **2.3.9. Kuvaterner Oluşuklar (Qal)**

İnceleme alanındaki Kuvaterner oluşuklar, çalışma alanının KB-GD doğrultusu boyunca ilerleyen Kuruçay'da depolanmış güncel alüvyonlar şeklinde gözlenirler. Kalınlığı ise yer yer 20 m'ye ulaşmakta ve bazı lokasyonlarda kum-çakıl ocağı olarak işletilmektedir.

### **2.4. İnceleme Alanının Tektonik Özellikleri**

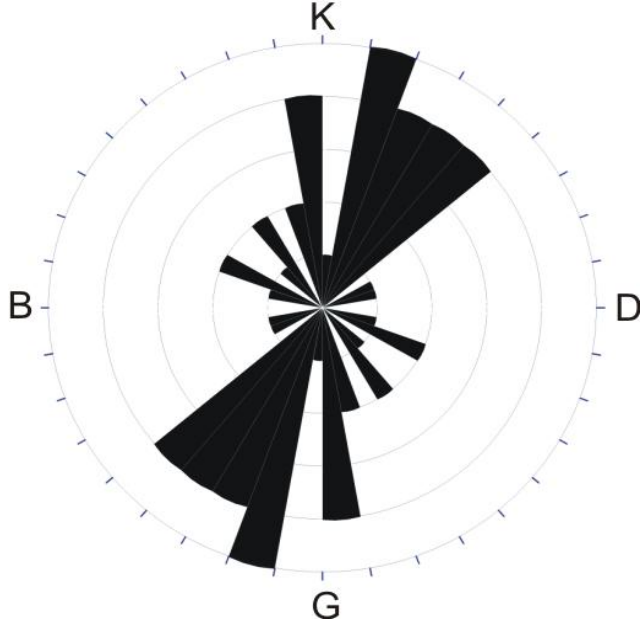
Hekimhan yöresinde yüzeyleyen birimler genellikle Alpin orojenez döneminden etkilenmesi neeniyle kıvrımlı ve kırıklı bir yapıya sahiptir.

Bölgede, temeli Üst Jura – Alt Kretase yaşlı sığ denizel, çoğunlukla neritik ortamda depolanmış kireçtaşları ile temsil edilen Çataldağ kireçtaşı oluşturmaktadır. Birim üzerine Maestrihtiyen öncesi yaşlı Divriği ofiyolitli karışığına ait Karadere ultramafiti tektonik dokanakla gelmektedir. Genellikle Erken Alpin orojenezinin Geç Kimmeriyen safhasında gerçekleşen bu bindirmelerin üzerine, Maestrihtiyen'den başlayarak Üst Oligosen başına kadar sürekli bir sedimanter istif çökelmiştir. Aralarında herhangi bir açılal veya boşluklu uyumsuzluğun gözlenmediği bu birimler sırasıyla Maestrihtiyen yaşlı Buldudere konglomerası, Güzelyurt formasyonu, Kavakdere formasyonu ve Zorbehan formasyonu; Alt Paleosen yaşlı Yağca formasyonu; Üst Paleosen – Orta Eosen yaşlı Kızılyatak formasyonudur. Orta Alpin döneminin Saviyen fazına karşılık gelen bu dönem içerisinde bu birimler kırılıp-kıvrımlanarak su üstü olmuşlardır. Pliyo-Kuvaterner başına kadar bölgede herhangi bir çökel istifinin gözlenmemesi, bölgenin bu dönem içerisinde kara durumunda olduğuna işaret etmektedir (Öztürk ve diğ., 1996).

İnceleme bölgesi oldukça kırıklı bir yapı sunmaktadır. Bölgede genel olarak KD-GB gidişli sol yanal, KB-GD gidişli sağ yanal doğrultu atımlı faylar egemendir. D-B gidişli bindirme bulunmaktadır. Bölgedeki tek bindirme ve ters fay Karamahmut Fayı olup, Mağarakaya Tepe Fayı ve Eşekçikmaz Tepe fayı ise bölgede gözlenen normal faylardır (Şekil 2.2 ).

Yukarı Selimli kıvrımları, Çakmaklı Tepe senklinali ve Domuzluk tepe senklinalleri ise inceleme alanında gözlenen başlıca kıvrımlardır (Şekil 2.2).

İnceleme alanından alınan ölçümlere göre bölgedeki hakim sıkışma yönünün KD-GB doğrultulu olduğu belirtilebilir (Şekil 2.10). Karamahmut köyü Karamahmudun dere civarında ise küçük ölçekli bir fay aynası görülmüştür (Şekil 2.11).



135/85	105/86	205/78
90/90	280/70	280/84
245/35	300/67	120/83
250/70	80/65	265/90
295/74	340/77	190/80
225/78	310/65	85/88
110/75	80/70	130/85
150/73	55/83	105/86
205/85	50/45	300/85
120/45	115/85	225/86

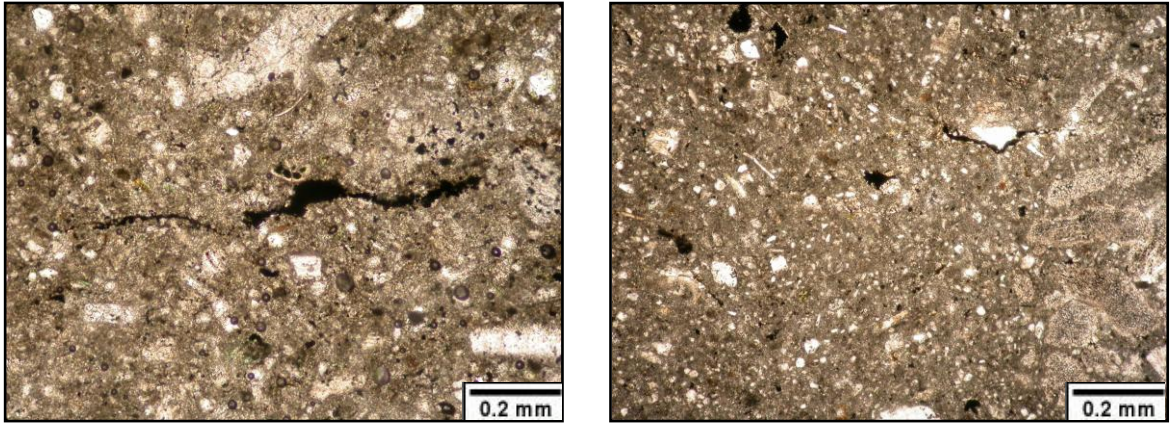
**Şekil 2.10.** İnceleme alanından alınan ölçümler ve ölçümlere göre oluşturulan gül diyagramı



**Şekil 2.11.** Karamahmut köyü Karamahmudun dere yakınında gözlenen fay aynası (K 25 D-85 GD)

### 3. PETROGRAFİK DEĞERLENDİRMELER

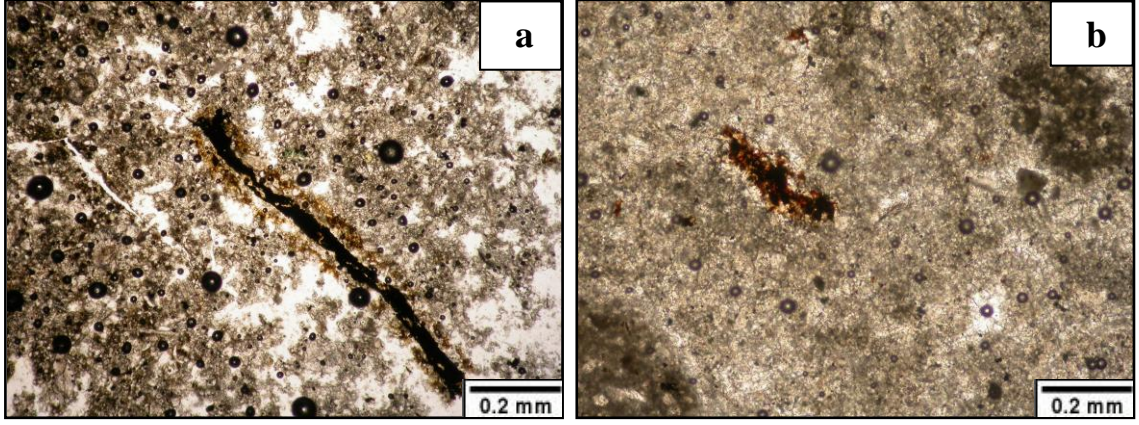
İnceleme alanı olarak seçilen 3 farklı alanda 10 adet örnek değerlendirilmiştir. Bu örneklerden 5 tanesi özellikle katı bitümlerin gözleendiği Karamahmut köyü, Karamahmutun dere lokasyonundan alınmış ve sızıntı kaynağının belirlenmesine yönelik incelemeler yapılmıştır. 2 adet örnek ise Hekimhan girişinde Kavakdere formasyonunun hippuritesli kireçtaşı ve marnların birlikte izlendiği alandan alınmıştır. Bu alandaki örneklerin değerlendirmesinde kireçtaşlarının biyomikrit özellikte olduğu belirlenmiştir. Özellikle bol kavkı parçalı ve intraklastlı kireçtaşları gözlenmiştir. Ancak en dikkat çekici özellik bu örneklerde bitüm izlerinin belirlenmesidir. Çatlak dolgusu ve saçınmış olarak belirlenen bu hidrokarbon izleri incelenen sızıntının kökeni hakkında bilgi verebilecek özellikler sunmaktadır (Şekil 3.1).



**Şekil 3.1.** Hekimhan girişinden alınan Kavakdere formasyonu örneklerinin petrografik özellikleri, (MH-7 örneği; biyomikrit ve içindeki bitüm)

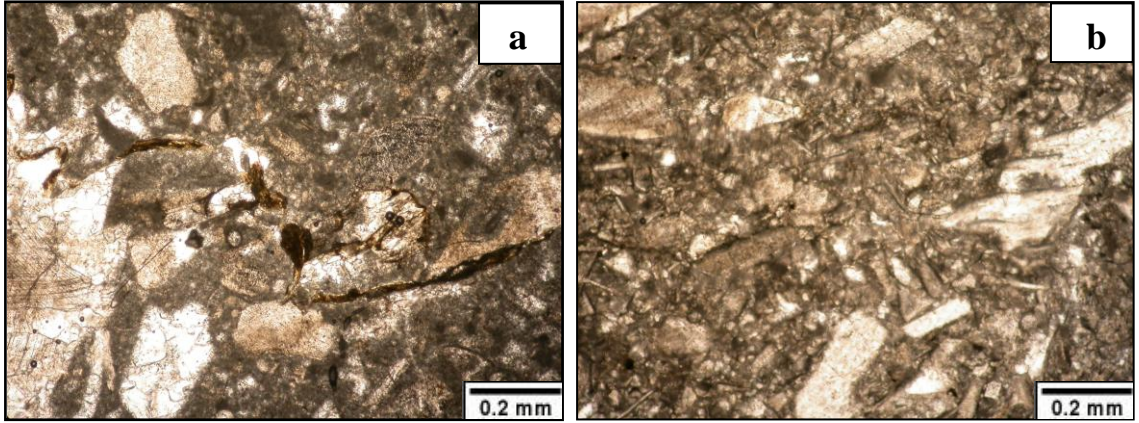
Karamahmutun deresi civarındaki sızıntı olan alanda alınan örneklerde biyomikrit özellikleri sunmakla birlikte (Şekil 3.2) benzer şekilde özellikle stilolit yapılarında bitüm izlidir.





**Şekil 3.2.** Karamahmut Köyü sızıntı alanından alınan örneklerin petrografik özellikleri  
a) Bitüm izli biyomikrit (MH-16), b) Saçınmış ve boşluk dolgusu şeklinde bitümlü biyomikrit (MH-18)

Güzelyurt formasyonunun Mumyalık Tepe civarındaki kireçtaşı seviyelerinde ise 3 adet kireçtaşı örneği petrografik olarak incelenmiştir. Bu örneklerin bol fosil kavkılı, intraklastlı ve mikritik özellikler ile içinde yer yer bitüm izleri görülmüştür (Şekil 3.3).



**Şekil 3.3.** Güzelyurt formasyonu kireçtaşlarından alınan örneklerin petrografik özellikleri. Fosil kavkı parçaları ve bitüm izi a) MH-27 ve b) MT-2 nolu örnekler



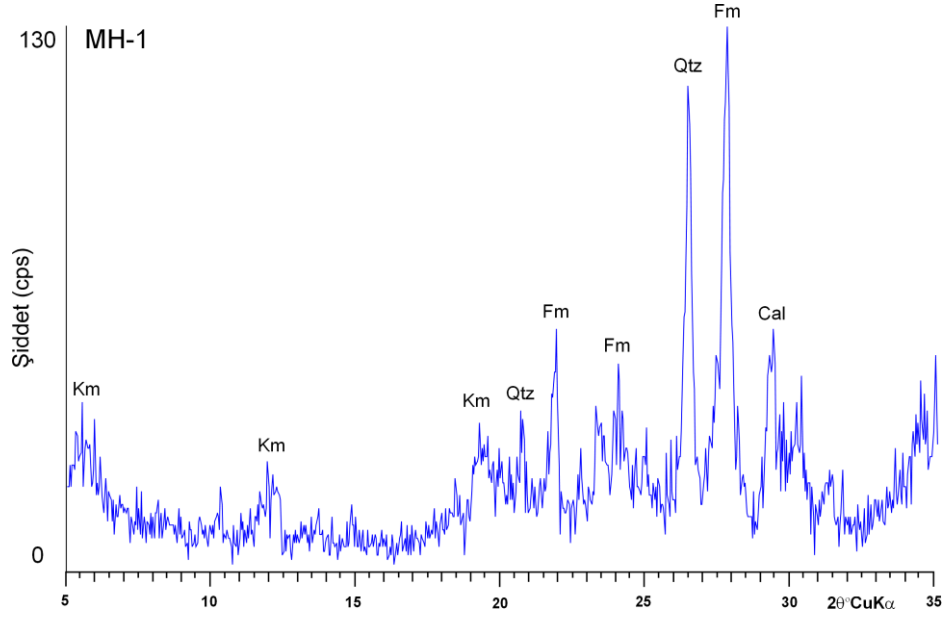
### 3.1. XRD-TK İncelemeleri

İnceleme alanlarından alınan örneklerin XRD-Tüm kayaç bileşim değerleri farklılık göstermektedir. Kavakdere formasyonu örneklerinin mineralojik bileşimlerinde kalsit % 4-93 (ort.; % 27.3), kuvars % 2-53 (ort.; % 16), feldispat % 6-57 (ort.; % 34.6), kil mineralleri % 39-45 (ort.; % 22.10) olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.1).

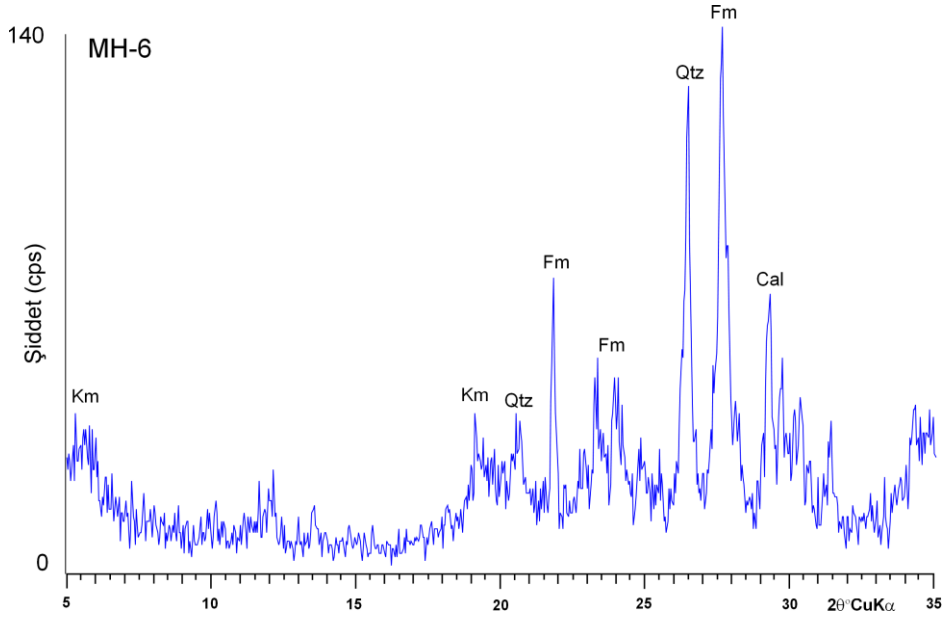
İncelenen örneklerde bu değerlendirmeler sonucunda 11 örnekte feldispat ve kil minerallerinin hakim bileşen olduğu, Güzelyurt formasyonuna ait diğer 4 örnekte ise sadece kalsit mineralinin bulunduğu belirlenmiştir. MH-1 ve MH-6 örneklerine ait tüm kayaç difraktogramı sırasıyla Şekil 3.4 ve 3.5 te gösterilmiştir.

**Çizelge 3.1.** İncelenen birimlerin XRD-Tüm kayaç değerlendirme sonuçları

XRD-Tüm Kayaç Bileşimi (%)					
Formasyon	Örnek no	Kuvars (%)	Feldispat (%)	Kalsit (%)	Kil mineralleri (%)
Kavakdere	MH-1	10	41	4	45
	MH-2	13	39	9	40
	MH-3	2	11	87	-
	MH-4	11	39	8	41
	MH-5	15	42	4	39
	MH-6	11	45	5	39
	MH-7	2	6	93	-
	MH-8	12	45	4	39
	MH-9	43	57	-	-
	MH-10	53	39	8	-
	MH-12	4	17	78	-
	Güzelyurt	MH-25	-	-	100
MH-28		-	-	100	-
MT-1		-	-	100	-
MT-4		-	-	100	-



**Şekil 3.4.** MH-1 örneğinin mineralojik bileşimini gösteren tüm kayaç difraktogramı (Km; kil mineralleri, Qtz; Kuvars, Fm; Feldispat minerali, Cal; Kalsit)



**Şekil 3.5.** MH-6 örneğinin mineralojik bileşimini gösteren tüm kayaç difraktogramı (Km; kil mineralleri, Qtz; Kuvars, Fm; Feldispat minerali, Cal; Kalsit)

### 3.2. XRD-KF İncelemeleri

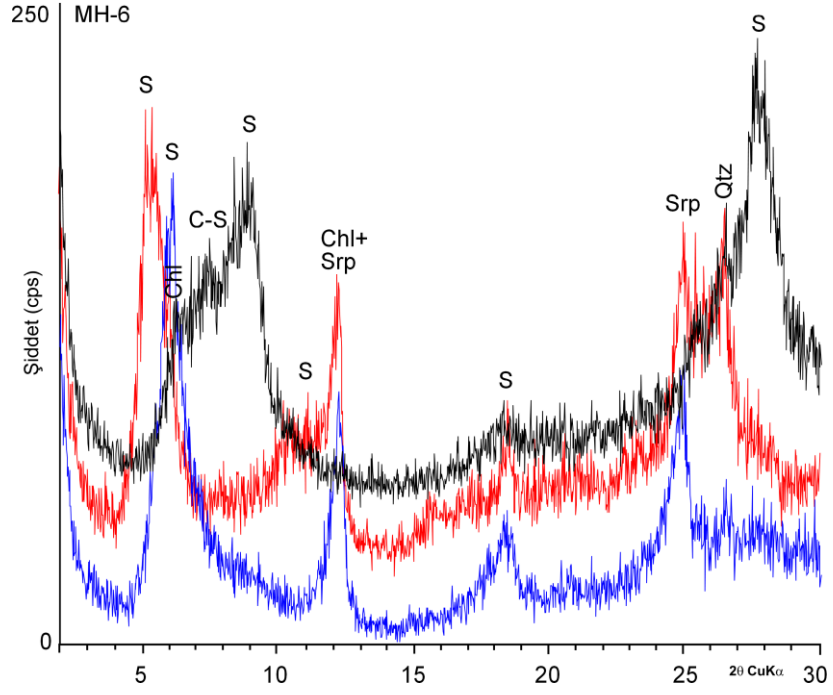
İnceleme alanına ait örneklerinden özellikle XRD-TK değerlendirmesi ile bol killi olduğu izlenen toplam 6 örnekte XRD-KF incelemesi yapılmıştır (Çizelge 3.2).

İncelenen birimlerde Kavakdere formasyonu örneklerinin kil içeriği araştırılmış olup; smektit % 29-66 (ortalama % 48.66), klorit sadece bir örnekte % 24, serpantin % 26-48 (ortalama % 41.5) ve klorit-smektit % 8-23 (ortalama % 6.83) oranında belirlenmiştir (Çizelge 3.2 ve Şekil 3.4).

Smektit; kaynak havzadaki minerallerin bozunması ile türeyebileceği gibi (detritik) volkanik kökenli malzemenin suda bozunması ile de oluşabilir. Bu mineral bazik yüzey koşullarında ve 65 °C' nin altındaki ısılarda duraylıdır. Bundan daha yüksek ısı koşullarında illit-smektit karışık tabakalısına ve illite dönüşerek dereceli olarak kaybolur. Smektit ve karışık tabakalı illit-smektit'lerin de gözenek kapayıcı, geçirimsizliği azaltıcı özellikleri vardır. Şekil 3.6' da MH-6 örneğine ait XRD-KF değerlendirilmesi ve belirlenen kil mineralleri gösterilmektedir.

**Çizelge 3.2.** İncelenen örneklerin XRD-Kil Fraksiyon değerlendirmeleri

Örnek No	Serpantin (%)	Smektit (%)	Klorit (%)	Klorit-Smektit (%)
MH-1	48	52	-	-
MH-2	26	66	-	8
MH-4	44	34	-	23
MH-5	48	52	-	-
MH-6	42	29	24	10
MH-8	41	59	-	-



**Şekil 3.6.** MH-6 örneğinin XRD-KF değerlendirmesi ve belirlenen kil mineralleri (S; Smektit, Chl; Klorit, C-S; Klorit-Smektit, Chl+Srp; Klorit+Serpantin, Srp; Serpantin, Qtz; Kuvars)

## 4. ORGANİK PETROGRAFİK VE ORGANİK JEOKİMYASAL DEĞERLENDİRMELER

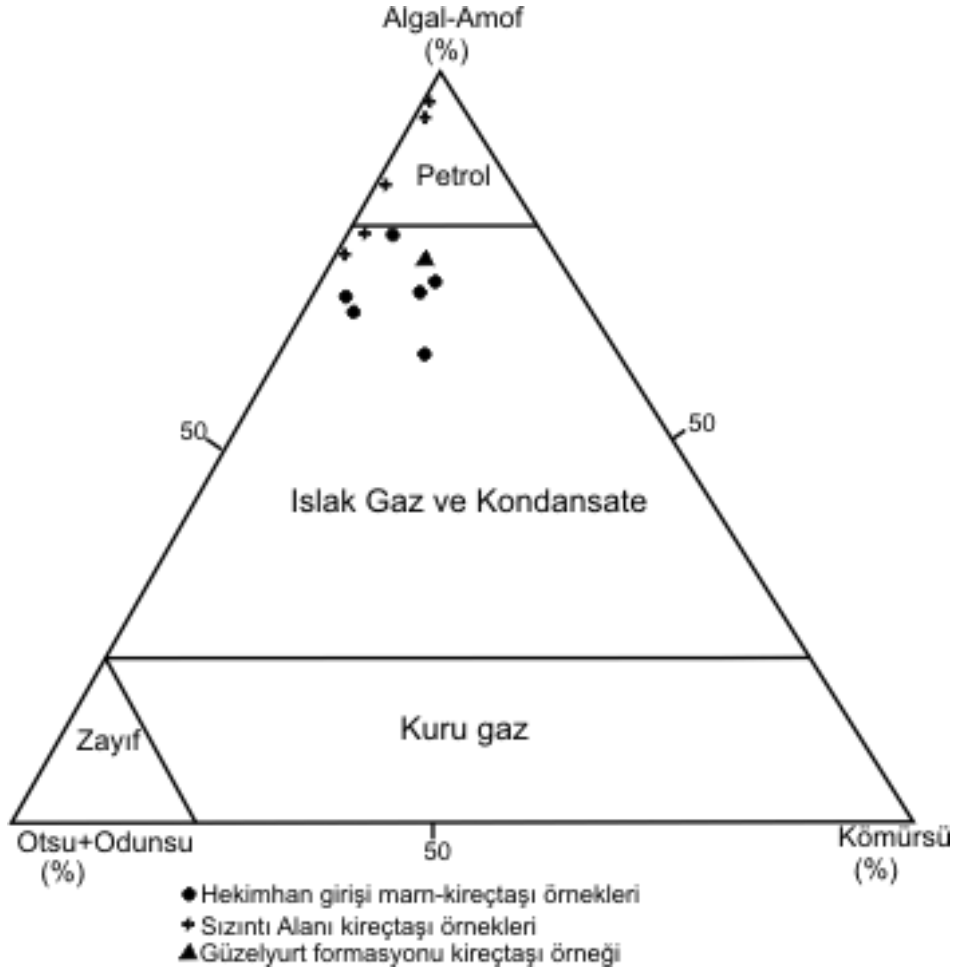
### 4.1. Organik Petrografi Değerlendirmeleri

İnceleme alanına ait 15 adet örnekte standart palinolojik laboratuvar tekniklerine göre (Dow, 1977; Tissot ve Welte, 1984) kayaçlardan organik madde (kerojen) ayrılarak kerojen slaytları hazırlanmıştır. 3 adet örnekte ise (MH-7, MH-8 ve MT-1) bu işlem uygulanmakla birlikte slayt yapımı için yeterli organik madde elde edilememiştir (Çizelge 4.1). Kavakdere formasyonu örneklerinin kerojen slaytlarının alttan aydınlatmalı mikroskopta incelenmesi ile egemen organik madde tipinin amorf kerojen olduğu belirlenmiştir (% 65-90; ort.; % 77.3) (Şekil 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6). Bunun yanı sıra otsu % 10-15 (ort.; % 11.8), odunsu % 5-15 (ort.; % 5.90) ve kömürsü % 5-25 (ort.; % 5.90) organik maddeler de bileşimde bulunmaktadır (Çizelge 4.1, Şekil 4.1). MH-25 nolu Güzelyurt formasyonu örneğinde ise % 75 amorf, % 10 otsu, % 10 odunsu ve % 5 oranında kömürsü organik madde bulunmaktadır (Şekil 4.7).

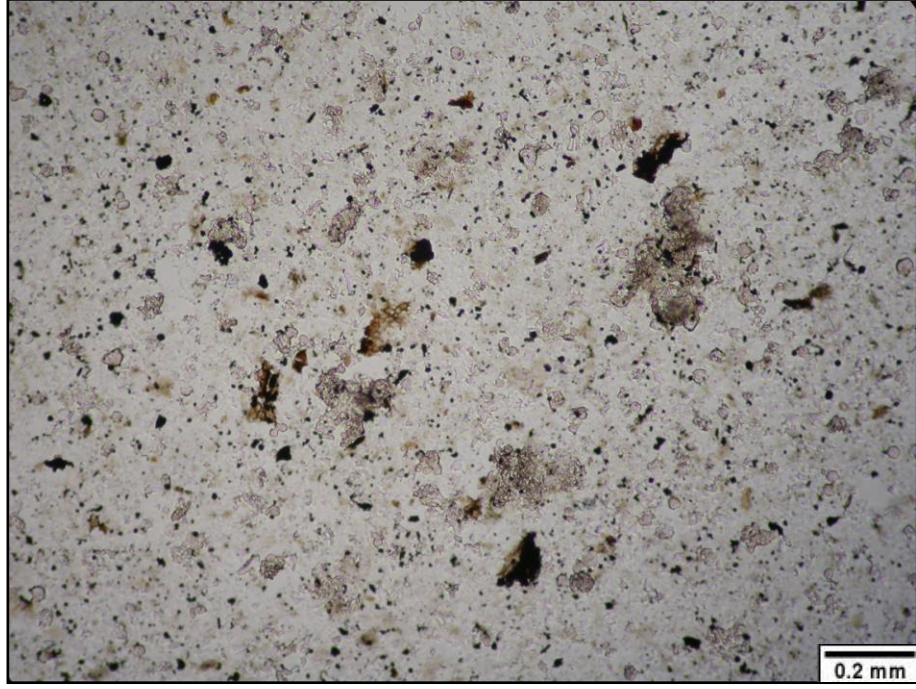
**Çizelge 4.1.** İncelenen örneklerde belirlenen organik madde tipleri ve spor renk (SCI) değişimleri

Örnek No	Amorf (%)	Otsu (%)	Odunsu (%)	Kömürsü (%)	SCI
MH-2	70	10	5	15	Sarı
MH-5	80	10	-	10	Sarı
MH-7	70	20	5	5	Açık sarı-Sarı
MH-8	70	10	15	5	Açıksarı-Sarı
MH-9	65	10	10	25	Turuncu-Kırmızı
MH-10	70	15	10	5	Koyu sarı
MH-16	80	15	5	-	Koyu sarı
MH-21	90	5	5	-	Açık sarı-Sarı
MH-22	80	15	5	-	Koyusarı-turuncu
MH-23	85	10	5	-	Koyu sarı
MH-24	90	10	-	-	Koyu sarı
MH-25	75	10	10	5	Koyu sarı-Turuncu

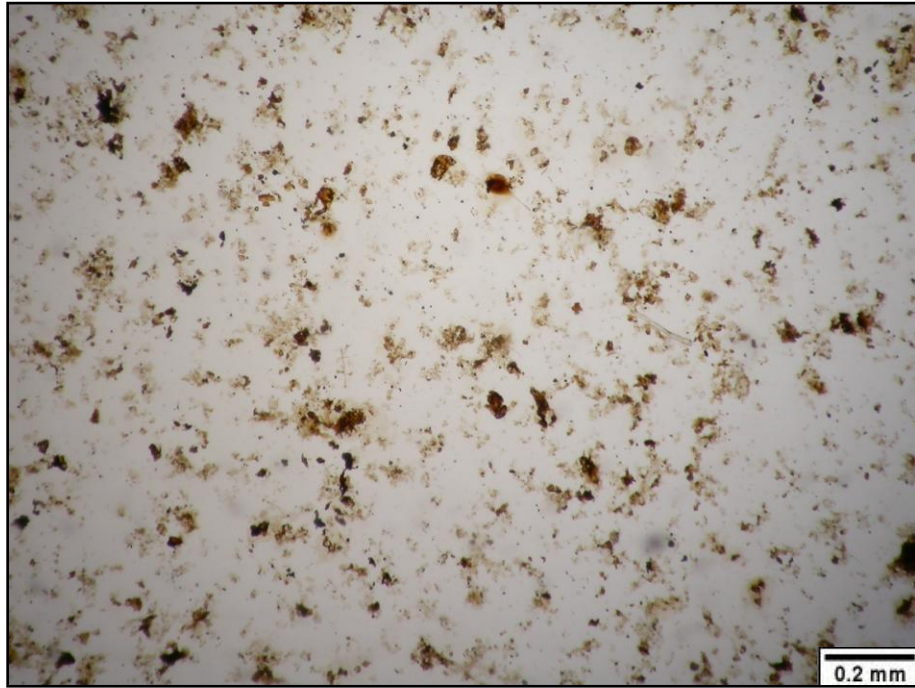
İncelenen örneklerin organik madde dağılımlarını gösteren üçgen diyagramda da Kavakdere formasyonu örnek alanlarına göre ayrı ayrı gösterilmiştir (Hekimhan girişi ve Karamahmut köyü sızıntı alanı).



Şekil 4.1. İncelenen örneklerin organik madde tiplerinin üçgen diyagramda dağılımı

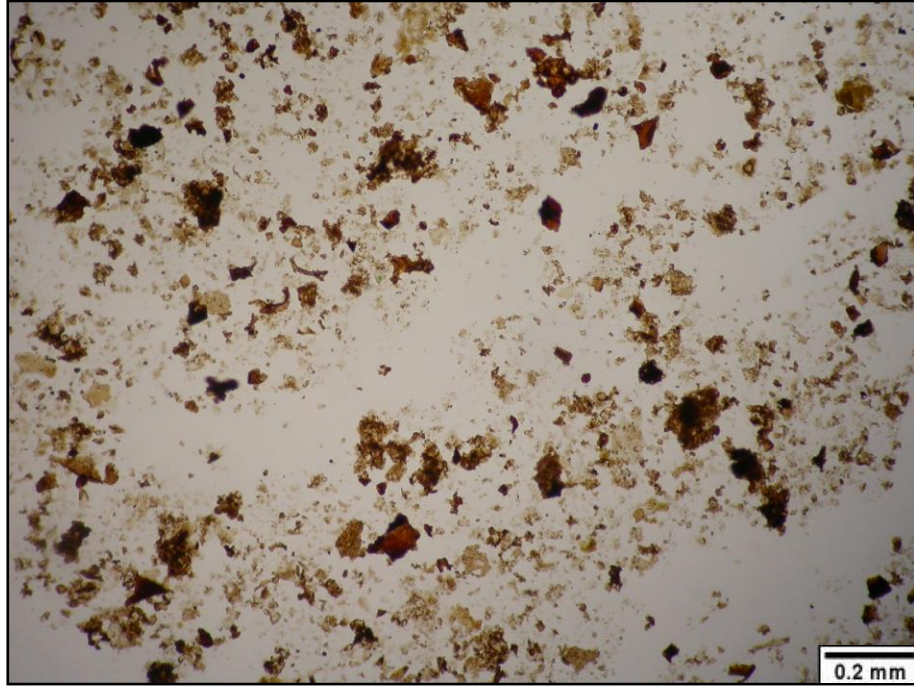


**Şekil 4.2.** MH-7 örneğinde belirlenen amorf, otsu, odunsu organik maddeler

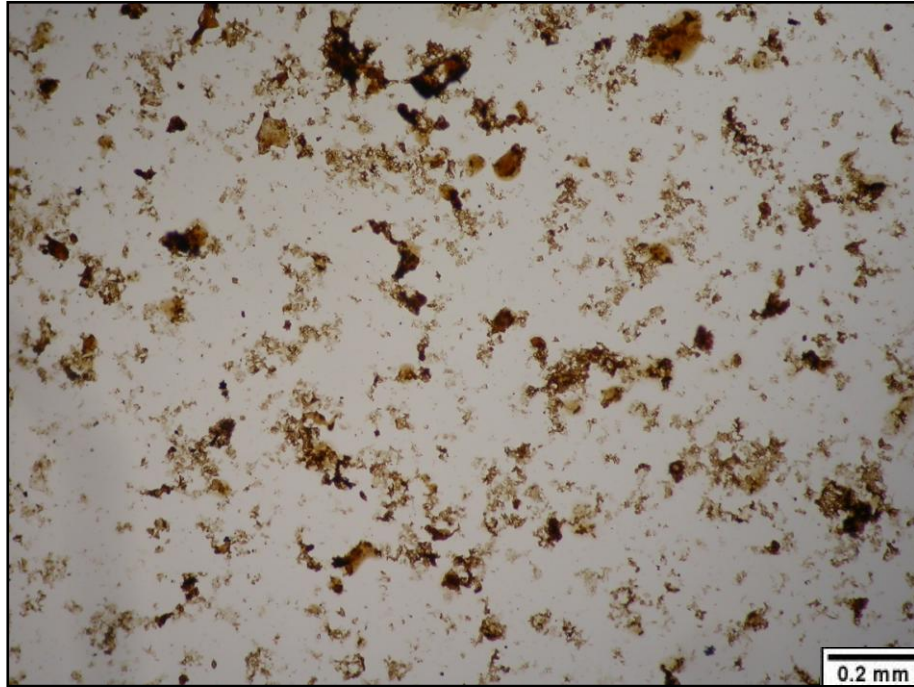


**Şekil 4.3.** MH-16 örneğinde yaygın olarak izlenen amorf ve otsu organik maddeler



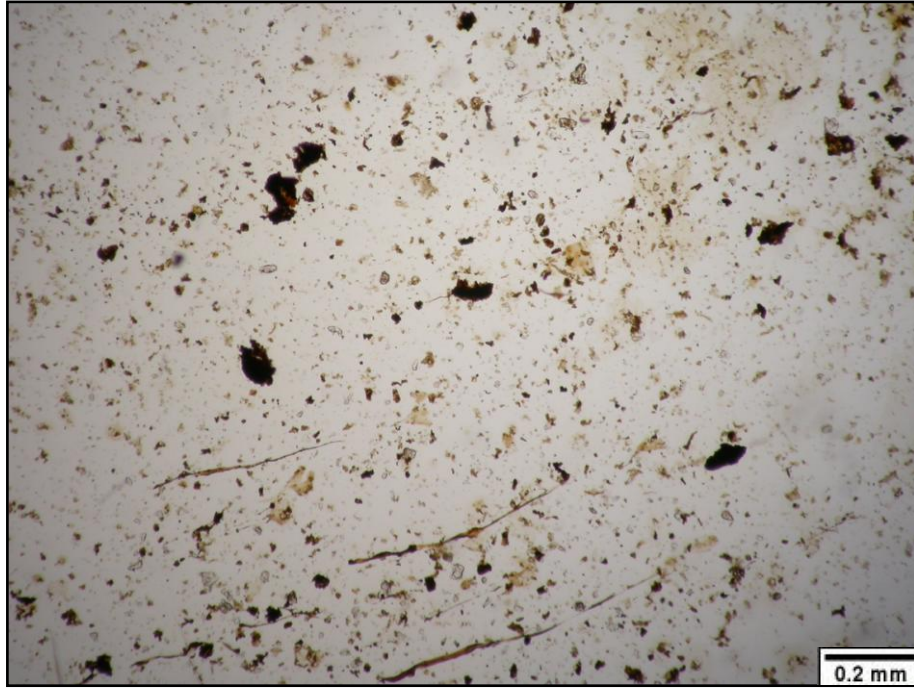


**Şekil 4.4.** MH-22 örneğinde egemen olarak belirlenen amorf organik maddeler

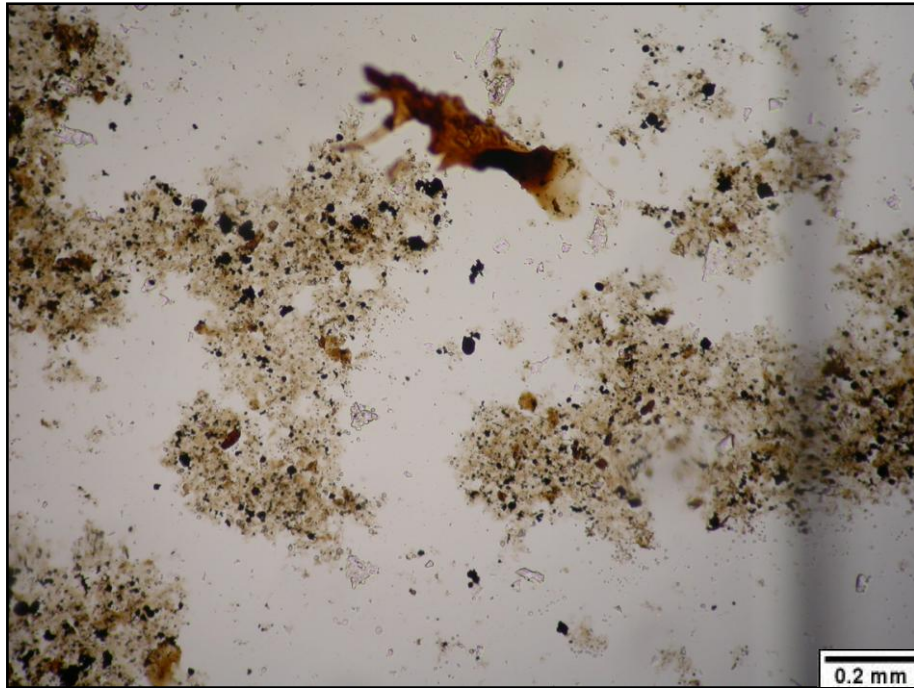


**Şekil 4.5.** MH-23 örneğinde belirlenen amorf ve otsu organik maddeler





Şekil 4.6. MH-24 örneğinde belirlenen amorf, otsu, odunsu organik maddeler



Şekil 4.7. MH-25 örneğinde belirlenen amorf, otsu, odunsu organik maddeler ve koyu sarı renkli sporlar

#### 4.1.1. Organik Madde Miktarı

İncelenen örneklerin organik madde zenginliği, organik madde tipi, diyajenetik gelişim süreci ve hidrokarbon türetme potansiyeline ilişkin veriler Rock-Eval piroliz analizi ile sağlanmıştır.

Kaynak kayaların petrol türetebilmeleri ve oluşan petrolün atılması (expulsion) için belli miktarda organik madde içermesi gerekir. Sedimanter kayaçlardaki organik madde miktarı ağırlık yüzdesi olarak verilen Toplam Organik Karbon (TOC) değeri ile ifade edilir. Bu değer karbonatlı kayaçlar için % 0.3, şeyller için ise % 0.5'dir (Tissot ve Welte, 1984). Aslında TOC değeri gerçek bir petrol potansiyel belirteci olmayıp organik madde türü daha önemli rol oynamaktadır. Örneğin grafit % 100 karbondan oluşur ancak petrol türetme potansiyeli yoktur. Yine bazı Tersiyer deltaik denizel çökeller % 5 den fazla TOC ye sahiptir ancak organik maddenin gaz türetme veya inert özelliğinden dolayı çok az petrol türetilmektedir (Katz, 1995). Buna karşın Dünya çapındaki bütün organik jeokimyasal çalışmalarda araştırmacılar tarafından rutin olarak kullanılan bir analiz türüdür.

İnceleme alanına ait 25 adet örneğin TOC ve piroliz analizine ilişkin sonuçları Çizelge 4.2' de verilmiştir. Rock-Eval piroliz analizi sonuçları Peters (1986) ve Lafarqué ve diğ., (1998)'e göre yorumlanmıştır.

Organik jeokimyasal ve organik petrografik açıdan detaylı inceleme yapılan Kavakdere formasyonu inceleme alanından alınan farklı lokasyonlar için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Toplam Organik Karbon (TOC, ağırlıkça %) değeri Hekimhan girişindeki marn ve kireçtaşı örneklerinde % 0.13-0.54 (ortalama % 0.23), Karamahmut köyü sızıntı alanı örneklerinde % 0.13-37.57 (ort.; % 6.03) olarak belirlenmiştir. Mumyalık Tepe civarındaki Güzelyurt formasyonu örneklerinde ise TOC değeri % 0.11-0.12 (ortalama % 0.12)' dir (Çizelge 4.2).

**Çizelge 4.2.** İncelenen örneklerin TOC ve Rock - Eval piroliz analizi sonuçları

İnceleme Alanı-Formasyon	Örnek Kodu	TOC (%)	S1 (mg/g)	S2 (mg/g)	S3 (mg/g)	T <sub>max</sub> (°C)	HI	OI	PI	S2/S3	PY
Hekimhan Girişi-Kavakdere Fm	MH-1	0.2	0.01	0.02	0.59	447	10	295	0.34	0.03	0.03
	MH-2	0.23	0.02	0.03	0.9	447	13	391	0.39	0.03	0.05
	MH-3	0.13	0	0.02	0.19	430	15	146	0.18	0.10	0.02
	MH-4	0.22	0	0.03	0.6	496	14	273	0.13	0.05	0.03
	MH-5	0.26	0.01	0.02	0.87	454	8	335	0.29	0.02	0.03
	MH-6	0.19	0.01	0.02	0.84	450	11	442	0.35	0.02	0.03
	MH-7	0.21	0	0.03	0.33	429	14	157	0.11	0.09	0.03
	MH-8	0.54	0.02	0.1	0.52	428	19	96	0.15	0.19	0.12
	MH-9	0.19	0.01	0.01	0.54	451	5	284	0.56	0.01	0.02
	MH-10	0.25	0.01	0	0.93	437	0	372	0.67	0	0.01
	MH-12	0.15	0.01	0.02	0.33	423	13	220	0.26	0.06	0.03
	Sızıntı alanı-Kavakdere Fm.	MH-13	1.7	3.79	9.19	1.13	421	541	66	0.29	8.13
MH-14		4.36	13.59	28.47	0.24	427	653	6	0.32	118.62	42.06
MH-15		3.26	6.8	18.46	0.55	418	566	17	0.27	33.56	25.26
MH-16		5.92	12.05	37.24	0.93	421	629	16	0.24	40.04	49.29
MH-18		1.23	2.27	6.49	0.31	417	528	25	0.26	20.93	8.76
MH-19		3.62	9	22.04	0.47	418	609	13	0.29	46.89	31.04
MH-22		4.26	7.8	25.99	0.65	418	610	15	0.23	39.98	33.79
MH-24		2.26	4.8	13.15	0.61	421	582	27	0.27	21.55	17.95
MH-29		2.08	4.23	12.57	0.32	416	604	15	0.25	39.28	16.8
<b>MH-30</b>		<b>37.57</b>	<b>61.28</b>	<b>292.31</b>	<b>1.17</b>	<b>436</b>	<b>778</b>	<b>3</b>	<b>0.17</b>	<b>249.83</b>	<b>353.59</b>
Güzelyurt Fm.	MH-25	0.12	0.01	0.05	0.14	431	42	117	0.12	0.35	0.06
	MH-28	0.11	0	0	0.06	474	0	55	0	0	0
	MT-1	0.12	0	0.05	0.17	447	42	142	0.06	5.88	0.05
	MT-4	0.11	0.01	0.04	0.32	438	36	291	0.11	0.12	0.05

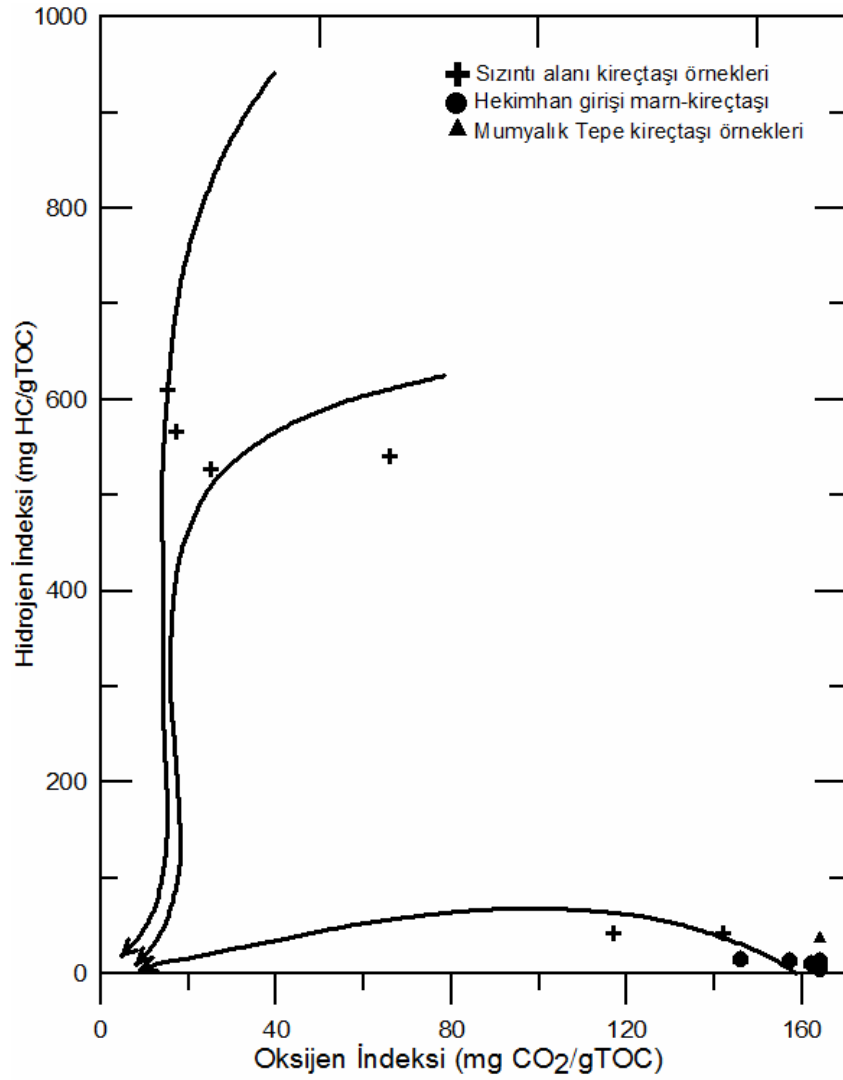
TOC; Toplam Organik karbon (%), S1; mg HC/g kaya, S2; Kerojenin parçalanması ile oluşan hidrokarbonlar (mg HC/g kaya), S3;400 °Cnin altında oluşan CO<sub>2</sub>, mg CO<sub>2</sub>/g kaya), T<sub>max</sub>; Maksimum Sıcaklık (°C), HI; Hidrojen İndeksi (S2/TOC, mg HC/g TOC), OI; Oksijen İndeksi (S3/TOC, mg CO<sub>2</sub>/gTOC), PI; Üretim İndeksi (S1/S1+S2), S2/S3; Hidrokarbon Tip İndeksi, PY; Potansiyel Verim (S1+S2, mg HC/g kaya)(**MH-30 KATI BİTÜM ÖRNEĞİ**)

#### 4.1.2. Organik Madde Tipi

Bir kayacın kaynak kaya olabilmesi yeterli organik maddeye sahip olmasının yanı sıra organik madde tiplerinin de petrol veya gaz türümüne uygun olması gerekmektedir. Bu nedenle organik petrografik ve organik jeokimyasal verilerle birimlerdeki organik madde tipleri belirlenmeye çalışılır.

Organik petrografik incelemelerin yanısıra Rock-Eval piroliz analizi ile elde edilen Hidrojen İndeksi (HI), Oksijen İndeksi (OI) ve  $T_{max}$  değerleri kullanılarak hazırlanan HI-OI ve HI- $T_{max}$  diyagramları ile örneklerin içerdiği organik madde tipleri kolayca belirlenebilmektedir.

Hidrokarbon türümü için önemli bir parametre olan Hidrojen İndeksi değerleri Hekimhan girişi marn ve kireçtaşı örneklerinde 0-19 mg HC/g TOC (ort.; 10.09 mg HC/g TOC), sızıntı alanı kireçtaşı örneklerinde 416-653 mg HC/g TOC (ort.; 564 mg HC/g TOC), Güzelyurt formasyonu kireçtaşlarında ise 0-42 mg HC/g TOC (ort.; 27 mg HC/g TOC) dir. Hidrojen İndeksi-Oksijen İndeksi ve HI- $T_{max}$  diagramlarında örneklerin büyük kısmı Tip II-III (karasal ve denizel) ve Tip III (karasal, kalıntı organik madde) alanında dağılmıştır (Şekil 4.8 ve 4.11). HI-OI diyagramında sızıntı alanı kireçtaşı örnekleri Tip I, Tip I-II ve Tip II-III karışım alanı, Güzelyurt formasyonu örnekleri ise yüksek Oksijen İndeksi ve düşük Hidrojen İndeksi değerleri nedeniyle Tip III alanında dağılmıştır. HI- $T_{max}$  diyagramında ise sızıntı alanı kireçtaşı örnekleri daha çok Tip II alanına yakın ve Tip I-II alanında dağılmış, Güzelyurt formasyonu örnekleri ise Tip III alanında izlenmiştir. Bu tip örneklerin petrol türetme potansiyeli sınırlı olup ancak az miktarda gaz türüm potansiyelinden söz edilebilir.

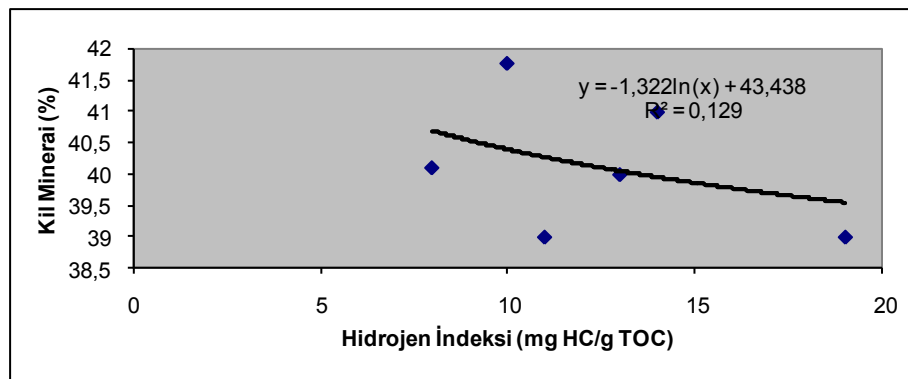
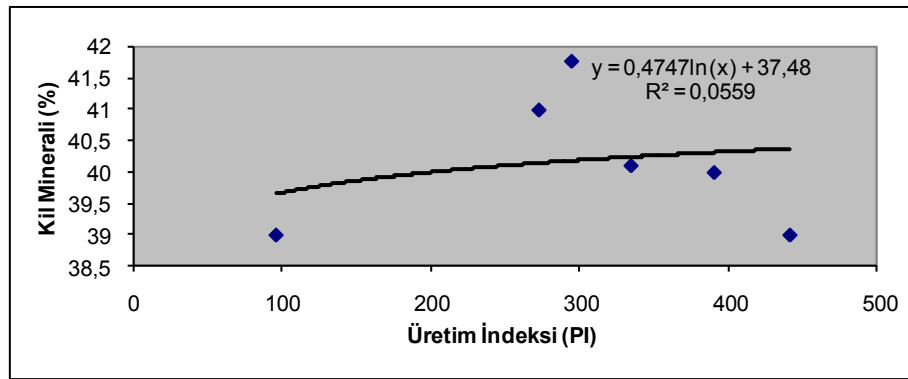
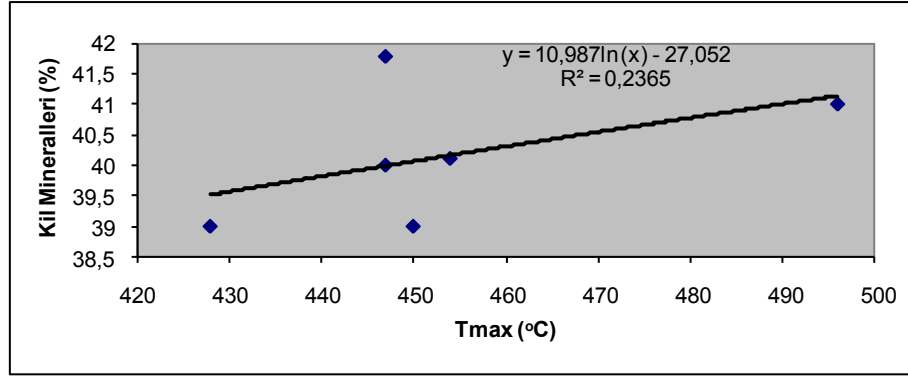
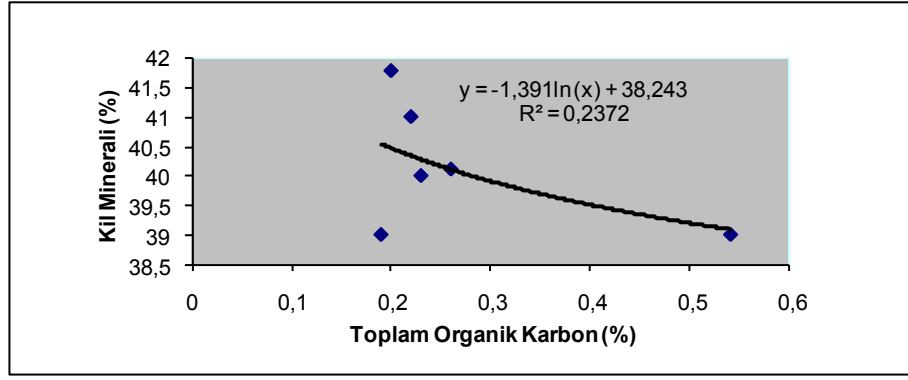


**Şekil 4.8.** İncelenen örneklerin Hidrojen İndeksi-Oksijen İndeksi diyagramındaki dağılımları (Oksijen indeksi 160 mg CO<sub>2</sub>/g kayadan büyük olan değerler, diyagram üzerinde tüm değerleri görebilmek amacıyla 160 mg CO<sub>2</sub>/g kaya olarak kabul edilmiştir).

Mineral madde içeriği bu örneklerde olduğu gibi kil ve karbonatlarca zengin örneklerde piroliz sonuçlarını oldukça etkilemektedir (Peters, 1986; Langford-Blanc Valleron, 1990). İncelenen örneklerin kil ve mineral madde içerikleri ile TOC ve Hidrojen İndeksi değerlerinin karşılaştırma grafikleri Şekil 4.9 da sunulmaktadır.

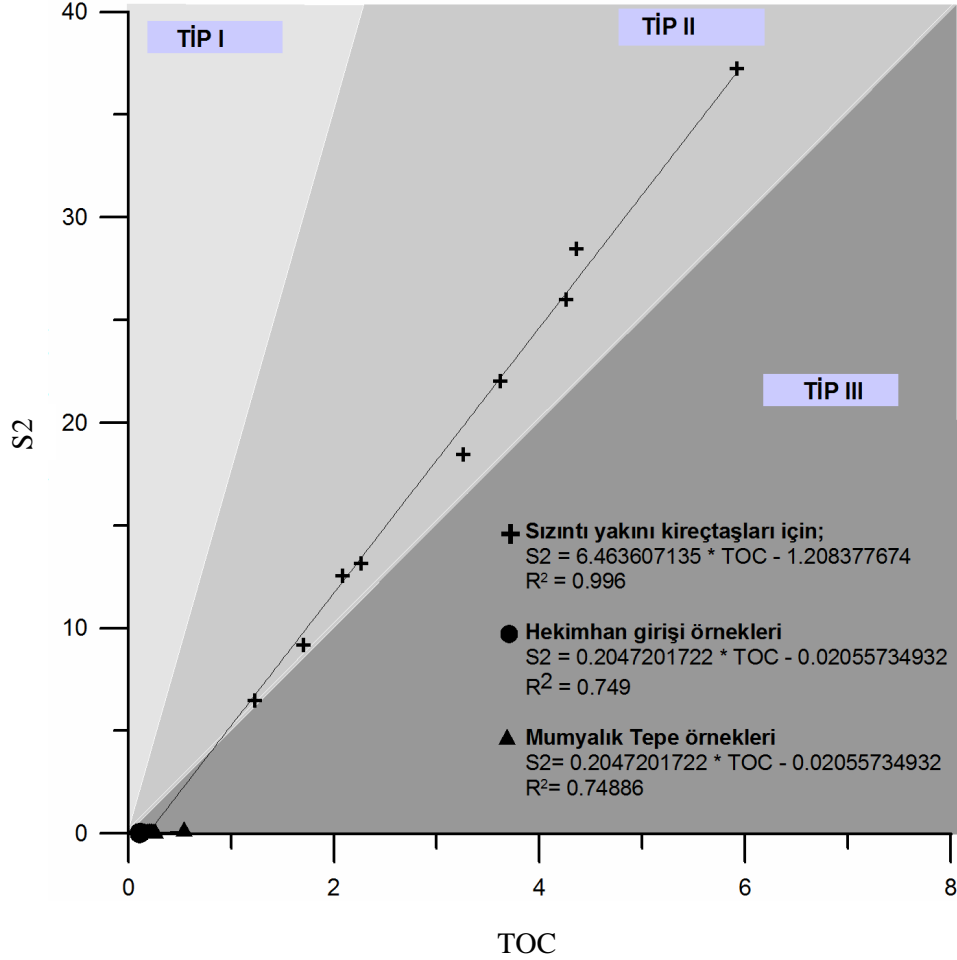
İncelenen örneklerin piroliz analizi sırasında mineral madde etkisinin belirlenebilmesi ve adsorbsiyon miktarının yorumlanabilmesi amacıyla S2-TOC grafiği hazırlanmıştır. Burada sızıntı alanındaki Kavakdere formasyonu örneklerinin regresyon eşitliğinde  $R^2$  değeri 0.996 olarak belirlenmiştir. Buna göre piroliz edilebilir hidrokarbon miktarı 6.46 olup organik bileşimin 12 mg' ı adsorbe edilmiştir. Hekimhan girişı örneklerinde ise piroliz edilebilir HC miktarı 2 olup, 1 g kayanın adsorbsiyon kapasitesi 0.2 mg piroliz edilebilir hidrokarbona eşittir. Güzelyurt formasyonu örneklerinde de 2.04 piroliz edilebilir hidrokarbon ve 0.2 mg adsorbsiyon özelliği belirlenmiştir.

İncelenen örnekler bu diyagram üzerinde HI-OI diyagramı ile uyumlu sonuç vermiştir. Özellikle sızıntı alanı örneklerinin Tip II kerojen, Hekimhan girişı ve Güzelyurt formasyonu örneklerinin ise çok düşük Hidrojen İndeksi ve Toplam Organik Karbon içeriği nedeniyle Tip III kerojen alanında dağıldığı izlenmektedir (Şekil 4.10).



Şekil 4.9. İncelenen birimlerden Kavakdere formasyonuna ait piroliz analiz ve kil miktarlarının karşılaştırma grafikleri

Kil mineral madde artışı ile özellikle Toplam Organik Karbon ve Hidrojen İndeksi değerlerinin azaldığı, Üretim İndeksinin ise arttığı belirlenmiştir. Bu örneklerde özellikle smektit mineralinin egemen kil minerali olarak belirlenmesi ve bunun absorblayıcı etkisi özellikle organik madde miktarı ve Hidrojen İndeksinin belirlenmesi açısından gelişecek etkiyi açıklamaktadır.



Şekil 4.10. İncelenen örneklerin S2-TOC diyagramındaki dağılımları

#### 4.1.3. Organik Olgunlaşma

Sedimanlar içinde yer alan organik maddeler gömülme artışı ile artan sıcaklıklara maruz kalır ve çeşitli kimyasal reaksiyonlar sonucunda hidrokarbonları oluşturur. Bilindiği gibi hidrokarbonların oluşabilmesi için özellikle organik olgunlaşmanın gerçekleşmesi, kerojenin ısıl parçalanmasını sağlayacak sıcaklık şartlarına ulaşılabilmesi gerekmektedir. Bu nedenle de organik olgunlaşma verilerinin belirlenmesi kaynak kaya değerlendirmelerinde büyük önem taşımaktadır.



Organik maddenin ısı ve zaman etkisinde geçirdiği değişiklikler “ısısal olgunlaşma” olarak tanımlanır. Kaynak kaya olgunluk düzeyinin belirlenebilmesi için kerojen ve bitüme dayalı organik yöntemler ile kullanılmaktadır.

Organik yöntemler kendi içinde optik ve kimyasal yöntemler olarak sınıflandırılır ve kimyasal yöntemlerin en sık kullanılanı piroliz ile elde edilen  $T_{max}$  verisidir. Kaynak kayanın olgunluk değerini veren  $T_{max}$  değeri pirolizin en yüksek ısını gösteren bir parametre olup derinlik artışıyla birlikte  $T_{max}$  değeri de genellikle artmaktadır (Espitalié ve diğ., 1977).

Ancak fay, kıvrım, uyumsuzluk, jeotermal gradyan değişikliği gibi büyük ölçekli etkiler yanı sıra göç etmiş petrol, örnek kalitesi, organik madde miktarı, kayaçtaki mineral matriks etkileri ile analiz sırasındaki bazı hatalar  $T_{max}$  değerinin farklılık sunmasına neden olmaktadır (Peters, 1986).

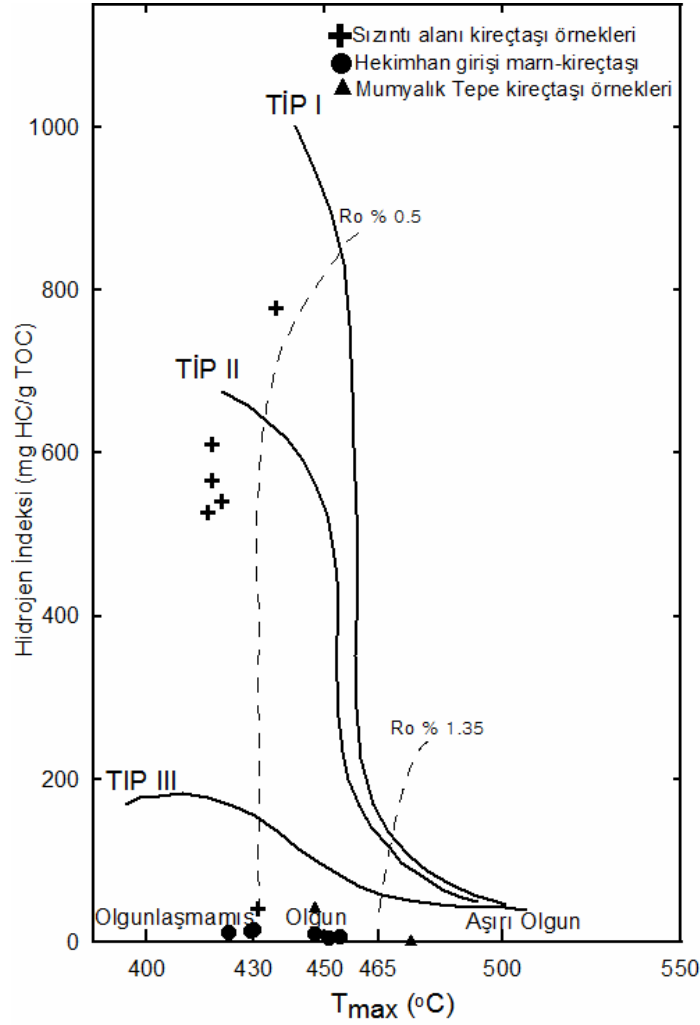
Rock-Eval piroliz verilerinin kullanıldığı en yaygın olgunluk değerlendirme yöntemi HI- $T_{max}$  grafiği olup kerojen tipi yanı sıra olgunlaşma derecesi hakkında da bilgi edinilebilmektedir (Şekil 4.11). Bu diyagramda olgunlaşma başlangıcı 430 °C’ dir (Mukhopadhyay ve diğ., 1995).

Piroliz analizi ile elde edilen bir diğer olgunluk parametresi de Üretim İndeksi (PI) değeridir. Bu değer genellikle derinlik artışına bağlı olarak artar, ancak bu değişim kayaca göç yoluyla gelen hidrokarbonlar nedeniyle de gelişebilir (Peters, 1986; Peters ve Cassa, 1994). Ayrıca  $T_{max}$  ve PI arasındaki ilişkinin kerojen tipiyle değişiklik göstermesi nedeniyle bu veriler diğerleriyle korele edilerek kullanılmıştır (Espitalié ve diğ., 1985; Huizinga ve diğ., 1988, Peters ve Cassa, 1994).

İncelenen örneklerin PI değerleri Kavakdere formasyonu için; Hekimhan girişi örneklerinde 0.11-0.67 (ort.; 0.32), Karamahmut köyü sızıntı civarındaki örneklerde 0.23-15 (ort.; 2.95), Güzelyurt formasyonuna ait kireçtaşlarında ise 0-0.12 (ort.; 0.07) aralığında izlenir.

Kavakdere formasyonu için; Hekimhan girişi örneklerinin  $T_{max}$  değerleri 423-496 °C arasında (ort.; 447 °C), Karamahmut köyü örneklerinin ise 416-427 °C (ort.; 420 °C) dir. Güzelyurt formasyonunda ise 431-474 °C (ort.; 449 °C) olarak belirlenmiştir.

İncelenen örneklerin HI- $T_{max}$  diyagramında dağılımları farklılık sunmaktadır. Özellikle sızıntı alanı kireçtaşı örnekleri olgunlaşmamış alanda izlenirken, diğer örneklerin ise olgun ve aşırı olgun zonda oldukları belirlenmiştir. Ancak aşırı olgun olarak işaretlenen örnekte Toplam Organik Karbon değerinin çok düşük olması yüksek  $T_{max}$  değerini geliştirmiş olabilir ve bu nedenle diğer olgunluk parametreleri ile karşılaştırarak yorumlanmıştır.  $T_{max}$  ve PI değerleri birlikte yorumlandığında tüm örneklerin olgunlaşmamış-olgunlaşma başlangıcı aşamasını işaret ettiği belirlenmiştir.



**Şekil 4.11.** İncelenen örneklerin HI- $T_{max}$  diyagramındaki dağılımları (Mukhopadhyay ve diğ., 1995)

#### 4.1.4. Hidrokarbon Kaynak Kaya Potansiyeli

Hidrokarbon türüm potansiyelinin belirlenebilmesi için kerojen tipi oldukça önemlidir. Kavakdere formasyonu için; Hekimhan girişi örneklerinde S1 değerleri 0-0.1 mg HC/g kaya arasında (ort.; 0.009 mg HC/g kaya); S2 değerleri de 0-0.1 mg HC/g kaya arasında olup ortalama 0.03 mg HC/g kaya'dır (Çizelge 4.2).

Karamahmut köyü sızıntı alanı örneklerinde S1 değerleri 2.27-13.59 mg HC/g kaya arasında (ort.; 7.29 mg HC/g kaya); S2 değerleri de 6.49-37.24 mg HC/g kaya olup ortalama 19.76 mg HC/g kaya'dır (Çizelge 4.2).

Güzelyurt formasyonu kireçtaşlarında ise S1 değerleri 0.0-0.01 mg HC/g kaya arasında (ort.; 0.01 mg HC/g kaya); S2 değerleri de 0.0-0.05 mg HC/g kaya arasında olup ortalama 0.03 mg HC/g kaya'dır (Çizelge 4.2).

Sadece S1 ve S2 değerine göre yorum yapıldığında Güzelyurt ve Kavakdere Formasyonu kireçtaşı ve marn örneklerinin Hekimhan girişi örneklerinde kaynak kaya potansiyelinin olmadığı, sızıntı alanı kireçtaşı örneklerinde ise kaynak kaya olabilecek sınırlarda bulunduğu belirlenmiştir.

Hidrokarbon oluşumlarında en kritik verilerden biri olan Hidrojen İndeksi (HI) değerleri Kavakdere formasyonu için; Hekimhan girişi örneklerinde 0-19 mg HC/g TOC (ortalama 10.85 mg HC/g TOC) olup Oksijen İndeksi değerleri ise 96-442 mg CO<sub>2</sub>/g TOC (ortalama 273.7 mg CO<sub>2</sub>/g TOC) arasında değişir. HI-T<sub>max</sub> diyagramında özellikle sızıntı alanı kireçtaşı örneklerinin Tip II ve hatta Tip I kerojen alanında (Şekil 4.11), benzer şekilde S2-TOC (Şekil 4.10) ve HI-OI (Şekil 4.8.) diyagramında da daha çok Tip II ye yakın olan Tip II-III alanında dağılması, organik bileşimdeki algal organik madde ile ilgili olup bu özellik kerojen slaytlarındaki bulgular ve biyomarker verileri ile de desteklenmiştir. Karamahmut köyü civarı Kavakdere formasyonu örnekleri için Hidrojen İndeksi değerleri 528-653 mg HC/g TOC arasında (ort.; 591 mg HC/g TOC), Oksijen İndeksi değerleri ise 6-66 mg HC/g TOC arasında olup ortalama 24.28 mg HC/g TOC' dır. Güzelyurt formasyonuna ait kayaçlarda ise Hidrojen İndeksi değeri 0-42 mg HC/g TOC arasında (ort.; 27 mg HC/g TOC), Oksijen İndeksi değerleri ise 55-291 mg HC/g TOC (ort.; 158.5 mg HC/g TOC) dır.

Hidrokarbon türüm potansiyeli Potansiyel Verim (PY: S1+S2) ile değerlendirilmekte olup genellikle TOC sonuçları ile uyum içindedir. PY değerleri Kavakdere formasyonu için; Hekimhan girişi örneklerinde 0.-0.12 mg HC/g kaya arasında olup ortalama 0.04 mg HC/g kaya'dır. Karamahmut köyü sızıntı alanı örneklerinde ise potansiyel verim 8.76-50.83 mg HC/g kaya arasında değişir (ortalama 53.78 mg HC/g kaya). Güzelyurt formasyonunda ise 0-0.06 mg HC/g kaya arasında olup ortalama 0.04 mg HC/g kaya'dır. S2/S3 değerleri 2'den büyük ve genellikle 435 °C den düşük  $T_{max}$  değerleri olgunlaşmamış aşamayı belirtir (Tissot ve Welte, 1984) (Çizelge 4.3). PI değerleri genellikle 0.1 den büyük olup yerli olmayan hidrokarbon izlerini belirtir.

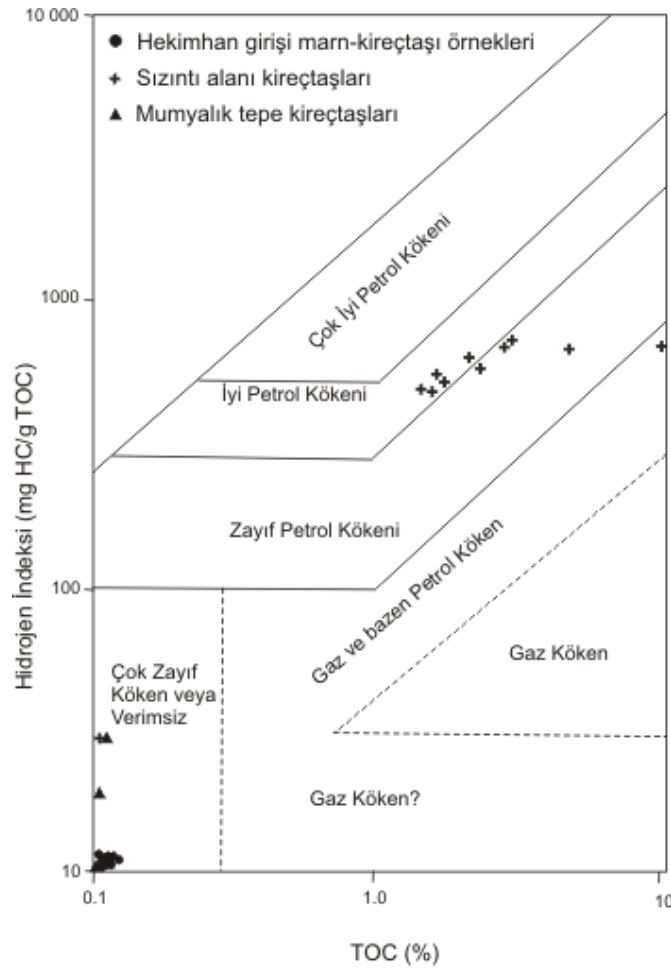
**Çizelge 4.3.**  $T_{max}$ -PI değerlerine göre olgunlaşma parametreleri

		<b>OLGUNLAŞMA</b>				
		Olgunlaşmamış	Erken Olgun	Orta Olgun	Olgun	Aşırı Olgun
		$T_{max} < 435$	$T_{max}: 435-445$	$T_{max}: 445-450$	$T_{max}: 450-470$	$T_{max} > 470$
		PI; < 0.10	PI; 0.10-0.15	PI; 0.25-0.40	PI > 0.40	
Kavakdere Fm.	Hekimhan Sızıntı Alanı		$T_{max}: 416-427$ PI: 0.23-0.32	$T_{max}: 423-496$ PI: 0.11-0.67		
Güzelyurt Fm.	Mumyalık Tepe		$T_{max}: 431-474$ PI: 0-1.05			

$T_{max}$  ve PI değişimine göre Hekimhan girişi örnekleri orta olgun, Karamahmut köyü kireçtaşları ve Güzelyurt formasyonu örnekleri ise erken olgun (olgunlaşma başlangıcı) özelliktedir.

S2/S3 oranının 5'ten büyük olduğu durumlarda petrol, 2 den küçük olduğu durumlarda ise gaz üretebilecek potansiyelden bahsedilir. Buna göre incelenen örneklerin S2/S3 değerleri Kavakdere formasyonu için; Hekimhan girişi marn ve kireçtaşları 0-0.11 (ort.; 0.05) arasında, Karamahmut köyü sızıntı alanında 27.04-32.96 (ort.; 33.03) arasında, Güzelyurt formasyonu örneklerinde ise 0-0.16 (ort.; 0.08) arasındadır. Bu verilere göre sadece Karamahmut köyü civarındaki Kavakdere formasyonunun petrol türüm potansiyeli vardır.

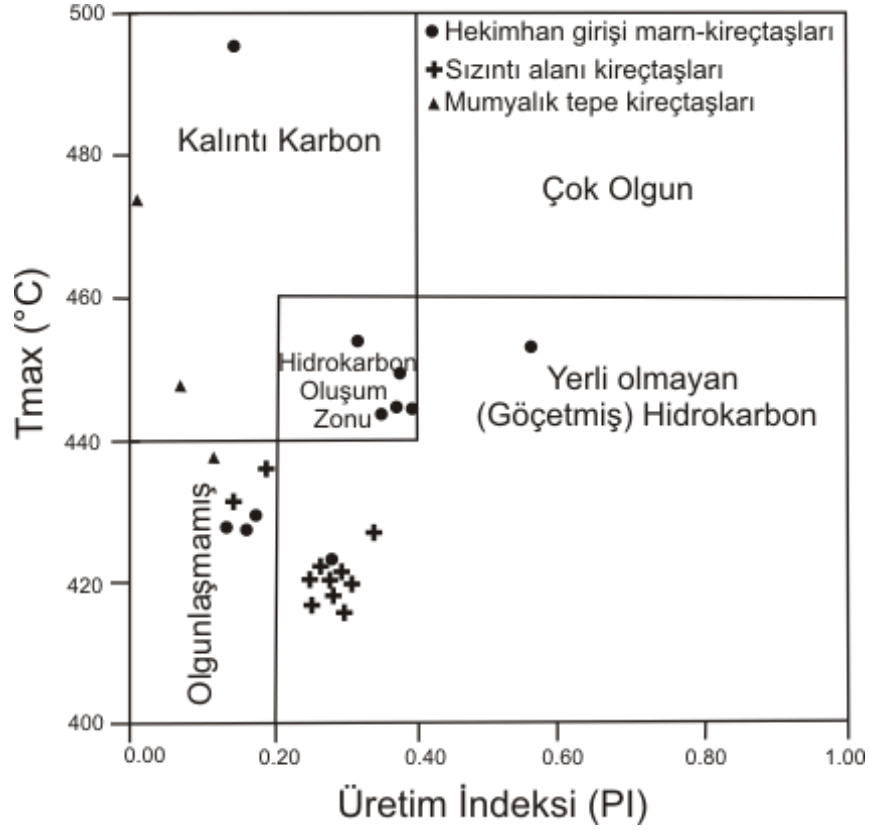
Hidrokarbon kaynak kaya potansiyelinin belirlenebildiği HI-TOC diyagramında Kavakdere formasyonu Hekimhan girişi ve Güzelyurt formasyonuna ait örnekler (Mumyalık Tepe kireçtaşları) verimsiz kaynak kaya potansiyelini gösterirken, Karamahmut köyü sızıntı alanındaki Kavakdere formasyonu kireçtaşları ise iyi -zayıf petrol kökeni işaret etmektedir (Şekil 4.12).



**Şekil 4.12.** İncelenen örneklerin köken zenginliği diyagramındaki dağılımları (Jackson ve diğ., 1985)

İncelenen örneklerin hidrokarbon türüm potansiyellerinin farklı teknik ve grafikler ile yorumlanması sonuçlarda hata yapılmasını engelleyecektir. Özellikle bu alanda belirlenen petrol sızıntısının (katı bitüm) kaynağının tespit edilebilmesi için köken zenginliği diyagramı kullanılmıştır. Diyagramda oldukça farklı dağılımlar izlenmektedir. Hekimhan girişi marn ve kireçtaşı örnekleri daha çok hidrokarbon oluşum zonunda ve olgunlaşmamış zonda dağılmıştır. Sızıntı alanı örnekleri ise yerli olmayan (göç etmiş) hidrokarbon alanında dağılmıştır. Güzelyurt formasyonu kireçtaşları ise kalıntı karbon ve olgunlaşmamış özelliğini göstermektedir.

Petrografik incelemelerde Kavakdere formasyonunda iki farklı seviye halinde gözlenen kireçtaşlarının mikritik düzeylerinde petrolün oluştuğu ve daha üst seviyelerdeki mikritik ve bol intraklastlı, fosil kavkılı resifal kısımlara doğru arttığı belirlenmiştir. Özellikle resifal kireçtaşlarının kaynak kaya ve hazne kaya özelliğini birlikte taşıması nedeniyle petrolün bu kayacın derin kısımlarında oluşup daha gözenekli kısımlardan atıldığı şeklinde yorumlanmıştır. Petrografik ince kesitlerde işlenen mikritik düzeylerdeki bitüm izleri oluşumunu tamamlayamayan veya atılamayan hidrokarbonları temsil etmektedir. Güzelyurt formasyonu kireçtaşlarının petrografik incelemeleri sonucunda gözlenen bitüm izlerine rağmen (Şekil 3.3) TOC ve piroliz verilerinin hidrokarbon türüm potansiyeline uygun olmadığı gözlenmiştir.

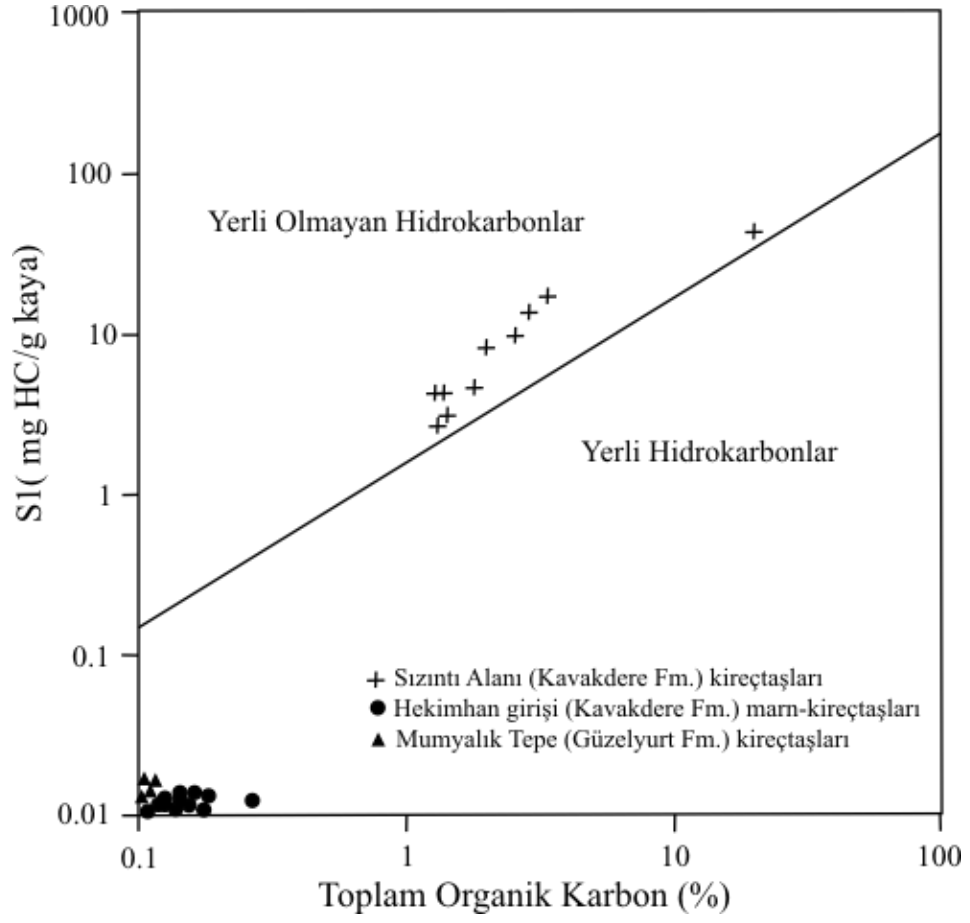


**Şekil 4.13.** İncelenen örneklerin  $T_{max}$ -PI diyagramındaki dağılımları (Katz, 1995)

S1-TOC diyagramında Kavakdere formasyonu Karamahmut köyü sızıntı alanındaki kireçtaşları  $T_{max}$ -PI diyagramında olduğu gibi (Şekil 4.13) yerli olmayan hidrokarbon, diğer örnekler ise yerli hidrokarbon alanında dağılmıştır (Şekil 4.14).

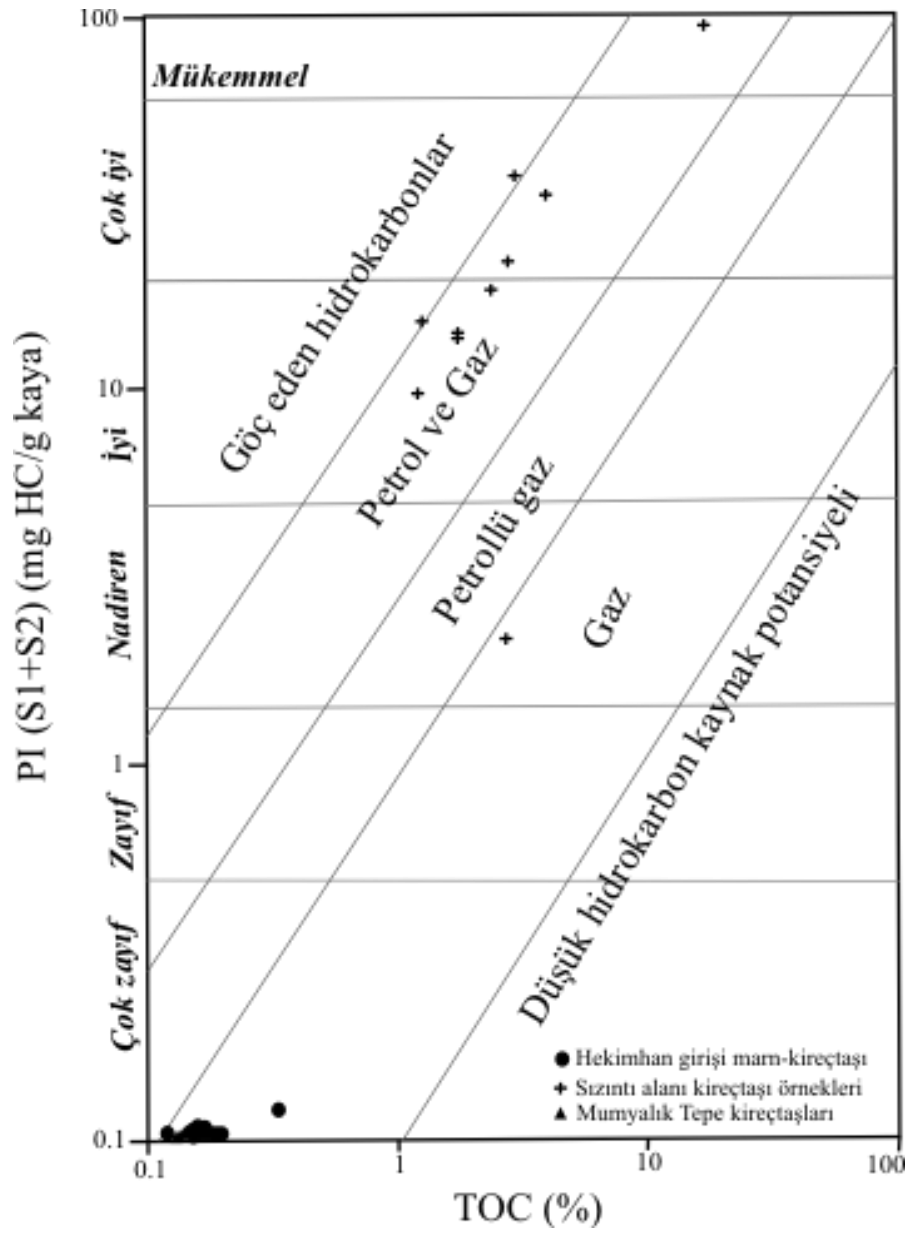
Benzer şekilde (S1+S2)-TOC diyagramında da sızıntı alanı örneklerinin göç etmiş hidrokarbonlar ve petrol-gaz türüm alanında dağıldığı izlenmiştir (Şekil 4.15).

Bahsedilen tüm bu diyagramlarda izlenen örnek dağılımları Hekimhan girişindeki marn ve kireçtaşları ile Güzelyurt formasyonu (Mumyalık Tepe civarı) örnekleri organik madde tipi ve miktarı, olgunluğu açısından petrol türümüne uygun olmadığını işaret eder.  $T_{max}$ -PI diyagramında bazı marn ve kireçtaşı örneklerinin hidrokarbon oluşum zonuna düştüğü görülmekle birlikte bu örneklerde organik madde miktarı oldukça azdır (Çizelge 4.2) ve organik madde tipi Tip III'dür (Şekil 4.8.). Bu nedenle örneklerin petrol türüm potansiyeli bulunmaz.



Şekil 4.14. İncelenen örneklerin S1-TOC diyagramında dağılımı (Hunt, 1995)





Şekil 4.15. İncelenen örneklerin Potansiyel Verim (S1+S2) - TOC diyagramı (Wehner, 1989)

#### 4.1.5. Gaz Kromatografi (GC) Analiz Değerlendirmeleri

TOC ve piroliz verilerine göre organik madde ve Hidrojen İndeksi uygun olan 7 örnekte Özütleme analizleri yapılmış ve Diklorometan (DCM) çözücüsü kullanılarak ASE 300 (Accelerated Solvent Extraction) sisteminde ekstrakt edilmiştir. İncelenen örneklerin özüt değerleri Çizelge 4.4 de sunulmuştur. Bu örneklerde toplam özüt değerleri 217-91137 ppm (ort.; 30438 ppm) arasında değişmektedir.

**Çizelge 4.4.** İncelenen örneklerin özüt analiz sonuçları

Örnek No	Toplam Özüt Miktarı (ppm)	Toplam Özüt Miktarı (g)
MH-8	217	0.002
MH-14	91137	0.145
MH-16	21383	0.081
MH-19	18854	0.053
MH-22	36981	0.123
MH-24	31042	0.084
MH-29	13456	0.038

İncelenen örneklerde gaz kromatogramlarında bileşenler oldukça zor tanımlanabilmiştir ve genellikle kamburlar şeklindedir (Şekil 4.13). Tanımlanabilen bileşenler arasında *n*-alkanlar gaz kromatogramlarının baskın piklerdir. C<sub>10</sub>-C<sub>27</sub> aralığındaki *n*-alkanlarda tek sayılı olanların göreceli bolluğu *n*-C<sub>16</sub> ve *n*-C<sub>25</sub> bileşenlerinin bunlar arasında daha egemen olduğu izlenir (Çizelge 4.5). İncelenen örneklerde özellikle kısa zincirli *n*-alkanlar egemen olmakla birlikte değişen oranlarda orta zincirli bileşenler de bulunmaktadır. Uzun zincir uzunluğundaki bileşenler ise sadece bir örnekte (MH-24) belirlenebilmiştir (Çizelge 4.6).

Gelphi ve diğ., (1970) *n*-C<sub>17</sub>-C<sub>33</sub> aralığındaki olefinik düz zincirli hidrokarbonları *Botryococcus braunii* (sarı-kahverengi alg) ve *Anacystis montana* (mavi-yeşil alg) ile ilişkilendirmiştir. Genellikle, *n*-C<sub>25</sub>-C<sub>36</sub> alkanlarda tek sayılı olanların çift sayılılara oranı CPI (Karbon Tercih İndeksi) olarak adlandırılır ve bu değer genellikle 1-10 arasında değişmektedir. Genellikle yeterince olgunlaşmamış

sedimanlarda (karasal kaynaklı kerojen) ise bu değer 2-5 arasında (Bray ve Evans, 1961) olup incelenen örneklerde 0.87-2.02 arasında değişmektedir. Bu *n*-alkan değerleri tipik olarak algal bileşimi (Eglinton ve Hamilton, 1967) ve erken olgun-olgunlaşma sürecini ifade eder (Çizelge 4.6).

**Çizelge 4.5.** İncelenen örneklerin gaz kromatografi verileri

Bileşen Adı	MH-14	MH-16	MH-19	MH-22	MH-24	MH-29
CS <sub>2</sub>	23.74	11.08	13.60	0.36	8.49	23.74
<i>n</i> -C <sub>10</sub>	0.17	-	-	-	-	0.17
<i>n</i> -C <sub>15</sub>	-	0.19	0.33	-	0.14	-
<i>n</i> -C <sub>16</sub>	0.33	0.29	0.45	-	0.22	0.33
<i>n</i> -C <sub>17</sub>	-	-	0.19	0.01	-	-
<i>n</i> -C <sub>20</sub>	-	0.10	-	-	-	-
<i>n</i> -C <sub>21</sub>	-	-	-	-	0.10	-
<i>n</i> -C <sub>22</sub>	0.38	-	0.49	-	0.34	0.38
<i>n</i> -C <sub>23</sub>	-	-	0.09	-	0.32	-
<i>n</i> -C <sub>24</sub>	-	-	-	-	0.32	-
<i>n</i> -C <sub>25</sub>	-	-	-	-	0.66	-
<i>n</i> -C <sub>26</sub>	-	-	-	-	0.71	-
<i>n</i> -C <sub>27</sub>	-	-	-	-	0.66	-

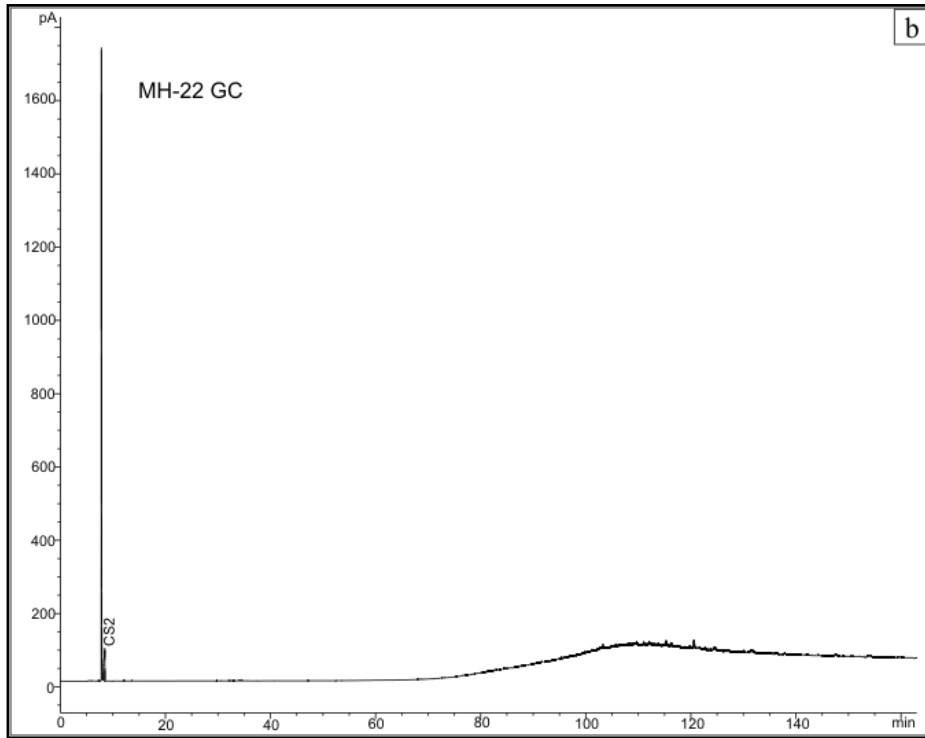
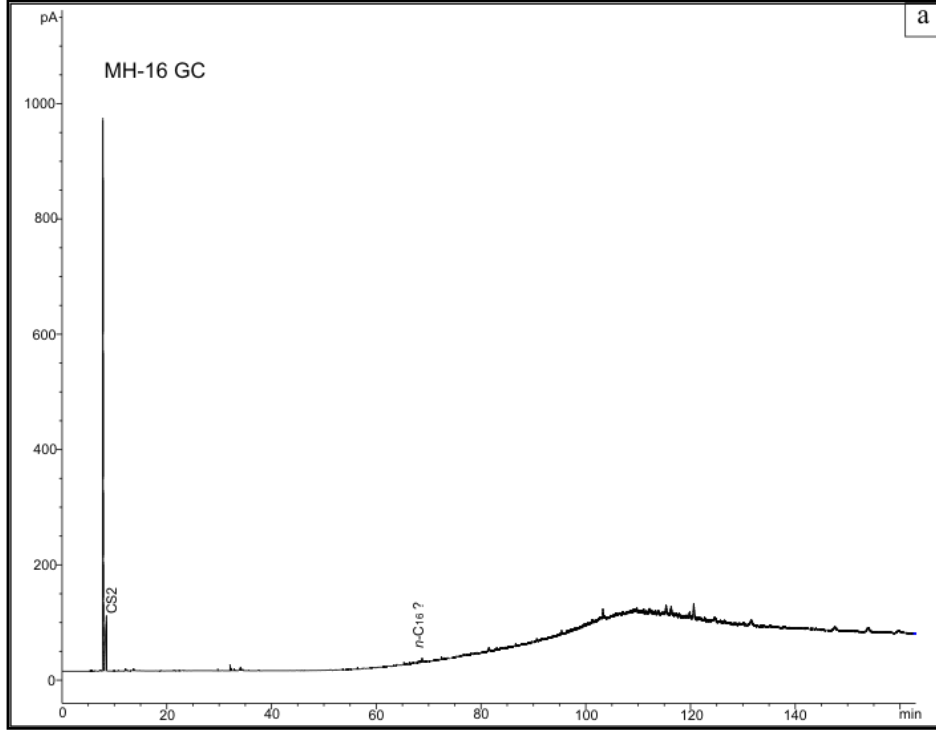
**Çizelge 4.6.** İncelenen örneklerinin *n*-alkan dağılımları

<i>n</i> -alkanlar	MH-14	MH-16	MH-19	MH-22	MH-24	MH-29
Kısa Zincirli < <i>n</i> -C <sub>21</sub>	0.50	0.48	0.97	0.01	0.36	0.50
Orta Zincirli <i>n</i> -C <sub>21</sub> - <i>n</i> -C <sub>25</sub>	0.38	-	0.58	-	1.71	0.38
Uzun Zincirli > <i>n</i> -C <sub>25</sub>	-	-	-	-	1.37	-
CPI ( <i>n</i> -C <sub>24</sub> - <i>n</i> -C <sub>26</sub> ) (Bray ve Evans, 1961'e göre)	-	-	0.87	-	2.02	-

Gaz kromatografi analizinden elde edilen veriler gaz kromatogramında pikler halinde gösterilmekte olup MH-16 ve MH-22 nolu örneklerden elde edilen gaz kromatogramları Şekil 4.16' da gösterilmiştir.

MH-14, MH-16 ve MH-29 örneklerinde  $n\text{-C}_{22}$  bileşeni diğer bileşenlere oranla daha baskın olup, MH-16 örneğinde ise  $n\text{-C}_{16}$  bileşeni fazladır. MH-22 örneğinde ise sadece  $n\text{-C}_{17}$  bileşeni gözlenmektedir.  $n\text{-C}_{24}$ ,  $n\text{-C}_{25}$ ,  $n\text{-C}_{26}$  ve  $n\text{-C}_{27}$  bileşenleri sadece MH-24 örneğinde belirlenmiş olup, diğer örneklerde gözlenmemektedir.  $n\text{-C}_{20}$  bileşeni de sadece MH-16 örneğinde bulunmaktadır.

Bu bileşim farklılıkları, örnek özelliklerinin farklı olmasının yanı sıra örneklerdeki özüt miktarının az olması dolayısıyla analiz sırasında ayırılmanın tam olarak gerçekleşmemesine bağlıdır.



Şekil 4.16. MH-16 (a) ve MH-22 (b) örneklerinin gaz kromatogramları

#### 4.1.6. Gaz Kromatografi-Kütle Spektrometre (GC-MS) Analiz Değerlendirmeleri

İnceleme alanı örneklerinin doymuş bileşenlerine ait biyomarker özellikleri Çizelge 4.7’de sunulmaktadır. Bu örneklerde özüt miktarı düşük olup, bileşim resin ve asfaltanlar gibi düşük olgunluktaki organik maddeleri içermektedir. Steran ve triterpan dağılımı ve pik tanımlamaları m/z 191 ve m/z 217 kromatogramlarında yapılmıştır ve bunlara ait özellikler Çizelge 4.8 ve 4.9’ da verilmiştir.

**Çizelge 4.7.** İncelenen örneklerin doymuş hidrokarbon (saturate) bileşim oranları

Parametre	MH-14	MH-16	MH-19	MH-22	MH-24	MH-29
Ts/Tm	0.13	0.13	0.14	0.12	0.13	0.14
C <sub>28</sub> /C <sub>29</sub> steran	0.50	0.70	0.75	0.91	0.61	0.76
C <sub>25</sub> /C <sub>26</sub> triterpan	1.81	1.68	0.51	1.48	1.54	1.41
Ts/(Ts+Tm)	0.11	0.11	0.12	0.11	0.12	0.13
C <sub>23</sub> /C <sub>24</sub>	2.51	2.47	2.53	2.59	2.45	2.23
20S/(20S+20R)	0.39	0.29	0.33	0.29	0.53	0.42
22S/(22S+22R)	0.63	0.45	0.62	0.65	0.68	0.47
Moretan/Hopan	0.29	0.35	0.46	0.40	0.24	0.31
Diasteran/Steran	65.57	28.59	60.20	18.92	28.73	22.70
Steran/Hopan	2.24	2.12	1.81	1.91	2.06	1.84
ββ/(ββ +αα)	0.42	0.16	0.37	0.30	0.52	0.45
C <sub>27</sub> /C <sub>29</sub>	0.34	0.27	0.38	0.34	0.21	0.23
% C <sub>27</sub>	7.58	6.89	8.09	12.74	10.38	12.70
% C <sub>28</sub>	3.89	10.23	5.37	8.37	3.32	4.52
% C <sub>29</sub>	16.53	29.86	15.91	20.45	6.60	9.51
C <sub>35</sub> /(C <sub>31</sub> -C <sub>35</sub> )	0.13	0.11	0.14	0.13	0.11	0.09

*Parametrelerin hesaplanması; (Ts / Tm = 13/14 (m/z, 191), C<sub>28</sub> / C<sub>29</sub> steran (m/z, 217)=(16+17) / (18+19), C<sub>25</sub>/C<sub>26</sub> tricyclic terpan (m/z, 191) = 7 / (9+10), Ts / (Ts+Tm)= 13 / (13+14) (m/z, 191), C<sub>23</sub>/C<sub>24</sub>= 5/6 (m/z, 191), 20S / (20S+20R) sterane = 18 / (18+21) (m/z, 217), 22S / (22S+22R) homohopan indeksi= 29 / (29+30) (m/z, 191), Moretan/hopan= 24/23 (m/z, 191), Diasteran / steran= (1+2) / (8+11) \* 100 (m/z, 217), Steran / hopan = (8+9+10+11+14+15+16+17+18+19+20+21) (m/z, 217) / (18+23+25+26+29+30+31+32) (m/z, 191 den), ββ / (ββ +αα) = (19+20) / (19+20+21+18) (m/z, 217), C<sub>27</sub>/ C<sub>29</sub> = (13+14) / (18+19) (m/z, 191), C<sub>27</sub>=11.pik (m/z, 217), C<sub>28</sub>=17.pik (m/z, 217), C<sub>29</sub>=21.pik (m/z, 217), C<sub>35</sub>/(C<sub>31</sub>-C<sub>35</sub>) homohopan indeksi=(35+36)/(25+26+29+30+31+32+33+34+35+36) (m/z, 191)).*

Bu tabloda belirtilen bazı parametreler organik jeokimya çalışmalarında oldukça önemlidir. Örneğin; pentacyclic terpanlar organik madde tipi, olgunluk ve kaynak kaya litolojisi ile ilgili bilgi vermektedir (Seifert ve Moldovan, 1981). Düşük pentacyclic terpan konsantrasyonu (C<sub>32</sub>-C<sub>35</sub>) biyodegradasyonu, Ts/Tm oranı ise olgunlaşmamış organik maddeyi belirtmektedir. Ts/(Ts+Tm) oranı olgunlukla artarken (Seifert ve

Moldowan, 1978; Hunt, 1995), Moretan/Hopan oranı olgunlukla beraber azalır (Kvenvolden ve Simoneit, 1990; Seifert ve Moldowan, 1980; Grantham, 1986). 20S/(20S+20R) oranı da olgunlaşma parametresi olup, birçok çalışmacı termal olgunlaşma başlangıcı için ilk 20S/(20S+20R) oranını “0” olarak kabul etmektedir. 22S/(22S+22R) homohopan miktarı olgunlukla beraber artış göstermektedir (Waples ve Machihara, 1991; Hunt, 1995). Homohopan oranı için denge değeri 0.57-0.62’dir (Seifert ve Moldowan, 1986).

Hekimhan örnekleri için bu değer 0.45-0.68 (ort.; 0.58)’dir.  $\beta\beta/(\beta\beta+\alpha\alpha)$  oranı da olgunlukla birlikte artmakta (Mackenzie ve diğ., 1980; Spiro, 1984; Waples, 1985 ve Waples ve Machihara, 1991) olup, Karamahmut köyü kireçtaşlarında bu değer en fazla MH-24 örneğinde görülmektedir (0.52). Steran/hopan oranının da yüksek olması bakteriyal aktivite etkisinde kaldığını gösterir. Örneklerde steran/hopan oranı yüksek olup denizel veya bir bakteri etkinliği olan ortamı işaret eder (Mackenzie, 1984). m/z 217 kütle kromatogramında  $C_{27}/C_{29}$  steran oranları Hekimhan örneklerinde 0.21’den 0.38’e kadar değişir.  $C_{35}$  pentakishomohopanlar örneklerde değişen oranlarda belirlenmiştir. Steranlar, hopanlara göre daha bol bulunmaktadır.

Çökelim ortam şartlarının belirlenmesinde yararlanılan  $C_{25}/C_{26}$  tricycliterpan oranı denizel ortam ile denizel olmayan ortamı ayırt etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Burwood ve diğ., 1992; Hanson, 1999; Hanson ve diğ., 2000). Bu oranın 1 den büyük olduğu değerler denizel ortamı, 1 den küçük olduğu değerler ise denizel olmayan ortamı karakterize etmektedir. İncelenen örneklerde bu oran 0.51-1.81 (ort.; 1.4) dir ve denizel ortamları işaret eder (Çizelge 4.7).

#### **4.1.6.1. n-alkanlar, isoprenoidler**

İncelenen örneklerde *n*-alkanlar  $C_{14}$  den  $C_{27}$  (Çizelge 4.6)’ye kadar değişen aralıkta dağılmıştır. İncelenen örneklerin tipik doymuş hidrokarbon GC-MS verileri Çizelge 4.7’ de gösterilmektedir. Başlıca biyomarkerler  $C_{25}$  Tricycliterpan,  $C_{29}$  17 $\alpha$  (H), 21 $\beta$  (H)-Norhopan,  $C_{24}$  Tetracyclichopane (Seco),  $C_{29}$  5 $\alpha$  (H), 14 $\alpha$  (H), 17 $\alpha$  (H)-Sterane (20S) ve  $C_{29}$  5 $\alpha$  (H), 14 $\alpha$  (H), 17 $\alpha$  (H)-Sterane (20R)’dir.

**Çizelge 4.8.** m/z 217 İyon fregmentogramı tanımlaması

<b>BİLEŞEN NUMARASI</b>	<b>BİLEŞEN ADI</b>
1	C <sub>27</sub> 13β (H), 17α (H)-DIASTERANE (20S)
2	C <sub>27</sub> 13β (H), 17α (H)-DIASTERANE (20R)
3	C <sub>27</sub> 13α (H), 17β (H)-DIASTERANE (20S)
4	C <sub>27</sub> 13α (H), 17β (H)-DIASTERANE (20R)
5	C <sub>28</sub> 13β (H), 17α (H)-DIASTERANE (20S)
6	C <sub>28</sub> 13β (H), 17α (H)-DIASTERANE (20R)
7	C <sub>28</sub> 13α (H), 17β (H)-DIASTERANE (20S)
8	C <sub>27</sub> 5α (H), 14α (H),17α(H)-STERANE (20S)+C <sub>28</sub> 13α (H), 17β (H)- DIASTERANE (20S)
9	C <sub>27</sub> 5α (H), 14β (H),17β (H)-STERANE (20R)+C <sub>29</sub> 13β (H), 17α (H)- DIASTERANE (20S)
10	C <sub>27</sub> 5α (H), 14β (H),17β (H)-STERANE (20S)+C <sub>28</sub> 13α (H), 17 β (H)- DIASTERANE (20R)
11	C <sub>27</sub> 5α (H), 14α (H),17α (H)-STERANE (20R)
12	C <sub>29</sub> 13β (H), 17α (H)-DIASTERANE (20R)
13	C <sub>29</sub> 13α (H), 17β (H)-DIASTERANE (20S)
14	C <sub>28</sub> 5α (H), 14α (H),17α (H)-STERANE (20S)
15	C <sub>28</sub> 5α (H), 14β (H),17β (H)-STERANE (20R)+C <sub>29</sub> 13α (H). 17β (H)- DIASTERANE (20R)
16	C <sub>28</sub> 5α (H), 14β (H),17β (H)-STERANE (20S)
17	C <sub>28</sub> 5α (H), 14α (H),17α (H)-STERANE (20R)
18	C <sub>29</sub> 5α (H), 14α (H),17α (H)-STERANE (20S)
19	C <sub>29</sub> 5α (H), 14β (H),17β (H)-STERANE (20R)
20	C <sub>29</sub> 5α (H), 14β (H),17β (H)-STERANE (20S)
21	C <sub>29</sub> 5α (H), 14α (H),17α (H)-STERANE (20R)
22	C <sub>30</sub> 5α (H), 14α (H),17α (H)-STERANE (20S)
23	C <sub>30</sub> 5α (H), 14β (H),17β (H)-STERANE (20R)
24	C <sub>30</sub> 5α (H), 14β (H),17β (H)-STERANE (20S)
25	C <sub>30</sub> 5α (H), 14α (H),17α (H)-STERANE (20R)



**Çizelge 4.9.** m/z 191 iyon fregmentogramı tanımlaması

<b>BİLEŞEN NUMARASI</b>	<b>BİLEŞEN ADI</b>
1	C <sub>19</sub> TRICYCLICTERPANE
2	C <sub>20</sub> TRICYLICTERPANE
3	C <sub>21</sub> TRICYLICTERPANE
4	C <sub>22</sub> TRICYCLICTERPANE
5	C <sub>23</sub> TRICYLICTERPANE
6	C <sub>24</sub> TRICYLICTERPANE
7	C <sub>25</sub> (22S+22R) TRICYCLICTERPANE
8	C <sub>24</sub> TETRACYCLICHOPANE (SECO)
9	C <sub>26</sub> 22 (S) TRICYCLICTERPANE
10	C <sub>26</sub> 22(R) TRICYLICTERPANE
11	C <sub>28</sub> TRICYCLICTERPANE
12	C <sub>29</sub> TRICYCLICTERPANE
13	C <sub>27</sub> 18 $\alpha$ (H)-22,29,30-TRISNORHOPANE (TS)
14	C <sub>27</sub> 17 $\alpha$ (H)-22,29,30-TRISNORHOPANE (TM)
15	17 $\alpha$ (H)-29,30-BISNORHOPANE
16	C <sub>30</sub> TRICYCLIC TERPANE
17	17 $\alpha$ (H)- 28,30- BISNORHOPANE
18	C <sub>29</sub> 17 $\alpha$ (H), 21 $\beta$ (H)-30- NORHOPANE
19	C <sub>29</sub> TS (18 $\alpha$ (H)-30-NORHOPANE
20	C <sub>30</sub> (17 $\alpha$ (H)-DIAHOPANE)
21	C <sub>29</sub> 17 $\beta$ (H), 21 $\alpha$ (H)-30 NORMORATENE
22	OLEANANE
23	C <sub>30</sub> 17 $\alpha$ (H), 21 $\beta$ (H)-HOPANE
24	C <sub>30</sub> 17 $\beta$ (H), 21 $\alpha$ (H)-MORETANE
25	C <sub>31</sub> 17 $\alpha$ (H), 21 $\beta$ (H)-30-HOMOHOPANE (22S)
26	C <sub>31</sub> 17 $\alpha$ (H), 21 $\beta$ (H)-30-HOMOHOPANE (22R)
27	GAMMACERANE
28	HOMOMORETANE
29	C <sub>32</sub> 17 $\alpha$ (H), 21 $\beta$ (H)-30,31-BISHOMOHOPANE (22S)
30	C <sub>32</sub> 17 $\alpha$ (H), 21 $\beta$ (H)-30,31-BISHOMOHOPANE (22R)

31	C <sub>33</sub> 17 $\alpha$ (H), 21 $\beta$ (H)-30,31,32-TRISHOMOHOPANE (22S)
32	C <sub>33</sub> 17 $\alpha$ (H), 21 $\beta$ (H)-30,31,32-TRISHOMOHOPANE (22R)
33	C <sub>34</sub> 17 $\alpha$ (H), 21 $\beta$ (H)-30,31,32,33 TETRAKISHOMOHOPANE (22S)
34	C <sub>34</sub> 17 $\alpha$ (H), 21 $\beta$ (H)-30,31,32,33 TETRAKISHOMOHOPANE (22R)
35	C <sub>35</sub> 17 $\alpha$ (H), 21 $\beta$ (H)-30,31,32,33,34 PENTAKISHOMOHOPANE (22S)
36	C <sub>35</sub> 17 $\alpha$ (H), 21 $\beta$ (H)-30,31,32,33,34 PENTAKISHOMOHOPANE (22R)

---

#### 4.1.6.2. Steroidler, Hopanoidler

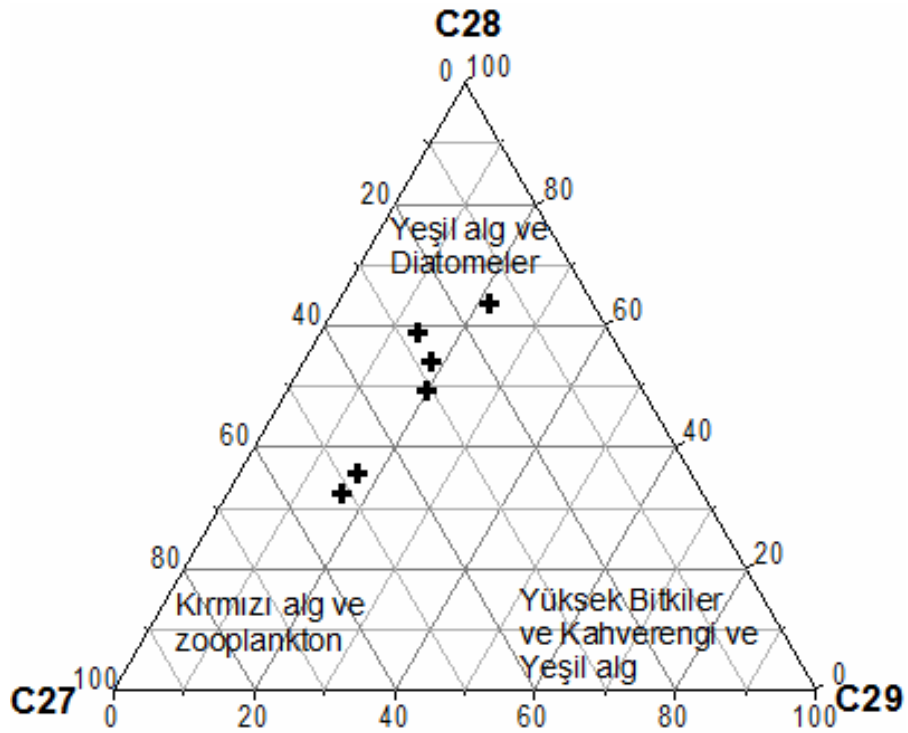
İncelenen örneklerin m/z 217 kütle kromatogramlarında C<sub>27</sub>, C<sub>28</sub>, C<sub>29</sub> steran ve bunların 20S ve 20R epimerleri (Çizelge 4.8) tanımlanmıştır. C<sub>27</sub>, C<sub>28</sub> ve C<sub>29</sub> steranlar düzenli steranlardır. C<sub>29</sub> steroller çok yoğun bir karasal beslenimi, C<sub>27</sub> bolluğu denizel planktonları, C<sub>28</sub> ler ise gölsel alglerin bolluğunu simgeler.

Kavakdere Formasyonuna ait 4 örnekte (MH-14, MH-16, MH-19, MH-22) yüksek C<sub>29</sub> (C<sub>29</sub>>C<sub>27</sub>>C<sub>28</sub>), MH-24 ve MH-29 örneklerinde ise yüksek C<sub>27</sub> bileşenleri içerir (C<sub>27</sub>>C<sub>29</sub>>C<sub>28</sub>). C<sub>30</sub> hopanlar yüksek bakteriyal bileşimi ifade ederken incelenen örneklerde oldukça düşük oranlarda belirlenmiştir. C<sub>23</sub>'e göre C<sub>19</sub>-C<sub>21</sub> tricyclic miktarı ise karasal organik maddeyi işaret etmektedir (Moldowan ve diğ., 1985).

Volkman (1986, 1988) tarafından yapılan çalışmalarda karasal etkilerden uzakta pelajik ortamlarda depolanan birçok çökelde C<sub>29</sub> steran yoğunluğu dikkat çekmektedir. Yine Alt Paleozoik ve Prekambriyen sedimanları karasal bitkilerin olmamasına karşın önemli miktarda C<sub>29</sub> steran içermektedir (Grantham, 1986; Rullkötter ve diğ., 1986; Vlierboom ve diğ., 1986; Longman ve Palmer, 1987; Fowler ve Douglas, 1984; Burchart ve diğ., 1989). Volkman (1986), C<sub>29</sub> steranların ispatlanmış denizel kaynağından bahsederken, Matsumoto ve diğ., (1982), ve Fowler ve Douglas (1984) bunların mavi-yeşil alglerden geldiğini öne sürmektedir. Nichols ve diğ., (1990) ise büyük miktarda gözlenen C<sub>29</sub> sterollerin soğuk Antartik sularında denizel diatomlardan oluştuğunu belirtmiştir.

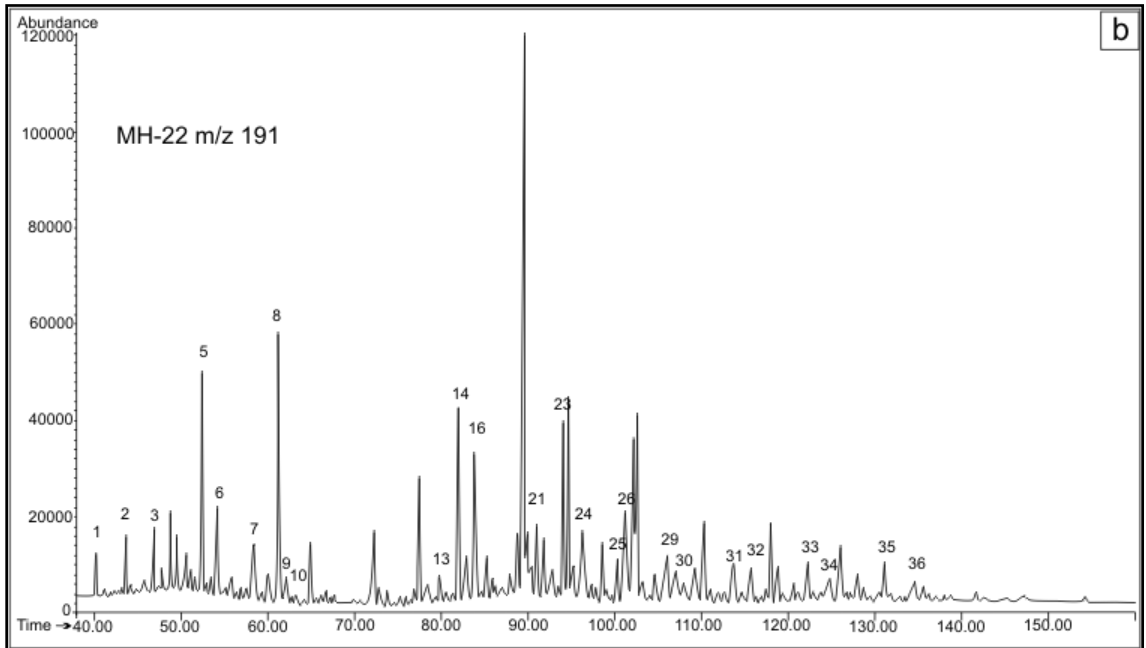
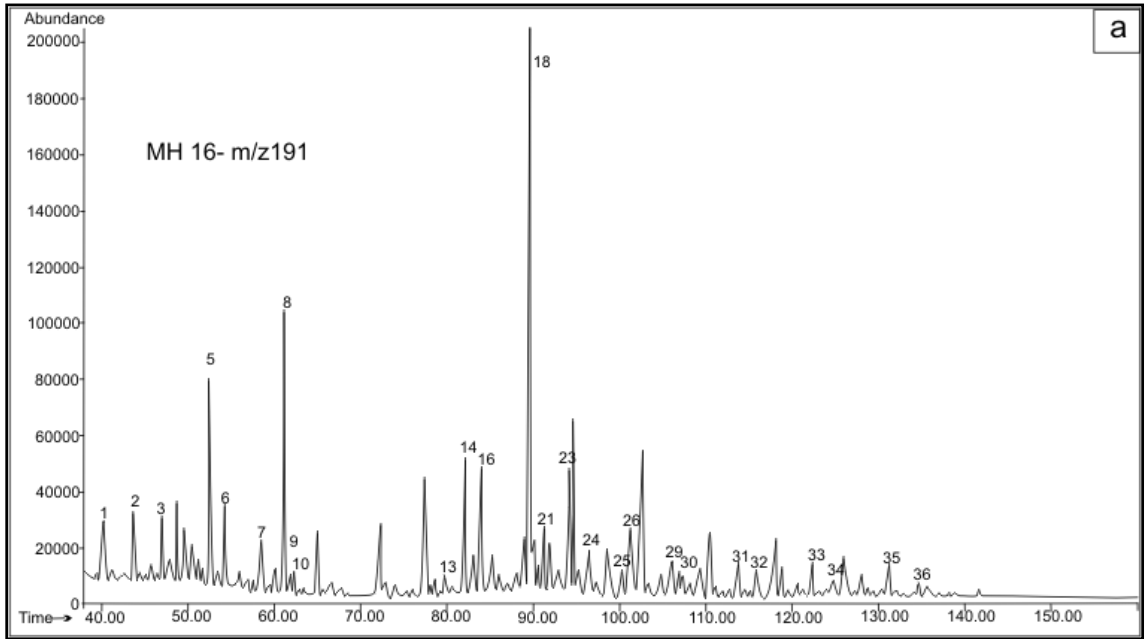
Kavakdere formasyonuna ait MH-16 ve MH-22 nolu örneklerin Gaz Kromatografi-Kütle Spektrometre analizinden elde edilen m/z 191 ve m/z 217 kromatogramları Şekil 4.18 ve Şekil 4.19 da gösterilmiştir.

Hidrokarbon kaynak kaya belirteci olarak kullanılan  $C_{27}$ - $C_{28}$ - $C_{29}$  homolog serilerinin üçgen diyagramını ilk kez Huang ve Meinschein (1979) kullanmıştır (Şekil 4.17). Bu diyagrama göre  $C_{28}$  bolluğu yeşil alg ve diatomeleri,  $C_{27}$  bolluğu kırmızı alg ve planktonları,  $C_{29}$  bolluğu ise yüksek bitkileri, yeşil ve kırmızı algleri işaret etmektedir. Yüksek bitkilerin çoğunda egemen sterol  $C_{29}$  'dur. İncelenen örnekler yoğun olarak karasal özellik göstermemesine karşın  $C_{29}$  oranları fazla miktarda tespit edilmiştir. Bu durum, bazı denizel karbonat kaynak kayalı petrolerin de  $C_{29}$  bakımından zengin olabileceğini, bunun ise genellikle algal bileşimle ilgili olduğunu gösterir.

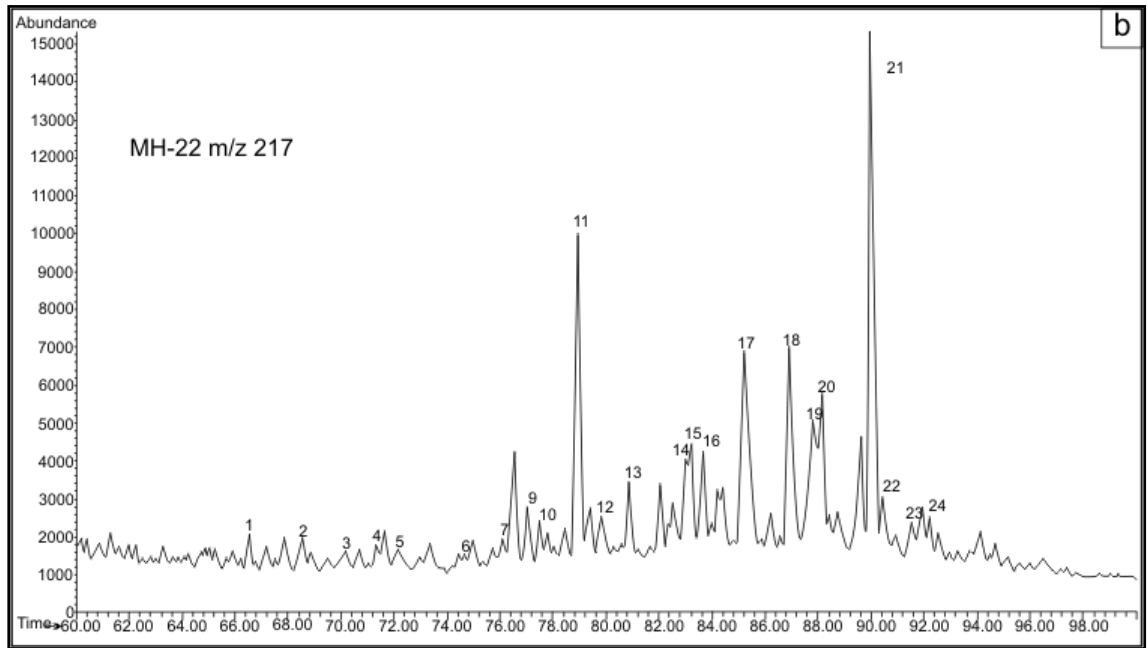
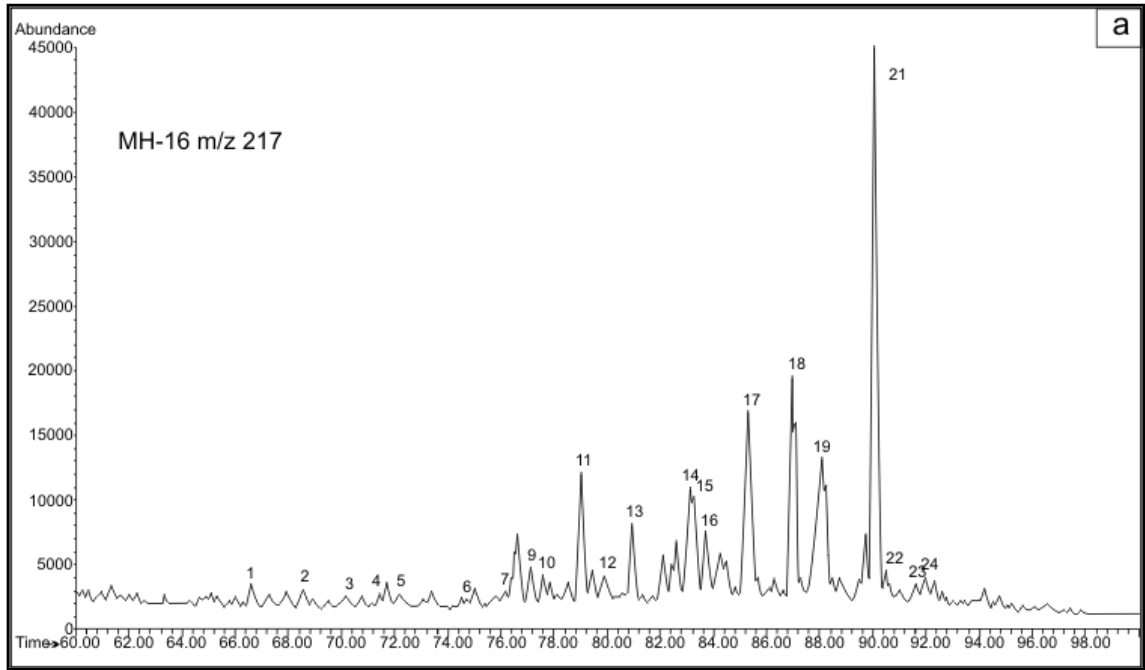


Şekil 4.17.  $C_{27}$ - $C_{28}$ - $C_{29}$  düzenli steranların bolluklarını ifade eden üçgen diyagram ve incelenen örneklerin dağılımı (Huang ve Meinschein, 1979)

İncelenen örneklerin de biomarker bileşimleri kırmızı alg ve zooplanktonlar ile yeşil alg ve diatomeleri göstermektedir. Özellikle bileşimde bol miktarda bulunan  $C_{29}$  hidrokarbonların kahverengi-mavi yeşil alglerden kaynaklandığı kesin olarak belirlenmiştir. Bu bulgu petrografik ince kesit değerlendirmelerinde algal birikimleri izlenmesi ile de desteklenmiştir.



Şekil 4.18. MH-16 (a) ve MH-22 (b) nolu örneklerin m/z 191 kromatogramları



Şekil 4.19. MH-16 (a) ve MH-22 (b) nolu örneklerin m/z 217 kromatogramları

#### 4.1.7. Duraylı Karbon ( $\delta^{13}\text{C}$ ) İzotop Analiz Değerlendirmeleri

Özellikle kömür ve organik maddece zengin kayalarda paleo-ortam değişikliklerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri duraylı karbon izotop değerlendirmesidir. Petrografik, organik jeokimyasal ve duraylı karbon izotop değerleri kömürlerde ve paleo-ortamdaki fosil bitki kalıntılarında bitki çeşitliliği, türleri ve paleosıcaklık ve nemlilik bakımından önemli bilgiler sunar (Kalcon ve Sachsenhofer, 1999; Gruber ve Sachsenhofer, 1991; Bechtel ve diğ., 2002, 2003, 2004, 2008). Yüksek değerler ise karasal malzeme girişini ifade eder. Örneğin çimen, saz gibi selüloz oranı düşük karasal malzemeler  $-12\%$ , ağaçsı bitkiler ise  $-27$  civarında  $^{13}\text{C}$  değeri verir.

Hekimhan örneklerinde  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri  $-25.18$  ve  $-23.48$  arasında değişmekte, genellikle karasal kaynaklı, gölsel organik maddeler ile denizel organik maddeleri işaret etmektedir (Çizelge 4.10).

**Çizelge 4.10.** Hekimhan örneklerinin izotop  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri

İnceleme Alanı	Örnek No	$\delta^{13}\text{C}$
Hekimhan girişi	MH-8	-23.48
Karamahmut Köyü	MH-16	-25.11
Sızıntı Örneği	MH-30	-25.18

Karamahmut köyü sızıntı alanından alınan MH-16 ve MH-30 nolu örneklerin izotop değerleri benzerlik gösterirken, Hekimhan girişi marn ve kireçtaşlarından alınan MH-8 nolu örnek ise diğerlerinden farklıdır.

## 5. ORGANİK FASİYES İNCELEMELERİ

Araştırmacılar tarafından sıkça kullanılan ve kabul gören organik fasiyes tanımlaması, Jones ve Demaison (1982) tarafından "Sedimentlerin inorganik özellikleri dikkate alınmadan belirli stratigrafik birimlerin haritalanabilir alt gruplarıdır ve bunlar organik unsurların temel özelliklerine göre diğer alt gruplardan ayrılırlar." şeklinde yapılmıştır. Amerikan Jeoloji Enstitüsü araştırmacıları ise organik fasiyesleri incelerken kayaçların yalnızca organik özelliklerini değil, yatay ve dikey doğrultuda değişen inorganik özelliklerini de belirlemiştir.

Petrol jeolojisinde organik fasiyes incelemelerinin en önemli nedeni bir sedimanter havza ya da sedimanter istifin hidrokarbon kaynak kaya potansiyelinin belirlenmesidir. Bilindiği gibi organik madde havzadaki sedimanların önemli bir parçası olup bolluğu ve kökeni hidrokarbon potansiyellerini kontrol eden en önemli faktördür. Ayrıca bu yolla havzanın jeolojik evrimi ve tektonik tarihçelerine de önemli yaklaşımlar getirebilmektedir (Fang ve diğ., 1993).

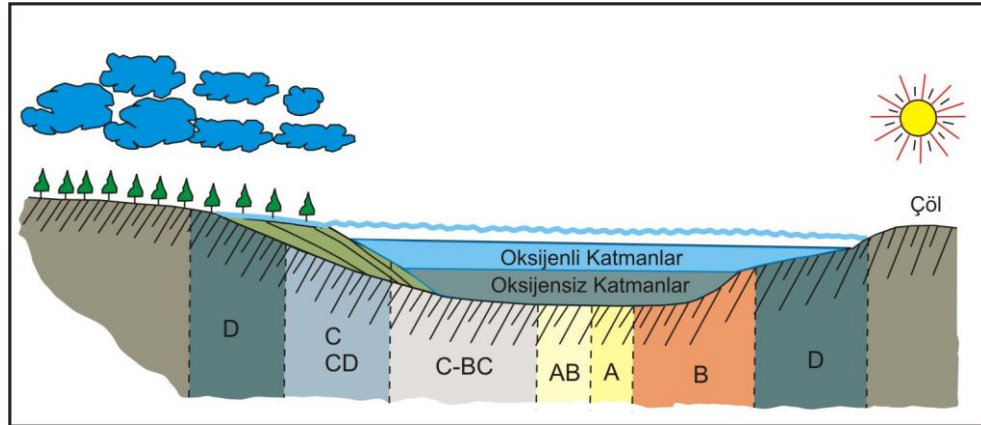
Organik fasiyesler hakkındaki ilk çalışmalar kömür petrografları tarafından çeşitli fiziksel ve kimyasal veriler kullanılarak farklı mikrolitotiplerin organik fasiyes olarak tanımlanması ile başlamıştır. 1960'lı yılların başlarında Krejci-Graf (1963, 1964a; 1964b) depolanma ortamındaki oksijen içeriğinden faydalanarak organik maddeyi dört gruba ayırmış, depolanma ortamındaki düşük oksijenin, organik maddenin yüksek petrol oluşturma eğilimini gösterdiğini belirtmiştir. Aynı dönemlerde Bitterli (1963a, 1963b) Avrupa'daki bitümlü kayaçlarda yaptığı çalışmalarda depolanma ortamında çökmeyi kontrol eden ana faktörün su derinliği değil, anoksikliği olduğunu savunmuştur. Depolanma ortamı ve/veya organik madde tipi ile petrol oluşturma kapasitesi arasındaki ilişki Bass (1963), Breger ve Brown (1963), Tissot ve diğ., (1974), Parparova ve Nerucheu (1977), Cornelius (1978), Larskaia (1978), Middelburg ve diğ., (1991) ve Pasley ve diğ., (1993) gibi araştırmacılar tarafından da ayrıntılı olarak çalışılmıştır.

Amerikan literatüründe genellikle "Karasal Organik Fasiyes" gaz oluşturu, "Denizel Organik Fasiyes" de petrol oluşturu olarak tanımlanmıştır (Breger ve Brown, 1963; Rogers ve Koon, 1971; Dow, 1977; Barker, 1978, 1979; ve Rodger, 1980). Ayrıca rezervuarlar içindeki gaz ve petrol birikimlerinin yalnızca kaynak

kayanın organik fasiyesine değil, farklı jeolojik yerleşimlerde organik maddenin olgunluk düzeyine de bağlı olduğu belirtilmiştir (Spillers, 1965; Weber ve Daukow, 1975; Tissot ve Welte, 1978; Durand ve Oudin, 1980).

Jones ve Demaison (1982), atomik H/C oranları, Rock-Eval piroliz verileri ve vitrinit yansıması değerlerinden faydalanarak A, B, B-C, C ve D olmak üzere 5 organik fasiyes tipi belirlemiştir. Yitong Grabeni'nde (Çin) yapılan organik fasiyes çalışmasında ise organik fasiyesler kerojen tiplerine göre A, B, C, D, E olmak üzere 5'e ayrılmıştır (Fang ve diğ., 1993). Hidrojen İndeksi, Oksijen İndeksi, H/C oranlarından yararlanarak da organik fasiyesler Baskin (1997) tarafından A, B, B-C, C ve D olarak sınıflandırılmıştır. Jones (1987) ise A, AB, B, BC, C, CD ve D organik fasiyesleri tanımlamıştır.

İnceleme alanında Hekimhan Havzası örneklerinin organik fasiyes özellikleri değerlendirilirken organik maddenin bileşimi, oluşumu ve diyajenetik durumu dikkate alınmış, Jones (1987) ve Baskin (1997) organik fasiyes sınıflamaları birlikte kullanılmıştır. Jones (1987) tarafından şematize edilen, Altunsoy ve Özçelik (1993) tarafından bazı eklemeler yapılarak geliştirilen organik fasiyeslere ait model Şekil 5.1' de gösterilmiştir.



**Şekil 5.1.** Değişik çökeltme ortamlarındaki farklı organik fasiyeslerin görünümü (Altunsoy ve Özçelik, 1993)



Jones (1987) sınıflamasında A organik fasiyesi % 5-20 arasında değişen Toplam Organik Karbon değerleriyle ifade edilmektedir. Dünya'da sınırlı miktarda yayılıma sahip bu fasiyes için ABD'de gölsel ortam özelliğindeki Green River Formasyonu iyi bir örnektir (Anders ve Gerrild, 1984).

Ortadoğu petrol alanlarının da içinde bulunduğu birçok petrol alanı AB ve B organik fasiyesi özelliklerini göstermektedir. A ve AB organik fasiyesleri genellikle ince taneli denizel ve gölsel sedimanların yer aldığı alanlarda bulunur.

B ve BC organik fasiyesleri % 1-3 arasında veya daha düşük oranlarda TOC değerine sahiptir. Çoğunlukla denizel birimlerde B organik fasiyesi çökelerken, Mahakam Delta çökellerinde olduğu gibi bazı dotalarda da BC ve C organik fasiyesleri oluşabilmektedir (Durand ve Oudin, 1980). BC organik fasiyesi yüksek Hidrojen İndeksi, mikroskobik olarak ince laminasyon ve yoğun denizel organik madde varlığı ile karakterizedir (Mann ve Stein, 1997). C organik fasiyesi, karasal kökenli ve bir miktarda oksidasyona uğrayan organik maddelerden meydana gelir. Transgresif istifte başlangıçta hızlı bir şekilde deniz seviyesinin yükselmesi ve basenin derinleşmesi ile bozunma ile reworking işlemleri görülür. Bu fasiyeste parçalanmış, yuvarlaklaşmış vitrinit parçaları ile düzensiz  $T_{max}$  değerleri, düşük Hidrojen İndeksi (<300 mg HC/gTOC) ve düşük S2/S3 oranları ile gaz türümünü gösterir (Mann ve Stein, 1997).

Çok az oranda gaz oluşturabilen CD organik fasiyesi ile yalnızca korelasyon amacıyla kullanılan D organik fasiyesi % 0.5' den daha düşük TOC ve düşük Hidrojen İndeksine sahiptir. Bu fasiyesler derin deniz ortamları ile kötü boylanmalı sedimentlerin bulunduğu karasal ortamlarda çökelmişlerdir (Jones, 1987). D organik fasiyesinde inertinit maseral grupları egemen olup bakteri ve diğer etkenlerle değiştirilerek kalıntı haline gelmiş, termal olaylarla yüksek oranda alterasyona uğramış organik madde tipleri de bulunmaktadır. Partikül boyu ve yoğunluğu fazla olan bu organik maddeler genellikle şiddetli alterasyona uğramış sedimanter kayaçların oluşturduğu dağ yükselimselinin bitişiğindeki şelf çökellerinde, bazen türbidit veya slumpların etkisi ile derin denizlerde ve gölsel sedimanlarda görülür. Kalıntı şeklinde ince taneli organik madde, aerobik bakterilere karşı en dayanıklı organik madde tipidir. Oksijenli ortamlarda gömülmenin yavaş olması dolayısıyla sedimanların oksijenle temasının kesilmemesi nedeniyle karasal çökellerin yanı sıra karbonatlı kayaçlarda da D organik fasiyesi özellikleri gelişebilir.

Organik fasiyeslerin genelleştirilmiş mikroskopik ve bazı kimyasal özellikleri Çizelge 5.1 ve 5.2'deki gibidir.

Jones (1987) ve Baskin (1997) sınıflamalarına göre incelenen alandaki Hekimhan Havzası birimlerinin organik fasiyes özellikleri Rock-Eval piroliz analiz sonuçları ve organik petrografik incelemeler ile deneştirilerek ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu çalışma sırasında incelenen tüm birimlerde organik madde miktarlarının düşük olması yorumlamada zorluklara neden olmuştur. Önceki bölümlerde de belirtildiği gibi TOC değeri % 0.5 den düşük örneklerin piroliz sonuçlarından özellikle S2 ve Hidrojen İndeksi azalıp,  $T_{max}$  ve Oksijen İndeksi değerleri artmaktadır. Ayrıca S2 değeri de 0.2 mg HC/ g kaya'dan düşük örneklerdeki  $T_{max}$  değerleri de hatalı sonuçlar verebilmektedir (Peters, 1986). Bu nedenle organik fasiyes tanımlamalarında incelenen birimlerden elde edilen bütün piroliz değerlerine göre yapılan değerlendirmeler bu parametreleri sağlayan örnek verileri ile karşılaştırılmış ve doğru sonuca varılmaya çalışılmıştır.

**Çizelge 5.1.** Jones (1987)'ye göre organik fasiyes tipleri ve tanımlayıcı parametreler

Organik Fasiyes	Ro (%) $\cong$ 0,5 H/C	Piroliz Verileri		Egemen Organik Madde
		HI	OI	
A	$\geq 1,45$	>850	10-30	Algal, amorf
AB	1,35-1,45	650-850	20-50	Amorf, çok az karasal
B	1,15-1,35	400-650	30-80	Amorf, yaygın karasal
BC	0,95-1,15	250-400	40-80	Karışık, bazen okside
C	0,75-0,95	25-250	50-150	Karasal, bazen okside
CD	0,60-0,75	50-125	40-150+	Okside, reworked
D	$\geq 0,60$	<50	20-200+	Yük. Okside, Reworked

**Çizelge 5.2.** Baskin (1997)' ye göre organik fasiyes tipleri ve tanımlayıcı parametreler

<b>Organik Fasiyes</b>	<b>Ürün</b>	<b>H/C</b>	<b>HI</b>	<b>OI</b>
A (Gölsel)	Petrol	> 1.40	700-1000	10-40
B (Denizel)	Petrol	1.20-1.40	350-700	20-60
B-C (Karışık)	Petrol-Gaz	1.00-1.20	200-350	40-80
C (Hümit)	Gaz-Petrol	0,70-1,00	50-200	50-150
D (İnert)	Bazen Gaz	<0,70	<50	20-200

Jones (1987)'ye göre Hekimhan girişi örnekleri yüksek okside özellik göstermektedir ve "D" fasiyesindedir. Karamahmut köyü kireçtaşları ise amorf fakat çok az karasal özellik sunan "B" fasiyesine, Mumyalık Tepedeki Güzelyurt formasyonu kireçtaşları ise okside-yüksek okside özellikte olup, "D-DC" fasiyesi olarak sınıflandırılabilir.

Baskin (1997)' ye göre ise, Hekimhan girişi marn-kireçtaşı örnekleri ve Mumyalık Tepedeki Güzelyurt formasyonu kireçtaşları "D" fasiyesinde olup, bazen gaz üretebilen özelliktedir. Karamahmut köyü kireçtaşları ise denizel özelliğe sahip "B" fasiyesi özellikleri gösterir ve petrol üretebilecek kaya özelliğindedir.

Biomarker analiz verileri de paleo-rtam özelliklerinin açıklanması bakımından önemlidir. Kavakdere Formasyonu'na ait bütün örneklerde homohopanlar bulunmakta ve C<sub>31</sub>'den C<sub>35</sub>'e doğru homohopan pik yüksekliğindeki düzenli azalım kırıntılı fasiyesler için tipik olarak izlenmektedir (Waples ve Machihara, 1991; Peters ve Moldowan, 1993).

C<sub>25</sub>/C<sub>26</sub> tricycliterpan oranı 0.51 - 1.81 arasında (ort.; 1.40) olup genellikle 1'den büyük değerler denizel ortam özelliklerini yansıtır ve diğer parametreler ile elde edilen veriler ile uyumludur (Burwood ve diğ., 1992; Hanson ve diğ., 2000).

## 6. BİTÜM-KAYNAK KAYA KORELASYONU

Bitüm, kayada bulunan özütlenmemiş organik maddedir ve henüz göç etmemiş petrol olarak nitelendirildiğinden bitüm-kaynak kaya korelasyon çalışmaları için oldukça önemli bir yere sahiptir.

Bitüm-kaynak kaya korelasyonlarında amaç, petroleri sınıflandırmak, kaynak kayayı belirlemek ve göç yolları ile ilgili bilgi edinmektir. Korelasyon; bir veya birden fazla petroler ile veya bu petroler ile kaynak kaya arasındaki fiziksel ve kimyasal özelliklerin kökensel ilişkilerini bulmak amacıyla yapılmaktadır. Organik jeokimyasal analizler sonucu saptanan bu özellikler, korelasyonun yorumlanmasında kullanılır.

Bir kaynak kaya birimi yeterli organik karbon (TOC >0.5), uygun organik madde tipi (Tip I ve Tip II) ve ekonomik boyutlarda kalınlık ve dağılım gösterdiği durumda potansiyel kaynak kaya olarak değerlendirilir. Bu amaçla, Hekimhan Havzası Kavakdere formasyonu iki farklı lokasyon halinde (EK-1) ve Güzelyurt formasyonu da Mumyalık Tepe civarında incelenmiştir. Yapılan incelemeler ve analizler sonucu Karamahmut köyü civarındaki katı bitümlerin içinde olduğu Kavakdere formasyonunun kaynak kaya potansiyeline sahip olabileceği ve Karamahmutun dere lokasyonundan alınan MH-30 nolu örneğin, aynı civardan alınan örneklerle organik jeokimyasal açıdan farklılık sunduğu belirlenmiştir.

Karamahmut köyü, Karamahmutun dereye izlenen Kavakdere formasyonun Toplam Organik Karbon değeri (% TOC) 0.12-5.92 arasında (ort.; 2.89) değişirken, bitüm örneğinin (MH-30 nolu örnek) TOC değeri % 37.57; sızıntı civarındaki örneklerin S1 değeri 0.01-13.59 mg/g arasında (ort.; 6.43) değişirken, bitüm örneğinin S1 değeri 61.28 mg/g' dır. Kerojenin ısıl parçalanması ile oluşan hidrokarbon değeri (S2) sızıntı kayaçları için 0.05-37.24 mg/g (ort.; 17.36) iken bitüm örneği için bu değer 292.31 mg/g' dır.  $T_{max}$  (°C) değeri sızıntı örnekleri için 416-431 °C arasında olup ortalama 468.2 °C  $T_{max}$  değerine sahiplerdir. Bitüm örneği için ise bu değer 436 °C 'dir. Bitüm olarak nitelendirilen MH-30 nolu örneğin, diğer Kavakdere formasyonu örnekleri ile analiz sonuçlarında böylesine farklılık sunmasının nedeni olarak, biyomarker verilerine göre, petrolün daha derinlerde oluştuğu ya da kısa mesafeli bir hareket ile ortama geldiği şeklinde yorumlanmıştır.

## 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması ile Hekimhan civarında yer alan ve bitüm kokulu olması nedeniyle petrol jeolojisi açısından dikkat çekici olan resifal karbonatlar (Kavakdere ve Güzelyurt formasyonları) organik jeokimyasal analizler ile değerlendirilerek petrol potansiyelleri araştırılmıştır.

Toplam Organik karbon (TOC, %) değeri resifal karbonatlardan oluşan ve bu çalışmada daha ayrıntılı araştırılan Kavakdere formasyonu örneklerinde % 0.11-5.92 arasındadır (ort.; % 1.56). Bu sonuçlar karbonatlı düzeylerin organik madde içeriği bakımından zengin olduğunu (TOC>%0.5) ve kaynak kaya olarak düşünülebileceklerini ifade eder. Güzelyurt formasyonu için TOC değerleri ise % 0.11-0.12 olup ortalama % 0.11'dir.

İncelenen Güzelyurt ve Kavakdere formasyonu örneklerinde egemen organik madde tipi amorf' tur (% 65-90). Bunun yanı sıra otsu % 10-15, odunsu % 5.15 ve % 5-25 kömürsü organik maddeler de gözlenmiştir. Palinolojik özelliklere dayanarak çökelim ortam şartları ve yaş özellikleri net olmayıp, sadece Üst Maestrihtiyen olarak belirtilebilmiştir.

Hidrokarbon türümü için önemli bir parametre olan Hidrojen İndeksi değerleri Kavakdere formasyonu için 0-629 mg HC/g TOC, Güzelyurt formasyonu için ise 0-42 mg HC/g TOC' dir. Bu örneklerdeki bazı yüksek Oksijen İndeks değerleri (>150 mg CO<sub>2</sub>/g TOC) mineral matriks etkisine veya piroliz işlemi sırasında mineral dekompozisyonuna bağlı olarak gelişmiştir.

Hidrojen İndeksi-Oksijen İndeksi, HI-T<sub>max</sub> ve S2-TOC diagramlarında örneklerin büyük kısmı Tip II-III (karasal ve denizel) ve Tip III (karasal, kalıntı organik madde) alanında dağılmış olup kerojen preparatlarında belirlenen egemen karasal (odunsu ve amorf) malzeme verisi ile de birbirini destekler. Özellikle kaynak kaya potansiyeli açısından organik jeokimyasal olarak incelenen marnların herhangi bir türüm potansiyeli olmadığı belirlenmiştir.

İncelenen örneklerin organik fasiyes özellikleri petrol türümü olmayan ancak sınırlı miktarda gaz türetebilen D-DC organofasiyes özelliğindedir. Bu tip örneklerin petrol türetme potansiyeli sınırlı olup ancak az miktarda gaz türüm potansiyeli

belirtilebilir. Kavakdere formasyonu Karamahmut köyü kireçtaşları ise denizel özelliğe sahip “B” fasiyesi özellikleri belirlenmiş olup bunların petrol kaynak kaya özelliği bulunmaktadır.

HI- $T_{max}$  grafiği ile de kerojen tipi yanısıra olgunlaşma derecesi hakkında da bilgi edinilmiştir ve bu diyagramda incelenen örnekler olgunlaşmamış-erken olgun aralığında dağılmıştır.

$T_{max}$  değerleri Kavakdere formasyonu için 416 - 496°C arasında (ort.; 433.45 °C), Güzelyurt formasyonu için ise 431-474 °C arasında (ort.; 4.47 °C) dir. İncelenen Kavakdere örneklerinin PI değerleri 0.11-0.67 aralığında, Güzelyurt formasyonu örneklerinin ise 0-0.12 aralığında izlenir ve olgunlaşmamış-olgunlaşma başlangıcını (erken olgun) işaret eder. Özellikle  $T_{max}$  ve PI değerleri birbirleriyle uyumlu olarak olgunlaşmamış-erken olgun aşamayı gösterir.

Kavakdere formasyonu örneklerinde S1 değerleri 0-13.59 mg HC/g kaya arasında; S2 değerleri de 0-37.24 mg HC/g kaya arasındadır. Güzelyurt formasyonu örnekleri için ise S1 değeri 0-0.01 mg HC/g kaya aralığında, S2 değeri de 0-0.05 mg HC/g kaya aralığında değişmektedir. Sadece S1 ve S2 değerine göre yorum yapıldığında Kavakdere formasyonu örneklerinin kaynak kaya potansiyeline sahip olduğundan bahsedilebilir. Bu veri organofasiyes ve biyomarker verileri ile de desteklenmiştir.

Genetik potansiyel değerleri Kavakdere formasyonu örneklerinde 0.01-49.29 mg HC/g kaya, Güzelyurt formasyonu örneklerinde ise 0-0.06 mg HC/g kaya arasındadır. S2/S3 değerleri 2’den büyük, PI değerleri 0.1 den küçük ve genellikle 435 °C den düşük olup,  $T_{max}$  değerleri olgunlaşmamış aşamayı belirtir.

Örneklere toplam özüt miktarı 217-91137 ppm arasında değişmektedir. İncelenen örneklerde yüksek molekül ağırlıklı *n*-alkan oranının bol oluşu yüksek karasal bitkileri ifade eder. Bunların kaynağı ise büyük boyutlu ağaçlar değil yaprak, çalı, lignin ve selülozca zengin algal bileşenlerdir. Bu bitkisel organizmaların spor, polen ve tohum gibi bazı kısımları lipid ve mumsu malzemelerce zengindir.

İncelenen örneklerde  $C_{10}$ - $C_{40}$  aralığındaki *n*-alkanlarda tek sayılı olanların göreceli bolluğu *n*- $C_{16}$  ve *n*- $C_{25}$  bileşenlerinin bunlar arasında daha egemen olduğu

izlenir. Özellikle uzun zincirli *n*-alkanlar egemen olmakla birlikte değişen oranlarda kısa ve orta zincirli bileşenlerde bulunmaktadır.

$C_{17}$ - $C_{33}$  aralığındaki olefinik düz zincirli hidrokarbonlar *Botryococcus braunii* (sarı-kahverengi alg) ve *Anacystis montana* (mavi-yeşil alg) ile veya yüksek bitkiler ve otsu organik bileşimle de ilgili olabilir.

İncelenen örneklerde *n*-alkanlar gaz kromatogramlarının baskın pikleridir. Kavakdere formasyonu örneklerinin GC sonuçlarında Pristan ve Fitan belirlenmemiştir. Bu veriye dayanarak oksik şartların ve biyodegradasyonun çok etkin olmadığı ve/veya çökeli mi etkilemediği söylenebilir. *n*- $C_{17}$  gösel planktonlar veya bakterilerden türemiş olup örneklerdeki bollukları erken katajenez evresindeki planktonik algal bileşimi işaret eder. İncelenen örneklerde bu veriye ait değer genel bileşim içinde oldukça düşüktür ve bakteri etkisinin çökelim sırasında fazla etkin olmadığı söylenebilir.

*n*- $C_{27}$ 'lerin bolluğu ise acı su ve deniz kıyısı bitkilerini (grass) belirtmekle birlikte tatlı suda yetişen bazı bitkilerden de kaynaklanabilmektedir. CPI değerleri Kavakdere formasyonu örneklerinden sadece MH-19 (0.87) ve MH-24 (2.02)' de belirlenmiştir ve olgunlaşmamış aşamayı belirtir.

Uzun zincirli ( $C_{27}$ - $C_{31}$ ) *n*-alkanların toplam *n*-alkanlar içindeki nisbi bolluğu karasal bitkileri ifade ederken, kısa zincirli *n*-alkanlar ( $<C_{20}$ ) egemen olarak alg ve mikroorganizmalarda bulunur ve bu bileşenler incelenen örneklerde yüksek oranlardadır. Örneklerde egemen olarak düşük ve orta moleköl ağırlıktaki *n*-alkanlar ( $C_{21}$ - $C_{25}$ ) olup karasal ve gösel organik malzemeyi belirtir.

$C_{27}$  sterollerin birincil kaynağı (algler) hakkındaki tartışmalar devam etmekle birlikte  $C_{29}$  steroller karasal bitkilerle ilgilidir. Kavakdere formasyonu örneklerinde  $C_{29}>C_{27}>C_{28}$  olması hidrokarbon oluşumunda başlıca yüksek karasal bitkilerin daha sonra ise otsu bitkilerin egemen olduğunu, bileşime az miktarda alglerin katıldığını gösterir. MH-22 ve MH-29 nolu örneklerde ise genel ortalamanın dışında daha yüksek  $C_{27}$  belirlenmiştir. MH-16 örneğinde ise egemen olarak  $C_{29}$  daha çok belirlenmiş olup diğer örneklerde birbirine yakın biçimde  $C_{27}$  ve  $C_{28}$  bileşimi saptanmıştır.  $C_{30}$  hopanlar yüksek bakteriyal bileşimi ifade ederken incelenen örneklerde az miktarda belirlenmiştir.  $C_{23}$ 'e göre  $C_{19}$ - $C_{21}$  tricyclic miktarı ise karasal organik maddeyi işaret etmektedir.

Ayrıca steran/hopan oranının da düşük olması (algler ve karasal bitkilerin) bakteriyal aktivite etkisinde kaldığını gösterir. Örneklerde steran/hopan oranı yüksek olup, özel bir bakteri etkinliği olan ortamı işaret eder.

Kavakdere formasyonu örneklerinin düşük pentacyclic terpan oranları (C<sub>32</sub>-C<sub>35</sub>) biyodegradasyonu, Ts/Tm oranı olgunlaşmamış organik maddeyi belirtir. Steran/hopan oranı bu örneklerde de olduğu gibi denizel kaynak kayalardan türeyen petrolerde yüksektir (Hekimhan örnekleri için 1.81-2.24). Moretan/hopan oranı ise olgunlukla birlikte azalır. Hekimhan örneklerinde bu oran 0.29-0.46 arasındadır.

İncelenen örneklerde ayrıca C<sub>27</sub> tricycliterpanlardan daha düşük karbon sayılı bileşenler bulunmaktadır. m/z 217 kütle kromatogramında C<sub>28</sub>/C<sub>29</sub> steran oranı Hekimhan örneklerinde 0.50-0.91 dir. C<sub>27</sub>/C<sub>29</sub> steran oranları 0.21 den 0.38'e kadar değişir. CPI (C<sub>24</sub>-C<sub>26</sub>) MH-19 örneğinde 0.87 ve MH-24 örneğinde 2.02 olarak belirlenmiştir.

Kavakdere formasyonu örneklerinde  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri ‰ -25.18 ve -23.48 arasında değişmektedir. Bu sonuçlar; istifte makroskobik olarak farklılık sunan seviyeleri ifade etmekle birlikte aslında hidrokarbon türeme ortamına uzak mesafelerden organik madde taşınmadığını, burada biriken organik maddelerin kısa mesafeli taşınma veya ortamdaki algal zenginleşmeleri veya otsu bitkilerce zenginleştiğini göstermektedir.

İncelenen örneklerin biomarker analiz verileri de paleo-ortam özelliklerinin açıklanması bakımından önemlidir. Kavakdere formasyonuna ait bütün örneklerde homohopanlar bulunmakta ve C<sub>31</sub>'den C<sub>35</sub>'e doğru homohopan pik yüksekliğindeki düzenli azalım kırıntılı fasiyesler için tipik olarak izlenmektedir. Ortamın fazla tuzlu olmadığı ise yüksek tuzluluk belirteci olan gammaceranların incelenen örneklerde bulunmaması ile yorumlanmıştır. C<sub>25</sub>/C<sub>26</sub> tricycliterpan oranı 0.51-1.81 arasında olup genellikle 1'den küçük değerler görsel ortam özelliklerini yansıtmaktadır.

Sonuçta, inceleme konusu olarak belirlenen Hekimhan ve civarındaki resifal karbonatların petrol potansiyelleri değerlendirilmiş, Karamahmut köyü civarında belirlenen bitüm kalıntılarının basenin daha derinlerinde ve enerjinin düşük olduğu bir karbonatlı düzeyde oluşarak kısa mesafeli bir hareketle ve tansiyon çatlaklarına bağlı olarak yüzeyletiği belirlenmiştir.



Tüm bu veriler değerlendirildiğinde bu alandaki Kavakdere formasyonu kireçtaşlarının petrol kaynak kaya potansiyeli taşıdığı, bir miktar petrolü üretip attığı belirlenmiş olup bu alanda yapılacak sondajlı arama çalışmalarında daha detaylı arama hedeflenebileceği ve olgunluğun yeterli olduğu alanlara yönelinebileceği sonucuna varılmıştır.

## 8. KAYNAKLAR

- Akkuş, M.F., 1971, Darende-Balaban Havzasının (Malatya) jeolojik ve stratigrafik incelenmesi, MTA Dergisi, 76, 1-60.
- Altunsoy, M., ve Özçelik, O., 1993, Organik fasiyesler: Jeoloji Müh. Derg., 43, 34-39.
- Anders, D.E. and Gerrild, P.M., 1984, Hydrocarbon generation in lacustrine rocks of Tertiary age, Uinta Basin, Utah-Organic carbon, pyrolysis yield, and light hydrocarbons: In J. Woodward, F.F. Meissner, and J.L. Clayton (eds.), Hydrocarbon source rocks of the greater Rocky Mountain region. Denver: Rocky Mountain Association of Geologists, 513-524 p.
- Ayan, T., 1961, Malatya kuzeyindeki Hekimhan-Ebreme köyü bölgesinin (K39 c3) detay jeolojisi ve petrol imkanları: MTA Rapor No: 4186 (yayımlanmamış).
- Bailey, S.W., 1988, Chlorites: structures and crystal chemistry, *In* Bailey, S. W., editor, Hydrous Phyllosilicates: Mineralogical Society of America Reviews in Mineralogy, v. 19, 347-403.
- Barker, C., 1978, Plate tectonics, organic matter and basin evaluation (abs.): AAPG Bulletin, v. 62, 493 p.
- Barker, C., 1979, Organic geochemistry in petroleum exploration: AAPG Continuing Education Course Note Series 10, 159 p.
- Baskin, D.K., 1997, Atomic H/C ratio of kerogen as estimate of thermal maturity and organic matter conversion: AAPG Bull., 81, 9, 1437-1450 p.
- Bass, N.W., 1963, Composition of crude oils in northwestern Colorado and northeastern Utah suggest local sources: AAPG Bulletin, v. 47, p. 2039-2064 p.
- Bechtel, A., Sachsenhofer, R.F., Gratzner, R., Lücke, Püttman, A., 2002, Parameters determining the carbon isotopic composition of coal and fossil wood in the early Miocene Oberdorf lignite seam (Styrian Basin, Austria). Organic Geochemistry, 33, 1001–1024.
- Bechtel, A., Gruber, W., Sachsenhofer, RF., 2003, Depositional environment of the Late Miocene Hausruck lignite (Alpine Foreland Basin): insights from petrography.

- organic geochemistry. and stable carbon isotopes. *Int. Jour. Of Coal Geol.*, 53, 153-180.
- Bechtel, A., Markic, M., Sachsenhofer, R.F., Jelen, B., Gratzner, R., Lücke, A., 2004, Paleoenvironment of the upper Oligocene Trbovlje coal seam (Slovenia). *Int. Jour. Of Coal Geol.*, 57, 23–48.
- Bechtel, A., Gratzner, R., Sachsenhofer, R.F., Gusterhuber, J., Lucke A., Puttmann W., 2008, Biomarker and carbon isotope variation in coal and fossil wood of Central Europe through the Cenozoic. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 262, 166–175.
- Bitterli, P., 1963a, Aspects of the genesis of bituminous rock sequences: *Geologie en Mijnbouw*, v. 42, no. 6, 183-201 p.
- Bitterli, P., 1963b, On the classification of bituminous rocks from W. Europe: *Sixth World Petroleum Congr. Proceedings*, v. 2, 155-165 p.
- Bozkaya, Ö., 1991, Hekimhan güneyi (KB Malatya) Üst Kretase-Tersiyer yaşlı sedimanter istifin mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelenmesi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Sivas (yayımlanmamış).
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 1991, Hekimhan doğu ve güney kesimindeki Üst Kretase-Tersiyer yaşlı sedimanter birimlerin mineralojisi ve jeokimyası, *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, s.6, 234-252.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 1992, Hekimhan Havzası (Kuzeybatı Malatya) Üst Kretase-Tersiyer istifinin jeolojisi, *TPJD Bülteni*, 4(1), 59-80.
- Bray, E.E. and Evans, E.D., 1961, Distribution of n-paraffins as a clue for recognition of source beds. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 22, pp: 2–15.
- Breger, I.A. and Brown, A., 1963, Distribution and types of organic matter in a barred marine basin: *New York Acedemy of Science Transactions*, v.25, 741-755 p.
- Buchardt, B., F.G. Christiansen, H. Nohr-Hansen, N.H. Larsen, and P. Ostfeldt, 1989, Composition of organic matter in source rocks, in F.G. Christiansen, eds.,

Petroleum Geology of North Greenland: Gronlands Geologiske Undersogelse Bulletin, 158, p.32-39.

Burwood, R., Leplat, P., Mycke, B., Paulet, J., 1992, Rifted margin source rock deposition: a carbon isotope and biomarker study of a West African Lower Cretaceous "Lacustrine" Section. Organic Geochemistry, 19, 41–52.

Clementz, D.M., Demaison, G.J. and Daly, A.R., 1979, Well site geochemistry by programmed pyrolysis: Paper 3410, 11th Offshore Technology Conference, Houston, April.

Cornelius, C., 1978, The role of source rock facies in the origin of petroleum: Erdol-Erdgas-Zeitschrift, v. 94, no. 3, p. 90-94 (in German)

Çağatay, A., ve Arda, O., 1979, Hasançelebi demir yatağının titanyum ve alkali sorunları, Jeoloji Mühendisliği, 7, 39-46.

Dow, W.G., 1977, Kerogen studies and geological interpretations: Journal of Geochemical Exploration, v. 7, 79-99 p.

Durand, B. and Oudin, J.L., 1980, Proc. 10th World Petr.Cong., 2, 1-12 p.

Ediger, V.Ş. ve Soylu, C., 1993, Petrol Jeologları İçin Organik Jeokimya, TPAO Araştırma Merkezi Grubu Başkanlığı, no.23, 169s. Ankara.

Eglinton, G. and Hamilton, R.J., 1967, Leaf epicuticular waxes. Science 156, 1322–1335.

Espitalié, J., La Porte, J.L., Madec, M., Marquis, F., Le Plat, P., Paulet, J. and Boutefeu, A., 1977, Methodé rapide de caractérisation des roches mères de leur potentiel pétrolier et de leur degré d'évolution: Rev. L'Inst. Francais pétrole, 32(1), 23-42.

Espitalié, J., Madec, M. and Tissot, B., 1980, Role of mineral matter in kerogen pyrolysis: Influence on petroleum generation and migration. AAPG Bulletin, 64, 58-66 p.

Espitalié, J., Deroo, G. and Marquis, F., 1985, La pyrolyse Rock-Eval et ses applications (deuxième partie): Revue Institut Francais du Pétrole, v.40, 755-784 p.

- Fang, H., Jianyu, C., Yongchuan, S. and Yaozong, L., 1993, Application of organic facies studies to sedimentary basin analysis: a case study from the Yitong Graben, China, *Org. Geochem.* vol. 20, no.1, 27-42 p.
- Fowler, M.G. and A.G. Douglas, 1984, Distribution and structure of hydrocarbons in four organic-rich Ordovician rocks, *Organic Geochemistry*, v.6, p.105-114.
- Gelpi, E., Oro, J., Schneider, H.J., Mann, J., Oro, J., 1970, Hydrocarbons of geochemical significance in microscopic algae. *Phytochemistry*, 9, 603–612.
- Görmüş, M., 1992, Hekimhan (KB Malatya, Türkiye) yöresindeki istiflerin biyostratigrafik incelenmesi, *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, S.7, 179-191.
- Grantham, P.J., 1986, Sterane Isomeration and Moretane/Hopane Ratios in Crude Oils derived from Tertiary Source Rocks. *Organic Geochemistry*, 9, 293-304.
- Gruber, W. and Sachsenhofer, R.F., 1991, Coal deposition in the Noric Depression (Eastern Alps): raised and low-lying mires in Miocene pull-apart basin. *Int. Jour. Of Coal Geol.*, 48, 89–114.
- Gürer, Ö.F., 1994, Hekimhan-Hasançelebi yöresinin Üst Kretase stratigrafisi ve havza evrimi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 37, (2), 135-148.
- Gürer, Ö.F. ve Aldanmaz, E., 2002, Origin of the Upper Cretaceous-Tertiary sedimentary basins within the Tauride-Anatolide platform in Turkey, *Geol. Mag.* 139 (2), pp. 191-197.
- Hanson, A.D., 1999, *Organic Geochemistry and Petroleum Geology, Tectonics and Basin Analysis of Southern Tarim and Northern Qaidam Basin, Northwest China: Ph. D. Dissertation, Stanford University, Stanford, California, 388 p.*
- Hanson, A.D., Zhang, C., Moldowan, J.M., Liang, D.G., Zhang, B.M., 2000, Molecular organic geochemistry of the Tarim Basin, Northwest China. *AAPG Bull.*, 84, pp. 1109–1128.
- Huang, W.Y. and Meinschein, W.G., 1979, Sterols as ecological indicators, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v.43, p.739-745.
- Huizinga, B.J., Aizenshtat, Z.A. and Peters, K.E., 1988, Programmed pyrolysis-gas chromatography of artificially matured Green River kerogen: *Journal of Energy and Fuels*, v.74, 74-81 p.

- Hunt, J.M., 1993, *Organic Geochemistry and Geology*, 743p.
- Hunt, J.M., 1994, *Organic Geochemistry and Geology*: Freeman and Company, New York, 743 p.
- Hunt, J.M., 1995, *Petroleum Geochemistry and Geology*, W.H. Freeman and Company, New York, pp: 743.
- İnan, S., Öztürk, A., Gürsoy, H., 1993, Ulaş-Sincan (Sivas) Yöresinin Stratigrafisi, *Doğa-Türk Yerbilimleri Dergisi/Tr. J. Of Earth Sciences*, 1-15.
- İzdar, E. ve Ünlü, T., 1977, Hekimhan-Hasançelebi-Kuluncak bölgesinin jeolojisi, *Uluslar arası 6. Ege Jeolojisi Kollokyumu, İzmir*, 303-329.
- Jackson, K.S., Hawkins, P.J., Bennett, A.J.R., 1985, Regional facies and geochemical evolution of Southern Denison Trough. *APEA Journ.*, 20, 143-158.
- Jones, R.W. and Demaison, G.J., 1982, In "proceeding of the second ASCOPE conference and exhibition, Manila": (Saldivar-Sali, A.Eds.), 51-68 p.
- Jones, R.W., 1987, Organic Facies: In *Advances in petroleum geochemistry*, V.2, (Ed. Brooks, J., and Welte, D.H.), 1-91.
- Kalton, I. and Sachsenhofer, R.F., 1999, Petrography, palynology and depositional environments of the Early Miocene Oberdorf lignite seam (Styrian Basin, Austria). *Int. Jour. Of Coal Geol.*, 41, 275–308.
- Katz, B.J., 1995, The Green River Shale: an Eocene Carbonate Lacustrine Source Rock:in B.J. Katz (ed.), "Petroleum Source Rocks" Springer Verlag, 324 p.
- Ketin, İ., 1966, Anadolu'nun tektonik birlikleri, *MTA dergisi*, 66, 20-34.
- Krejci-Graf, K., 1963, Origin of oil: *Geophysical Prospecting*: v.11, 244-275 p.
- Krejci-Graf, K.,1964a, Organic geochemistry: *Naturwissenschaftliche Rundschau*, v.16, 175-186 p.
- Krejci-Graf, K., 1964b, Geochemical diagenesis of facies: *Yorkshire Geological Society Proceedings*, v.34, pt.4, no. 23, 469-521 p.
- Kvenvolden, K.A. and Simoneit, B.R.T., 1990, Hydrothermally derived petroleum examples from Guaymas Basin, Gulf of California, and Escanaba Trough, northeast Pacific Ocean, *AAPG Bull.*, 74, 223-237.

- Lafarquè, E., Marquis, F., Pilot, D., 1998, Rock-Eval 6 applications in hydrocarbon exploration, Production, and soil contamination studies. *Revue De L'Institut Français Du Petrole*, 53, 4.
- Langford, F.F. and Blanc-Valleron, M.M., 1990, Interpreting Rock-Eval pyrolysis data using graphs of pyrolizable hydrocarbons vs. total organic carbon. *AAPG Bull.*, 74, 799–804.
- Larskaia, E.S., 1978, Distribution, balance, and type of disseminated organic matter in the Paleozoic deposits of the Russian Platform, depending on conditions of sedimentation: *Lithology and Mineral Resources*, v. 12. 323-333 p.
- Longman, M.W. and S.E. Palmer, 1987, Organic geochemistry of Mid-continent Middle and Late Ordovician oils, *AAPG Bull.*, v.71, p.938-950.
- Mackenzie, A.S., 1984, Application of biomarkers in petroleum geochemistry. ed: In: Brooks J. and Welte, D., Editors, 1984. *Advances of Petroleum Geochemistry*. 1. Academic Press. pp:115–214.
- Mackenzie, A.S., Patience, R.L., Maxwell, J.R., Vadkenbroucke, M., Durand, B., 1980, Molecular parameters of maturation in the Toarcian Shales, Paris Basin-1. Changes in the Configurations of Cyclic Isoprenoid Alkanes and Triterpanes. *Geochimica Cosmochimica Acta* 44, 1709-1721.
- Mann, U., and Stein, R., 1997, Organic facies variations, Source rock potential, and sea level changes in Cretaceous Black shales of the Quebrada Ocal, Upper Magdalena Valley, Colombia: *AAPG Bull.*, v.81, n.4, 556-576 p.
- Matsumoto, G., T. Torii, and T. Hanya, 1982, High abundance of algal 24-2thylcholesterol in Antarctic lake sediment, *Nature*, v.229, p.52-54.
- Middelburg, J.J., Calvert, S.E. and Karlin, R., 1991, Organic-rich transitional facies in silled basins: response to sea level change: *Geology*, v. 19, p. 679-682.
- Moldowan, M., Seifert, W.K., Gallegos, E.J., 1985, Relationship between petroleum composition and depositional environment of petroleum source rocks. *AAPG Bull.*, 69, 1255–1268.
- Mukhopadhyay, P.K., Wade, J.A. and Kruge, M.A., 1995, Organic facies and maturation of Jurassic/Cretaceous rocks, and possible oil-source rock correlation

based on pyrolysis of asphaltenes: Scotian Basin, Canada, *Org. Geoch.*, 22 (1), 85-104 p.

Nichols, P.D., Palmisano, A.C., Rayner, M.S., Smith, G.A. and White, D.C., 1990, Occurrence of novel C<sub>30</sub> sterols in Antarctic sea-ice diatom communities during a spring bloom, *Organic Geochemistry*, 15, pp. 503–508.

Önal, M. ve Kaya, M., 2007, Stratigraphy and tectono-sedimentary evolution of the Upper Cretaceous-Tertiary sequence in the southern part of the Malatya Basin, East Anatolia, Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, 29, 878-890.

Önal, M., 2009, Organic geochemical properties of marine Oligocene Unit in the Malatya Basin, East Anatolia, Turkey, *Energy Sources, Part A*, 31:1406-1414.

Örçen, S., 1986, Medik-Ebreme (KB Malatya) dolayının biyostratigrafisi ve paleontolojisi, MTA, Proje No: 105/106, Ankara.

Özdemir, Z. ve Tunç, M., 1993, Hekimhan (Malatya) yöresindeki Üst Kretase yaşlı birimlerin paleontolojik ve stratigrafik özellikleri, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, C.36, 131-144.

Öztürk, A., Boztuğ, D., Yalçın, H., İnan, S., Gürsoy, H., Bozkaya, Ö., Yılmaz, S., Uçurum, A., 1996, Hekimhan (KB Malatya) ve Kangal (GD Sivas) yörelerinde mevcut maden yataklarının jeolojik ve madencilik açısından değerlendirilmesi çalışmaları, Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı Sosyal Planlama Genel Müdürlüğü 89K120450 nolu Teknolojik Araştırma Projesi.

Özçelik, O., Meriç, E., Özer, S., 1990, Hisarcık-Esenbey (Balaban-Malatya) yöresi Üst Kretase-Eosen istifinin stratigrafik özellikleri: *S.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 5, (1-2), 20-29.

Parparova, G.M. and Neruchev, S.G., 1977, Foundations of the genetic classification of dispersed organic matter in rock: *Geologiya; Geofizika*, v. 18, 5, 45-51 p.

Pasley, M.A., Riley, G.W. and Nummedal, D., 1993, Sequence stratigraphic significance of organic matter variations: example from the Upper Cretaceous Mancos shale of the San Juan basin, New Mexico, in B.J. Katz and L.M. Pratt, eds., *Source rocks in a sequence stratigraphic framework: AAPG Studies in Geology* 37, 221-241.

Peters, K.E., 1986, Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis, *AAPG Bull*, 70, 318-329 p.



- Peters, K.E. and Moldowan, J.M., 1993, *The Biomarker Guide: Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and Ancient Sediments*. Prentice-Hall. Englewood Cliffs. NJ.
- Peters, K.E. and Cassa, M.R., 1994, *Applied source rock geochemistry*. In L.B., Magoon and W.G. Dow (eds.), *The petroleum system-from source to trap: AAPG Memoir 60*, Tulsa, AAPG, 93-120 p.
- Rogers, M.A. and Koon, C.B., 1971, *Generation of light hydrocarbons and establishment of normal paraffin preferences in crude oils: Origin and refining of petroleum: American Chemical Society. Advances in Geochemistry Series*, 67-80 p.
- Rodger, M.A., 1980, *Application of organic facies concepts to hydrocarbon source rock evaluation: 10th World Petroleum Congress Proceedings. v.2*, 425-440 p.
- Rullkötter, J., P.A. Meyers, R.G. Schaefer, and K.W. Dunham, 1986, *Oil generation in the Michigan Basin : a biological marker and carbon isotope approach*, in D. Leythaeuser and J. Rullkötter, eds., *Advances in Organic Geochemistry 1985: Oxford, Pergamon Press*, p. 359-376.
- Seifert, W.K. and Moldowan, J.M., 1978, *Applications of Steranes, Terpanes, and Monoaromatics to the Maturation, Migration, and Source of Crude Oils. Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42, 77-95.
- Seifert, W.K. and Moldowan, J.M., 1980, *The effect of Thermal Stress on Source Rock Quality as Measured by Hopane Stereochemistry*. In, *Advances in Organic Geochemistry (A.G. Douglas ve J.R. Maxwell, eds.)*, Oxford, Pergamon Press, 229-237.
- Seifert, W.K. and Moldowan, J.M., 1981, *Paleoconstruction by Biological Markers. Geochimica Cosmochimica Acta*, 45, 783-794.
- Seifert, W.K. and Moldowan, J.M., 1986, *Use of Biological Markers in Petroleum Exploration*. In: *Methods in Geochemistry and Geophysics (P.B.Johns, ed.)*, 24, 261-290.
- Spillers, J.P., 1965, *Distribution and hydrocarbons in south Louisiana by types of traps and trends (abs.): AAPG Bull.*, v.49, 1749-1751 p.

- Spiro, B., 1984, Effects of the Mineral Matrix on the Distribution of Geochemical Markers in Thermally Affected Sedimentary Sequences, *Organic Geochemistry*, 6, 543-559.
- Sthepinsky, V., 1944, Cenup Malatya bölgesinin jeolojisi ve mineral kaynakları hakkında rapor. MTA, Rapor No: 1491, Ankara, (yayımlanmamış).
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y., 1981, Teüyan evolution of Turkey,: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Tissot, B., Durand, J., Espitalie, J., and Combaz, A., 1974, Influence of nature and diagenesis of organic matter in formation of petroleum: *AAPG Bull.*, v.58, 499-506 p.
- Tissot, B. and Welte, D.H., 1978, *Petroleum formation and occurrence*: Springer-Verlag, 538 s, New York.
- Tissot, B. and Welte, D.H., 1984, *Petroleum Formation and Occurrence*: Springer-Verlag, Berlin, 699 p.
- Ünlü, T., 1984, Deveci (Hekimhan-Malatya) siderit örneklerinde yapılan bir cevher hazırlama ön çalışması. *Jeoloji Mühendisliği*, Sayı 21, s.16.
- Ünlü, T., 1985, Deveci (Hekimhan-Malatya) siderit örneklerine özgü jeokimyasal verilerde yapılan bir jeoistatistiksel değerlendirme. *Jeoloji Mühendisliği*, Sayı 25, s.3-14.
- Ünlü, T., 1986, Deveci (Hekimhan-Malatya) siderit örneklerinde yapılan bir elektromikroskop incelemesi, *Jeo. Müh.* Sayı 26, s.3-10.
- Vlierboom, F.W., B. Collini, and J.E. Zumberge, 1986, The occurrence of petroleum in sedimentary rocks of the meteor impact crater at Lake Siljan, Sweeden, in D. Leythaeuser and J. Rullkötter, eds., *Advances in Organic Geochemistry 1985*: Oxford, Pergamon Press, p.153-162.
- Volkman, J.K., 1986, A review of sterol biomarkers form arine and terrigenous organic matter, *Organic Geoch.*, v.9, p.83-99.

- Volkman, J.K., 1988, Biological marker compounds as indicators of the depositional environments of petroleum source rocks, in A.I. Fleet, K. Kelts, and M.R. Talbot, eds., *Lacustrine Petroleum Source Rocks* : Oxford, Blackwell, p. 103-122.
- Waples, D.W., 1985, *Geochemistry in Petroleum Exploration*, D. Reidel Publ. Comp., Boston, p.223.
- Waples, D.W. and Machihara, T., 1991, Biomarkers for geologists-a practical guide to the application of steranes and triterpanes in petroleum geology. *AAPG* 9, p.91
- Weber, K.J. and Daukow, E., 1975, *Petroleum geology of the Niger Delta: World Petroleum Congress Proceedings: v. 2, 209-221 p.*
- Wehner, H., 1989, Organic-Geochemical studies in the Visayan basin, Philippines. *Geol. Jb.* 70, 317-348.
- Yalçın, H. ve Bozkaya, Ö., 2002, Hekimhan (Malatya) çevresindeki Üst Kretase yaşlı volkaniklerin alterasyon mineralojisi ve jeokimyası: Denizsuyu-Kayaç etkileşimine bir örnek, *C.Ü. Müh. Fak. Derg.*, 19, (1), 81-98.
- Yılmaz, S., 1991, Hekimhan-Hasançelebi (KB Malatya) yöresi jeolojisi ve magmatitlerinin mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, C.Ü. 256s, (yayımlanmamış).
- Yılmaz, H., Yılmaz, A., Yıldırım, A., Dumanlılar, Ö., 2005, Divriği (Sivas)-Hekimhan (Malatya) dolayındaki demir yataklarının bölgesel jeolojik konumları, Türkiye Demir Yatakları Jeolojisi, Madenciliği ve Mevcut Sorunları Sempozyumu, 23-25 Haziran 2005, İstanbul.
- Yoldaş, R., 1972, Malatya kuzeyinin jeolojisi ve petrol imkanları, MTA, Rapor No: 4936, Ankara (yayımlanmamış).

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel bilgiler

Adı Soyadı	Merve FAKILI
Doğum Yeri ve Tarihi	Yerköy, 06/08/1984
Yabancı Dil	İngilizce

### Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Atatürk Anadolu Lisesi, Samsun, 2002
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2007
Yüksek Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2010

### Proje

Türkiye'deki Hidrokarbon (Petrol/Bitüm) Sızıntılarının Organik Jeokimyasal Açından Değerlendirilmesi. TUBİTAK 107Y201 nolu proje (2008-2010)' de bursiyerlik.